



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE “S” E ALGUMAS PROPRIEDADES FÍSICO-HIDRÍCAS DE DIFERENTES SOLOS DO RIO GRANDE DO SUL

Claudine Ohana Barcellos Consensa⁽¹⁾; Eduardo Saldanha Vogelmann⁽²⁾; José Miguel Reichert⁽³⁾; Juliana Prevedello⁽²⁾; Alan ébano de Oliveira⁽⁴⁾; Dalvan José Reinert⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de Graduação; Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima, 1000, Santa Maria, RS, CEP: 97105-900. E-mail: claudineohana@gmail.com ⁽²⁾ Estudante de Pós-Graduação; Departamento de Solos, UFSM. ⁽³⁾ Professor; Departamento de Solos, UFSM. ⁽⁴⁾ Estudante de Graduação; Departamento de Solos, UFSM.

Resumo – A qualidade física do solo é de fundamental importância para o desempenho de funções como suportar o crescimento de plantas e regular o fluxo de energia e massa no ambiente. Entre os parâmetros de mensuração da qualidade física, o índice S é considerado uma medida representativa das condições estruturais que o solo apresenta, devidas geralmente ao seu uso e manejo. Este trabalho visou correlacionar o índice S com a densidade do solo, porosidade e granulometria de alguns solos do Rio Grande do Sul. Utilizaram-se amostras deformadas e indeformadas de nove classes de solo diferentes, coletadas em três profundidades. Com as amostras indeformadas determinaram-se a densidade do solo, a porosidade do solo e a água disponível às plantas, além de uma parte da curva de retenção de água no solo (CRA). Nas amostras deformadas, determinaram-se a granulometria e a umidade gravimétrica entre os potenciais de -500 kPa e -1500 kPa por meio de potenciômetro de ponto de orvalho, para completar a CRA. O índice S foi determinado a partir da inclinação da CRA no ponto de inflexão. Para a maioria dos solos avaliados, o parâmetro situou-se dentro da faixa de boa a muito boa qualidade física do solo. A correlação com as outras propriedades mensuradas foi pouco significativa, com exceção da macroporosidade do solo. O índice S representa principalmente a condição estrutural do solo, o que reflete na boa qualidade física dos solos que estão sob condição natural.

Palavras-Chave: qualidade do solo, estrutura, curva de retenção.

INTRODUÇÃO

A qualidade do solo compreende três aspectos fundamentais: físico, químico e biológico. Devido à interdependência entre estes fatores, a qualidade física do solo assume um importante papel no desempenho das funções do solo, como servir de suporte ao crescimento das plantas, regular e participar do fluxo de massa e energia do ambiente (Reichert et al., 2003).

Um solo com boa qualidade física deve apresentar como característica intrínseca uma boa estrutura, a qual está intimamente ligada à porosidade, aeração, drenagem e retenção de água no solo. Alguns parâmetros que podem representar esta qualidade,

como densidade e porosidade, tem seus valores críticos condicionados à limitação imposta ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Por isso, muitos resultados de pesquisas mostram-se divergentes entre si quanto à determinação de um limite crítico para cada classe textural (Richardt et al., 2005). Além disso, a análise de uma única propriedade física do solo nem sempre é suficiente para uma fiel representação de sua qualidade física e da relação desta com o desenvolvimento das plantas devido à interdependência existente entre as variáveis.

Para fins de avaliação da qualidade física dos solos por meio de um único parâmetro, Dexter (2004) desenvolveu o cálculo do índice S, definido como a inclinação da curva de retenção de água no solo no seu ponto de inflexão. Esse autor definiu que valores de S elevados indicam que o solo apresenta uma boa distribuição no tamanho dos poros, refletindo em uma boa qualidade estrutural do solo. Isso porque o segmento S da curva de retenção de água representa principalmente a porosidade microestrutural, que compreende microfendas, fendas, bioporos e macroestruturas produzidas pelo manejo (Andrade e Stone, 2009). Esses fatores determinam os principais atributos físicos do solo e, portanto, a utilização do índice S permite a avaliação da qualidade física do solo ao longo do tempo e em diversas condições de uso e manejo do solo (Andrade e Stone, 2009).

Os valores do índice S limitantes ao desenvolvimento das plantas variam entre os autores. Dexter (2004) indica que solos com $S > 0,035$ tem boa qualidade estrutural, e que valores de $S < 0,020$ indicam solos muito pobres fisicamente. Beutler et al. (2008), encontraram valores de $S = 0,056$ e $S = 0,062$ como limitantes à produtividade de soja e milho, respectivamente. Em solos de cerrado, o valor de $S = 0,045$ mostrou-se como o limite entre solos com boa qualidade física e solos com má qualidade física, sendo $S \leq 0,025$ o indicador de solos fisicamente degradados (Andrade e Stone, 2009). Comparando sistemas de cultivo com e sem rotação de culturas, Machado (2006) verificou que neste último o valor de S ficou abaixo ao de boa qualidade física do solo ($= 0,035$). Estes valores refletem os limites críticos de propriedades como porosidade total, macroporosidade e densidade do solo.

Assim, este trabalho visou relacionar o índice “S” com a densidade, porosidade e composição granulométrica de alguns solos do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras nas profundidades de 0,00 - 0,05, 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m, de nove solos diferentes do Rio Grande do Sul: Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico (PVAa), Argissolo Vermelho Distrófico (PVd), Cambissolo Háptico Eutrófico (CXe), Gleissolo Háptico Distrófico (GXd), Latossolo Vermelho Distrófico (LVd), Latossolo Vermelho Distrófico (LVdf), Luvisso Háptico Órtico (TXo), Planossolo Háptico Eutrófico (SXe) e Vertissolo Ebânico Órtico (VEo). Os dados de granulometria dos solos são apresentados na tabela 1. A localização dos pontos de coleta das amostras pode ser observada na figura 1.

Tabela 1. Composição granulométrica dos solos avaliados.

Solo	Profundidade (m)	Areia	Silte (g kg ⁻¹)	Argila
PVAa	0,00-0,05	244,78	490,44	264,78
	0,05-0,10	255,60	482,79	261,61
	0,10-0,20	276,89	534,64	188,47
PVd	0,00-0,05	642,69	293,30	64,02
	0,05-0,10	615,80	223,93	160,27
	0,10-0,20	621,06	220,84	158,10
CXe	0,00-0,05	113,31	440,75	445,94
	0,05-0,10	106,19	452,45	441,35
	0,10-0,20	105,34	424,42	470,23
GXd	0,00-0,05	338,99	410,04	250,96
	0,05-0,10	382,61	346,92	270,47
	0,10-0,20	383,52	332,58	283,90
LVd	0,00-0,05	392,27	191,35	416,38
	0,05-0,10	393,06	252,37	354,56
	0,10-0,20	377,93	169,69	452,38
LVdf	0,00-0,05	349,21	188,70	462,09
	0,05-0,10	336,44	242,08	421,48
	0,10-0,20	319,42	242,76	437,82
TXo	0,00-0,05	396,00	474,21	129,79
	0,05-0,10	388,77	436,63	174,60
	0,10-0,20	525,78	244,23	229,99
SXe	0,00-0,05	536,97	176,20	286,83
	0,05-0,10	500,18	248,95	250,87
	0,10-0,20	249,11	261,36	489,53
VEo	0,00-0,05	164,24	465,12	370,64
	0,05-0,10	131,84	368,18	499,99
	0,10-0,20	112,27	387,44	500,30

Amostras coletadas com estrutura preservada foram saturadas e submetidas aos potenciais matriciais de -1 kPa, -6 kPa, -10 kPa, em coluna de areia (Reinert; Reichert, 2006), -33 kPa e -100 kPa, em câmara de Richards. Após, as amostras foram secas em estufa a 105° C até peso constante para determinar a densidade do solo (Ds). Para determinar a umidade gravimétrica do solo nos potenciais de -500 kPa, -1000 kPa e -1500 kPa, utilizou-se a equação da curva de retenção (CRA) plotada através dos dados gerados pelo potenciômetro de ponto de orvalho (WP4) a partir de amostras de solo deformadas.

As curvas de retenção de água, com base na umidade volumétrica, foram ajustadas pelo modelo de Van Genuchten (1980), por meio de programa

computacional Soil Water Retention Curve – SWRC (Dourado Neto et al., 2001).



Figura 1. Mapa do estado do Rio Grande do Sul com a localização dos pontos de coleta dos solos analisados.

A determinação do parâmetro S foi estimada a partir da curva de retenção de água (CRA), coincidindo com o valor de sua inclinação no ponto de inflexão. Esta inclinação é obtida por meio do ajuste da curva de retenção a um modelo matemático, sendo os parâmetros deste modelo matemático utilizados para o cálculo de S por meio da equação 1 (Dexter, 2004):

$$S = -n (\theta_{sat} - \theta_{res}) [1 + 1/m]^{-(1+m)} \quad (1)$$

em que m e n são parâmetros da equação de Van Genuchten (1980), θ_{sat} e θ_{res} são a umidade de saturação e a umidade residual, respectivamente. Apesar de a equação resultar em um valor de S negativo, convencionou-se usar seu módulo para discussão dos resultados.

A porosidade total (Pt), macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic) e distribuição de poros por tamanho foram obtidas a partir da CRA, assim como, a umidade na Capacidade de Campo ($\theta_{CC} = -100$ kPa), no Ponto de Murcha Permanente ($\theta_{PMP} = -1500$ kPa), e a partir desses a água disponível, calculada pela equação 2.

$$ADP = \theta_{CC} - \theta_{PMP} \quad (2)$$

A análise estatística constou da análise de variância e comparação de médias utilizando-se o teste de Tukey a 5 % de probabilidade, e análise de correlação de Pearson entre o índice S e as variáveis estudadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de correlação de Pearson do índice S com as propriedades físicas dos solos estudados estão descritos na Tabela 2.

Para os solos avaliados, o índice S apresentou correlação negativa pouco significativa com a densidade do solo (Figura 2a), devido às diferentes classes texturais destes solos. Andrade e Stone (2009), fazendo correlação por grupos texturais, encontraram elevada significância correlacional entre S e Ds. Com relação aos teores de silte e argila, as correlações foram significativas positiva e negativa, respectivamente (Figuras 2b e 2c). Entanto, Streck et al. (2008), para alguns solos do sul do Brasil, encontraram relação entre teor de argila total e índice S. Porém, segundo Dexter (2004), o teor de argila está intimamente ligado à estrutura do solo podendo refletir condições estruturais do solo quando não antropizado.

O parâmetro S mostrou baixa correlação positiva com a

porosidade total (Figura 2d), mas com relação à macroporosidade e ao volume de poros com diâmetro entre 300 e 50 μm , as correlações foram positivas e elevadas, o que indica uma relação direta do valor de S com a porosidade estrutural do solo (Figura 2e).

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson do índice S com algumas propriedades físicas do solo.

Ds	Pt	Mac	Mic	Areia	Silte	Argila
-0,39*	0,39*	0,66**	ns	ns	0,43*	-0,48*

*Significativo a 0,05 de probabilidade. **Significativo a 0,01 de probabilidade.

Os valores de densidade encontrados nos diferentes solos (Tabela 3), estão abaixo dos valores considerados limitantes por Reichert et al. (2007), que são > 1,39 Mg m^{-3} para textura argilosa, >1,49 Mg m^{-3} para argilo-arenosa, >1,60 Mg m^{-3} para franco-argilo-arenosa, franco e franco-arenosa e > 1,69 Mg m^{-3} para arenosa. Entretanto o limite inferior da macroporosidade situa-se abaixo do limite crítico apontado por Reichert et al. (2007) para porosidade de aeração, 0,10 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, cujo valor é preconizado como o mínimo necessário ao crescimento e desenvolvimento das plantas, o que pode estar associado a compactação provocada pelo pisoteio de animais.

Observou-se os menores valores de densidade na camada superficial associados à maior Mac e Pt. De acordo com Mello Ivo & Ross (2006), a maior quantidade de material orgânico na superfície, consequência do maior crescimento de raízes e incorporação de liteira, justificam a menor Ds na camada mais superficial de solos sob vegetação nativa.

Com o aprofundamento no solo verificou-se o aumento da Ds, e redução do volume de poros. Assim, segundo Horn et al. (1995), há uma redução do teor de água nos potenciais mais altos próximos à saturação (θ_{sat}) e um aumento do teor de água retido a potenciais menores próximos de -1500 kPa. Segundo Dexter (2004), um exame das CRA na literatura mostra que a degradação física do solo leva sempre a uma mudança na forma das curvas, com uma redução da inclinação da CRA no ponto de inflexão, reduzindo o índice S.

Quanto à atribuição de boa qualidade física aos solos avaliados, a maioria dos valores de S calculados situou-se acima do limite de 0,045 (Dexter, 2004), que separa solos com boa de solos com pobre qualidade estrutural (Tabela 3). Isso se deve possivelmente à condição de uso da terra dos solos analisados, em sua maioria sob vegetação natural (campo ou mata nativa), e, portanto, pouco antropizada. Isso explica também a dispersão dos dados de índice S entre os solos avaliados, pois comparando solos sob condição natural (floresta ou campo nativo) com solos sob plantio direto, Streck et al. (2008) verificaram que nesse tratamento os valores de S encontravam-se menos dispersos. Isso indica que o parâmetro representa melhor diferentes condições de manejo do solo do que a variabilidade de propriedades morfogenéticas, como a composição granulométrica.

Tabela 3. Índice S, em módulo, Ds e ADP dos solos analisados.

Solo	Índice S	Ds (g cm^{-3})	ADP ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)
Camada de 0,00-0,05			
PVAa	0,087 b	0,94	0,09
PVd	0,080 b	1,22	0,23
CXe	0,063 c	0,92	0,18
GXd	0,075 bc	1,13	0,25
LVd	0,077 bc	1,42	0,18
LVdf	0,061 c	1,47	0,20
Txo	0,137 a	1,07	0,15
SXe	0,065 c	1,18	0,17
VEo	0,051 c	1,06	0,23
Cv (%)	13,65		
Camada de 0,05-0,10			
PVAa	0,089 ab	1,05	0,16
PVd	0,062 c	1,52	0,15
CXe	0,062 c	1,04	0,20
GXd	0,069 bc	1,32	0,24
LVd	0,059 c	1,44	0,18
LVdf	0,099 a	1,27	0,17
Txo	0,082 b	1,17	0,14
SXe	0,054 c	1,36	0,12
VEo	0,063 c	1,15	0,24
Cv (%)	17,62		
Camada de 0,10-0,20			
PVAa	0,118 a	1,13	0,07
PVd	0,057 c	1,59	0,11
CXe	0,069 c	1,10	0,23
GXd	0,068 c	1,31	0,21
LVd	0,063 c	1,40	0,18
LVdf	0,056 c	1,33	0,18
Txo	0,090 b	1,20	0,32
SXe	0,033 d	1,39	0,01
VEo	0,068 c	1,20	0,24
Cv (%)	18,83		

CONCLUSÕES

1. O índice S é afetado pela densidade do solo, de acordo com a composição granulométrica do solo em questão, reduzindo seu valor em módulo com o aumento da Ds.
2. Os teores de argila e de silte pouco afetam o índice S, pois este independe da porosidade textural promovida pela distribuição do tamanho de partículas do solo.
3. O índice S depende da porosidade total do solo, especialmente da macroporosidade, pois o parâmetro representa a água retida pelos poros estruturais do solo.
4. Sob condições naturais ou pouco antropizadas de uso das terras, o índice S situa-se dentro dos parâmetros de boa qualidade física do solo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. da S.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13:382-388, 2009.
- BEUTLER, A. N.; FREDDI, O. da S.; LEONE, C. L. e CENTURION, J. F. Densidade do solo relativa e parâmetro "S" como indicadores da qualidade física para culturas anuais. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 8:27-36, 2008.

DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, 120:201-214, 2004.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo, modelo Van Genuchten. *Soil Water Retention Curve, SWRC (version 3,00 beta)*. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 2001.

HORN, R.; DOMZAL, H.; SLOWINSKA-JURKIEWICZ, A. & van OUWERKERK, C. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. *Soil Till. Res.*, 35:23-26, 1995.

MACHADO, J. L. Qualidade física de solos em distintos sistemas de uso e manejo quantificada pelo índice S. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós Graduação em Agronomia, 2006.

MELLO IVO, W.M.P.; ROSS, S. Efeito da colheita seletiva de madeira sobre algumas características físicas de um

Latossolo Amarelo sob floresta na Amazônia Central. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:769-776, 2006.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade dos sistemas agrícolas. *Ciência & Ambiente*, 27:29-48, 2003.

REICHERT, J. M.; SILVA, L. S.; REINERT, D. J. Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: SBCS, v. 5, 2007.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo – protótipos e teste. *Ciência Rural*, 36:1931-1935, 2006.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: Causas e efeitos. *Semina*, 26:321-344, 2005.

STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; HORN, R. Relações do parâmetro S para algumas propriedades físicas de solos do sul do Brasil. *R. Bras. de Ci. Solo*, 32:2603-2612, 2008.

VAN GENUCHTEN, M. T. A. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity for unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44:892-897, 1980.

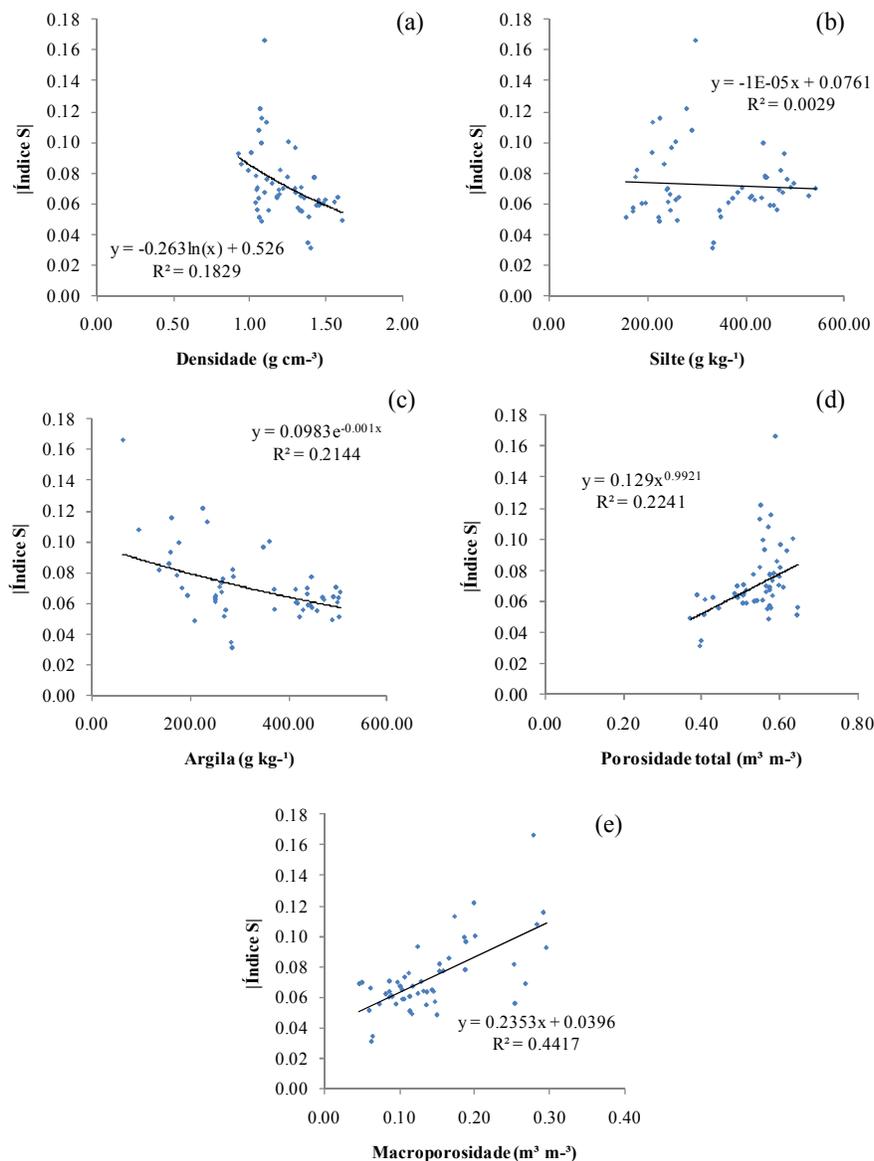


Figura 2. Relações do índice S com algumas propriedades físicas dos solos analisados.