

Relação entre o índice S e atributos físico-hídricos de solos do Cerrado Mato-Grossense⁽¹⁾.

Debora Curado Jardini ⁽²⁾; **Anne Caroline Dallabrida Avelino** ⁽³⁾; **Janaina de Miranda Silvério** ⁽³⁾; **Ricardo Santos Silva Amorim** ⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Projeto PROCAD/NF Nº1481/2007.

⁽²⁾ Estudante de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal do Estado de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, debora_jar@hotmail.com; ⁽³⁾ Estudante de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal do Estado de Mato Grosso; ⁽⁴⁾ Professor Associado do Departamento de Solos e Engenharia Rural da Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal do Estado de Mato Grosso.

RESUMO: A introdução de sistemas agrícolas promove modificações nas propriedades físicas dos solos, cuja direção e magnitude depende do tipo de uso e manejo utilizado. Nesse sentido, o índice S tem se destacado como uma ferramenta importante para o monitoramento de tais modificações. O objetivo desse trabalho foi verificar a adequação do índice S no diagnóstico da qualidade física de solos do Cerrado Mato-Grossense submetidos a diferentes usos. Para a realização do estudo foram coletadas amostras deformadas e indeformadas em 10 localidades da região Centro Sul do Estado de Mato Grosso, contemplando quatro classes texturais e cinco classes de solos. Essas amostras foram utilizadas para elaboração da curva de retenção de água e demais atributos físico-hídricos e Carbono dos solos estudados. O índice S foi estimado a partir da curva de retenção de água, coincidindo com o valor de sua inclinação no ponto de inflexão. O índice S mostrou variação entre os sistemas de uso do solo e foi sempre superior ao valor considerado limite para a boa qualidade física do solo. O índice S correlacionou-se com os atributos físicos do solo e com o conteúdo de carbono orgânico, mostrando-se adequado como indicador da qualidade física do solo.

Termos de indexação: Uso do solo; Propriedades físicas; Qualidade física do solo.

INTRODUÇÃO

O termo qualidade do solo refere-se à capacidade de o solo sustentar a produtividade biológica dentro dos ecossistemas naturais ou manejados, mantendo o equilíbrio ambiental e promovendo a saúde de plantas, animais e o próprio homem (Doran & Parkin, 1994). Comumente, a qualidade do solo é analisada sobre três aspectos: físico, químico e biológico, sendo estes importantes nas avaliações da extensão da degradação ou melhoria do solo e para identificar os manejos

sustentáveis do solo (Dexter, 2004a).

Atualmente o índice S, proposto por Dexter (2004a, 2004b, 2004c), tem se destacado como uma nova ferramenta de avaliação da qualidade física do solo. O índice S (S de "slope") é definido como a declividade da curva característica de retenção da água do solo em seu ponto de inflexão. Este índice vem sendo aceito como parâmetro indicador da qualidade estrutural de solos por representar a distribuição do tamanho de poros de maior frequência, o que torna possível a comparação direta dos efeitos de diferentes práticas de uso e manejo nos solos (Silva et al., 2012).

Segundo Dexter (2004a), valores de $S \geq 0,035$ indicam condições físicas favoráveis para o crescimento das raízes das plantas e, $S < 0,020$ indicam condições físicas do solo com alta restrição ao crescimento das raízes das plantas. Este autor relata que maiores valores de S indicam melhor distribuição do tamanho de poros, condizente com condições estruturais que estabelecem um adequado funcionamento físico-hídrico do solo. Assim, esses limites são úteis para quantificar e monitorar os efeitos de sistemas de uso e manejo em termos de qualidade física e estrutural dos solos.

Consensa et al. (2010), avaliando a relação entre o índice S e algumas propriedades físico-hídricas de solos do Rio Grande do Sul observaram que este índice se situou acima do limite de 0,045 para a maioria dos solos avaliados. Andrade & Stone (2008) correlacionaram o índice S à densidade e porosidade de solos do cerrado com diferentes texturas e concluíram que este índice é adequado como indicador da qualidade física do solo. Li et al. (2011), avaliando o índice S e outros atributos indicadores da qualidade física de um Ultisol em função de diferentes manejos, observaram correlação entre o índice S e os demais atributos, e concluíram que esse índice pode ser usado como indicador global da qualidade física

para solos submetidos a diferentes manejos e usos do solo.

Portanto, os resultados publicados até o momento mostram que o índice S é um indicador das condições estruturais que o solo apresenta em função do seu uso e manejo. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi verificar a adequação do índice S no diagnóstico da qualidade física de solos do Cerrado Mato-Grossense submetidos a diferentes usos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo amostras de solo foram coletadas em 10 localidades da região Centro Sul do Estado de Mato Grosso, contemplando quatro classes texturais e cinco classes de solos (**Tabela 1**).

Amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas com auxílio do amostrador de Köpeck, em cilindros metálicos (volume de 100 cm³), para avaliar a curva de retenção de água, a densidade do solo, a porosidade total, a macroporosidade e a microporosidade. Amostras com estrutura alterada também foram coletadas nas mesmas camadas, com auxílio de um trado holandês, para determinação da umidade nos potenciais menores que - 500 kPa, em psicrômetro (WP4 – Dewpoint Potential Meter). A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta (Klute, 1986). Tanto as amostras deformadas como as indeformadas foram coletadas em três profundidades (0 - 10; 15 - 25 e 35 - 45cm) para cada localidade de estudo.

As amostras com estrutura preservada foram preparadas no Laboratório de Física do Solo (LAFIS) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), saturadas por capilaridade e submetidas aos potenciais matriciais de -2, -4 e -6 em coluna de areia, sendo o potencial de -6 kPa considerado o limite entre a macroporosidade e a microporosidade (Klute, 1986). Posteriormente, as amostras foram submetidas aos potenciais de -33 e -100 kPa, em Câmara de Richards (Klute, 1986). Ao final, as amostras foram mantidas em estufa a 105 °C até atingirem peso constante, para determinação da densidade do solo (Ds).

A umidade gravimétrica para os potenciais de -500, -1000 e -1500 kPa foi analisada utilizando-se amostras com estrutura deformada, por meio de um psicrômetro (WP4 – Dewpoint Potential Meter). A umidade gravimétrica determinada foi multiplicada pela densidade do solo correspondente à camada amostrada, para obtenção da umidade volumétrica. A curva de retenção de água no solo foi obtida pela relação entre a umidade volumétrica e o potencial da água no solo em cada camada avaliada.

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).

A determinação do parâmetro S foi estimada a partir da curva de retenção de água, 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):

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

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 da equação resultar em um valor de S negativo, convencionou-se usar seu módulo para discussão dos resultados.

A análise estatística constou da análise de similaridade (agrupamento). A definição dos grupos foi realizada pelo traçado de uma linha paralela ao eixo horizontal na distância euclidiana de 5,0. Também realizou-se a análise de correlação de Pearson entre o índice S e as variáveis estudadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de índice S ficaram superiores aos teorizados por Dexter (2004a) de $S \geq 0,035$, ou seja, não restritivo ao crescimento radicular das plantas, independentemente do uso do solo (**Tabela 2**). O maior valor de S foi encontrado para as áreas sem uso agrícola e de pastagem natural, 0,266 e 0,194, respectivamente. O menor valor de S foi encontrado para área com cana-de-açúcar (0,037). Segundo Beutler et al. (2008), um maior valor de S indica uma ampla distribuição do tamanho dos poros.

Estudos realizados por Aratani et al. (2009) e Marchão et al. (2007) comprovam que o índice S teve variação entre os sistemas de uso do solo, entretanto, foi sempre superior ao valor considerado limite para a boa qualidade física do solo.

Tabela 2. Valores de Índice S para os respectivos usos do solo.

Uso do solo	Índice S	Desvio Padrão	CV%
Cana-de-açúcar	0,037	0,008	20,8
Pastagem natural	0,064	0,006	9,4
Pastagem plantada	0,067	0,005	8,1
Pastagem brachiaria	0,105	0,027	25,6
Soja	0,052	0,003	5,7
Soja - Milho	0,054	0,013	23,9
Soja	0,096	0,012	13,0
Pastagem plantada	0,092	0,013	13,7
Sem uso agrícola	0,266	0,059	22,3
Pastagem natural	0,194	0,104	53,6

Pela análise similaridade entre os usos do solo (**Figura 1**) tem-se a formação de três grupos. O "Grupo I" composto pelas áreas com uso agrícola

independente da classe de solo. O “Grupo II” ficou constituído somente pela área sem uso agrícola. O “Grupo III” ficou constituído somente pela área de pastagem natural. Observa-se que as áreas sem uso agrícola e de pastagem natural são mais similares entre si.

A microporosidade, porosidade total, teores de argila e silte correlacionaram-se negativamente com o índice S, para todos os usos de solo estudados (**Tabela 3**). A densidade do solo, macroporosidade, teores de areia e conteúdo de carbono orgânico correlacionaram-se positivamente com o índice S, o que indica uma relação direta do índice S com a porosidade estrutural do solo. Esses resultados corroboram com os observados por Andrade & Stone (2008), Aratani et al. (2009), Andrade et al. (2009).

Segundo Consensa et al. (2010), o índice S depende da porosidade total do solo, especialmente da macroporosidade pois representa a água retida pelos poros estruturais. Além disso, 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.

Beutler et al. (2008), relata que o índice S tem relação direta com a densidade do solo pois, o valor de S diminui à medida que aumenta a densidade do solo, por causa da redução da quantidade de macroporos em relação a de microporos, diminuindo conseqüentemente a inclinação da curva de retenção de água. Entretanto, Dexter (2004a) confirma que nem sempre um aumento na densidade conduz uma redução do índice S.

Dexter (2004a) relata que a utilização de sistemas de uso e manejo que levam a um maior conteúdo de matéria orgânica (M.O.) no solo pode resultar em valores mais elevados do índice S. A relação positiva entre o índice S e conteúdo de M.O. no solo é função da influência da matéria orgânica na formação e estabilização de agregados e poros no solo. Nesse contexto, sistemas de uso e manejo do solo que promovem a redução do conteúdo de M.O. do solo, terão efeito na degradação da qualidade física do solo (Machado, 2006).

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson do índice S com algumas propriedades físicas do solo.

Ds	MA	MI	PT
0,394*	0,635**	-0,759**	-0,364*
Areia	Silte	Argila	CO
0,625**	-0,584**	-0,614**	0,546**

Ds – densidade do solo; Ma – macroporosidade; Mi- microporosidade; PT- porosidade total; CO- conteúdo de carbono orgânico do solo. *Significativo a 5% de probabilidade. **Significativo a 1% de probabilidade.

CONCLUSÃO

O índice S mostrou variação entre os sistemas de uso do solo e foi sempre superior ao

valor considerado limite para a boa qualidade física do solo.

O índice S correlacionou-se com os atributos físicos do solo e com o conteúdo de carbono orgânico, mostrando-se adequado como indicador da qualidade física do solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES/PROCAD/NF N°1481/2007 pelo apoio financeiro para o desenvolvimento do trabalho e pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13:411-418, 2009.

ANDRADE, R.S.; STONE, L.F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13:382–388, 2009.

ARATANI, R. G.; FREDDI, O.S.; CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um latossolo vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:677-687, 2009.

BEUTLER, A.N. FREDDI, O.S.; LEONE, C.L.;CENTURION, J.F. Densidade do solo relativa e parâmetro “S” como indicadores da qualidade física para culturas anuais. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, 8:27-36, 2008.

CONSENSA, C.O.B.; VOGELMANN, E.S.; REICHERT, J.M. et al. Relação entre o índice “S” e algumas propriedades físico- hídricas de diferentes solos do Rio Grande do Sul. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Resumo expandido. Solos nos biomas Brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas. Uberlândia - Minas Gerais, 2011.

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, 2004a.

DEXTER A.R. Soil physical quality: Part II. Friability, tillage, tith and hard-setting. *Geoderma*, 120:215-225, 2004b.

DEXTER A.R. Soil physical quality: Part III. Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. *Geoderma*, 120:227-239, 2004c.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, 1994, p. 3-21. (Special Publication, 35).

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2,00). *Scientia Agrícola*, 57:191-192, 2000.

KLUTE, A. Methods of soil analysis. I. Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America Journal, 1986.

LI, L.; CHAN, K.Y.; NIU, Y. et al. Soil physical qualities in an Oxic Paleustalf under different tillage and stubble management practices and application of S theory. Soil and Tillage Research, Amsterdam, 113:82-88, jun. 2011.

MACHADO, J. L. Qualidade física de solos em distintos sistemas de uso e manejo quantificada pelo índice S. 45f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Maringá, 2006.

MARCHÃO, R.L.; SANTOS JUNIOR, J.D.G; SILVA, E.M.; SÁ, M.A.C. et al. Parâmetro "S" e intervalo Hídrico Ótimo

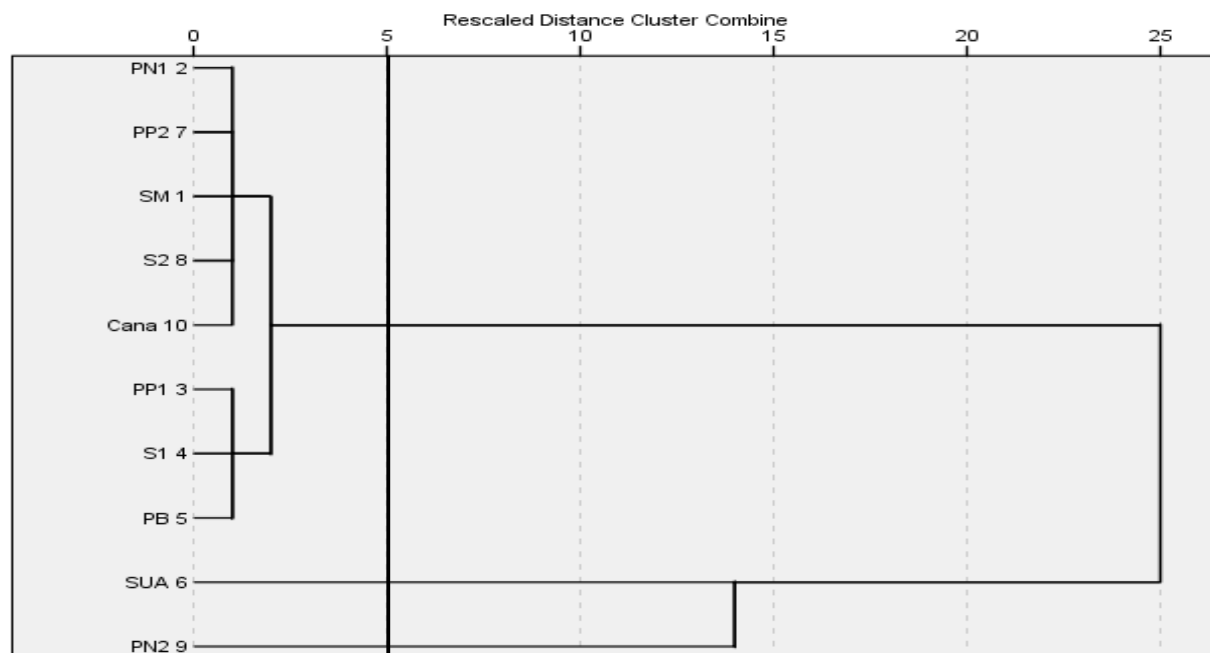
em Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007. Anais. Gramado, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. CD-ROM.

SILVA, B.M.; OLIVEIRA, G.C.; SERAFIM, M.E. et al. Índice S no diagnóstico da qualidade estrutural de latossolo muito argiloso sob manejo intensivo. Bioscience Journal, 28:338-345, 2012.

Tabela 1. Classificação dos solos e respectivas características de uso do solo das áreas estudadas.

Uso do solo	Classe	Textura	Latitude	Longitude
Cana-de-açúcar	Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico	média	11°07'35"	51°59'23"
Pastagem Natural	Argissolo Vermelho distrófico típico	argilosa	15°14'48"	55°08'32"
Pastagem Plantada	Cambissolo Háptico Tb distrófico típico	média	14°41'02"	56°30'24"
Pastagem brachiaria	Latossolo Amarelo distrófico típico	média	15°09'05"	54°51'25"
Soja	Latossolo Vermelho distrófico típico	argilosa	14°12'04"	56°29'14"
Soja-Milho	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico	argilosa	15°18'30"	55°09'31"
Soja	Neossolo Quartzarênico órtico típico	média	15°13'13"	54°46'18"
Pastagem Plantada	Neossolo Quartzarênico órtico típico	média	15°16'39"	54°56'58"
Sem uso agrícola	Neossolo Quartzarênico órtico típico	arenosa	14°03'49"	56°05'08"
Pastagem Natural	Neossolo Quartzarênico órtico típico	arenosa	14°08'17"	56°23'17"

Figura 1. Análise de similaridade (agrupamento) entre os usos do solo.



PN (Pastagem Natural – textura argilosa); PP (Pastagem Plantada – textura média); SM (soja-milho); S2 (soja- textura média); Cana (cana-de-açúcar); PP1 (Pastagem Plantada – textura média); S1 (soja- textura argilosa); PB (Pastagem brachiaria); SUA (sem uso agrícola); PN2 (Pastagem Natural – textura arenosa).