



Indicadores de qualidade do solo em sistema integrado de produção agropecuária sob sistema de plantio direto ⁽¹⁾

Nathália Chagas de Brito⁽²⁾; Francine Damian da Silva⁽³⁾; Leandro Pereira Pacheco⁽³⁾; Helder Barbosa Paulino⁽⁴⁾; Marco Aurélio Carbone Carneiro⁽⁵⁾; Edicarlos Damacena de Souza⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da AGRISUS, CAPES e CNPq.

⁽²⁾ Estudante; Universidade Federal de Mato Grosso; Rondonópolis, Mato Grosso; nathaliabrito_1037@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor; Universidade Federal de Mato Grosso; ⁽⁴⁾ Professor; Universidade Federal de Goiás; ⁽⁵⁾ Professor, Universidade Federal de Lavras.

RESUMO: Diferentes sistemas de cultivo podem submeter o solo a um novo estado de equilíbrio afetando seus atributos, que podem ser favoráveis ou desfavoráveis na sua conservação. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi definir os principais indicadores de qualidade do solo em um Sistema Integrado de Produção Agropecuária no Cerrado. O experimento iniciou em 2009, na área experimental da Universidade Federal de Goiás, município de Jataí, Goiás. A área experimental foi de aproximadamente 22 ha. Os tratamentos constaram de diferentes alturas de manejo do pasto: 25, 35 e 45 cm de altura, ou seja, alta, moderada e baixa intensidade de pastejo, respectivamente, além de duas áreas sem pastejo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições. O estoque de C total destaca-se como sendo um dos melhores indicadores de qualidade. Conhecendo os indicadores de qualidade do solo, é possível identificar se o manejo adotado contribui para melhoria ou degradação do solo.

Termos de indexação: Atributos de qualidade, plantio direto, Cerrado.

INTRODUÇÃO

Diferentes sistemas de cultivo podem submeter o solo a um novo estado de equilíbrio, afetando atributos do solo, que podem ser favoráveis ou desfavoráveis na sua conservação. A relação entre o manejo e a qualidade do solo pode ser avaliada pelo comportamento de indicadores, sendo subdivididos em quatro grupos: físicos, químicos, biológicos e visuais. É importante determinar os indicadores de qualidade do solo, pois esses caracterizam as áreas de alta e baixa produtividade.

Os atributos do solo são inter-relacionados, onde os indicadores visuais são obtidos com observação da coloração do solo ou mesmo a interpretação de fotografias aéreas. Já os atributos físicos estão relacionados ao arranjo de partículas, espaço poroso, densidade, textura do solo entre outros. O pH, a salinidade, a capacidade de troca catiônica, são alguns atributos químicos do solo. E entre os

atributos biológicos estão incluídos a matéria orgânica, a diversidade de espécies, a biomassa microbiana e a respiração do solo. Portanto, o solo tem uma alta qualidade quando ele é capaz de desenvolver as suas funções em plenitude (Vezzani & Mielniczuk, 2009).

Nos últimos anos há uma maior preocupação com a qualidade do solo, pois seu uso intensivo, sem reposição de nutrientes, pode causar diminuição das suas funções (Carvalho et al., 2004). Recentemente, os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) foram reconhecidos como alternativa para a intensificação sustentável pela FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), pois reúne uma gama de atributos raros em sistemas de produção de alimentos. Esses sistemas promovem a ciclagem de nutrientes e a melhoria da qualidade do solo (Moraes et al., 2014). O revolvimento contínuo e intensivo do solo, a adoção de sistemas agrícolas baseados em monocultura ou em sucessões contínuas de culturas, tem resultado na diminuição da qualidade física, química e biológica do solo (Costa et al., 2003). Segundo Doran & Parkin (1994), os indicadores de qualidade do solo são definidos como propriedades mensuráveis que influenciam a capacidade do solo na produção das culturas ou no desempenho de funções ambientais.

De acordo com Cruz-Castillo et al. (1994) e Baretta et al. (2005), a utilização de análise multivariada fornece uma definição da diferença entre os atributos e distingue quais desses fatores mais contribui para a variabilidade dos dados. Assim, essas análises podem ser utilizadas em solos com o objetivo de encontrar uma definição dos principais atributos do solo indicadores de qualidade.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi definir os principais atributos indicadores de qualidade do solo em Sistema Integrados de Produção Agropecuária no Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento iniciou em 2009, na área experimental da Universidade Federal de Goiás (17°



56° 57' S, 51° 43' 18' W e 800 m de altitude), município de Jataí, Goiás. O clima é classificado como Aw (tropical chuvoso) de acordo com o sistema de classificação de Köppen, com duas estações bem definidas, sendo a chuvosa de novembro a abril e a seca de maio a outubro. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa, com relevo levemente ondulado.

O experimento foi instalado em uma área onde havia a pastagem perene de *Brachiaria decumbens*, com dez anos de cultivo. Esta pastagem não havia recebido correção ou adubação do solo, sendo conduzida com alta intensidade de pastejo com bovinos. Devido a esse manejo a pastagem apresentava sinais de degradação do pasto, podendo-se observar uma redução da produção vegetal e a presença de plantas invasoras.

Em 2009 a *Brachiaria decumbens* foi revolvida e o solo foi corrigido por meio de calagem, com aplicação à lanço, de 2,5 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 80%), sendo incorporado ao solo com uma aração e duas gradagens. O experimento teve início com a implantação da cultura da soja na sequência.

A soja foi semeada, em 2009 e 2010, com espaçamento de 45 cm e a população aproximada foi de 340.000 plantas por ha. Com o plantio da soja foi realizada a adubação de 350 Kg ha⁻¹ NPK (02-18-18). A colheita ocorreu no início de fevereiro de 2010 e 2011, sendo posteriormente semeada a *Brachiaria ruziziensis* (20 Kg ha⁻¹ – V 65%). Cerca de 50 dias após a emergência das plantas foi realizada a aplicação de 150 Kg ha⁻¹ de N na forma de ureia.

A área experimental foi de aproximadamente 22 ha, a qual foi subdividida em nove piquetes, cujo tamanho é de aproximadamente 2,0 hectares. Os tratamentos constaram de diferentes alturas de manejo do pasto: 25, 35 e 45 cm de altura, ou seja, alta, moderada e baixa intensidade de pastejo, respectivamente, além de duas áreas sem pastejo (referência), totalizando 11 parcelas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 3 repetições.

A altura da pastagem foi medida a cada 14 dias, com o bastão graduado “sward stick” (Barthram, 1986), sendo medidos 50 pontos por parcela, totalizando 150 medições em cada tratamento. Os animais iniciaram o ciclo de pastejo na primeira quinzena de julho. No início de outubro de cada ano os animais foram retirados da área para a dessecação da gramínea.

Em outubro de 2011 foram abertas trincheiras de 40 x 40 x 60 cm de profundidade e o solo coletado em três camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm, em cinco pontos aleatórios por tratamento. O solo foi colocado em sacos plásticos identificados, acondicionados em caixas térmicas e levados ao laboratório de solos da Universidade Federal de

Goiás, onde as amostras foram peneiradas, secas ao ar, colocadas em potes plásticos e armazenadas até o momento das análises.

Para o estudo da agregação do solo foram coletadas amostras indeformadas, com cerca de 500 g, com auxílio de espátula, sendo envolvido em filmes de PVC a fim de manter a estabilidade da estrutura. As amostras foram levadas ao laboratório de solos da Universidade Federal de Goiás, onde foram umedecidas e destorroadas nos pontos de fraqueza, colocadas sobre papel para secagem à sombra por 72 horas.

Para a agregação do solo a metodologia utilizada foi descrita por Kemper & Chepil (1965), modificada por Silva & Mielniczuk (1997). O diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados foi calculado de acordo com a equação:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)$$

onde w_i = porcentagem de massa de solo em cada classe em relação ao total e x_i = diâmetro médio das referentes classes em mm.

Parte da amostra de solo após secagem em estufa foi pesada e determinados os teores totais de C e N segundo Tedesco et al. (1995). O fracionamento físico do solo foi realizado segundo Cambardella & Elliot (1992), onde foram determinados os teores de C e N particulado. Após a determinação desses valores foram obtidos os estoques de C total e particulado em massa equivalente de solo levando-se em consideração a densidade do solo obtida das áreas sem pastejo. As densidades utilizadas foram 1,11 e 1,17 kg dm⁻³ para as profundidades de 0-5 e 5-10 cm, respectivamente, e 0,98 kg dm⁻³ para a profundidade de 10-20 cm.

O IMC foi calculado, considerando a área sem pastejo como referência (IMC) = 100, segundo proposto por Blair et al. (1995) com adaptação de Vieira et al. (2007):

$$IMC = IEC \times ILC \times 100$$

onde IEC é o índice de estoque de C e ILC é o índice de labilidade do C.

O IEC é calculado como:

$$IEC = \frac{\text{estoque de C do tratamento (0-20)}}{\text{estoque de C da referência (0-20)}}$$

O ILC é calculado como:

$$ILC = \frac{LC \text{ do tratamento}}{LC \text{ da referência}}$$



onde LC refere-se a labilidade do C, e é calculado como:

$$LC = \frac{C \text{ lábil}}{C \text{ não lábil}}$$

onde o COP é o C lábil e o C associado aos minerais é o C não lábil.

O C e N da biomassa microbiana foram obtidos pelo método da fumigação-extração com K_2SO_4 e titulação com sulfato ferroso (Vance et al., 1987). Os teores de N-BM foram determinados segundo Brookes (1995) em microkjeldahl. A respiração basal foi determinada após incubação do solo por 24h no escuro, via evolução do CO_2 e titulação com HCl (Alef & Nanninieri, 1995). O quociente metabólico (qCO_2) foi determinado segundo metodologia proposta por Anderson & Domsh (1993) e o quociente microbiano, relação entre C-BM e C total foram obtidos segundo Brookes (1995).

Utilizaram-se técnicas multivariadas para determinar a contribuição de cada atributo de solo para a variação total dos dados, realizada pelo método de Singh (1981) conforme Cruz & Regazzi (1997). As análises foram realizadas utilizando o programa GENES (Cruz, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os 16 descritores utilizados, verificou-se que sete características contribuíram com 92,09% da variação total, enquanto que nove contribuíram com apenas 8,91% (Figura 1). O estoque de carbono orgânico total (E-COT) e o carbono na biomassa microbiana (C-BM) foram classificados como os de maior importância. Esses dois atributos sozinhos contribuíram com 52,6% com a variação total dos dados, sendo os principais atributos a serem avaliados quando se objetiva estudar a qualidade do solo. A adoção de sistemas integrados de produção agropecuária em plantio direto (SIPA-PD) em área que antes vinha sendo conduzida com pastagem, sem tratamentos culturais, favoreceram a manutenção dos estoques de C e o aumento da atividade microbiana no solo. A atividade dos microrganismos do solo aumenta com o cultivo de gramíneas, com sistema radicular abundante liberando mucilagens e polissacarídeos que servem de energia para a população microbiana, sendo o restante do solo considerado como deserto nutricional (Moreira & Siqueira, 2006).

Segundo Souza et al. (2014), o C-BM e o E-COT também foram os principais indicadores que mais contribuíram para a variação total dos entre os 17 indicadores utilizados em solo sob plantio direto.

Em um grupo intermediário, podendo ser considerado como atributos secundários que são indicadores de qualidade, estão o estoque de nitrogênio total, a respiração basal e o diâmetro

médio ponderado dos agregados na camada superficial do solo. Em estudos de Souza et. al. (2014) o DMP foi o quarto melhor indicador de qualidade do solo, o que não ocorreu com o presente estudo.

Observa-se que o ILC, IEC, E-COP e LC tiveram uma contribuição mínima no resultado encontrado, sendo quase irrelevante para a condição do presente estudo. No Sul do Brasil, o E-COP teve uma boa contribuição, sendo o quinto atributo que mais se destacou entre os 17 caracteres estudados conforme o estudo de Souza et. al. (2014).

CONCLUSÃO

O estoque de C total e o carbono na biomassa microbiana são os melhores indicadores de qualidade.

Os atributos relacionados à matéria orgânica do solo são os principais atributos a serem avaliados com o objetivo de avaliar a qualidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ALEF, K. & NANNIPIERI, P. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. 1.ed. London: Academic, 1995. 576p.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. Soil Biology and Biochemistry, 25:393-395, 1993.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; FIGUEIREDO, S. R. et al. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29:715-724, 2005.
- BARTHAM, G. T. Experimental techniques - the HFRO sward stick. Biennial Hill Farming Research Organisation 1984-85 (ed. Allcock MM), Hill Farming Research Organisation, Penicuik, 1986. p 29-30
- BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D. B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index, for agricultural systems. Australian Journal of Agricultural Research, 46:1459-1466, 1995.
- BROOKES, P. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. Biology Fertility of Soils, 19:269-279, 1995.
- CAMBARDELLA, C. A. & ELLIOT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Science Society of American Journal, 56:777-783, 1992.



CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39:1153-1155, 2004.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:527-535, 2003.

CRUZ, C. D. & REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.

CRUZ, C. D. Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2006. 442 p.

CRUZ-CASTILLO, J. G.; GANESHANANDAM, S.; MACKAY, B. R.; LAWES, G. S.; LAWOKO, C. R. O. O.; WOOLLEY, D. J. Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. *Horticultural Science*, 29:1115-1119, 1994.

DORAN, J. W. & PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F. & STEWART, B. A., eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, SSSA, 1994. p. 1-20.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregation. In: BLACK, C. A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 499-510.

MORAIS, A.; CARVALHO, P. C. F.; BALBINO, L. et al. Sistema de integração Lavoura-Pecuária. In: BERNADES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (Org.). *Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros*. 1 ed. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2014, p. 203-218.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. Ecologia do Solo. In: *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. UFLA, p.81-152, 2006.

SILVA, I. F. & MIENLNICZUK, J. Ação do sistema radicular de planta na formação e estabilização de agregados do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21:113-117, 1997.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding*, 41:237-245, 1981.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I. et al. Soil quality indicators in a Rhodic Paleudult under long term tillage systems. *Soil & Tillage Research*, 139:28-36 p, 2014.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2ª ed. rev. Porto Alegre: Departamento de Solos – UFRGS, 1995. 174p.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 19:703-707, 1987.

VEZZANI, F. M. & MIENLNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:743-755, 2009.

VIEIRA, F. C. B.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; DIECKOW, J.; MIENLNICZUK, J.; HE, Z. L. Carbon management index based on physical fractionation of soil organic matter in an Acrisol under long-term no-till cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 96:195-204, 2007.

Tabela 1 - Contribuição relativa dos atributos de solo em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária sob plantio direto no Cerrado.

Atributos do solo	Valor em %
E-COT	29,4
CBM	23,2
CBM/E-COT	9,12
E-NP	8,45
qCO ₂	7,53
IMC	7,37
N-BM	7,02
E-NT	3,2
C-CO ₂	1,54
DMP I	1,42
DMP II	0,83
DMP III	0,56
ILC	0,12
IEC	0,08
E-COP	0,05
LC	0,05

Estoque de C orgânico total (E-COT); C da biomassa microbiana (C-BM); C da biomassa microbiana/estoque de C orgânico total (CBM/COT); estoque de N particulado (E-NP); quociente metabólico (qCO₂); índice de manejo do C (IMC); N da biomassa microbiana (N-BM); estoque de N total (E-NT); C metabólico (C-CO₂); diâmetro médio ponderado (DMP I,II,III), referem-se as profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, respectivamente; índice de labilidade do C (ILC); índice de estoque de C (IEC); estoque de C orgânico particulado (E-COP); labilidade de carbono (LP).