

INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO: DESENVOLVIMENTO DE ÍNDICES

R. F. Vieira, C. M. M. de S. Silva

Embrapa Meio Ambiente - Caixa Postal 69 – Jaguariúna, SP, Brasil – CEP: 13820-000

e-mail: rosana@cnpma.embrapa.br

RESUMO

Um declínio significativo na qualidade do solo tem ocorrido no mundo todo em decorrência de mudanças adversas em suas propriedades físicas, químicas e biológicas, em consequência do manejo inadequado do solo. Inventários sobre a sua capacidade produtiva, na última década, indicaram que 40% das degradações das terras agricultáveis foram induzidas pelo homem, como resultado da erosão do solo, poluição atmosférica, cultivo intensivo, super pastejo, desmatamento, salinização e desertificação. A crescente consciência sobre a degradação progressiva destas terras tem incentivado a procura de parâmetros e o desenvolvimento de índices que possam ser utilizados para comparar e ordenar a qualidade dos solos. Tradicionalmente, a qualidade do solo foi associada à produtividade. Mas, recentemente, ela tem sido definida em termos de sustentabilidade, ou seja, a capacidade do solo de absorver, armazenar e reciclar água, minerais e energia, de modo que a produção da cultura possa ser maximizada e a degradação ambiental minimizada. Avaliar a qualidade do solo requer colaboração multidisciplinar e a interpretação de seus resultados no contexto de estratégias de manejo da terra, interações e *trade-offs*. Portanto, simplesmente medir a resposta de um parâmetro individual do solo a uma dada perturbação ou prática de manejo está longe de ser suficiente. A multiplicidade de fatores biológicos e físico-químicos que controlam os processos biogeoquímicos e sua variação no espaço e no tempo tem dificultado a avaliação da qualidade do solo e a identificação das propriedades chaves que poderiam servir como indicadoras da função do solo. Assim, no contexto geral da pesquisa do índice de qualidade do solo como um indicador do manejo sustentável, a principal preocupação de vários pesquisadores é a existência de um padrão de interações entre variáveis físico-químicas, bioquímicas e microbiológicas do solo que possam ser distinguidas e caracterizadas. Apesar dos vários estudos que vem sendo conduzidos, no mundo, sobre qualidade do solo não existe ainda uma metodologia universal bem definida para caracterizá-la. Quantificar as relações críticas relacionando-as às estratégias de manejo alternativas e definindo *trade-offs* entre todos os fatores, são exemplos de como a avaliação de qualidade do solo poderia ser usada.

INTRODUÇÃO

Há décadas o solo vem sofrendo diferentes ações antropogênicas, que têm resultado em efeitos adversos neste agroecossistema. A crescente consciência sobre a degradação progressiva das terras agricultáveis tem incentivado a procura de parâmetros e o conseqüente desenvolvimento de índices que possam ser utilizados para comparar e ordenar a qualidade dos solos. Apesar dos vários estudos, que foram e vem sendo realizados sobre este assunto, ainda não existem metodologias ou parâmetros que claramente caracterizem a qualidade do solo. Doran e Jones (1996), apresentaram quatro indicadores físicos, quatro químicos e três biológicos, que juntos poderiam

fornecer informações mínimas relativas àquela característica. Já Gomez et al. (1996) definiram seis indicadores e seus valores limites para medir a sustentabilidade de sistemas de produção agrícolas. Neste estudo ficou implícito que o alto grau de sustentabilidade correspondeu a alta qualidade do solo.

Para se ter idéia da importância e ao mesmo tempo da dificuldade em se estabelecer indicadores adequados para medir a qualidade de solo, na última década do século XX, ocorreu uma ampla discussão entre países europeus sobre este tema, sem que um acordo sobre a melhor forma de conduzir tal processo, atingisse um consenso (Nortcliff, 2002). Logicamente que quaisquer avaliações sobre a qualidade dos solos deverão considerar o seu papel multifuncional, ou seja, reconhecer que os solos conduzem várias funções, simultaneamente e não independentemente. A dificuldade para se estabelecer um índice de qualidade do solo é, também, acentuada, pelo fato de que algumas modificações nesta matriz ocorrem após longos períodos de tempo e o declínio na sua qualidade, pode ficar óbvio apenas quando ocorrem impactos cumulativos. Isto acontece como consequência do alto poder de tamponamento dos solos, que se deve, em parte, às complexas interações entre as características químicas, físicas e biológicas. Nesta natureza dinâmica e complexa torna-se, inclusive, difícil a distinção entre as modificações como resultado do desenvolvimento natural ou devido às influências externas não naturais. A qualidade do solo não poderia ser, portanto, avaliada por um único parâmetro mas deveria envolver interação de suas várias propriedades, independentes ou correlacionadas (Parr et al., 1992).

A qualidade do solo tem impacto na: 1) produtividade; 2) qualidade e segurança dos alimentos; 3) saúde humana e animal; 4) qualidade ambiental (Parr et al., 1992). Cada um destes atributos merece ser avaliado por indicadores específicos. De uma forma mais ampla os indicadores de solo normalmente incluem: 1) cobertura vegetal próxima ao solo; 2) matéria orgânica; 3) atividade biológica e biodiversidade; 4) estrutura e porosidade; 5) disponibilidade de água; 6) nutrientes disponíveis para as plantas; 7) capacidade de troca catiônica; 8) acidez e salinidade do solo; 9) profundidade das raízes e vigor das plantas (Shaxson, 1998). Os parâmetros físicos e físico-químicos são capazes de indicar valores finais numa retrospectiva do solo. Para avaliar a total sustentabilidade das funções naturais do solo e seus diferentes usos, os indicadores precisam incluir parâmetros biológicos, e bioquímicos. Estes são capazes de refletir o fluxo normal da matéria e elementos no solo, sua transferência entre agrupamentos de indivíduos e também entre solos e outras partes do ambiente global. Em geral parâmetros biológicos relacionados ecologicamente, caracterizariam o solo como uma parte dinâmica da biosfera podendo ser capazes de demonstrar efeitos adversos de ações antropogênicas em um período bem mais curto, do que quando utilizamos as características físicas e químicas do solo. Esta abordagem poderia incluir pesquisas sobre populações de microrganismos uma vez que estes são reconhecidos como parte importante da biodiversidade sustentável no ecossistema solo ou agentes importantes nos processos ecológicos do solo, como por exemplo, a fixação de nitrogênio ou a mineralização do carbono. Além disso, permanece questionável a correlação entre as funções ecológicas do solo e o grau de biodiversidade nos organismos do solo (Wardle & Giller, 1996). Ao contrário, não há dúvida que existe uma forte ligação entre as diferentes comunidades microbianas, suas atividades bioquímicas, e os importantes

processos do solo como a mineralização e transformação de restos vegetais e outros materiais orgânicos.

Outra questão a ser elucidada é sobre os limites críticos para os parâmetros biológicos e bioquímicos individuais de qualidade do solo. Há também um marcado grau de variabilidade espacial dos dados analíticos que poderiam ser obtidos mesmo em solos pedogenicamente homólogos (Robertson et al., 1997). Já foram relatadas algumas soluções específicas baseadas em métodos estatísticos (Halvorson et al., 1996), mas ainda é necessário fazer algumas tentativas no sentido de melhorar as metodologias utilizadas. Isto poderia significar a inclusão de alguns novos métodos físico-químicos e moleculares para utilizá-los em uma escala mais ampla, no monitoramento da qualidade do solo.

Enquanto muitos trabalhos foram publicados nos últimos 5 – 10 anos mostrando a necessidade de ser considerado um conjunto mínimo de dados para avaliação da qualidade do solo, esforços limitados têm sido feitos para determinar os limites críticos dos indicadores de solo propostos. Este limite crítico seria a variação desejável de um determinado valor, relativo ao indicador selecionado, que deveria ser mantido para o funcionamento normal do ecossistema solo (Arshad & Martin, 2002). Isto poderia ser feito considerando-se grandes grupos de solo com diferentes manejos, incluindo-se uma área que não tenha sofrido qualquer ação antropogênica. É necessário elucidar também os limites críticos para os parâmetros biológicos e bioquímicos de qualidade de solo.

Desta forma este trabalho objetiva procurar estabelecer índices de qualidade de solo e seus limites, em solos pedogenicamente diferentes, associando parâmetros microbiológicos a características físicas e químicas, que possam ser utilizadas na avaliação de qualidade do solo em diferentes sistemas de produção.

REFERÊNCIAS

1. ARSHAD, M.A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.88, p. 152-160, 2002.
2. DORAN, J.W.; JONES, A.J. *Methods for assessing soil quality*. Madison: Soil Science Society of America, 1996. pp. (SSSA Special Publication 49).
3. GOMEZ, A.A.; SWETE-KELLY, D.E.; SYERS, J.K.; COUGHLAN, K.J. Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level. In.: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Eds). *Methods for assessing soil quality*. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 401-410. (SSSA Special Publication 49).
4. HALVORSON, J.J.; SMITH, J.L.; PAPENDICK, R.I. Integration of multiple parameters to evaluate soil quality: a field example. *Biology and Fertility of Soils*, v. 21, p. 207-214, 1996.
5. NORTCLIFF, S. Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.88, p. 161-168, 2002.
6. PARR, J.F.; PAPENDICK, R.I.; HORNICK, S.B.; MEYER, R.E. Soil quality: attributes and relationships to alternative and sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, v. 7, p. 5-11, 1992.

7. ROBERTSON, G.P.; KLINGENSMITH, K.M.; KLUG, M.J.; PAUL, E.A., CRUM, J.R.; ELLIS, B.G. Soil resources, microbial activity and primary production across an agricultural ecosystem. *Ecologia Applied* v. 7, p. 158-170, 1997.
8. SHAXSON, T.F. Concepts and indicators for assessment of sustainable land use. *Adv. Geol. Ecol.*, v. 31, p. 11-19, 1998.
9. WARDLE, D.A.; GILLER, K.E. The quest for contemporary ecological dimension to soil biology. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 18, p. 1549-1554, 1996.