



Resistência ao cisalhamento da camada superficial do solo em função do uso e manejo

Dalbiano, L.¹; Rodrigues, M. F.; Pereira, T. I. Aguiar, B. de; Reichert, J. M.; Minella, J. P. G.

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, e-mail: agro.dalbiano@gmail.com
(Apresentador); miriamf_rodrigues@yahoo.com.br; tiagoivanp@gmail.com;
bruno.aguiar88@hotmail.com; reichert@smail.ufsm.br; jminella@gmail.com

Resumo

A resistência do solo ao cisalhamento é um importante componente relacionado à suscetibilidade do solo à erosão. Alguns programas de simulação dos processos hidrossedimentológicos requerem a entrada de valores deste parâmetro. Este estudo objetivou avaliar a resistência do solo ao cisalhamento em uma microbacia hidrográfica com cultivo de fumo. As determinações foram efetuadas no período de inverno e o solo apresentava os seguintes usos e manejos: mata nativa, campo nativo, pousio de entressafra, cultivo do solo com cobertura verde e solos revolvidos. A tensão de cisalhamento foi realizada na camada superficial do solo com um aparelho de bolso denominado torvane. A análise estatística consistiu de contrastes ortogonais entre os sistemas de manejo do solo visando identificar o efeito do cultivo do solo, do pisoteio animal, das práticas conservacionistas e do tipo de cobertura de inverno. Verificou-se que o cultivo do solo reduz a resistência da camada superficial ao cisalhamento, o que torna o solo mais suscetível à erosão hídrica. Solos com pastagem associado ao pisoteio animal são mais resistentes ao cisalhamento que áreas sob mata nativa. O cultivo do solo seja ele com cobertura de inverno, pousio ou revolvimento, teve valores semelhantes de resistência ao cisalhamento, não apresentando diferença estatística.

Introdução

A resistência do solo ao cisalhamento (τ) representa a resistência que o solo oferece a uma força externa de deformação da sua estrutura. A τ é dependente da distribuição, forma e tamanho das partículas sólidas, estrutura, densidade do solo, tipo de argilomineral, tipo e quantidade de cátions trocáveis e forças de atração e repulsão entre as partículas (McCormack & Wilding, 1979). Assim, solos com maior quantidade de partículas finas apresentam maior resistência ao cisalhamento (Lebert & Horn, 1991).

Na agricultura, a resistência do solo pode ser usada como ferramenta auxiliar para determinar a capacidade de suporte do solo e, dessa forma, escolher o maquinário ou implemento mais adequado ao sistema de manejo (Ohi et al., 1986). A compactação do solo também pode ser avaliada pela resistência ao cisalhamento. Solos compactados oferecem maior resistência ao cisalhamento (Azevedo, 1999) em função da menor distância entre as partículas. Outra aplicação da resistência do solo ao cisalhamento é na hidrologia. Alguns modelos de simulação dos processos

hidrossedimentológicos requerem a entrada de valores de τ , pois este parâmetro influencia o comportamento da estrutura do solo mediante o impacto das gotas de chuva.

Existem várias maneiras de se obter o valor de resistência ao cisalhamento. Uma delas é com o uso do *torvane*, um aparelho portátil que possibilita realizar leituras rápidas, fazendo com que o solo se deforme sem drenagem, ou seja, não há tempo para expulsar a água dos poros. Nesse caso, é chamado de resistência ao cisalhamento sem drenagem, numericamente igual à coesão do solo, independentemente do ângulo de atrito (Smith & Smith, 1998). Como vantagens desse aparelho destacam-se a possibilidade de medir a resistência ao cisalhamento do solo *in situ*, bem como análise rápida da compactação do solo e menores custos com análise física do solo em laboratórios (McKyes, 1989). Além disso, a coesão do solo é necessária em modelos de simulação da erosão do solo como o LISEM (Limburg Soil Erosion Model).

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência do solo ao cisalhamento na camada superficial em função do sistema de uso e manejo aplicado em uma pequena bacia hidrográfica com cultivo de fumo.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em uma pequena bacia hidrográfica de 120 ha, situada no município de Arvorezinha/RS. As principais classes de solos presentes na área são os Argissolos Vermelhos, situados na porção mais alta, os Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplicos na porção inferior e, na transição dessas duas áreas, ocorre uma mescla dessas três classes. A bacia hidrográfica é caracterizada pelo cultivo de fumo, com intenso revolvimento do solo. No inverno, alguns produtores cultivam o solo com cobertura verde, e outros deixam em pousio. Uma prática que vem sendo implementada é o revolvimento do solo no inverno, antes da implantação das plantas para cobertura do solo. Com isso, tem-se uma redução dos riscos de erosão hídrica por ocorrência do transplante das mudas em meados de outubro onde as chuvas são mais intensas.

Quando se realizaram as medidas de resistência ao cisalhamento, a área da microbacia apresentava os seguintes sistemas de uso e manejo: cobertura de inverno (CB), campo nativo (CN), mata nativa (MN), solo revolvido (RV) e pousio (PO). Ao total, foram obtidos valores de τ em 71 pontos, cada um composto por 10 leituras em um raio de dois metros.

A tensão de cisalhamento (τ) foi medida diretamente no campo com o uso do aparelho *torvane* (Holtz & Kovacs, 1981) (Figura 1). O *torvane* é constituído de três dispositivos simples: um botão graduado (responsável pela medição da resistência) acoplado a uma haste com mola (responsável pela torção) e, na parte inferior, são acoplados discos perpendiculares à haste. Existem três discos para medir a τ dentro de uma determinada faixa de esforços (Figura 1c). Seleciona-se o mais adequado para a resistência esperada do tipo de solo (o disco maior é para solos menos resistentes). Para a leitura, os discos são inseridos no solo com o auxílio da haste (Figura 1d), o leitor de tensão é zerado e então girado no sentido horário até que a energia elástica acumulada na mola de torção exceda a resistência

do solo ao cisalhamento. O torque é aplicado suavemente em um intervalo de 5 a 10 segundos e, após o cisalhamento, faz-se a leitura no medidor multiplicando o valor pela constante característica do disco (2,5, 1 ou 0,2). Como o teste é realizado em poucos segundos, a τ é obtida sem drenagem do solo, correspondendo ao valor de coesão do solo (Rodríguez-Tovar & Delgado, 2006).



Fonte:

<http://www.humboldtmg.com/c-1-p-43-id-1.html>



Fonte: Leandro Dalbianco (arquivo pessoal).

Figura 1. (a) medidor e aplicador de torque; (b) mola responsável pela torque; (c) discos, com aletas cisalhantes, em três tamanhos diferentes; e (d) visualização de como é realizada a determinação a campo.

Para os solos da microbacia, que são pouco coesos, utilizou-se o disco maior que realiza leituras em tensões menores (0 a 20 kPa). Para algumas áreas em que o solo estava mais compactado, não foi possível a utilização desse disco, que foi trocado por um de tamanho médio.

Os tratamentos foram avaliados estatisticamente por meio de contrastes ortogonais entre os sistemas de uso e manejo do solo, tendo em vista que o experimento não apresenta um delineamento experimental convencional. Os contrastes foram organizados da seguinte maneira: contraste entre áreas não cultivadas e cultivadas (CN-MN vs RV-CB-PO); efeito do tipo de vegetação natural e pisoteio animal (CN vs MN); efeito das práticas conservacionistas (RV vs CB-PO); e efeito do tipo de cobertura do solo no inverno (CB vs PO).

Resultados e Discussão

Os maiores valores de tensão ao cisalhamento foram verificados em áreas de campo nativo (35,5 kPa) e os menores valores em áreas revolvidas (RV) (3,0 kPa) (Tabela). As áreas revolvidas, em pousio (PO) e com cobertura de inverno (CB) não diferiram entre si, e tiveram valores menores que as áreas de mata nativa e campo nativo. Esse último foi superior à mata nativa evidenciando maior compactação da sua estrutura em função do pisoteio animal e também maior resistência provocada pelas raízes superficiais da pastagem.

Usando *torvane*, Vieira et al. (2008) não encontraram diferenças de tensão de cisalhamento em Latossolo Vermelho entre os sistemas de manejo plantio direto e escarificado com controle de tráfego. Usando *vane shear test*, Munkholm et al. (2001) verificaram que o cultivo mínimo elevou os valores de cisalhamento em relação ao preparo convencional. Comportamento semelhante foi encontrado por Schjonning; Rasmussen (2000).

Tabela 1. Tensão de cisalhamento do solo e umidade gravimétrica nos diferentes sistemas de manejo do solo da microbacia⁽¹⁾.

Sistemas de uso e manejo ⁽²⁾	Tensão de cisalhamento	Umidade gravimétrica
	kPa	g g ⁻¹
CN	35,5	0,44
MN	12,4	0,54
RV	3,0	0,12
CB	7,2	0,23
PO	5,5	0,16
Contrastes	Significância das médias dos contrastes⁽³⁾	
CN-MN x RV-CB-PO	**	**
CN x MN	**	*
RV x CB-PO	ns	**
CB x PO	ns	ns

⁽¹⁾Valores entre parênteses representam a mediana dos valores obtidos.

⁽²⁾CB = cobertura de inverno; CN = campo nativo; MN = mata nativa; RV = solo revolvido; e PO = pousio.

⁽³⁾ * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade; ns não significativo.

Em avaliações de laboratório, usando um aparelho de cisalhamento direto, Secco (2003) observou que a coesão teve relação direta com a densidade do solo, e diminuiu com o aumento do teor de água. O efeito da umidade na coesão do solo é comprovado também por Boeni (2000). Gaggero (1998) não observou diferença significativa entre as condições pré e pós-pastejo em um solo Podzólico Vermelho-Escuro. Silva et al. (2004) observaram diferença na resistência ao cisalhamento em um Latossolo Vermelho distrófico, influenciada pelo teor de água, tipo de uso e manejo do solo.

A maior resistência mecânica em solos mantidos em condições naturais, como a mata nativa e campo nativo, deve-se, provavelmente, aos maiores teores de matéria orgânica associado ao modelo de agregação do solo (Tisdall & Oades, 1982). Além disso, o emaranhamento ocasionado pelas raízes (Jastrow et al., 1998) e a presença de ligações físico-químicas (Terzaghi et al., 1996) presentes em ambientes nativos proporcionam maior agregação do solo e maior resistência mecânica.

Autores como Carpenedo & Mielniczuk (1990), Silva & Mielniczuk (1997) e Wohlemberg et al. (2004) ressaltaram a maior eficiência das gramíneas na formação de agregados estáveis. Esse efeito pode ser proporcionado pela liberação de exsudatos orgânicos e pela compressão das partículas unitárias e remoção de água, favorecendo a coesão entre as partículas do solo (Silva & Mielniczuk, 1997). A grande quantidade de raízes nas gramíneas causa secamento, localizado em torno das mesmas, e atua na aproximação das partículas minerais, por causa da pressão exercida pelo seu

avanço, através dos espaços porosos do solo. Esses fatores, associados à liberação de substâncias orgânicas na rizosfera, favorecem a agregação do solo (Reinert, 1993) e, conseqüentemente, a resistência do solo ao cisalhamento.

As áreas CB e PO aumentaram a umidade gravimétrica em relação às áreas revolvidas. Os solos sob RV tiveram a menor umidade gravimétrica na camada superficial do solo ($0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) (Tabela 1). O cultivo do solo reduziu a umidade gravimétrica do solo e a mata nativa foi superior ao campo nativo. A menor cobertura em solos revolvidos fez com que ocorresse maior evaporação da água. A perda de umidade foi reduzida nos sistemas com cobertura anual e pousio. A maior quantidade de material orgânico fez com que a umidade fosse maior em áreas de mata nativa ($0,54 \text{ g g}^{-1}$), seguida pelo campo nativo ($0,44 \text{ g g}^{-1}$).

Conclusões

A manutenção do solo com cobertura nativa ou com pastagem é a melhor alternativa para manter boa estruturação do solo e resistência ao cisalhamento. Todos os manejos que envolveram cultivo do solo, como cobertura de inverno, revolvimento e pousio de entressafra, diminuíram os valores de resistência do solo ao cisalhamento.

Literatura Citada

AZEVEDO, M. A. A. Contribuição ao estudo geotécnico de solos de Viçosa – MG. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 169 p.

BOENI, M. Comportamento mecânico de solos escarificados em função do teor de água e pressão de inflação dos pneus do trator. 2000. 99f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolo Roxo submetidos a diferentes sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.14, n.1. p.99-105, 1990.

GAGGERO, M. R. Alterações das propriedades físicas e mecânicas do solo sob sistemas de preparo e pastejo. 1998. 125f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HOLTZ, R. D.; KOVACS, W. D. An introduction to geotechnical engineering. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1981. 733 p.

JASTROW, J. D.; MILLER, R. M.; LUSSENHOP, J. Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie. Soil Biology Biochemistry, Oxford, v.30, n.7, p.905-916, 1998.

LEBERT, M.; HORN, R. A method to predict the mechanical strength of agricultural soils. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v.19, n.2-3, p.275-256, 1991.

McCORMACK, D. E.; WILDING, L. P. Soil properties influencing strength of Cranfield and Geeburg soils. Soil Science Society of American Journal, Madison, v.43, n.1, p.167-173, 1979.

McKYES, E. Agricultural engineering soil mechanics. Amsterdam: Elsevier, 1989. 264 p.

MUNKHOLM, L. J.; SCHJONNING, P.; RASMUSSEN, K. J. No-inversion tillage effects on soil mechanical properties of a humid sandy loam. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v.62, n.1-2, p.1-14, 2001.

OHU, O. J.; RAGHAVAN, G. S. V.; McKYES, E.; MEHUYS, G. Shear strength prediction of soils with varying added organic matter contents. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, v.29, p.351-355, 1986.

REINERT, D. J. Recuperação da agregação pelo uso de leguminosas e gramíneas em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 62 p. (Tese de concurso a Professor Titular)

RODRÍGUEZ-TOVAR, F. J.; DELGADO, J. Cuantificación del grado de consolidación del substrato: aplicación en análisis icnológicos. Ameghiniana, Buenos Aires, v.43, n.2, p.503-508, 2006.

SCHJONNING, P.; RASMUSSEN, K. J. Soil strength and soil pore characteristics for direct drilled and ploughed soils. Soil & Tillage Research, v.57, p.69-82, 2000.

SECCO, D. Estados de compactação e suas implicações no comportamento mecânico e na produtividade de culturas em dois Latossolos sob plantio direto. 2003. 171f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.21, n.1, p.113-117, 1997.

SILVA, R. B. et al. Resistência ao cisalhamento de um Latossolo sob diferentes uso e manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.28, n.1, p.165-173, 2004.

SMITH, G. N.; SMITH, I. G. N. Elements of soil mechanics. 7th ed. Oxford: Blackwell Science Professional. 1998. 494 p.

TERZAGHI, K.; PERCL, R. B.; MESRI, G. Soil mechanics in engineering practice. 3th ed. New York: John Wiley Sons, 1996. 549 p.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and waterstable aggregates in soils. Journal of Soil Science, Edinburg, v.33, n.2, p.141-163, 1982.

VIEIRA, D. A. et al. Comportamento de Atributos físicos do solo franco arenoso e argiloso sob condições diferenciadas de manejo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 17., 2008, Anais... Rio de Janeiro: SBCE-UFRRJ-EMBRAPA, 2008. v.1, p.1-4.

WOHLENBERG, E. V. et al. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.28, n.5, p.891-900, 2004.