

## USO DE PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS COMO INDICADORES PARA AVALIAR A QUALIDADE DO SOLO E A SUSTENTABILIDADE DOS AGROECOSSISTEMAS

Fábio Bueno dos Reis Junior<sup>1</sup> & Iêda de Carvalho Mendes<sup>1</sup>

(1) Pesquisadores Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, Rodovia Brasília/Fortaleza, CEP 73310-970 – Planaltina, DF. Email: fabio@cpac.embrapa.br

Palavras-Chave: Bioindicadores; Biomassa microbiana; Enzimas do solo

### 1. Microrganismos como indicadores de qualidade do solo

Os microrganismos representam cerca de 60% a 80% da fração viva e mais ativa da matéria orgânica do solo que constitui, por sua vez, o principal componente de fertilidade dos solos tropicais. Os microrganismos do solo atuam em processos que vão desde a origem do solo (intemperização das rochas), formação e manutenção da sua estrutura, até a decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes e biorremediação de poluentes e metais pesados. Um solo de qualidade possui intensa atividade biológica e contém populações microbianas balanceadas, sendo vários os indicadores microbiológicos que podem ser utilizados para fornecer uma estimativa da qualidade do solo (Tótolá & Chaer, 2002).

O interesse pelo tema "Qualidade de solo" é relativamente recente, datando do fim da década de 80 e início da década de 90. De acordo com Doran & Parkin (1994) qualidade do solo seria a sua capacidade de funcionar dentro dos limites dos ecossistemas para: i) sustentar a produtividade biológica; ii) manter a qualidade da água e do ar e iii) promover a saúde humana, de plantas e animais. Ou seja, além da importância do solo para a produção de alimentos, o conceito de qualidade do solo também destaca a importância desse recurso para o funcionamento global dos ecossistemas.

Halloway & Stork (1991), citados por Turco et al. (1994), listaram as principais características que um bom indicador ecológico, de qualidade do solo, deve possuir: 1) Refletir algum aspecto do funcionamento do ecossistema; 2) Mostrar uma resposta precisa e rápida a qualquer perturbação; 3) Ser de simples determinação e barato; 4) Possuir distribuição universal, mas com especificidades regionais.

Vários estudos mostram que os indicadores biológicos são mais sensíveis que indicadores químicos e físicos para detectar com maior antecedência, alterações que ocorrem no solo em função do seu uso e manejo (Trasar-Cepeda et al., 1998; Matsuoka et al. 2003). Isto justifica a necessidade da inclusão dos indicadores biológicos nos índices de qualidade do solo e de estudos visando selecionar quais indicadores biológicos seriam os mais apropriados para este fim.

Conforme destacado por Tótolá & Chaer (2002) as dificuldades na interpretação dos indicadores biológicos de qualidade, ou seja, de saber quando é que os valores obtidos indicam um bom solo, ou não, constituem um dos grandes obstáculos a serem transpostos nas avaliações de qualidade do solo. Diferentemente do que ocorre com os indicadores químicos de fertilidade, cujos níveis (muito baixo, baixo, médio, adequado e alto) já estão relativamente bem definidos para cada

elemento e tipo de solo (sempre levando em consideração características como: textura, teor de matéria orgânica, etc), a base de informações disponível sobre os dados biológicos ainda é pequena.

Outro aspecto a ser destacado é que os valores "ideais" podem variar conforme o tipo de solo, sistemas de manejo e condições climáticas. Santana & Bahia-Filho (1999) sugeriram dois enfoques para o estabelecimento de critérios de referências: 1) condição de solo nativo e 2) condições que maximizem a produção e conservem o meio ambiente. Critérios de variação temporal, que envolvem o acompanhamento das áreas ao longo do tempo, também constituem outra possibilidade. Entre esses três critérios de referência, o uso de áreas nativas, com mínimos impactos antropogênicos, tem prevalecido (Doran & Parkin, 1994; Mendes et al., 2003).

### 1.1 Biomassa, atividade e diversidade microbiana

Apesar de sua importância, a biomassa microbiana do solo representa apenas 1% a 5% do C orgânico total dos solos. Como 95% a 99% da matéria orgânica é constituída por frações relativamente estáveis e resistentes a alterações, mudanças significativas nessas frações podem levar anos ou décadas para serem detectadas (Rice et al., 1996). Entretanto, alterações significativas na biomassa microbiana podem ser detectadas precocemente, com bastante antecedência quando comparadas às mudanças na matéria orgânica. Sendo assim, a avaliação da biomassa microbiana tem sido proposta como um indicador do estado e das alterações da matéria orgânica do solo e sugerida como uma medida sensível do aumento, ou decréscimo, de sua quantidade.

Determinações da biomassa microbiana não fornecem indicações sobre os níveis de atividade das populações microbianas, daí a importância dos parâmetros que medem a atividade para avaliar o estado metabólico atual e potencial das comunidades de microrganismos do solo. Dentre esses, destacam-se as determinações de C e N prontamente mineralizáveis, e as de atividade enzimática dos solos. A determinação da quantidade de CO<sub>2</sub> liberada pela respiração dos microrganismos (também denominada, C prontamente mineralizável) é um dos métodos mais tradicionais e mais utilizados para avaliar a atividade metabólica da população microbiana do solo.

As enzimas do solo participam das reações metabólicas intercelulares, responsáveis pelo funcionamento e pela manutenção dos seres vivos e também desempenham papel fundamental atuando como catalizadoras de várias reações, que resultam na decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, formação da matéria orgânica e estruturação do solo (Mendes & Vivaldi, 2001). Vários trabalhos têm demonstrado o grande potencial das análises enzimáticas como indicadores sensíveis para detectar diferenças entre solos e mudanças que variam em função da influência antrópica nos mesmos (Trasar-Cepeda et al., 1998).

Quanto maior a diversidade, maior a estabilidade do ecossistema e mais eficiente o uso dos recursos disponíveis, sendo menor o gasto de energia para sustentar a biomassa ali presente (Tótola & Chaer, 2002). A diversidade microbiana estaria, portanto, relacionada a um efeito "tampão" do solo contra estresses ambientais naturais ou causados pelo homem. Para um determinado solo, as

avaliações de diversidade podem fornecer informações sobre aspectos genéticos (número/riqueza de genomas) e funcionais (variedade de funções de decomposição, transformação de nutrientes, promoção/supressão do crescimento de plantas, etc) das comunidades microbianas.

## **2. Microbiologia dos solos do Cerrado**

Apesar de excepcional do ponto de vista de participação no cenário agrícola nacional, o desenvolvimento agrícola do Cerrado muitas vezes tem sido acompanhado do manejo inadequado do solo, resultando em decréscimos nos teores de matéria orgânica, destruição dos agregados, compactação e erosão.

Embora os impactos de sistemas agrossilvopastoris nas propriedades químicas e físicas dos solos de Cerrado sejam relativamente bem documentados, o mesmo não pode ser dito sobre o impacto desses sistemas nas propriedades bioquímicas (atividade enzimática) e microbiológicas (quantidade, atividade, diversidade das comunidades microbianas) desses solos.

Nesse resumo serão comentados alguns resultados dos estudos iniciados no ano de 1998 na Embrapa Cerrados. Com base nesses trabalhos hoje possuímos um volume considerável de informações sobre características microbiológicas dos solos de Cerrado sob vegetação nativa e sob diferentes sistemas agropastoris. Nesses estudos foram monitoradas as alterações promovidas por diferentes sistemas de manejo na dinâmica da biomassa e atividade microbiana dos solos. Também foram avaliadas as possibilidades do uso de indicadores microbiológicos para detectar, com maior antecedência, os níveis de recuperação do solo após o estabelecimento de sistemas de manejo conservacionistas em áreas com níveis diferenciados de degradação. Além dos sistemas agrícolas, os estudos também contemplaram os efeitos do desmatamento de áreas nativas nas propriedades microbiológicas e bioquímicas do solo.

Nesses estudos, o carbono na biomassa microbiana (CBM) foi avaliado pelo método de clorofórmio-fumigação-incubação (CFI) de acordo com Jenkinson & Powlson (1976). Também foram avaliadas as atividades de três enzimas do solo que fazem parte dos ciclos do C ( $\beta$ -glucosidase), P (fosfatase ácida) e S (arilsulfatase), utilizando-se as metodologias descritas por Tabatabai (1994).

## **3. Impactos de sistemas de plantio direto e plantio convencional nas propriedades microbiológicas e bioquímicas do solo**

Na Embrapa Cerrados foram avaliados os efeitos do plantio direto (PD) e plantio convencional (PC), na dinâmica do carbono da biomassa microbiana e na atividade enzimática do solo. As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0 a 5cm e de 5 a 20cm, nos meses de janeiro (estação chuvosa) e agosto (estação seca) e as análises tiveram início em agosto de 1998.

As amostragens foram realizadas num experimento iniciado em 1992. Este experimento consiste de duas faixas de 320m numa rotação soja/milho. Na faixa sob PD, foram testadas como plantas de cobertura, em sub-faixas de 34m x 50m, o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e o milheto

(*Pennisetum americanum*). Uma área de Cerrado nativo localizada ao lado da área do experimento constituiu o referencial para avaliar as condições originais do solo.

### 3.1 Carbono da biomassa microbiana

Os níveis de biomassa-C nas áreas cultivadas foram inferiores aos níveis observados na área de Cerrado nativo, independentemente da época de amostragem (Figura 1). Ou seja, após a incorporação dos solos nativos de Cerrado ao processo agrícola, ocorreu uma queda acentuada nos níveis de biomassa microbiana. Entre os fatores responsáveis por condições mais favoráveis ao desenvolvimento microbiano, na área sob vegetação nativa, merecem destaque a ausência de preparo do solo e a maior diversidade florística dessas áreas. A ausência de revolvimento do solo favorece a preservação das hifas fúngicas, o acúmulo da serapilheira na superfície do solo (propiciando a ocorrência de menor variação e de níveis mais adequados de temperatura e umidade) e resulta na maior presença de raízes finas (que aumentam a entrada de substratos carbonados no sistema, via exsudatos radiculares). A diversidade florística das áreas nativas influencia não só a produção (quantidade), mas também a qualidade da serapilheira.

Na profundidade 0 a 5cm, desde a amostragem de janeiro de 1999 os tratamentos sob PD têm apresentado, de maneira geral, níveis de carbono da biomassa microbiana superiores aos do PC (Figura 1). Esses resultados evidenciam a sensibilidade dos indicadores microbiológicos para detectar as modificações que ocorrem após o estabelecimento de sistemas de PD, em solos de Cerrado e a importância de acompanhar a evolução desses sistemas ao longo do tempo.

As principais diferenças entre PD e PC foram observadas na profundidade 0 a 5cm (Figura 1). Isso ocorre porque no sistema de PD, a aplicação localizada de adubos e a ausência de revolvimento do solo (favorecendo o acúmulo de restos culturais e de raízes nos cinco centímetros iniciais) propiciam a estratificação das propriedades microbiológicas, de tal forma que a profundidade de 0 a 5cm passa a apresentar propriedades químicas, bioquímicas e microbiológicas bem distintas, quando comparada à profundidade de 5 a 20cm. Nas áreas sob PC, onde o revolvimento do solo permite uma distribuição mais homogênea de adubos e restos culturais no perfil, essa diferenciação não é tão acentuada. Os valores médios de biomassa-C nos tratamentos milho-PD, nabo-PD e PC na profundidade 0 a 5cm (Figura 1), foram de 313, 319 e 226 mg C kg<sup>-1</sup> de solo, enquanto que para a profundidade de 5 a 20cm (Figura 2) foram obtidos os valores 223, 195 e 220 mg C kg<sup>-1</sup> de solo, respectivamente.

### 3.2 Atividade enzimática do solo

Na profundidade 0 a 5cm, a atividade da enzima  $\beta$ -glucosidase nos tratamentos sob PD foi superior à do PC e do Cerrado (Figura 1). A  $\beta$ -glucosidase atua na etapa final do processo de decomposição da celulose, hidrolisando os resíduos de celobiose (Tabatabai, 1994). Como a celobiose é um dissacarídeo de rápida decomposição no solo, a maior atividade observada nas áreas agrícolas, pode estar relacionada à quantidade e à qualidade do resíduo vegetal que é retornado ao solo. Nas áreas nativas, a maior diversidade de espécies de plantas, contribui para que o resíduo orgânico

(galhos, ramos, folhas, flores, frutos e sementes), que retorna ao solo, seja mais complexo, o que explicaria as baixas atividades da  $\beta$ -glucosidase observadas nessas áreas, uma vez que outras enzimas (celulases, ligninases) também participariam dos processos de decomposição desses resíduos. Levando-se em consideração que as plantas também constituem fontes de enzimas para o solo é possível que a contribuição das plantas cultivadas também influencie nesse aspecto. Por fim, deve-se mencionar que as diferenças entre as áreas nativas e as cultivadas também podem estar relacionadas a mudanças qualitativas na composição das comunidades microbianas presentes nessas áreas.

Nas duas épocas de amostragem (seca e chuvosa), a atividade da arilsulfatase, na profundidade 0 a 5cm, nos tratamentos sob PD foi superior às das áreas sob PC e vegetação nativa que foram similares (Figura 1). Na profundidade 5 a 20cm não houve diferenças entre as áreas nativas e cultivadas (Figura 2).

Independentemente da época de amostragem, nas duas profundidades avaliadas (0 a 5cm e 5 a 20cm), os maiores níveis de atividade da fosfatase ácida foram observados nas áreas nativas (Figuras 1 e 2). Isso se deve ao fato de que, como nessas áreas não existe entrada de fósforo (P) via adubos químicos, toda a ciclagem desse elemento é feita através de processos de solubilização de fontes pouco solúveis e principalmente através da mineralização do P da matéria orgânica pelas fosfatases. A redução da atividade da fosfatase nas áreas cultivadas está relacionada ao efeito inibidor do uso de adubos fosfatados prontamente solúveis (Mendes et al. 2003). Independentemente da época de amostragem, nas áreas sob PD, profundidade 0 a 5cm, a atividade da fosfatase foi maior que nas áreas de PC (Figura 1), apesar das maiores concentrações de fósforo (Mehlich) observadas nas áreas de PD (dados não apresentados). A maior atividade da fosfatase ácida no PD está relacionada à ausência de revolvimento do solo e à aplicação localizada dos fertilizantes fosfatados, o que favorece a concentração do adubo fosfatado no sulco de plantio. Dessa forma, a inibição das fosfatases por esses adubos não é tão acentuada como no PC, onde eles são misturados ao solo.

Os valores elevados de arilsulfatase e fosfatase ácida nas áreas de PD estão relacionados e refletem a estreita relação que existe entre a química e a bioquímica dos solos. A elevada atividade de arilsulfatase nas áreas de PD deve-se à competição entre os ânions  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{SO}_4^-$  pelos mesmos sítios de adsorção nos colóides do solo. Como o ânion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  é adsorvido preferencialmente nesses sítios (Tisdale et al., 1993) e como eles são mais concentrados nas áreas de PD, pode ocorrer uma deficiência de S, o que estimula a produção e a atividade da arilsulfatase nessas áreas.

As maiores atividades das três enzimas, avaliadas nos cinco centímetros iniciais do solo, também são um reflexo do acúmulo de matéria orgânica observado nessa profundidade. A matéria orgânica atua protegendo e mantendo as enzimas do solo em suas formas ativas, pela formação de complexos enzima-compostos húmicos (Deng & Tabatabai, 1997).

À semelhança do que também foi observado para a biomassa microbiana, as plantas de cobertura não influenciaram as atividades das três enzimas avaliadas.

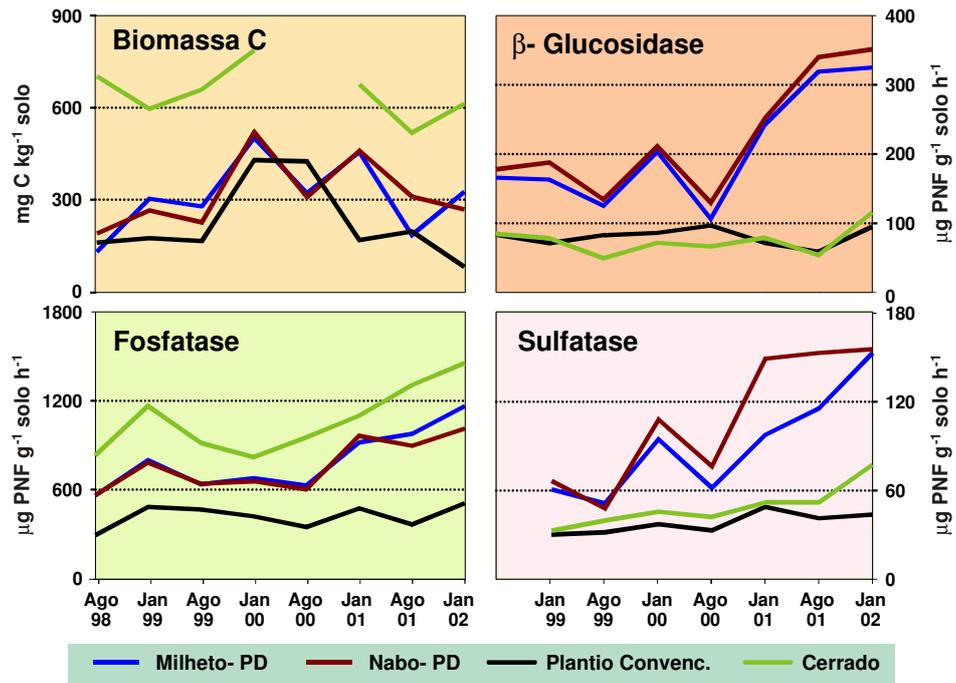


Figura 1: Variação do CBM e da atividade das enzimas  $\beta$ -glucosidase, fosfatase e arilsulfatase, na profundidade 0 a 5cm, nas estações seca (agosto) e chuvosa (janeiro), num Latossolo Vermelho-Amarelo de Cerrado onde o PD foi iniciado em 1992.

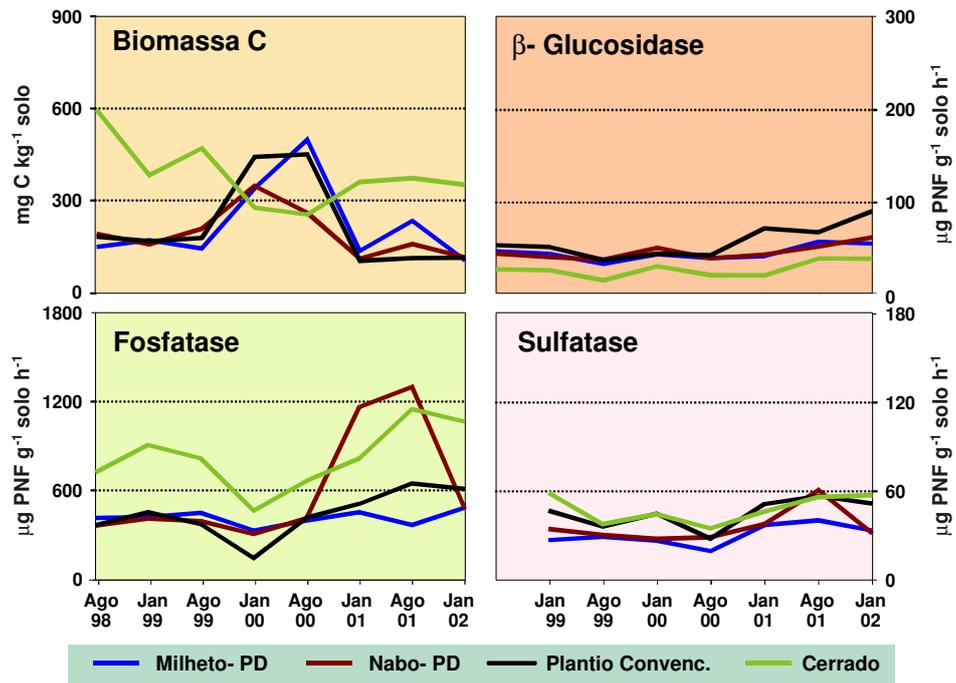


Figura 2: Variação do CBM e da atividade das enzimas  $\beta$ -glucosidase, fosfatase e arilsulfatase, na profundidade 5 a 20cm, nas estações seca (agosto) e chuvosa (janeiro), num Latossolo Vermelho-Amarelo de Cerrado onde o PD foi iniciado em 1992.

As atividades determinadas na época chuvosa, geralmente, foram superiores às da época seca e as diferenças entre esses dois períodos foram observadas na profundidade 0 a 5cm (Figura 1).

#### **4. Uso de indicadores biológicos em solos de propriedades rurais sob plantio direto e convencional na região do Cerrado**

Após a constatação, em experimentos conduzidos em centros de pesquisa, de que as propriedades biológicas e bioquímicas do solo são indicadores sensíveis, que podem ser utilizados no monitoramento de alterações ambientais devido ao uso agrícola foi realizado, na safra 2003/2004, um estudo em seis fazendas localizadas no município de Rio Verde (GO), sob Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, textura franco-argilosa.

Essas fazendas constituem cronoseqüências em função do tempo de adoção do sistema de plantio direto: uma fazenda vinha sendo cultivada sob plantio convencional há 18 anos (PC), e as outras apresentavam períodos distintos de adoção do sistema de plantio direto: um, cinco, nove, onze e treze anos (PD-1, PD-5, PD-9, PD-11 e PD-13, respectivamente). Como referência das condições originais dos solos foram utilizadas áreas sob vegetação nativa próximas as áreas experimentais. Na época de coleta das amostras de solo, 26 de março de 2004, as fazendas PC e PD-11 apresentavam o solo sem cobertura; as fazendas PD-1, PD-5 e PD-13 apresentavam sorgo e a PD-9 o milho de safrinha.

Conforme verificado no estudo anterior, reduções significativas do carbono da biomassa microbiana e nas atividades das enzimas fosfatase ácida e arilsulfatase foram observadas nas áreas cultivadas em relação às áreas de vegetação nativa. Entre as seis propriedades rurais avaliadas, as propriedades PD-5 (128mg C kg<sup>-1</sup> solo) e PD-9 (294mg C kg<sup>-1</sup> solo) apresentaram, respectivamente, o menor e o maior teor de carbono da biomassa microbiana. As demais propriedades não diferiram entre si com relação a esse parâmetro. Em relação à propriedade sob plantio convencional (72µg PNF g<sup>-1</sup> solo h<sup>-1</sup>) aumentos expressivos na atividade da enzima β-glucosidase foram observados apenas nas propriedades PD-9 (105 µg PNF g<sup>-1</sup> solo h<sup>-1</sup>) e PD-13 (90 µg PNF g<sup>-1</sup> solo h<sup>-1</sup>). Aumentos na atividade da fosfatase ácida (29 a 43%) foram observados em todas as propriedades sob plantio direto, com exceção da PD-1. Por outro lado, aumentos expressivos na atividade da arilsulfatase (44 a 141%) foram observados em todas as propriedades sob PD, inclusive naquela onde o PD havia sido implantado há apenas um ano. Não houve relações entre a presença ou não de cobertura do solo e os parâmetros biológicos avaliados.

Os resultados obtidos neste estudo, com amostras de solo de fazendas, coletadas na profundidade 0 a 10cm, demonstraram que entre os indicadores biológicos avaliados, a atividade das enzimas arilsulfatase e fosfatase ácida foram os que mais se destacaram em termos de habilidade para diferenciar as áreas sob PD e PC. Deve ser destacado que diferentemente do estudo anterior, para o estudo das propriedades em Rio Verde, a profundidade de coleta das amostras foi 0 a 10cm. Essa profundidade de amostragem foi escolhida antecipando a possibilidade de um dia, os indicadores biológicos virem a ser utilizados por agricultores no monitoramento da qualidade do solo de suas propriedades. A amostragem nos dez centímetros iniciais do solo, além de melhor aceitação por parte dos agricultores, é mais representativa do que aquela realizada no cinco centímetros iniciais. Nessa

profundidade de amostragem, as atividades das enzimas fosfatase ácida e arilsulfatase foram destaque, evidenciando seu potencial como indicadores sensíveis, capazes de detectar alterações no funcionamento biológico do solo, antes mesmo que alterações significativas no teor de carbono da biomassa microbiana venham a ocorrer.

## **5. Efeitos do desmatamento de áreas nativas nas propriedades microbiológicas e bioquímicas do solo**

Como parte dos trabalhos para avaliar a sensibilidade dos indicadores microbiológicos e bioquímicos, na detecção de mudanças que ocorrem no solo, foi avaliada uma área de Cerrado recém-desmatada sob um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. O desmatamento foi efetuado em agosto de 1999 (época seca). A seguir, foi efetuada a distribuição de calcário e incorporação com arado e grade aradora. Parte da área sob vegetação original foi preservada, servindo como referencial para avaliação das condições originais do solo. Foram determinados os teores de C na biomassa microbiana do solo, as taxas de respiração microbiana (C prontamente mineralizável) e a atividade enzimática ( $\beta$ -glucosidase e fosfatase ácida). As avaliações foram realizadas aos três meses e um ano após o desmatamento e as amostragens estratificadas em 0 a 5cm e 5 a 20cm. A avaliação de três meses foi feita antes do plantio do milho e antes da adubação corretiva de fósforo.

Na amostragem realizada aos três meses após o desmatamento, coincidindo com o início da estação chuvosa, foram observadas, nas áreas desmatadas, profundidade 0 a 5cm, reduções no CBM, respiração microbiana e atividade da  $\beta$ -glucosidase de 43%, 32% e 42%, respectivamente. Na amostragem realizada um ano após o desmatamento, as reduções no CBM e na atividade da  $\beta$ -glucosidase acentuaram-se mais ainda atingindo 76% e 75%, enquanto que a respiração microbiana apresentou valores similares aos da área nativa. Em relação à área nativa a atividade da fosfatase apresentou aumento de 21% na avaliação aos três meses e redução altamente significativa de 80% na avaliação realizada um ano após o desmatamento. Esse decréscimo foi consequência da adubação corretiva de fósforo realizada imediatamente após a amostragem de novembro, inibindo a atividade dessa enzima.

Na profundidade 5 a 20cm, o comportamento das propriedades microbiológicas e bioquímicas, após o desmatamento, foi totalmente distinto da profundidade 0 a 5cm. Os níveis de biomassa microbiana, na profundidade 5 a 20 cm foram ligeiramente superiores aos da área nativa (23% e 15% de aumento nas amostragens realizadas aos três meses e um ano). Os níveis de atividade da  $\beta$ -glucosidase permaneceram inalterados e a respiração microbiana dobrou (nas duas amostragens). Os aumentos na respiração microbiana podem ser atribuídos à incorporação de restos vegetais quando da aração, aumentando dessa forma a entrada de carbono que pode ser prontamente mineralizado pelos microrganismos, o que resulta no aumento da liberação de CO<sub>2</sub>.

Comparando-se os resultados obtidos, nas duas profundidades, fica claro que o impacto do desmatamento foi mais acentuado nos cinco centímetros iniciais do solo. Merece destaque a grande perda de biomassa microbiana que possivelmente está associada à ruptura de hifas de fungos micorrízicos (embora menos numerosos que as bactérias, os fungos constituem a maior parte da biomassa microbiana do solo) e à perda de parte da camada superficial do solo, quando da passagem do correntão e da patola utilizados no desmatamento e limpeza da área.

Um ano após o desmatamento, a ruptura do equilíbrio microbiológico do solo também acarretou perdas de 30% da matéria orgânica na profundidade 0 a 5cm. Nesse mesmo período, os teores de matéria orgânica na profundidade 5 a 20cm permaneceram inalterados.

## **6. Perspectivas futuras**

Embora os estudos mencionados acima tenham mostrado que o uso de parâmetros biológicos para avaliações de impactos de diferentes sistemas de manejo e uso do solo é promissor, deve-se destacar que os mesmos foram realizados de forma pontual. Visando a construção de uma base de dados consistente sobre os atributos biológicos de diferentes solos brasileiros, existe a necessidade de um esforço a nível nacional promovendo a realização de avaliações sistemáticas para se medir e interpretar os parâmetros que sirvam adequadamente como indicadores.

Várias interrogações como até que ponto a perda de biomassa microbiana nas áreas agrícolas estará relacionada a perdas de diversidade genética e funcional, quais as implicações da perda de biomassa e diversidade microbiana no funcionamento dos sistemas agrícolas e até que ponto o aumento na atividade de enzimas, como a fosfatase ácida, poderá refletir-se ou não em uma redução no uso de adubos, ainda persistem.

Em 2004 foi dado início a um projeto que busca avaliar o uso de atributos microbiológicos (biomassa, atividade e diversidade microbiana) como bioindicadores de qualidade de solo através do monitoramento de diferentes agroecossistemas distribuídos nas regiões Centro-Oeste, Sul, Sudeste e Nordeste. As metodologias utilizadas em cada área experimental são padronizadas desde a coleta e preparo, até a análise das amostras. As propriedades químicas e físicas dos solos também estão sendo avaliadas, bem como os rendimentos das culturas ou a produção de biomassa, obtidas em cada local.

Os pesquisadores envolvidos no projeto vislumbram a possibilidade de que num futuro próximo, além das propriedades químicas e físicas, determinações das propriedades biológicas poderão fazer parte das rotinas de análises de solo. Por possibilitarem a identificação rápida e precisa de alterações no solo o conhecimento e uso dos bioindicadores pelos agricultores será importante tanto no sentido de incentivar aqueles que já estão adotando sistemas de manejo conservacionistas, bem como no sentido de alertar agricultores que estejam adotando sistemas de manejo que possam levar à degradação do solo. Outras utilizações dos bioindicadores envolvem a valoração de terras e produtos agrícolas, o monitoramento de programas de recuperação de áreas degradadas e a oferta de subsídios visando a implementação e fiscalização de políticas agrícolas e legislações ambientais, entre outros.

A agricultura do terceiro milênio não poderá ignorar o fato de que o solo possui vida e que ela é fundamental para a manutenção das outras formas de vida existentes no planeta. Dentro das perspectivas de esgotamento de importantes fontes de recursos naturais não-renováveis, o melhor entendimento do componente biológico do solo será decisivo para a resolução da equação, envolvendo manutenção de altas produtividades e sustentabilidade de sistemas agrícolas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DENG, S.P.; TABATABAI, M.A. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils: 3. phosphatases and arylsulfatase. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 24, n. 2, p. 141-146, 1997
- 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**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.107-124. (Special Publication number, 35).
- JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effect of biocidal treatment on metabolism in soil. V. A method of measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v.8, p. 209-213, 1976.
- 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**, Viçosa, v.27, p. 425-433, 2003.
- MENDES, I.C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A. C. Propriedades biológicas em agregados de um LE sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 435-443, 2003.
- MENDES, I.C; VIVALDI, L. 2001. Dinâmica da biomassa e atividade microbiana em uma área sob mata de galeria na região do DF. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2001. pp 664-687
- RICE, C.W.; MOORMAN, T.B; BEARE, M.. Role of microbial biomass carbon and nitrogen in soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J., ed. **Methods for assessing soil quality** Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.203-216. (Special Publication, 49).
- SANTANA, D.P.; BAHIA-FILHO, A.F.C. Indicadores de qualidade do solo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 27, 1999, Brasília. **Ciência do Solo e Qualidade de Vida. Resumos**. Brasília: Embrapa Cerrados, UnB 1999. CD. rom
- TABATABAI, M.A.. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; SCOTT, A.; BOTTOMLEY, P.J., ed. **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. Part 2. p. 778-835. (Special Publication, 5).
- TISDALE, S.; NELSON, W.L; BEATON, J.D.; HAVLIN, J.H. **Soil fertility and fertilizers**. Macmillan Publishing Company, New York. 1993. 634p.
- TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ, V.H; SCHAEFER, C.E.G.R; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (eds) **Tópicos em Ciência do Solo, Vol. 2**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.195-276 . 2002.
- TRASAR-CEPEDA, C.; LEIRÓS, C.; GIL-SOTRES, F.; SEOANE, S. Towards a biochemical quality index for soils: An expression relating several biological and biochemical properties. **Biology and Fertility of Soils** 26:100-106. 1998
- TURCO, R.F.; KENNEDY, A.K.; JAWSON, M.D. Microbial 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**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.107-124. (Special Publication number, 35).