

Indicadores Microbiológicos para Avaliação da Qualidade do Solo e da Sustentabilidade dos Agroecossistemas

Ieda de Carvalho Mendes; Fábio Bueno dos Reis-Júnior; Mariangela Hungria; Marcelo Ferreira Fernandes; Fábio Martins Mercante; Marcelo Gonçalves Narciso

Introdução

O maior desafio para a agricultura do século XXI está na resolução de uma equação que envolve o aumento da produção de alimentos baratos e saudáveis a um baixo custo ambiental. A solução dessa equação, por sua vez, não pode negligenciar o componente biológico do solo – representado pelas raízes vivas, microrganismos, micro, meso e macrofauna –, pois ele apresenta uma estreita inter-relação com os componentes físicos e químicos. A definição de qualidade do solo proposta por Doran e Parkin, 1994 – capacidade de o solo funcionar, dentro dos limites do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade da água e do ar e promover a saúde de plantas e animais – também evidência a importância do componente biológico, uma vez que a maquinaria biológica é a principal responsável pelo seu “funcionamento”.

Embora haja consenso entre pesquisadores e agricultores de que a manutenção/melhoria da qualidade do solo é um elemento chave para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, a avaliação dessa qualidade não é uma tarefa fácil. A multiplicidade de fatores químicos, físicos e biológicos que controlam os processos biogeoquímicos e suas variações em função do tempo e espaço, aliados à complexidade do solo, estão entre os fatores que dificultam a capacidade de acessar a sua qualidade

e identificar parâmetros-chaves que possam servir como indicadores do seu funcionamento. Por essa razão, um conjunto mínimo de indicadores englobando atributos físicos, químicos e biológicos devem ser utilizados, uma vez que nenhum indicador individualmente irá descrever e quantificar todos os aspectos da qualidade do solo.

Os microrganismos do solo são responsáveis por serviços ambientais de importância fundamental, tais como os processos de formação do solo, decomposição de resíduos orgânicos (animais e vegetais), fixação biológica de nitrogênio, ciclagem de nutrientes e formação da matéria orgânica, biorremediação de poluentes e agrotóxicos, entre outros. A participação dos microrganismos em todos esses processos justifica a inclusão dos indicadores biológicos ou bioindicadores nos índices de qualidade do solo e a necessidade de estudos visando selecionar quais seriam os mais apropriados para esse fim. Como o estabelecimento de diferentes agroecossistemas influencia diretamente a biota do solo e os processos realizados por ela, o uso de bioindicadores emerge como um componente importante dos estudos envolvendo a avaliação da qualidade dos solos agrícolas, em razão da sua sensibilidade para detectar, com mais antecedência que os parâmetros físicos e químicos, alterações que ocorrem nesse ambiente em função do seu uso e manejo, seja ele mantenedor, melhorador ou degradador da qualidade (DORAN, 1980; DICK, 1994; MATSUOKA et al. 2003; SILVA et al., 2009).

Identificar e monitorar os bioindicadores que avaliassem, precocemente e de modo eficaz, as alterações que ocorrem no solo, indicando os manejos adequados para preservar/melhorar sua qualidade e garantir a sustentabilidade dos agroecossistemas; formar uma base de dados microbiológicos para subsidiar estudos sobre o impacto de sistemas agrícolas nas propriedades físico-químicas, na ciclagem de nutrientes/dinâmica da matéria orgânica e elaborar um índice para avaliação da qualidade dos solos e da sustentabilidade dos agroecossistemas foram os principais objetivos da fase I do Projeto Uso de Parâmetros Microbiológicos como Bioindicadores para Avaliar a Qualidade do Solo e a Sustentabilidade dos Agroecossistemas (02.03.1.01), do macroprograma 2 da Embrapa.

O início efetivo do projeto ocorreu em junho de 2004 e seu término ocorreu em março de 2008. O projeto abrangeu agroecossistemas nas regiões Centro-Oeste, Sul e Nordeste. Foram avaliados cultivos anuais de grãos em sistemas de plantio direto e plantio convencional; sistemas de cultivos orgânicos e convencionais com hortaliças; sistemas semiperenes com cana de açúcar; sistemas perenes com pastagens e sistemas integrados lavoura/pecuária. Em cada local, as comparações entre os diferentes sistemas de manejo foram realizadas utilizando como referência áreas nativas próximas às áreas experimentais. Os parâmetros microbiológicos avaliados foram: o carbono da biomassa microbiana, a atividade enzimática do solo (enzimas associadas aos ciclos do C, S e P), o teor de C mineralizável e as diversidades genotípica e funcional das comunidades microbianas. O projeto envolveu pesquisadores e técnicos da Embrapa Cerrados, Embrapa Soja, Embrapa Agropecuária Oeste, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Embrapa Informática Agropecuária, Embrapa Cenargen, Iapar, UFMT, UFV e Cirad.

Principais Resultados e Tecnologias Geradas

- (1) Geração de resultados para a formação de um banco de dados sobre biomassa microbiana e atividade bioquímica de solos brasileiros sob os principais sistemas de manejo adotados na agricultura: plantio direto e convencional, sistemas integrados lavoura pecuária, sistemas de cultivo orgânico e convencional de hortaliças, sistemas florestais (pinus e eucalipto).
- (2) Constatação de que os impactos da atividade agrícola nas propriedades microbiológicas dos solos de Cerrado, na profundidade de 0 cm a 10 cm, envolvem reduções acentuadas na biomassa microbiana e nas atividades das enzimas fosfatase ácida e arilsulfatase (ciclagem de P e S orgânicos), acompanhadas de aumentos nas taxas de mineralização de CO₂ (respiração microbiana) e na atividade da enzima β-glicosidase (ciclo do C).

- (3) Comprovação dos benefícios que os sistemas de manejo conservacionistas podem promover por meio de tendências de maiores índices de qualidade de solo (IQS) e maiores níveis de biomassa microbiana e de atividades das enzimas β -glicosidase, arilsulfatase e fosfatase ácida nos sistemas com pastagens consorciadas (contínuas e em rotação com culturas anuais), plantio direto e cultivo orgânico (MENDES et al., 2008).
- (4) Constatação de que os parâmetros microbiológicos foram eficientes para detectar mudanças que ocorreram no solo, reforçando a importância da inclusão dos mesmos nos estudos de impacto ambiental e de avaliação da qualidade de solo (SANT'ANNA et al., 2009; SILVA et al., 2009).
- (5) Na região do Cerrado, as avaliações de atividade enzimática se destacaram entre os parâmetros avaliados, pela sua sensibilidade, coerência, precisão, simplicidade e custo. Em médio prazo, essas análises são as que mais se habilitam a serem utilizadas em larga escala pelos laboratórios de análises de solo instalados na região (SILVA, 2008; SILVA et al., 2009).
- (6) Na Região Sul, o carbono da biomassa microbiana e o quociente metabólico qCO_2 foram identificados como os bioindicadores mais adequados para monitorar diferenças associadas ao manejo do solo e das culturas. Mais estudos sobre a atividade enzimática nos solos dessa região ainda são necessários (FRANCHINI et al., 2007; HUNGRIA et al., 2009).
- (7) Na Região Nordeste, foram estudados sistemas de manejo com cana colhida após queima da palhada (CQ), cana colhida sem queima (CC) e cultivo de cana orgânica (CO). Uma área sob mata nativa (MN) adjacente foi utilizada como referência. As diferenças foram mais acentuadas nas amostras coletadas na estação chuvosa. Embora o carbono orgânico total não tenha diferido entre os três manejos de cana, a atividade enzimática total do solo, determinada pelo ensaio de redução da fluoresceína diacetato

(FDA), durante a época chuvosa, decresceu de acordo com a seqüência: MN > CO > CC > CQ evidenciando a sensibilidade desse bioindicador para detectar alterações no funcionamento solo em período anterior ao de alterações na matéria orgânica total (SANT'ANNA et al., 2009).

- (7) Em termos de publicações, foram publicados: 6 artigos técnico-científicos, em revistas "Qualis A"; 7 Capítulos de Livro; 1 tese de doutorado; 2 dissertações de mestrado; 2 monografias de curso de graduação; 1 monografia de curso de aperfeiçoamento; 27 trabalhos em Anais de Congressos (trabalhos completos e resumos expandidos); 3 Séries Documentos da Embrapa; 2 Boletins de Pesquisa (Embrapa) e 1 artigo na mídia. Outro destaque é que, durante a fase I do projeto, foram treinados mais de 20 bolsistas em todos os níveis: médio, graduação e pós-graduação.

Conclusões e Perspectivas

Conforme previsto inicialmente, os aspectos inovadores da pesquisa com bioindicadores, aliados à complexidade e abrangência do assunto, demandam a continuidade do estudo, numa fase II, para que o objetivo principal do projeto seja atingido com sucesso. Processo semelhante ocorreu com os indicadores químicos de fertilidade de solo, em que vários anos de pesquisa foram necessários para que os métodos de amostragem de solo e os níveis críticos (muito baixo, baixo, médio, adequado e alto) desses indicadores fossem relativamente bem definidos para cada elemento e tipo de solo e, mais recentemente, tipo de manejo. Assim, a fase II dará continuidade aos estudos ampliando os agroecossistemas avaliados (inclusão de sistemas de produção com algodão e cultivos destinados a agroenergia), tipos de solo (inclusão dos solos nequartzarênicos, de textura arenosa, do oeste baiano) e incluindo novos bioindicadores em alguns dos locais avaliados (glomalina e celulase). A padronização de metodologias e formas de amostragem serão novamente enfatizados e agora, nessa nova fase, sob os princípios das boas práticas laboratoriais (BPLs).

Existe no cenário atual uma forte demanda de pesquisa sobre “Bioindicadores de qualidade solo”, tema complexo, de abrangência nacional, cujas respostas não podem ser atendidas por projetos de pesquisa isolados. É nosso entendimento que o futuro da utilização dos bioindicadores nos estudos de qualidade dos solos brasileiros exige um esforço em âmbito nacional para a realização de avaliações sistemáticas para se medir e interpretar os parâmetros que sirvam adequadamente como bioindicadores, padronizando os métodos desde a amostragem, a estocagem e o pré-tratamento das amostras até os procedimentos analíticos e a apresentação dos resultados. Embora já existam atualmente iniciativas nesse sentido no País como o próprio Projeto Uso de Parâmetros Microbiológicos como Bioindicadores para Avaliar a Qualidade do Solo e a Sustentabilidade dos Agroecossistemas, a articulação/estruturação de uma rede “Rede Brasileira para Monitoramento da Qualidade de Solos Agrícolas”, com arranjo multi-institucional e caráter transdisciplinar, seria uma forma de agregar todos os especialistas envolvidos no assunto. Esse esforço favoreceria a otimização dos recursos investidos na pesquisa e auxiliaria na comparação dos resultados obtidos em diferentes pontos do território nacional.

Referências

- DICK, R. P. Soil enzymes activities as indicators of soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science Society of America Journal**, 1994. p. 107-124. (Special Publication number, 35).
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science Society of America Journal**, 1994. p. 107-124. (Special Publication number, 35).
- DORAN, J. W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 765-771. 1980.
- FRANCHINI, J. C.; CRISPINO, C. C.; SOUZA, R. A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 92, p. 18-29, 2007.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v. 42, p. 288-296, 2009.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste- MT. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 425-433, 2003.

MENDES, I. C.; SILVA, L. G. da.; REIS JUNIOR, F. B.; TOTOLA, M. R.; VILELA, L. Cálculo de um índice de qualidade de solo para diferentes agroecossistemas do Cerrado. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O CERRADO, IX; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SAVANAS TROPICAIS, II, 2008, Brasília. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

SANT'ANNA, S. A. C.; FERNANDES, M. F.; MELLO IVO, W. M. P.; COSTA, J. L. S. Evaluation of Soil Quality Indicators in Sugarcane Management in Sandy Loam Soil. **Pedosphere**. v. 19, p. 312-322, 2009.

SILVA, L. G. **Uso e monitoramento de indicadores microbiológicos para avaliação da qualidade dos solos de cerrado sob diferentes agroecossistemas**. 2008. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília.

SILVA, L. G.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; FERNANDES, M. F.; MELO, J. T.; KATO, E. Atributos físicos, químicos e biológicos de um latossolo de cerrado sob plantio de espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 613-620, 2009.

Participantes do Projeto

Ieda de Carvalho Mendes; Fábio Bueno dos Reis-Junior;
Mariangela Hungria; Marcelo Ferreira Fernandes; Fábio Martins Mercante;
Marcelo Gonçalves Narciso.