

CARTA AO EDITOR

Piracicaba, 25 de maio de 2012

Ilmo. Sr.

Dr. Roberto Ferreira de Novais

MD Editor da Revista Brasileira de Ciência do Solo

Senhor Editor,

Na edição de número 35 da Revista Brasileira de Ciência do Solo foi publicado um trabalho intitulado "Índice S para avaliação da qualidade física de solos" (Maia, 2011). A meu ver o trabalho contém algumas incorreções que, para o bem da ciência e da Revista, devem ser retificadas evitando-se sua citação e propagação.

No referido trabalho o autor faz uma avaliação do método de obtenção do índice S proposto por Dexter (2004). Com base em considerações teóricas e observações sobre a relação entre estrutura, retenção e demais propriedades num universo de solos, Dexter (2004) definiu o índice de qualidade física do solo S como a inclinação da curva que relaciona o teor de água a base de massa com o logaritmo do módulo do potencial matricial. Como o valor assim calculado resulta em valores negativos, Dexter (2004) sugeriu referir-se normalmente ao seu módulo, estabelecendo alguns valores típicos que, segundo sua análise, correspondem a determinada qualidade física do solo.

A partir disso, qualquer trabalho que vem tratar do índice S, seja utilizando-o como indicador, avaliando seu desempenho ou comparando-o com outros índices, deve adotar a definição original do índice. Caso contrário não se analisa o índice S, mas cria-se outro. Nesse contexto, o trabalho de Maia (2011), contrário ao que nele se sugere, não trata do índice S quando se verificam os efeitos da utilização de teores de água a base de volume, nem quando se aborda a aplicação ou não do logaritmo aos valores da tensão. Não procede discutir a forma de obtenção do índice S considerando modificações na sua própria concepção sem ao menos justificá-las muito bem.

Além dessa primeira opinião mais filosófica sobre o trabalho, trato a seguir de algumas das afirmações feitas no trabalho que são equivocadas.

1. Potencial matricial no solo saturado com água

No último parágrafo da página 1960 o autor afirma que "... a umidade do solo no potencial matricial igual a zero é a umidade de saturação (q_s), o que não é válido quando utilizada a transformação $\ln(h)$ ". Essa afirmação está equivocada. A relação (física) entre potencial matricial e umidade do solo não será alterada por uma transformação matemática visando sua representação gráfica. Quando $h = 0$ (e $q = q_s$), $\ln(h)$ é igual a $-\infty$, e isso independe da unidade utilizada para h . Nesse sentido, o trecho a seguir ("Além disso ... no ponto $h = 0$ ") também está sem sentido. O parágrafo inteiro deverá, a meu ver, ser desconsiderado ou retificado.

2. A unidade do potencial matricial e o valor do índice S

Em outro trecho do texto, na página 1963, o autor discute os valores do índice S comparando o emprego de diferentes unidades para h . A partir de dados apresentados no Quadro 2 do trabalho ele observa que o índice calculado não variou em função das unidades de tensão avaliadas (MPa, kPa, hPa e cm). Afirma então que "matematicamente, era de se esperar uma mudança, como observado para os valores de dq/dh_{pi} ". Sem maiores considerações parece estranho encontrarmos empiricamente um resultado enquanto "matematicamente" esperamos outro. Como demonstrarei a seguir, a afirmação do autor está equivocada, o que explica o conflito constatado.

Trata-se da grandeza potencial matricial, expressa como energia específica a base de volume (e com unidades de pressão, por exemplo MPa, kPa, hPa) ou a base de peso (e com unidades de comprimento, por exemplo, cm). Potencial, pressão ou peso são todas grandezas absolutas, isto é, elas possuem uma origem comum, um zero absoluto, que independe da unidade. Sendo assim pode-se afirmar que

$$h^* = ah \quad [1]$$

onde h^* é o potencial matricial expresso na unidade V^* , h é o potencial matricial expresso na unidade V e a ($V^* V^{-1}$) é o fator de conversão entre h e h^* . Sendo assim, em relação à derivada da relação entre a umidade U e o módulo do potencial matricial verifica-se que

$$\frac{dU}{dh^*} = \frac{dU}{d(ah)} = \frac{dU}{adh} \quad [2]$$

A Equação [2] acima demonstra por que os valores de dU/dh_{pi} comparados pelo autor no Quadro 2 ficam diferentes em função das unidades comparadas, e permite quantificar a diferença. Ao mesmo tempo, o índice S, conforme constatação “não explicada” do autor, mantém-se constante. Sendo o índice S a derivada da relação entre a umidade e o módulo do potencial matricial numa escala logarítmica verifica-se que:

$$S = \frac{dU}{d \ln h^*} = \frac{dU}{d \ln(ah)} = \frac{dU}{d \ln(a) + d \ln(h)} = \frac{dU}{d \ln(h)} \quad [3]$$

A Equação 3 mostra, analiticamente, aquilo que o autor apresentou numericamente no seu Quadro 2, ou seja, os valores do índice S independem da unidade utilizada para h . Esse fato pode também ser demonstrado observando-se a equação proposta para calcular o índice S (equação 7 de Maia, 2011) que, conforme verificação do próprio autor, resulta em adimensionalidade (kg kg^{-1}). Visto o acima, os pequenos desvios entre valores de S quando calculados com unidades diferentes, conforme apresentado no Quadro 2 em Maia (2011), devem ser atribuídos a erros numéricos, provavelmente introduzidos por arredondamento de valores.

3. A unidade do índice S

Na segunda coluna da página 1961 encontra-se uma afirmação sem significado no contexto: “Nesse sentido, trabalhando com unidades diferentes, tanto de umidade quanto de tensão, o valor da derivada deve mudar. Mesmo assim, assumindo que a unidade de S é a da umidade do solo, de acordo com a equação 7, esta deveria ser expressa nos resultados, porém o que se observa é que o índice S é expresso como se fosse adimensional”.

Sendo o índice S a derivada da umidade gravimétrica versus o logaritmo do potencial matricial, a sua unidade deve ser a da umidade gravimétrica, uma vez que o logaritmo de qualquer valor, com dimensão ou não, se torna adimensional. A umidade gravimétrica, para todos os efeitos, é adimensional, embora seja com um expressá-la como $M M^{-1}$ apenas para enfatizar que não se trate da umidade a base de volume, também adimensional, mas podendo ser representada com a unidade $L^3 L^{-3}$. Sendo assim, é correto e conveniente expressar o índice S sem unidade.

Concluindo, espero que os pontos acima expostos contribuam para o correto emprego do índice S proposto por Dexter (2004). Sugiro também que os referidos trechos do texto publicado sejam retificados, com consequências para as conclusões 1 e 3 (que não são conclusões do trabalho publicado, mas seguem matematicamente da definição do S) e para a conclusão 2 (o índice S só pode ser calculado com umidade gravimétrica).

Atenciosamente,
 Quirijn de Jong van Lier
 Professor Associado
 LEB/ESALQ/USP

LITERATURA CITADA

- 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.
- Maia, C.E. Índice S para avaliação da qualidade física de solos. *R. Bras. Ci. Solo*, 35:1959-1965, 2011.

RESPOSTA À CARTA AO EDITOR

Ilmo. Sr.

Dr. Roberto Ferreira de Novais

Editor da Revista Brasileira de Ciência do Solo

Senhor Editor,

Em resposta à carta enviada pelo professor Quirijn de Jong van Lier, inicialmente gostaríamos de ressaltar que, recentemente, trabalhando na área ambiental, resolvemos avaliar a qualidade física dos solos de áreas degradadas em relação a áreas de referência usando o índice S proposto por Dexter (2004). Para esta avaliação, além das curvas de retenção de água (CRA) obtidas em laboratório, inicialmente pretendíamos utilizar também CRA de outros trabalhos ou relatórios técnicos das áreas avaliadas, porém surgiram algumas dúvidas. A primeira, se poderia usar os parâmetros dessas CRA, independente se a umidade do solo foi obtida com base gravimétrica ou volumétrica; a segunda, se poderia usar os parâmetros das CRA ajustadas com diferentes unidades de tensão (h) e, a terceira, se o uso ou não da restrição $m = 1 - 1/n$ (muitas vezes não explicitada nos trabalhos) também influenciaria no valor numérico do índice S. Buscamos na literatura e não encontramos resposta para essas dúvidas. Para nossa surpresa, o que observamos é que alguns autores usavam indiscriminadamente as CRA para calcular o índice S, independente destas questões levantadas. Nesse sentido, resolvemos avaliar se a unidade da tensão (h) e da umidade (θ) utilizadas para ajustar a CRA tinha efeito sobre o índice S, pois no trabalho original de Dexter (2004), o mesmo propunha valores de referência e que, para comparar com esses, teríamos que usar o mesmo procedimento proposto pelo autor. Assim, tentando mostrar que existe diferença no valor numérico do índice S quando não se segue a definição original, principalmente com relação à umidade do solo (gravimétrica ou volumétrica) e da restrição $m = 1 - 1/n$ e que, não há diferença no índice S quando a CRA é ajustada com diferentes unidades de tensão (para mesma unidade da umidade e usando a restrição $m = 1 - 1/n$), é que resolvemos escrever o trabalho. Nesse sentido, gostaríamos de deixar claro que, em nenhum momento, nosso objetivo foi propor um novo índice (inclusive, diferente do título original, este foi sugerido por um dos revisores da RBCS.), e sim,

mostrar que, para comparar os valores obtidos dos índices S com os propostos por Dexter (2004), teríamos que seguir o mesmo procedimento do autor, o que não estava sendo feito a rigor.

Em primeiro lugar, no que o professor Quirijn de Jong van Lier chamou de "opinião mais filosófica", o mesmo comenta que "... qualquer trabalho que vem tratar do índice S, seja utilizando-o como indicador, avaliando seu desempenho ou comparando-o com outros índices, deve adotar a definição original do índice. Caso contrário não se analisa o índice S, mas cria-se outro. Nesse contexto, o trabalho de Maia (2011), contrário ao que nele se sugere, não trata do índice S quando se verificam os efeitos da utilização de teores de água a base de volume...". Sobre essa afirmação, no nosso trabalho, calculamos o índice S com umidade volumétrica com o objetivo de mostrar que a magnitude do índice é diferente quando calculado com umidade gravimétrica, mas, defendemos que o índice S seja calculado de acordo com Dexter (2004) para que possa ser comparado com os valores de referência propostos pelo autor, ou seja, deve-se usar a umidade do solo com base gravimétrica. Nesse sentido, diferente do recomendado por Dexter (2004), observa-se no livro Física do Solo, publicado pela SBCS, tendo como editor o professor Quirijn de Jong van Lier, no capítulo Indicadores da Qualidade Física do Solo (Silva et al., 2010), quando fazem referência ao índice S (página 276), a unidade de θ , θ_{sat} e θ_{res} na CRA, está em base volumétrica ($m^3 m^{-3}$).

Com relação ao ponto 1 da carta, levando em consideração que um bom modelo matemático representa bem o fenômeno, no modelo proposto por van Genuchten (1980) para $h = 0$, $\theta = \theta_s$, ou seja, para esta condição, a saturação efetiva é igual a 1. Na escala logarítmica, matematicamente a umidade não é definida para $h = 0$, mas na prática é lógico que existe θ_s do solo, o problema é só matemático. O uso do $\ln(h)$ usado por Dexter (2004) permite visualizar melhor o ponto de inflexão da curva nessa escala e, a derivada nesse ponto foi calculada usando um artifício matemático e, a partir dessa declividade, propôs valores para classificar a qualidade física do solo. Como na prática, usa-se a CRA sem a transformação $\ln(h)$, a umidade definida para $h = 0$ é igual a θ_s .

Com relação ao ponto 2, a verificação que a transformação $\ln(h)$ não influencia no índice S para a

tensão em qualquer unidade, foi feita de forma empírica. Levando em consideração que o valor da derivada muda no ponto de inflexão de acordo com a unidade de h sem a transformação logarítmica e, pelo fato do uso do $\ln(h)$ mudar de escala, pensávamos que o valor da derivada também mudava, porém, não foi observado empiricamente. Depois das observações empíricas é fácil entender que, a priori inferem-se os efeitos, a posteriori, inferem-se as causas. Isso foi uma observação importante, pois usando $\ln(h)$, devido às propriedades das diferenciais do logaritmo, o valor do índice S não foi afetado pela unidade de h . O comentário do professor de que não houve diferença no índice S usando diferentes unidades de h e "não explicada" no trabalho, não tira o mérito da observação empírica. No entanto, nosso trabalho tem duas indicações que mostram que, usando $\ln(h)$, o índice S não depende da unidade de h , sem precisar de demonstração matemática usando diferenciais. Sendo as equações 6 e 7 (Maia, 2011) que calculam a declividade da reta tangente ao ponto de inflexão da CRA usando h e $\ln(h)$, respectivamente, observa-se que o parâmetro α do modelo de van Genuchten (1980) aparece apenas quando não se usa $\ln(h)$. Como o valor de α muda de acordo com a unidade de h , α é responsável por alterar a declividade da reta tangente no ponto de inflexão sem a transformação logarítmica. Usando $\ln(h)$, esse "fator" não altera a derivada, como observado na equação 7 usada no cálculo do índice S . Levando ainda em consideração que Dexter (2004) também propôs obter o índice S pelo que denominou de "hand method" que, segundo o autor "This can be measured directly by hand from the curve if there are many accurate measurement points.", outra maneira que demonstra que a unidade da tensão não altera o índice S é observada na Figura 2 (Maia, 2011), onde se observa o deslocamento da CRA de acordo com a unidade de h , mas sem alterar a declividade desta no ponto de inflexão.

Com relação ao ponto 3, o professor Quirijn de Jong van Lier comenta que "... o logaritmo de qualquer valor, com dimensão ou não, se torna adimensional.". Apesar de algumas pessoas considerarem o logaritmo adimensional, segundo a portaria n.º 232, de 08 de maio de 2012 do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), grandeza adimensional é aquela para a qual todos os expoentes dos fatores correspondentes às grandezas de base, na sua dimensão, são nulos ($L^0 M^0 T^0 = 1$). Sobre isso, Alvarez V. & Alvarez (2009) afirmam que a constante k de liberação de potássio de resíduo vegetal não é adimensional como se afirma, e deduzem que a unidade de k é $\ln(g\ g^{-1})\ d^{-1}$, como também mostram que a unidade de pH é $\log(1/\text{mol}\ L^{-1})$. Segundo estes autores, da mesma forma como se opera algebricamente com os valores, deve-se operar com as variáveis e com as unidades, obtendo-se as grandezas resultantes e suas correspondentes unidades. Ainda segundo Alvarez V. & Alvarez (2009), levando em consideração $L^0 M^0 T^0 = 1$, pode levar à acomodação, ao não acompanhamento dos detalhes, das informações e dos métodos específicos para medir e calcular cada grandeza e, citando o exemplo da capacidade tampão

do S lábil (K_r), compara os valores de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O em $\text{mol}\ kg^{-1}$ e $kg\ kg^{-1}$ e, trabalhando as dimensões, K_r é adimensional usando as duas unidades, porém com valor numérico diferente. Comenta ainda sobre o P disponível no solo expresso em $mg\ kg^{-1}$, dimensão $M\ M^{-1} = M^0 = 1$, considerado adimensional para concentração, mas que, segundo Alvarez V. & Alvarez (2009), é um absurdo. O mesmo exemplo do K_r é verificado para umidade gravimétrica ou volumétrica, ou seja, mesmo sendo consideradas "adimensionais" estas apresentam valores numéricos diferentes (para densidade do solo diferente de $1,0\ Mg\ m^{-3}$). Mas, como comenta o professor Quirijn de Jong van Lier, o uso da umidade do solo em $kg\ kg^{-1}$ é "apenas para enfatizar que não se trate da umidade a base de volume". Usando o mesmo argumento, por que não podemos expressar o índice S com a umidade gravimétrica, para enfatizar que não se calculou com base em volume? Mesmo que por definição, o índice S seja calculado usando a umidade do solo com base gravimétrica, outros autores podem calcular o "índice S " usando umidade volumétrica. Para fazer essa diferenciação, Oliveira et al. (2011) chamaram de S_g e S_v os valores de índice S obtidos quando na CRA os valores de água retida foram considerados em base gravimétrica ou volumétrica, respectivamente, inclusive optando por escolher " S_v " no estudo do relacionamento entre índice S e produtividade do eucalipto. Assim, se o índice S é definido como $d\theta/d\ln(h)$ no ponto de inflexão e, considerando que o uso do logaritmo não torna a grandeza adimensional (Alvarez V. & Alvarez, 2009), o argumento no ponto 3 da carta, não procede.

Para concluir, gostaríamos de agradecer as palavras daqueles que entenderam o objetivo do trabalho, como também aos revisores anônimos da RBCS. Gostaríamos de citar o que escreveu um dos revisores do trabalho: "Algumas constatações apresentadas neste artigo já haviam sido apresentadas por Dexter em 2004, portanto apenas reforçam aquele artigo, principalmente no que se refere ao uso de dados de umidade gravimétrica ser necessária ao obter o índice S e o mesmo ter sua magnitude comparada com aqueles apresentados por Dexter. Entretanto, o exercício apresentado pelos autores serve como um alerta aos usuários deste método e pode diminuir os erros cometidos nos procedimentos de obtenção do índice S ." E assim, o trabalho foi aceito para publicação.

Celsemy Eleutério Maia

LITERATURA CITADA

- ALVAREZ V., V.H. & ALVAREZ, G.A.M. Grandezas, dimensões, unidades (SI) e constantes utilizadas em química e fertilidade do solo. Viçosa, MG, 2009. 86p.
- DEXTER, A.R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, 20:201-214, 2004.

- MAIA, C.E. Índice S para avaliação da qualidade física do solo. R. Bras. Ci. Solo. 35:1959-1965, 2011.
- OLIVEIRA, A. P.; NEVES, J.C.L.; KER, J.C.; ROCHA, G.C.; BARROS, N.F.; LEITE, F.P. & NEVES, A.T.G. Índice "S" e suas relações com características físicas de solos e com a produtividade de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., Uberlândia, 2011. Anais... Viçosa, 2011. CD ROM.
- SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; DIAS JÚNIOR, M.S.; IMHOFF, S. & KLEIN, V.A. Indicadores da qualidade física do solo. In: JONG van LIER, Q., ed. Física do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p.241-281.
- van GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:892-898, 1980.