

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

ULLISSES VARGAS SOBRINHO

**Revisão bibliográfica de métodos
de avaliação da qualidade física do solo**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2017

ULLISSES VARGAS SOBRINHO

**Revisão bibliográfica de métodos
de avaliação da qualidade física do solo**

**Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal
de Viçosa como parte das exigências
para a obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.**

Modalidade: Revisão de Literatura.

Orientador: Igor Rodrigues de Assis

**Coorientadora: Fernanda de Paula
Medeiros**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2017

ULLISSES VARGAS SOBRINHO

**Revisão bibliográfica de métodos
de avaliação da qualidade física do solo**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Universidade Federal de Viçosa como
parte das exigências para a obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.
Modalidade: Revisão de Literatura.**

**Igor Rodrigues de Assis
(orientador)
(UFV)**

Em memória de meu pai, João Batista Sobrinho, que sempre foi paciente e orgulhoso por ter um filho estudando na universidade, por sempre ter me incentivado e me colocado pra frente e por me fazer acreditar sempre que eu também sou capaz, mesmo quando nem eu acreditava. A minha mãe, Efigênia Vargas Sobrinho, que sempre esteve e está ao meu lado, me acolhendo, me dizendo palavras de esperança e força e que tantas vezes deixou os próprios problemas de lado para dividir o fardo junto aos meus.

Dedico

SUMÁRIO

Resumo	1
Introdução	2
Desenvolvimento	5
Densidade Relativa	5
Índice S	8
Intervalo Hídrico Ótimo	10
Considerações Finais	12
Referencias Bibliográficas.....	12

Resumo

A compactação e erosão de solos tem se tornado um fator agravante no que diz respeito à produção agropecuária e conseqüentemente às questões ambientais. A fim de minimizar esses efeitos, manejos adequados e práticas conservacionistas devem ser adotados para que o solo possa manter uma estrutura adequada e ser capaz de exercer suas diversas funções. Dentre as diversas formas de avaliação, as análises físicas possuem grande potencial para inferir sobre a qualidade do solo, e a partir dos resultados dessas análises, tomar decisões que promovam maior sustentabilidade das atividades agrícola e pecuária. Neste sentido, recentes índices de qualidade física do solo foram desenvolvidos, na tentativa de integrar variáveis isoladas e obter respostas mais claras e conclusivas, além de permitirem comparações entre diferentes usos ou manejos de solo. Dentre estes indicadores, destacam-se a densidade relativa, o índice S e o intervalo hídrico ótimo. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica para apresentar metodologias mais eficientes para a avaliação da qualidade física do solo.

Palavras chave: erosão, compactação, densidade relativa, índice S, intervalo hídrico ótimo

Introdução

Nos últimos anos, estudos relacionados à qualidade do solo têm sido cada vez mais frequentes. Isso porque a preocupação com os diversos fatores que podem acarretar na degradação e perda de produtividade não pode ser deixados de lado, uma vez que os cuidados com o ambiente e a busca por uma máxima produção são de interesse de todos. Os solos são sistemas complexos que retém e transmitem água, ar e nutrientes para as plantas, além de conduzir calor, sendo necessário um ambiente físico favorável para que as raízes se desenvolvam adequadamente, maximizando assim a produção (HAMBLIN, 1985). Com isso, os sistemas de preparo e uso do solo devem oferecer condições que favoreçam a sua preservação, evitando processos degradantes que levem à compactação e a erosão.

A compactação pode ser definida como um processo em que um volume de solo não saturado decresce quando lhe é exercido pressões externas, sendo essas causadas por tráfego de máquinas, equipamentos agrícolas ou pisoteio animal (LIMA, 2004). A compactação de solos afeta diretamente a produção de alimentos, tanto os de origem vegetal, quanto animal, pois o bom estado do solo está diretamente ligado com a qualidade e quantidade produzida. Além disso, a redução do espaço poroso diminui a infiltração e aumenta o escoamento superficial, promovendo a erosão e consequente assoreamento de corpos d'água, entre diversos outros problemas ambientais.

Dados da Organização das Nações Unidas apontam que até 2050, o mundo precisará produzir aproximadamente 70% a mais de alimentos para atender uma demanda de população estimada em 9,6 bilhões de pessoas (SEARCHING et al., 2013). Ainda, a cadeia da carne bovina tem importante participação na economia brasileira, participando de 31% do Valor Bruto da Produção Agropecuária (VPB) em 2017, ficando em R\$ 170 bilhões (BeefPoint, 2017). Além disso, a carne bovina é importante na dieta da população e faz-se presente cada vez mais na alimentação.

No Brasil, a principal fonte de alimento para bovinos são as pastagens, por ser uma forma prática e econômica para os pecuaristas (SOUZA et al., 2016). Porém, o índice de produtividade animal vem diminuindo porque cerca de 80% dessas áreas se encontram em alto grau de degradação (PERON et

al., 2004). Macedo et al. (1993) define que uma pastagem degradada é aquela que se encontra em processo constante de perda de vigor e produtividade forrageira, impossibilitada de se recuperar naturalmente, incapaz de produzir a níveis e qualidade exigidos pelos animais, assim como superar efeitos maléficos de pragas, doenças e plantas invasoras.

O Brasil é um país com extensas áreas de pastagens degradadas devido principalmente ao superpastejo. Os órgãos responsáveis tomam atitudes tímidas em relação à recuperação dessas pastagens e somado a isso, o número de novas áreas vem aumentando, causando modificações na ecologia e no bioma e conseqüentemente aumentando a extensão de solos com alto grau de degradação. Considerando essas informações, percebe-se a importância que o solo tem, não só em aspectos ecológicos e ambientais, mas também econômicos.

A erosão do solo é definida por Faria et al. (2003) como um processo no qual ocorre desagregação e transporte de partículas constituintes do solo. A erosão pode levar desde a perda de uma fina camada superficial do solo (erosão laminar), como também grandes quantidades de solo (ravinamento ou voçorocas). A erosão é responsável pela redução da infiltração da água no solo, pois uma vez que as camadas superficiais vão sendo perdidas, a camada subjacente, geralmente menos estruturada, tornando-se mais suscetível aos impactos causados por gotas de chuva, pisoteio ou outras forças externas.

Em relação aos aspectos ambientais, os solos são também de grande importância para a retenção e filtragem de água. Tanto a compactação quanto a erosão são responsáveis por perdas graduais da retenção de água no solo. Quanto mais compactado estiver o solo, menor será a quantidade de poros livres. A desagregação de partículas do solo contribuirá para um desarranjo da estrutura, diminuindo também a quantidade de poros, marcadamente os denominados microporos. Com a erosão, perdas de porções de solo diminuem a quantidade de seu volume, e com isso, menos volume de água poderá ser armazenado, uma vez que a água fica retida nesses poros. Portanto, um solo bem estruturado é importante para que os níveis de água se mantenham adequados e em equilíbrio com o meio. Quanto mais compactado o solo for,

menos água será capaz de penetrar por seu perfil e abastecer lençóis freáticos e nascentes. Visto a importância que esses atributos têm, qualquer manejo que vise o uso do solo deve levar em conta as suas características físicas, como a densidade do solo, resistência à penetração e porosidade total, pois as práticas atuais são prioritariamente voltadas para a qualidade química.

Apesar de serem a resistência à penetração e a densidade do solo as variáveis mais comumente utilizadas para monitorar a compactação do solo, (HÅKANSSON & LIPIEC, 2000) afirmam que essas propriedades não podem ser diretamente utilizadas para comparar o estado de compactação de solos diferentes. Com isso, haverá uma dificuldade na hora de se quantificar o grau de compactação do solo, mesmo que se faça uma amostragem adequada.

A densidade do solo é uma relação direta entre a massa do solo seco e seu volume total, sendo assim, afetada por modificações no arranjo, estrutura e volume de poros (KLEIN, 2008). A concentração de matéria orgânica também afeta a densidade do solo, pois sua presença estabiliza a estrutura desses, além de apresentar baixa densidade se comparada com os minerais sólidos do solo (ARAGÓN et al., 2000).

Devido essas interferências, a densidade relativa se torna um método interessante de quantificação da compactação do solo, pois fatores como textura, granulometria e matéria orgânica tem seus efeitos anulados e com isso, um resultado mais preditivo é obtido. Outros métodos como o Intervalo Hídrico Ótimo e o Índice S, também têm sido utilizados para uma melhor quantificação da qualidade física do solo.

Embora o conceito de compactação e erosão sejam de fácil entendimento, a avaliação prática no campo pode ser complexa, principalmente a interpretação dos resultados. Assim, o objetivo dessa revisão bibliográfica é apresentar metodologias mais eficientes para a avaliação da qualidade física do solo.

Desenvolvimento

Serão apresentados a seguir os principais e mais recentes índices e/ou indicadores de qualidade física do solo, utilizados para caracterizar e subsidiar as diferentes práticas sustentáveis de manejo do solo.

Densidade Relativa

O valor da densidade de solo varia, sendo de 1,3 a 1,8 kg.dm⁻³ para solos arenosos; 0,9 a 1,6 kg.dm⁻³ para solos argilosos e 0,2 a 0,6 Kg.dm⁻³ para solos orgânicos (BRADY & WEIL, 2013). Como já apresentado, a variação da densidade, além das forças externas, ocorre por influência da composição granulométrica, mineralógica e do teor de matéria orgânica. Assim, a avaliação da densidade do solo para o estudo da compactação não é trivial, e depende do conhecimento de outras propriedades e atributos do solo.

No intuito de minimizar os efeitos das propriedades e atributos do solo foi desenvolvido o índice denominado densidade relativa. A densidade relativa é obtida pela razão entre a densidade do solo e a densidade máxima obtida pelo ensaio de Proctor (KLEIN, 2008), e os valores obtidos podem ser comparados entre qualquer tipo de solo. Se o valor for superior a 0,9 esse solo pode ser considerado compactado.

O ensaio de ProctorNormal é o mais utilizado na obtenção da densidade máxima. É regido seguindo a norma MB-33 (ABNT, 1986) e é de baixo custo. No entanto, esse ensaio requer uma grande quantidade de solo para ser realizado, além do longo tempo de execução. Assim, novas metodologias para a obtenção da densidade máxima vêm sendo trabalhadas, destacando-se o teste de Mini-Proctor e a compressão uniaxial. O teste de Mini-Proctor utiliza o mesmo princípio do ensaio de Proctor, diferenciando apenas em relação ao volume de amostras de solo e dos corpos de prova, que serão reduzidos (SOUSA FILHO, 2017).

Depois de realizado os testes, uma curva característica é obtida, sendo o ponto máximo da curva o valor da densidade máxima. A Figura 1 demonstra

o modelo da curva e destaca o ponto máximo como sendo a Densidade Máxima do solo.

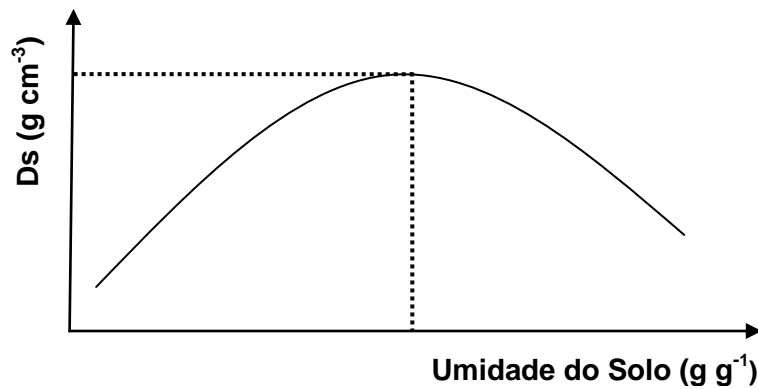


Figura 1. Representação da curva de densidade do solo em função da umidade do solo, obtida por meio do ensaio de Proctor Normal.

Para exemplificar são apresentados nas Tabelas 1 e 2 os dados do trabalho de Custódio et al. (2015), em diferentes sistemas de manejo sob um Latossolo Amarelo distrocoeso. Não são observadas diferenças significativas entre os diferentes sistemas de manejo e camadas de solo possivelmente porque em todos eles os solos estavam compactados.

Tabela 1 – Valores de densidade do solo nos diferentes sistemas de manejo do solo e suas camadas

Sistemas de manejo	Camadas (m)			
	0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40
	Mg m ³			
ILPF	1,45aA	1,51 aA	1,54aA	1,58 aA
IPF	1,46 aA	1,61 aA	1,52 aA	1,40 aA
ILP	1,49 aA	1,57 aA	1,50 aA	1,50 aA
P	1,52 aA	1,51 aA	1,40 aA	1,30 aA
MN	1,10 aA	1,24 aA	1,27 aA	1,33 aA
PIQ	1,58 aA	1,53 aA	1,51 aA	1,50 aA

CV (%) sistemas de manejo = 7,64; CV (%) camadas = 6,03. ILPF: Integração lavoura pecuária floresta; PIQ: Piquete; P: Pastagem; ILP: Integração lavoura pecuária; IPF: Integração pecuária floresta; MN: Mata nativa. Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Custódio et al. (2015).

Tabela 2 – Valores de densidade relativa nos diferentes sistemas de manejo do solo e suas camadas

Sistemas de manejo	Camadas (m)			
	0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40
ILPF	0,95 aA	0,99 aA	0,95 aA	0,90 aA
IPF	0,91 aA	0,92 aA	0,93 aA	0,97 aA
ILP	1,00 aA	0,96 aA	0,90 aA	0,90 aA
P	0,94 aA	1,00 aA	0,94 aA	1,00 aA
MN	0,99 aA	0,99 aA	0,97 aA	0,91 aA
PIQ	1,005 aA	1,00 aA	1,00 aA	0,99 aA

CV (%) sistemas de manejo = 19,21; CV (%) camadas = 21,80. ILPF: Integração lavoura pecuária floresta; PIQ: Piquete; P: Pastagem; ILP: Integração lavoura pecuária; IPF: Integração pecuária floresta; MN: Mata nativa. Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Custódio et al. (2015).

Índice S

De acordo com Dexter (2004), o índice S representa a frequência e distribuição do tamanho de poros do solo. É obtido por meio da inclinação da reta tangente ao ponto de inflexão da curva característica da água do solo. O valor do índice S pode ser obtida pela equação $S = -n (\theta_{sat} - \theta_{res}) [1 + 1/m]^{- (1+m)}$, sendo m e n parâmetros da equação de van Genuchten (1980), θ_{sat} e θ_{res} são a umidade de saturação e a umidade residual, respectivamente. Maiores valores de S indicam melhor distribuição de tamanho de poros do solo e conseqüentemente uma condição de melhor qualidade estrutural. Menores valores de S representam degradação da qualidade física do solo.

Embora Dexter (2004) apresente valores de referência para avaliação do índice S, desenvolvido para solos de clima temperado, a melhor forma de avaliação é por meio da comparação com resultados obtidos com outros obtidos em área próxima não antropizada (área de referência). Valores de S maiores que 0,045 são indicativos de melhores condições físicas do solo.

A quantidade de poros que um solo possui tem relação direta com o grau de compactação, uma vez que um solo altamente compactado possui uma drástica perda de macroporos, que é um fator representativo da quantidade de água que infiltra e drena e está diretamente relacionado com a porosidade total.

As Figura 2 e 3 a seguir foram retirados de Consensa et al. (2011). Os resultados mostram que com o aumento da densidade do solo o Índice S diminui (Figura 2), e que quanto maior a porosidade total do solo, maior também é o Índice S (Figura 3).

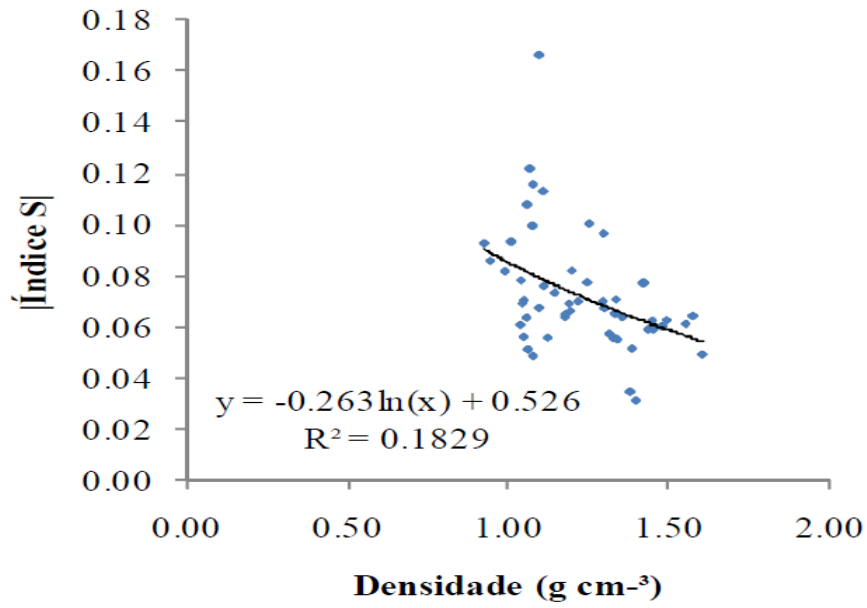


Figura 2. Relações do índice S com a densidade do solo.

Fonte: Consensa et al. (2011).

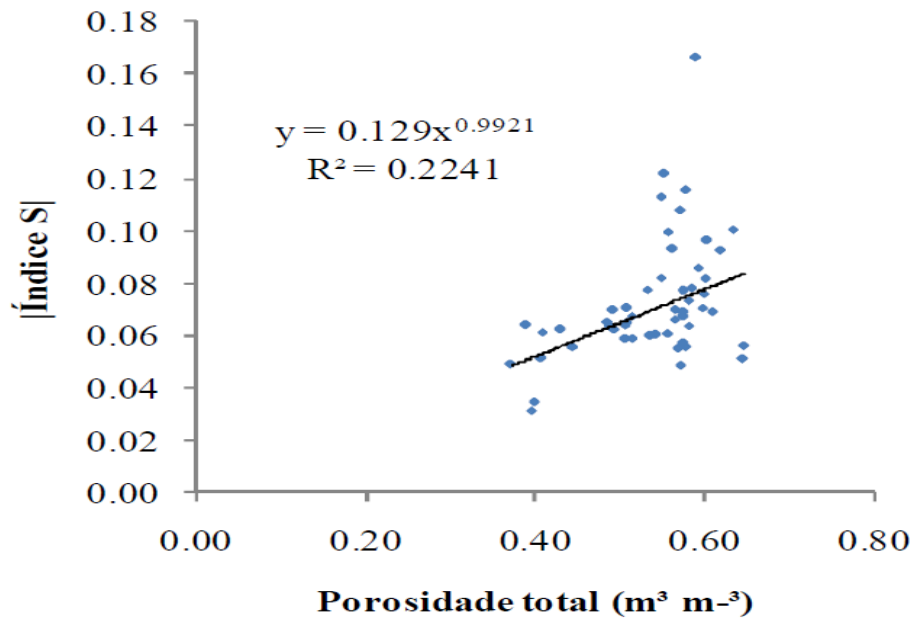


Figura 3. Relações do índice S com a porosidade total do solo.

Fonte: Consensa et al. (2011).

Esses resultados mostram a relação existente entre o Índice S e a compactação do solo, uma vez que essa tem relação direta com a densidade do solo e com a sua porosidade total. Portanto, um solo com condições de boa estrutura física e pouco compactado, terá uma melhor distribuição de poros em seu perfil, sendo essa distribuição, fator adequado para um bom desenvolvimento de raízes e suas conseqüentes trocas com o meio. Andrade et al. (2009) afirmam que 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.

Intervalo Hídrico Ótimo

Ao contrário do que se costuma pensar, nem toda a água presente entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente é disponível para as plantas (KLEIN, 2008). Isso acontece porque o intervalo referente à água disponível é dependente de tamanho de poros, que é diretamente ligado a textura do solo. Além desses fatores, o grau de compactação do solo afeta diretamente na disponibilidade de água, uma vez que afeta os fatores citados anteriormente. Com isso aparece o Intervalo Hídrico Ótimo, que é uma faixa de umidade do solo cujos valores são considerados ótimos ou menos limitante ao desenvolvimento das plantas, pois a quantidade de água está plenamente disponível a elas, sem limitações de energia de retenção pelo solo, resistência à penetração ou porosidade de aeração.

Para elaboração do gráfico representativo do Intervalo Hídrico Ótimo (IHO) são considerados dois limites, definidos como superior e inferior. O limite superior refere-se à capacidade de campo e porosidade de aeração, enquanto que o limite inferior se refere à resistência a penetração e o ponto de murcha permanente.

O gráfico abaixo representa o IHO, em pesquisa desenvolvida por Tormena et al. (1998), sendo CC a capacidade de campo -0,01 MPa; PMP o ponto de murcha permanente, correspondente ao potencial de -1,5 MPa; PA a porosidade de aeração mínima de 10% e RP a resistência à penetração, com

valor correspondente ao potencial de -2,0 MPa, sendo considerado o limite para não haver restrições ao crescimento das raízes.

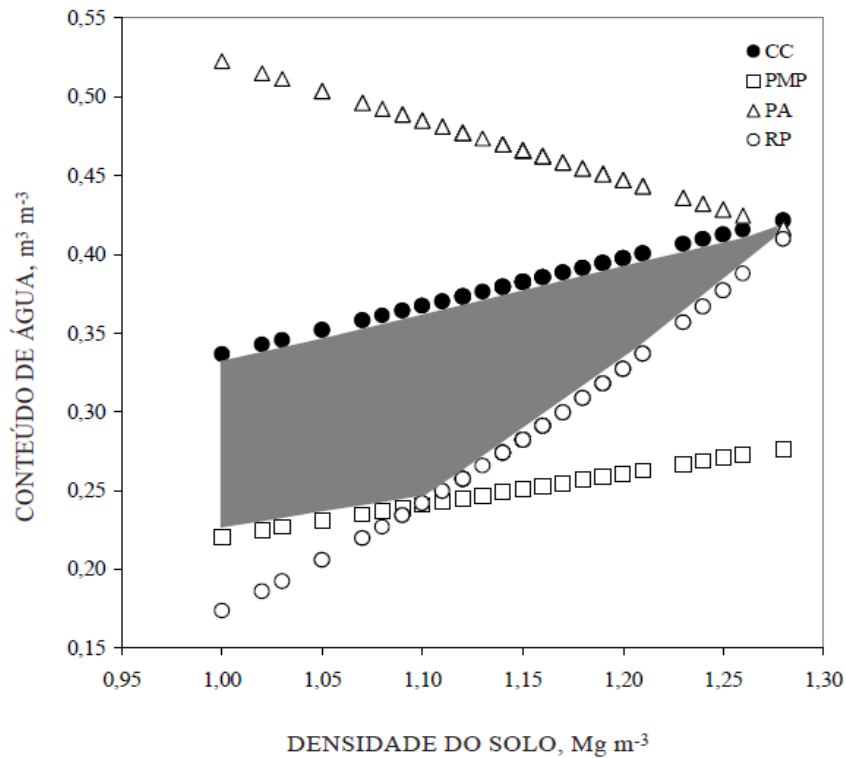


Figura 4. Variação do conteúdo de água com a densidade nos níveis críticos da CC, PMP,PA e resistência RP; sendo a área hachurada a representação do Intervalo Hídrico Ótimo do Solo.

Fonte: Tormena et al. (1998)

Quanto maior for a densidade do solo, menor é a porosidade de aeração e assim, maior será a resistência de penetração e o conteúdo de água retida vai aumentando pois diminui-se a quantidade de macroporos. Em outras palavras, a medida que se aumenta a densidade do solo (compactação), a água disponível às plantas deixa de ser o conteúdo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, e a RP e a PA passam a ser os limitantes de disponibilidade de água para o crescimento ou produção das plantas. A interseção dos valores da porosidade de aeração e da resistência à penetração representa a densidade crítica desse solo, ou seja, a partir desse valor, as condições de desenvolvimento das plantas ficam comprometidas.

Considerações Finais

Os conceitos e os resultados exemplificativos apresentados nessa revisão mostraram que as metodologias apontadas são de interpretações mais elucidativas e conclusivas, permitindo comparações de diferentes solos e representando melhor a condição de conservação ou degradação dos solos. A adoção desses indicadores deve ser mais difundida e principalmente praticada em programas de monitoramento da qualidade dos solos agrícolas.

Referências Bibliográficas

- 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.
- ARAGÓN, A.; GARCIA, M. G.; FILGUEIRA, R. R.; PACHEPSKY, Y. A. Maximum compactibility of Argentine soils from the Proctor test: the relationship with organic carbon and water content. *Soil and Tillage Research*, v. 56, n. 3, p. 197-204, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 7182/86 Solo: ensaio de compactação. Rio de Janeiro, p.10, 1986.
- BeefPoint. Valor da produção agropecuária de 2017, de R\$ 546,3 bilhões é o maior dos últimos 27 anos. 2017. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/valor-da-producao-agropecuaria-de-2017-de-r-5463-bilhoes-e-o-maior-dos-ultimos-27-anos/>. Acesso em: 01 nov. 2017.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. 3ª ed. Porto Alegre. Bookman. 2013.
- CONSENSA, C. O. B.; VOGELMANN, E. S.; REICHERT, J. M.; PREVEDELLO, J.; OLIVEIRA, A. E. de; REINERT, D. J. Relação hídrica entre o Índice S e algumas propriedades físico-hídricas de diferentes solos do Rio Grande do Sul. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Center Convention, Uberlandia-MG, 31 jul-05 ago, 2011.

- CUSTÓDIO, G. D.; RIBON, A. A.; FERNANDES, K. L.; HERMÓGENES, V. T. L.; BARROS, L. R. Densidade do Solo e Densidade Relativa – indicadores da qualidade física de um Latossolo Amarelo sob diferentes manejos de pastagens e mata nativa. *Rev. Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias*, v. 10, n. 1, p. 50-62, Ago, 2015.
- 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.
- FARIA, A. L. L.; SILVA, J. X.; GOES, M. H. B. Análise ambiental por geoprocessamento em áreas com susceptibilidade à erosão do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG). *Caminhos de Geografia* 4(9)50-65, jun/ 2003.
- HAKANSSON, I.; LIPIEC, J. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil and Tillage Research*, v. 53, n. 2, p. 71-85, 2000.
- HAMBLIN, A.P. The influence of soil structure on water movement, crop root growth and water uptake. *Advances in Agronomy*, v.38, p.95-158, 1985.
- KLEIN, V. A. Física do solo. Passo Fundo: Ediupf, 2008.
- LIMA, C. L. R. Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, p. 70, 2004.
- MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; OLIVEIRA, M. P. Seasonal changes in the chemical composition of cultivated tropical grasses in the savanas of Brazil. In: 17 INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, Palmerston North. Proceedings... Palmerston North: New Zealand Grassland Association. v. 3, p. 2000-2002, 1993.
- PERON, A. J.; EVANGELISTA, A.R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. *Ciência e Agrotecnologia*, v.28,n.3, p.655-661, 2004.

- SEARCHINGER, T.; HANSON, C.; RANGANATHAN, J.; LIPINSKI, B.; WAITE, R.; WINTERBOTTOM, R.; DINSHAW, A.; HEIMLICH, R. Creating a Sustainable Food Future: Interim Findings – ONU, 2013.
- SOUSA FILHO, F. A. Densidade máxima de solos e resposta de plantas de milho a graus de compactação. Universidade Federal de Viçosa, fev. 2017.
- SOUZA, F. M. de; LEMOS, B. J. M.; OLIVEIRA, J. R. C. de; MAGNABOSCO, C. U.; CASTRO, L. M. de; LOPES, F. B.; BRUNES, L. C. Introdução de leguminosas forrageiras, calagem e fosfatagem em pastagem degradada de *Brachiaria brizantha*. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., Salvador, v.17, n.3, p.355-364 jul./set., 2016.
- TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v22, p. 573-581, 1998.
- 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.