



## Uso do Solo e o Impacto Sobre a Resistência Tênsil de Agregados em Ambientes Agrícolas e Natural do Bioma Mata Atlântica

**Ariel Moraes Silveira<sup>(1\*)</sup>; Reginaldo Barboza da Silva<sup>(2)</sup>; João Pedro de Lima<sup>(3)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Aluno de graduação em Engenharia Agrônoma, UNESP- Campus Experimental de Registro; Registro, São Paulo, Brasil, 11900-000 (\*Ariel Moraes Silveira, silveira.ariel7@gmail.com).

<sup>(2)</sup> Professor Titular, Laboratório de Física e Mecânica do Solo (LaFMec), Faculdade de Engenharia Agrônoma, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Registro, SP, Brasil, 11900-000.

<sup>(3)</sup> Aluno de graduação em Engenharia Agrônoma, UNESP- Campus Experimental de Registro; Registro, São Paulo, Brasil, 11900-000 (joalima.sm@gmail.com).

**RESUMO:** Conhecer a relação entre atributos físicos e o comportamento da estrutura do solo tem sido importante para avaliar o impacto causado em sistemas agroambientais. Portanto, quantificar a resistência mecânica que determina a ruptura do agregado pode auxiliar em estudos da qualidade físico-estrutural do solo em ambientes agrícolas e natural. O objetivo deste trabalho foi quantificar e propor a Resistência Tênsil de agregados do solo como indicadora da qualidade físico-estrutural de um Cambissolo Háplico que está sob uso e ocupação irregular em áreas de preservação permanente, na Bacia do Rio Ribeira de Iguape (São Paulo), ubicada no bioma "Mata Atlântica". Foram avaliados três cenários: a) Área sob cultivo de bananeira, b) Área sob pastagem e c) Área de Mata Nativa. O comportamento físico-estrutural foi avaliado por meio da RT em uma classe de diâmetro (1,0-2,0 cm) de agregados coletados de três camadas (0-0,2 m, 0,2-0,4 m e 0,4-0,6 m) e submetidos a um estado de consistência (friável), utilizando um Medidor de Força Digital com Célula Interna, modelo IP-90DI, da Impac. O delineamento empregado foi de parcelas subdivididas, em esquema fatorial do tipo 3x3, isto é, três cenários (uso/manejo) e três profundidades, admitindo-se 10 repetições por tratamento. No total, o experimento constou de 90 ensaios de RT. Os maiores valores RT foram observados pelo uso de Pastagem, em todas as camadas do solo.

**Termos de indexação:** Física e Conservação do Solo, Banana, Pastagem, Cambissolos.

### INTRODUÇÃO

A definição de RT de agregados é dada como a força por unidade de área necessária para causar a ruptura dos agregados (DEXTER; WATTS, 2000), de acordo com Dexter e Kroesbergen (1985), a RT é, provavelmente, a mais útil medida de resistência individual dos agregados do solo, porque pode ser determinada por um teste simples numa ampla variação de tamanhos de agregados, consistindo num indicador muito sensível da condição estrutural do solo. A RT de agregados do solo também pode ser utilizada como indicadora dos efeitos do manejo na

qualidade do solo, devido à resposta do solo aos processos físicos e mecânicos ligados a manipulação dos solos, como o preparo, a formação de crostas superficiais, a emergência de plântulas e a penetração radicular (MUNKHOLM et al., 2001; MUNKHOLM; SCHJØNNING, 2004; BLANCO-CANQUI et al., 2005).

Em ampla revisão sobre modelagem da trabalhabilidade do solo (soil workability), Obur et al. (2017), identificou como perspectivas futuras e necessidade de pesquisas que combinem métodos quantitativos na avaliação da trabalhabilidade e friabilidade, sugerindo particularmente, a quantificação da RT e a energia de ruptura (calculada a partir da força média e da deformação) dos agregados do interior do solo.

Em pedoambientes como a região Sul de São Paulo, ubicada em um dos principais biomas deste país (mata atlântica), não é incomum o uso irregular do solo nas Áreas de Preservação Permanente (APP). Patrimônio natural, socioambiental e cultural da humanidade, nesta região as atividades agrosiopastoris, em particular o cultivo da banana e o pastoreio extensivo tem sido uma prática recorrente. Este fato pode estar causando danos e prejuízos, todavia, ainda não oficialmente mensuráveis e calculados. Silva et al. (2010) chama a atenção para o impacto de diferentes usos sobre Cambissolos, classe de solo predominante em APPs da referida região.

Foi objetivo deste trabalho quantificar e avaliar a RT de agregados do solo, como indicadora da qualidade físico-estrutural de um Cambissolo Háplico que está sob diferentes usos no bioma "Mata Atlântica".

### MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental está localizada no município de Registro, Estado de São Paulo (**Figura 1**), ao longo Rio Ribeira de Iguape (latitude de 24°30' Sul, longitude 47°48' Oeste e altitude em torno de 25 m).

Três cenários (**Figura 2**) serão avaliados: a) Área sob cultivo de bananeiras, de aproximadamente 6 ha, b) Área sob pastagem, 10 ha e c) Área sob mata nativa, 3 ha.



**Figura 1.** Mapa do Estado de São Paulo destacando a região sul onde foi realizado o projeto.



**Figura 2.** Área experimental. Cultivo de bananeira, Pasto e manta nativa. Registro, SP-Brasil.

O solo investigado foi caracterizado fisicamente, para cada cenário e condição de uso/atividade antrópica, o qual auxiliou na avaliação e interpretação da qualidade física do solo.

Os estudos foram conduzidos em Cambissolo Háplico (CX), solo de fertilidade natural variável, apresentando como principais limitações para uso, pequena profundidade e a ocorrência de pedras na massa do solo, conforme EMBRAPA (2013). Esta classe de solo predomina ao longo do Rio Ribeira, estando, a sua maior parte, localizada em áreas de risco e ambientalmente vulneráveis (APP).

A RT foi avaliada em agregados de 1,0-2,0 cm de diâmetro, em materiais de três camadas de solo (0-0,2 m, 0,2-0,4 m e 0,4-0,6 m). Entendendo que, se mantidos constantes todos os demais fatores, é a água que tem a capacidade de controlar o comportamento mecânico do solo, seja na condição individualizada ou no conjunto, os agregados foram submetidos à condição friável (teor de água que variou de 0,17 a 0,19  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ). Para tanto, as amostras foram primeiramente saturadas por capilaridade e posteriormente, as o teor de água esperado (0,17 a 0,19 g/g) foi determinado a partir da seguinte equação:  $\text{TFSA} = \text{TFSE} \times (1 + U)$ , (equação 1), onde TFSA= Terra fina Seca ao Ar, TFSE= Terra Fina Seca em Estufa, U= Umidade Gravimétrica.

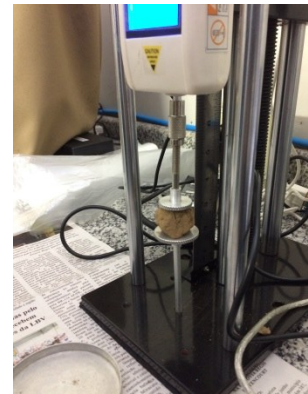
Cada replicata de agregado foi submetida, individualmente, a um teste de tensão-ruptura em um Medidor (atuador) de Força Digital com Célula Interna, modelo IP-90DI, da Impac. Concluído cada ensaio, parte dos agregados foram separados para determinação e confirmação do teor de água, e outra parte destinada para quantificar o teor de Carbono Orgânico Total (COT).

O COT foi determinado pelo método da combustão seca, de acordo com Nelson e Sommers (1996), utilizando o aparelho de leitura Leco Truspec CN

(Carbono/Nitrogênio) do laboratório de matéria orgânica da Embrapa Meio Ambiente de Jaguariúna.

A textura foi determinada pelo método da pipeta (Day, 1965). A argila dispersa em água (ADA) determinada, também pelo método da pipeta, sem o acréscimo da solução de NaOH, que possibilita determinar índice de floculação (IF), e ADA é a argila dispersa em água (Embrapa, 1997).

Para promover a individualização dos agregados, em conformidade com o proposto nesta pesquisa, foram construídos moldes de peneiras, onde em uma caixa com círculos de 2 cm de diâmetro em sua parte superior, e 1 cm na parte inferior, onde os agregados retidos na caixa foram atribuídos a classe proposta.



**Figura 3.** Teste de Tensão de Ruptura em um agregado de solo.

A RT foi calculada conforme equação descrita por Dexter & Kroesbergen (1985):  $RT = 0,576 (P/D^2)$  (Equação 2), em que o valor de 0,576 representa o coeficiente de proporcionalidade, resultante da relação entre a carga compressiva aplicada e o estresse tênsil gerado no interior do agregado; P, a força necessária para a quebra tênsil do agregado (N); e D, o diâmetro efetivo (mm).

O diâmetro efetivo (D), para cada classe de agregado, foi calculado conforme Watts & Dexter (1998):  $D = D_m [(M/(M_x))]^{1/3}$  (Equação 3), onde, M é a massa do agregado individual (g);  $M_x$ , a massa média dos agregados na população (g); e  $D_m$ , o diâmetro médio dos agregados (mm), definido pela média da classe do agregado, isto é:  $[(1,0+2,0)/2=1,5]$ . A medida da RT dos agregados de solo, em kPa.

Estes ensaios e análises realizados no LAFMeC (Laboratório de Física, Mecânica e Conservação do Solo) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Registro.

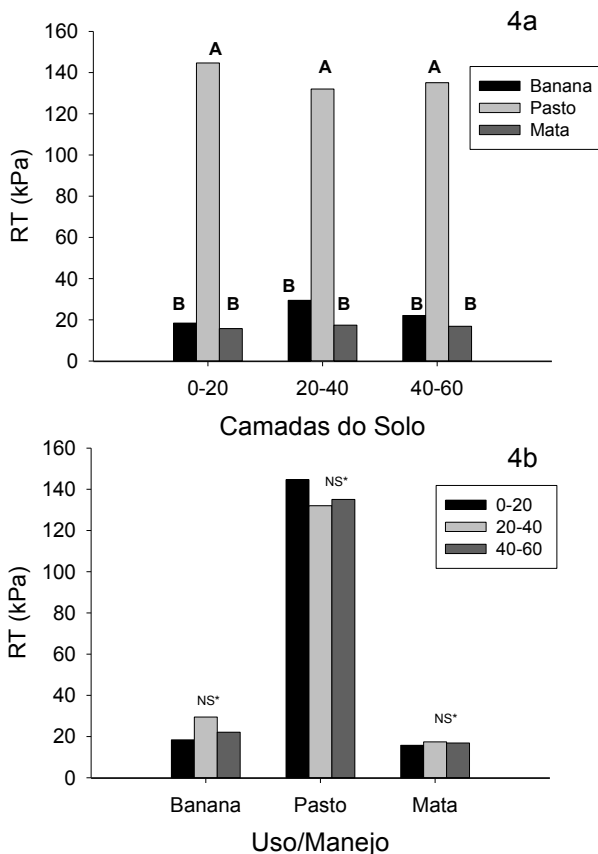
Optou-se pelo delineamento de parcelas subdivididas, com medidas repetidas, em esquema fatorial do tipo 3x3, isto é, três cenários (área sob cultivo com bananeira e área de pastagem e área de mata nativa), sendo a variável principal; três



profundidades (0-0,2 m, 0,2-0,4 m e 0,4-0,6 m) como variável secundária. Admitindo-se duas repetições e cinco replicatas (necessárias para calcular a massa média dos agregados na população, isto é, (Mx) por classes de agregados, foram realizados 90 ensaios de RT. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), aplicando-se o teste F ( $P < 0,05$ ) observando as particularidades das fontes de variação (cenários e profundidade) e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Scott e Knott (1974). Para realização de análises estatísticas foi utilizado o software SISVAR (Ferreira, 2011). A construção de gráficos e diagramas foram obtidos por meio da versão demonstrativa do aplicativo Sigma Plot 11.0 (Systat Software Inc).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 4a**, estão apresentados os resultados de RT de agregados do CX para as diferentes condições de uso/manejo e suas respectivas camadas (0-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6 m).



**Figura 4.** Valores Médios de RT (kPa) comparando as camadas entre cada Uso/Manejo (a). Valores Médios de RT (kPa) quando comparadas as camadas dentro de cada Uso/Manejo.

De acordo com a Análise Estatística dos Dados o coeficiente de variação (CV) foi de 76,15%, valor superior ao encontrado por Dexter & Kroesbergen

(1985) e por Imhoff et al. (2002). De acordo com Imhoff et al. (2002), um dos fatores que influencia a RT é a forma dos agregados, porém não foram encontradas grandes variações na forma dos agregados analisados.

Os valores de RT nos solos sobre uso de Pastagem foram maiores do que os quantificados em Mata e Bananal, porém não houve variação da RT quando comparadas camadas estudadas.

**Tabela 1.** Análise textural do solo, com valores médios de areia silte e argila de cada Uso/Manejo do Solo amostrado. Caracterização dos atributos do solo, valores médios de Argila Dispersa em Água (ADA, %), do Índice de Floculação (IF, %) e da Matéria Orgânica (M.O., %).

Análise dos Atributos		Uso/Manejo		
		Banana	Pasto	Mata
Areia	(g/Kg)	127,0	443,0	60,0
Silte	(g/Kg)	607,0	367,0	640,0
Argila	(g/Kg)	274,0	191,0	300,0
Classe Textural		Franco-Siltosa		
ADA	%	21,18 A	13,63 A	10,66 B
IF	%	22,69 A	28,75 A	64,78 B
M.O.	0-0,2 m	3,80	4,38	3,18
	0,2-0,4 m	1,59	2,83	3,14
	0,4-0,6 m	1,10	1,92	2,61

Os teores de M.O. não apresentaram relação significativa com a RT do solo (**Tabela 1**), em concordância com os resultados de Imhoff et al. (2002), assim como analisado por Tormena et al. 2008, onde é dito que a redução nos teores de matéria orgânica do solo pode implicar aumento no teor de argila dispersa, o qual, segundo Kay & Dexter (1992), atua como material cimentante por ocasião do secamento do solo, promovendo incremento na resistência tênsil dos agregados, como verificado por Shanmuganathan & Oades (1982), Watts et al. (1996) e Watts & Dexter (1997). Estes resultados diferem dos obtidos por Macks et al. (1996) e Watts & Dexter (1998) que obtiveram correlação significativa destas variáveis.

Observou-se a redução no teor de M.O. ao decorrer das camadas em mata nativa, sendo que o maior teor de M.O. foi encontrado na camada superficial do pasto onde foram encontrados os maiores valores para RT (**Figura 4b**), contrário ao que diz os resultados de Zhang (1994), onde indica dois efeitos contrários da matéria orgânica sobre a RT dos agregados: aumento na força das ligações entre as partículas e o efeito de diluição que implica redução da densidade do solo ou aumento da porosidade do agregado. Segundo Tormena et al. (2008a) o aumento de M.O. no solo resulta em maior porosidade do agregado, o que diminui o número de ligações entre as partículas; neste caso, se a força destas ligações não for incrementada,





então se verifica redução da RT.

Não foram verificadas variações significativas da RT (Figura 4b), quando, individualmente, foram observadas as três camadas em cada Uso/Manejo, tanto em superfície como ao decorrer do perfil do solo até a camada mais profunda analisada (0,4-0,6 m), isto pode ser devido ao fato de que em todas áreas o solo foi classificado com a mesma classe textural, porém observou-se que houve variações nos teores de areia, silte e argila (Tabela 1). Nas áreas de bananal e mata foram encontrados maiores valores de silte, 607 g.kg<sup>-1</sup> e 640 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente, não apresentando variação significativa na RT, enquanto na área de pastagem, foi obtido maior teor de areia (443 g.kg<sup>-1</sup>), o que pode-ser relacionado com os altos valores RT do solo, se caracterizando como uma variável correspondente a RT.

### CONCLUSÕES

Os maiores valores de RT foram encontrados no uso de Pastagem, em todas as camadas do solo.

Em cada Uso/Manejo, não foram observadas variações significativas da RT entre as camadas de solo.

### AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, por fomentar a bolsa de Iniciação Científica.

### REFERÊNCIAS

BLANCO-CANQUI, H.; LAL, R.; OWENS, L.B.; POST, W.M. & IZAURRALDE, R.C. Mechanical Properties And Organic Carbon Of Soil Aggregates In The Northern Appalachians. *Soil Sci. Soc. Am. J.* p. 69:1472-1481, 2005.

DEXTER, A.R. & KROESBERGEN, B. Methodology For Determination Of Tensile Strength Of Soil Aggregates. *J. Agric. Eng. Res.* 1985. p. 31:139-147.

DEXTER, A.R. & WATTS, C. Tensile Strenght And Friability. In: SMITH, K. & MULLINS, C., eds. *Soil and environmental analysis: Physical methods.* 2 ed. New York, Marcelo Dekker. 2000. p. 401-430.

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

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.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P. & DEXTER, A.R. Factors contributing to the tensile strength and friability of Oxisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66:1656-1661, 2002.

KAY, B.D. & DEXTER, A.R. The Influence Of Dispersive Clay And Wetting/Drying Cicles On The Tensile Strength Of A Redbrown. *Earth: Austr. J. Soil Res.* p. 30:297-310, 1992.

MUNKHOLM, L.J. & SCHJØNNING, P. Structural Vulnerability Of A Sandy Loam Exposed To Intensive Tillage And Traffic In Wet Conditions. *Soil Tillage Res.* p. 79:79-85, 2004.

MUNKHOLM, L.J.; SCHJØNNING, P. & RASMUSSEN, K.J. No-Inversion Tillage Effects On Soil Mechanical Properties Of A Humid Sandy Loam. *Soil Tillage Res.* p. 62:1-14, 2001.

SILVA, R.B.; IORI, P.; DIAS JUNIOR, M.S.; MARTINS, P.A. Degradação Estrutural do Solo em Áreas de Preservação Permanente da Sub-Bacia do Rio Ribeira de Iguape. In: SILVA, R.B.; MING, L.C. *Polo de Biotecnologia da Mata Atlântica: Relatos de pesquisas e outras experiências vividas no Vale do Ribeira.* 1ed. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel, 2010, p. 139-154.

SHANMUGANATHAN, R.T. & OADES, J.M. Effect of dispersible clay on the physical properties of the B horizon of a Red-Brown Earth. *Aust. J. Soil Res.*, 20:315-324, 1982.

OBOUR, B; LAMANDÉ, M; EDWARDS, G; SØRENSEN, C. G; MUNKHOLM L.J. Predicting Soil Workability And Fragmentation In Tillage: A Review. *British Society of Soil Science: London.* v. 33, p. 288-298, 2017.

TORMENA, C.A.; ARAÚJO, M.A.; FIDALSKI, J.; IMHOFF, S. & SILVA, A.P. Quantificação da resistência tênsil e da friabilidade de um Latossolo Vermelho distroférrico sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:943-952, 2008b.

TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J. & ROSSI JUNIOR, W. Resistência tênsil e friabilidade de um latossolo sob diferentes sistemas de uso. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:33-42, 2008a.

WATTS, C.W.; DEXTER, A.R. & LONGSTAFF, D.J. An assessment of the vulnerability of soil structure to destabilization during tillage. Part II. Field trials. *Soil Till. Res.*, 37:175-190, 1996.

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

ZHANG, H. Organic matter incorporation affects on mechanical properties of soil aggregates. *Soil Till. Res.*, 31:263-175, 1994.