

## Elasticidade de um Gleissolo Háplico cultivado com arroz e sob vegetação natural

Jacobs, L.E.<sup>1</sup>; Mentges, M. I.<sup>1</sup>; Reichert, J. M.<sup>1</sup>; Mentges, L. R.<sup>1</sup>; Xavier, A.<sup>1</sup>; Barros, C. A.P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, e-mail: [leugenioagro@gmail.com](mailto:leugenioagro@gmail.com)  
(apresentador), [marcelomentges@gmail.com](mailto:marcelomentges@gmail.com), [reichert@smail.ufsm.br](mailto:reichert@smail.ufsm.br), [lenisementges@yahoo.com.br](mailto:lenisementges@yahoo.com.br),  
[alensexav@gmail.com](mailto:alensexav@gmail.com), [dinhaufsm@gmail.com](mailto:dinhaufsm@gmail.com).

### Resumo

O cultivo agrícola em solos de planícies aluviais, ou de várzeas, potencializa limitações na qualidade física do solo, visto que esses solos apresentam naturalmente limitações devido as suas características hidromórficas. Entre as propriedades físicas, a elasticidade do solo, torna-se uma característica importante, por refletir a capacidade do solo retornar naturalmente ao estado anterior à deformação. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do cultivo de arroz irrigado na elasticidade de um Gleissolo Háplico, em relação ao solo mantido sem uso agrícola. Este trabalho foi realizado na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria. O solo é classificado como Gleissolo Háplico. Os tratamentos constaram da combinação de dois níveis de fatores: o uso e os horizontes do solo. Foram realizadas determinações de densidade do solo, índice de descompressão, índice de relaxação e grau de saturação. O uso do solo com cultivo de arroz irrigado, avaliado em amostras com elevado teor de água no solo, não alterou significativamente a elasticidade do solo quando comparado à condição de ausência de uso agrícola, sendo que essa é aumentada pelo maior conteúdo de matéria orgânica presente nos horizontes superficiais do solo, principalmente em solos sem uso agrícola.

### Introdução

O solo comporta-se como componente fundamental na manutenção e sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Lima, 2004). A distribuição espacial do solo na paisagem, integrando a sua qualidade física, química e biológica condiciona e direciona ao uso agrícola sustentável. No Rio Grande do Sul, as planícies aluviais ocupam extensas áreas na paisagem do estado. Também conhecidas por várzeas, nessas planícies predomina a ocorrência de Planossolos em áreas mais elevadas e Gleissolos próximos aos cursos d'água. Ambos são solos profundos e mal drenados, o que condiciona a aptidão agrícola ao cultivo de arroz irrigado.

O cultivo com arroz irrigado sob o sistema convencional e o intenso revolvimento do solo, características do sistema de manejo predominante para essa cultura, podem potencializar a insustentabilidade do sistema, principalmente nessas áreas de várzea, consideradas um ambiente naturalmente frágil, devido às suas características hidromórficas. As práticas agrícolas podem modificar significativamente as propriedades do solo, o que afeta a estrutura (Uhde, 2009), além de

alterar os teores de matéria orgânica (Bertol et al., 2004; Rosa et al., 2008).

Estudos envolvendo propriedades físicas do solo, que refletem o comportamento do solo aos impactos ocasionados pelo uso antrópico, justificam-se pelo crescente interesse na identificação e no desenvolvimento de sistemas de uso e de manejo que propiciem a manutenção ou o incremento da qualidade física e da produtividade agrícola. No entanto, estudos dessa magnitude são incipientes, principalmente em solos de várzeas cultivados com arroz irrigado.

A elasticidade torna-se uma característica importante entre as propriedades mecânicas do solo, por refletir a capacidade do solo retornar naturalmente ao estado anterior à deformação. Esta capacidade natural do solo, afetada diretamente pelo teor de matéria orgânica, pode ser avaliada mediante a inclinação da reta de descompressão, ou seja, pela determinação do coeficiente de descompressão e do índice de relaxação, que também são afetados pela umidade do solo. Dessa forma, objetivou-se avaliar a influência do cultivo de arroz irrigado na elasticidade de um Gleissolo Háplico em relação ao solo mantido sob vegetação natural e ausência de uso agrícola.

## **Material e Métodos**

Este trabalho foi realizado na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), situada na região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), o solo é classificado como Gleissolo Háplico.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições para cada tratamento. Os tratamentos constaram da combinação de dois níveis de fatores. O fator A refere-se ao uso do solo: (i) cultivado com arroz irrigado por inundação sob o sistema de cultivo convencional (Trat1) e (ii) com vegetação natural, sendo que não havia sido utilizado com uso agrícola (Trat2). O fator D refere-se aos horizontes do solo: (i) horizontes Ap (0,0 – 0,17 m), A (0,17 – 0,40 m), Cg1 (0,40 – 0,70m) e Cg2 (0,70 – 1,00+ m) para a condição de cultivo com arroz irrigado por inundação e (ii) horizontes A1 (0,0 – 0,25 m), A2 (0,25 – 0,51 m), Cg1 (0,51 – 0,92 m) e Cg2 (0,92 – 1,20+ m) para a condição de ausência de uso agrícola.

No período de entressafra foram realizadas amostragens no centro de cada horizonte, sendo que após a amostras de solo indeformadas foram coletadas em cilindros de aço inoxidável de 0,03 m de altura e 0,0612 m de diâmetro. Nestes, determinações de densidade do solo e ensaio de elasticidade foram realizadas. Além disso, utilizando amostras de solo com estrutura deformada, foi determinada a granulometria (Embrapa, 1997), a densidade de partículas (Gubiani et al., 2006) e o teor de carbono total (Tedesco et al., 1995), cujos resultados estão na Tabela 1.

Para a realização dos ensaios de elasticidade as amostras foram equilibradas na tensão de 33 kPa em câmaras de pressão de Richards. Realizou-se os ensaios por meio de uma prensa de compressão uniaxial, no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Santa Maria. O carregamento na prensa de compressão uniaxial foi feito em três etapas. Primeiramente, fez-se o

carregamento das cargas de 12,5, 25, 50, 100, 200, 400 e 800 kPa, admitindo-se que esta última carga fosse maior que a pressão de preconsolidação das amostras. Após, efetuou-se o descarregamento sequencial de todas as cargas aplicadas. Por fim, terminado o descarregamento, aplicaram-se novamente todas as cargas, incluindo a de 1600 kPa. Tanto nos carregamentos como nos descarregamentos, as leituras no extensômetro foram feitas após cinco minutos de aplicação da carga. Segundo Silva et al (2000), esse tempo de aplicação é suficiente para que 99% da deformação máxima ocorra.

Neste trabalho, a elasticidade é expressa pelo coeficiente de descompressão (Cd), que corresponde à declividade da reta de descarregamento/re-carregamento, e pelo índice de relaxação (Ir), calculado através da variação do índice de vazios durante o descarregamento e o re-carregamento.

**Tabela 1.** Composição granulométrica, densidade de partículas (Dp), teor de carbono total (CO) e classe textural do Gleissolo Háplico<sup>(1)</sup>.

Horizontes	Areia	Silte	Argila	Dp	CO	Classe Textural
	-----g kg <sup>-1</sup> -----			g cm <sup>-3</sup>	%	
-----c-----						
Ap	136	508	356	2,32	2,74	franco argila siltosa
A	199	487	315	2,41	1,92	franco argila siltosa
Cg1	324	398	278	2,42	1,40	franco argilosa
Cg2	333	374	293	2,44	1,28	franco argilosa
-----Trat2-----						
A1	129	637	234	2,37	1,92	franco siltosa
A2	110	587	303	2,41	1,49	franco siltosa
Cg1	104	578	317	2,43	1,32	argilo siltosa
Cg2	102	436	461	2,46	1,22	argilo siltosa

(1) Trat1: Gleissolo Háplico cultivado com arroz irrigado por inundação; Trat2: Gleissolo Háplico sem uso agrícola.

O efeito dos tratamentos em relação à elasticidade foi avaliado pela significância dos contrastes ortogonais [1 (Trat1 x -1Trat2)], [Trat1 (1Ap 1A x -1Cg1 -1Cg2)], [Trat1 (1Ap x -1A)], [Trat1 (1Cg1 x -1Cg2)], [Trat2 (1A1 1A2 x -1Cg1 -1Cg2)], [Trat2 (1A1 x -1A2)], [Trat2 (1Cg1 x -1Cg2)]. Cabe esclarecer que os horizontes constituem os tratamentos, os quais foram avaliados em solo sob duas condições de uso (sem e com uso agrícola), e os tratamentos que formam um contraste são os indicados dentro de colchetes, exceto quando os usos são contrastados. A estatística *t* avalia qual a probabilidade (P<t) para a igualdade entre contrastes.

## Resultados e discussão

Os valores de densidade do solo, coeficiente de descompressão, índice de relaxação, grau de saturação, juntamente com os contrastes, a estimativa dos contrastes, o valor *t* e a significância dos contrastes avaliados estão dispostos na Tabela 2.

As médias do Coeficiente de descompressão (Cd) indicam que os horizontes superficiais em ambos os usos apresentaram os maiores valores, sendo que, ocorreram diferenças significativas somente nos contrastes entre os horizontes superficiais do solo sem uso agrícola (contraste Trat2[A1 x A2]) e entre os horizontes superficiais e subsuperficiais da mesma condição (contraste Trat2[(A1,A2) x (Cg1,Cg2))). Os maiores valores das médias do Cd nos horizontes superficiais se devem ao incremento de carbono orgânico nesses horizontes (Tabela 1) e, conseqüentemente, pela menor densidade do solo. Assim, o aumento da elasticidade está associado ao aumento do teor de carbono orgânico (CO) do solo, observados neste trabalho, sendo explicado pela elasticidade da própria MOS, que é mais elástica que as partículas minerais (Soane, 1990). Segundo Braida et al. (2010), as partículas orgânicas ligadas a partículas minerais são deformadas quando as partículas minerais são deslocadas durante a aplicação de uma carga, sem que as ligações se rompam totalmente. Ao cessar a aplicação da carga, as partículas orgânicas tendem a retornar à forma original, deslocando consigo as partículas minerais.

Os maiores valores de Cd nos horizontes superficiais podem estar relacionados com a menor densidade do solo. Provavelmente esse comportamento ocorreu devido a diminuição da densidade do solo, que foi acompanhada pelo aumento do teor de CO. Braida (2008), avaliando a elasticidade do solo em um Argissolo observou efeito semelhante.

Conforme disposto anteriormente, ocorreram diferenças significativas do Cd somente entre os horizontes superficiais e entre os horizontes superficiais e subsuperficiais do solo sem uso, indicando que a camada superficial do solo não cultivado apresenta maior elasticidade. Provavelmente isso aconteceu porque a condição de solo sem uso antrópico resulta em uma menor densidade do solo, em relação ao solo cultivado. A menor densidade do solo, associado ao maior conteúdo de CO, em relação aos horizontes subsuperficiais, e ao elevado conteúdo de umidade das amostras permitem maior aprisionamento de bolhas de ar durante a compressão. Segundo Braida (2007) o ar dentro dessas bolhas é comprimido e, quando cessa a aplicação da carga, expande-se deslocando o solo, resultando em um maior Cd.

Não houve diferença significativa no contraste que compara as duas condições de uso (Trat1 x Trat2), assim como entre os horizontes superficiais e entre os horizontes superficiais e subsuperficiais de cada condição de uso para a variável índice de relaxação (Ir). No entanto observa-se que os maiores valores das médias de Ir encontram-se no horizonte superficial do solo, indicando que a camada superficial pode apresentar comportamento mais elástico que as camadas mais profundas.

**Tabela 2.** Densidade do solo (Ds), Coeficiente de descompressão (Cd), Índice de relaxação (Ir), Grau de saturação (GS), contrastes avaliados, estimativa dos contrastes, valor t e significância dos contrastes do Gleissolo Háplico.

Perfil*	Horizontes	Médias	Contraste	Estimativa	t	Pr > t
----- Ds (g cm <sup>-3</sup> ) -----						
Trat1	Ap	1,19	Trat1 x Trat2	0,4645	4,61	0,0003
	A	1,34	Trat1[(Ap,A) x (Cg1,Cg2)]	-0,3963	-5,57	<0,0001
	Cg1	1,43	Trat1[A x Ap]	0,1513	3,01	0,0084
	Cg2	1,50	Trat1[Cg1 x Cg2]	-0,0731	-1,45	0,1659
Trat2	A1	1,09	Trat2[(A1,A2) x (Cg1,Cg2)]	-0,2846	-4,00	0,0010
	A2	1,27	Trat2[A1 x A2]	-0,1807	-3,59	0,0025
	Cg1	1,37	Trat2[Cg1 x Cg2]	0,0954	1,90	0,0761
	Cg2	1,27				
----- Cd -----						
Trat1	Ap	0,05	Trat1 x Trat2	0,0123	0,55	0,5877
	A	0,05	Trat1[(Ap,A) x (Cg1,Cg2)]	0,0233	1,48	0,1582
	Cg1	0,04	Trat1[A x Ap]	0,0010	0,09	0,9296
	Cg2	0,03	Trat1[Cg1 x Cg2]	0,0017	0,15	0,8830
Trat2	A1	0,06	Trat2[(A1,A2) x (Cg1,Cg2)]	0,0363	2,31	0,0349
	A2	0,03	Trat2[A1 x A2]	0,0353	3,17	0,0059
	Cg1	0,03	Trat2[Cg1 x Cg2]	-0,0070	-0,63	0,5388
	Cg2	0,03				
----- Ir -----						
Trat1	Ap	39,80	Trat1 x Trat2	5,6906	0,26	0,7950
	A	26,27	Trat1[(Ap,A) x (Cg1,Cg2)]	-7,2693	-0,48	0,6396
	Cg1	35,47	Trat1[A x Ap]	13,5316	1,26	0,2270
	Cg2	37,88	Trat1[Cg1 x Cg2]	-2,4090	-0,22	0,8258
Trat2	A1	40,32	Trat2[(A1,A2) x (Cg1,Cg2)]	-1,1366	-0,07	0,9414
	A2	25,98	Trat2[A1 x A2]	14,3360	1,33	0,2018
	Cg1	33,85	Trat2[Cg1 x Cg2]	0,2760	0,03	0,9799
	Cg2	33,58				
----- GS (%) -----						
Trat1	Ap	73,97	Trat1 x Trat2	16,0833	1,28	0,2200
	A	85,44	Trat1[(Ap,A) x (Cg1,Cg2)]	-16,0933	-1,81	0,0897
	Cg1	84,10	Trat1[A x Ap]	11,4633	1,82	0,0876
	Cg2	91,40	Trat1[Cg1 x Cg2]	-7,2967	-1,16	0,2638
Trat2	A1	68,40	Trat2[(A1,A2) x (Cg1,Cg2)]	-24,9633	-2,80	0,0128
	A2	78,53	Trat2[A1 x A2]	-10,1333	-1,61	0,1273
	Cg1	82,51	Trat2[Cg1 x Cg2]	-6,8767	-1,09	0,2912
	Cg2	89,39				

\* Os perfis representam as condições com (Trat1) e sem uso agrícola (Trat2).

## Conclusões

O uso do solo com cultivo de arroz irrigado, sob sistema convencional, não alterou significativamente a elasticidade do solo quando comparado à condição de ausência de uso agrícola.

A elasticidade do solo é aumentada pelo maior conteúdo de matéria orgânica presente nos horizontes superficiais do solo, principalmente em solos sem uso agrícola.

## **Literatura Citada**

- BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 155-163, jan./fev., 2004.
- BRAIDA, J.A. et al Coeficientes de compressão e descompressão de um Nitossolo Vermelho distrófico em função do teor de carbono orgânico In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Gramado. Anais... Gramado, RS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. CD-ROM, 2007.
- BRAIDA, J.A. et al Elasticidade do solo em função da umidade e do teor de Carbono orgânico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:477-485, 2008.
- BAIDA, J.A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo. *R. Bras. de Eng. Agr. e Ambiental* v.14, n.2, p.131–139, 2010.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em solos. Manual de métodos de análise de solos. Brasília - DF: EMBRAPA. 1997. 212p. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília - DF: EMBRAPA. 2006. 412p.
- GUBIANI, P.I. et al. Método alternativo para a determinação da densidade de partículas do solo - exatidão, precisão e tempo de processamento. *Ciência Rural*, v.36, p.664-668, 2006.
- LIMA, C.L.R. Compressibilidade do solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada. 2004. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba..ABNT. NBR 12007. Ensaio de adensamento unidimensional. Rio de Janeiro, 1990. 13p.
- ROSA, C.M. et al. Teor e qualidade de substancias húmicas de Planossolo sob diferentes sistemas de cultivo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1589-1595, set., 2008.
- SILVA, V.R. Suscetibilidade à compactação de um latossolo vermelho-escuro e de um podzólico Vermelho-amarelo. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:239-249, 2000.
- TEDESCO, M.J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. Ed. Porto Alegre: Departamento de solos – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (BOLETIM TÉCNICO, 5).
- SOANE, B.D. The role of organic matter in soil compactability: A review of some practical aspects. *Soil Till. Res.*, 16:179- 201, 1990.
- UHDE, L.T. Sistema pedológico de um ambiente antropizado da Depressão Central do RS. 2009. 226f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.