



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Carbono Orgânico e Atributos Microbiológicos em Solo Agrícola com Diferentes Níveis de Produtividade de Soja em Sistema de Plantio Direto

Rafaela Ruy⁽¹⁾; Vivian N. M. Cervantes⁽¹⁾; Paula Cerezini⁽¹⁾; Dáfila S L Fagotti⁽²⁾; André S Nakatani⁽³⁾; Mariangela Hungria⁽⁴⁾; Marco A Nogueira⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Pós-Graduação em Microbiologia; Departamento de Microbiologia; Universidade Estadual de Londrina; Rafaela.ruy@cnpso.embrapa.br; vnmc@uol.com.br; paulacerezini@yahoo.com.br ⁽²⁾ Doutoranda em Agronomia; Departamento de Agronomia; Universidade Estadual de Londrina; dafila_lima@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Pós-Doutorando; Bolsista CNPq; andrenakatani@yahoo.com.br; ⁽⁴⁾ Pesquisadores da Embrapa Soja; Laboratório de Biotecnologia do Solo, Rod. Carlos João Strass, Distrito de Warta, Caixa Postal 231, CEP 86001-970; hungria@cnpso.embrapa.br; nogueira@cnpso.embrapa.br.

RESUMO – Atributos microbiológicos e bioquímicos do solo são geralmente negligenciados ao se relacionar a fertilidade do solo e a produtividade das culturas, em que o carbono orgânico (C) apresenta papel chave. O objetivo deste trabalho foi avaliar alguns bioindicadores de qualidade de solo e relacioná-los com o teor de C do solo em áreas de produção comercial com diferentes níveis de produtividade de soja sob sistema de plantio direto. Amostras compostas de solo foram obtidas na profundidade 0-10 cm, em 6 áreas agrícolas em Ponta Grossa, PR. Os dados foram submetidos à análise de correlação de Pearson e regressão múltipla. A regressão múltipla mostrou que a produtividade é influenciada principalmente pelo teor de C orgânico no solo, e a correlação simples de Pearson mostrou-se significativa entre o C orgânico e a biomassa microbiana de carbono (BMC), biomassa microbiana de nitrogênio (BMN), capacidade de troca de cátions (CTC) e atividades enzimáticas. Conclui-se que há uma relação entre a produtividade de grãos de soja e a atividade microbiana no solo, em que o C orgânico apresenta papel chave.

Palavras-chave: Biomassa microbiana. Enzimas do solo.

INTRODUÇÃO - O sistema de plantio direto (SPD) é um sistema de manejo caracterizado pela manutenção da cobertura do solo com restos vegetais, com revolvimento limitado à linha de semeadura, que permite sua maior conservação, melhoria da fertilidade e da atividade biológica. Esses benefícios incrementam a sustentabilidade dos sistemas de produção, com ganhos econômicos e ambientais.

Ferramentas da agricultura de precisão permitem ao agricultor identificar a variabilidade espacial nas áreas de produção, identificando aquelas com diferentes potenciais agrícolas, que geralmente são decorrentes de variações nas propriedades químicas e físicas do solo. Mesmo após correções na fertilidade química, há relatos de diferentes níveis de produtividades das culturas em áreas supostamente homogêneas. Essas diferenças podem ser explicadas por atributos microbiológicos e bioquímicos do solo, nos quais o C orgânico tem papel central.

Diante do exposto, estaria o C orgânico influenciando atributos microbiológicos e bioquímicos do solo e por sua

vez os níveis de produtividade de soja em áreas de produção comercial sob SPD?

MATERIAL E MÉTODOS - As amostragens de solo foram realizadas no município de Ponta Grossa-PR, em janeiro de 2011, com trado holandês, na profundidade 0-10 cm, nas entrelinhas da cultura de soja.

Foram coletadas 4 amostras compostas em 6 áreas agrícolas sob SPD, com histórico de diferentes produtividades de grãos, sendo duas áreas de baixa produtividade (BP1 e BP2, < 95% da produtividade estadual), duas de média produtividade (MP1 e MP2, entre 95 e 105% da produtividade estadual) e duas de alta produtividade (AP1 e AP2, > que 105% da produtividade estadual). O Paraná, na safra de soja 2010/2011, apresentou produtividade média de 3360 kg ha⁻¹. (CONAB, 2011).

No momento da amostragem, as áreas estavam sob cultivo de soja [*Glycine max* (L) Merrill], em estágio de R3 a R6 (início de formação de vagens a grão cheio). As áreas amostradas são manejadas sob plantio direto com rotação de culturas e agricultura de precisão desde 2006.

O solo foi homogeneizado, peneirado (4 mm) e armazenado a 4 °C até a realização das análises no Laboratório de Biotecnologia do Solo da Embrapa Soja, em Londrina, Paraná.

As análises químicas e granulométricas foram realizadas em laboratório de análise de solo (Tabela 1). A respiração basal (RB) foi avaliada conforme Alef (1995). As biomassas microbianas de C (BMC) e N (BMN) foram realizadas conforme Vance *et al.* (1987) e Brookes *et al.* (1985), com modificações (Hungria *et al.*, 2009).

A razão entre a respiração microbiana diária e a biomassa microbiana de C forneceu a taxa de respiração específica (coeficiente metabólico ou qCO_2) (Anderson e Domsch, 1993). Determinou-se ainda a atividade das seguintes enzimas do solo: desidrogenase (Casida *et al.*, 1964), celulase (Schinner e Von Mersi, 1990), glutaminase (Frankenberger e Tabatabai, 1991) e fosfatase ácida (Tabatabai e Bremner, 1969).

A análise de regressão múltipla (*stepwise*, no modo *forward selection*) foi realizada considerando as variáveis microbiológicas, químicas e granulométricas do solo, com

auxílio do programa SAS (versão 9.1), para verificar quais variáveis mais contribuíram para explicar os níveis de produtividade de soja.

A análise de correlação simples de Pearson entre as variáveis microbiológicas, químicas e granulométricas do solo foi realizada no programa Statistica 7. Para as variáveis que apresentaram correlações significativas com o teor de C do solo, aplicou-se ajuste de regressão em função do teor de C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO - A análise de regressão múltipla resultou em um modelo matemático no qual a produtividade de grãos das áreas sob SPD variou em função do teor de C orgânico total, CTC, RB e teor de K (Tabela 2).

De acordo com o modelo, áreas com maior teor de matéria orgânica e maior RB são mais produtivas. Isso demonstra a importância do C orgânico do solo e da atividade microbiana na produtividade agrícola.

Devido ao C orgânico ter sido o principal atributo associado à produtividade de soja, conforme a regressão múltipla (Tabela 2), foi realizada a correlação simples de Pearson (Figura 1) que mostrou correlações significativas entre os teores de C orgânico com as variáveis microbiológicas e a CTC.

Balota *et al.* (2004) também observaram correlações significativas entre o C orgânico e a atividade das enzimas celulase ($r = 0,66$) e fosfatase ácida ($r = 0,81$) em solo sob sistema de plantio direto e rotação de culturas, o que corrobora os dados deste trabalho.

É conhecido o fato de que o acúmulo de matéria orgânica do solo resulta em aumento nos valores de CTC, o que pode ser observado na função positiva e significativa entre o teor de carbono e a CTC (Figura 1).

Todas as regressões evidenciaram que as áreas de alta produtividade, principalmente AP2, apresentaram maior teor de C, CTC, BMC, BMN, atividade da celulase, fosfatase ácida e glutaminase, o que indica que o maior teor de matéria orgânica propicia maior densidade e atividade microbiana nessas áreas, o que contribui para propiciar maior produtividade de grãos. De acordo com Silva *et al.* (2007), maior quantidade de matéria orgânica no solo propicia maiores estoques de nutrientes, que podem ser mineralizados e, portanto, há maior potencial de suprimento de nutrientes que, em complemento à adubação, contribui para a nutrição vegetal.

Balota *et al.* (1998) encontraram correlação linear positiva entre carbono orgânico e carbono da biomassa microbiana (Figura 1). Além da matéria orgânica, a biomassa microbiana e as atividades microbiológicas e bioquímicas são chaves para sustentabilidade e produtividade dos agroecossistemas. A biomassa microbiana constitui um reservatório temporário de nutrientes que podem ser facilmente disponibilizados às plantas. Assim, contribui para que perdas de nutrientes por lixiviação ou reação com a fração coloidal do solo, caso do fósforo, sejam minimizadas. Além, disso, em situações em que a maior biomassa microbiana também representa maior diversidade microbiana, ocorre maior competição entre os organismos, diminuindo a ocorrência de grupos predominantes. Essa maior competitividade entre os organismos do solo diminui a chance de que um deles se

sobressaia e venha a causar danos à cultura, caso seja um patógeno.

CONCLUSÕES – Os bioindicadores de qualidade de solo, na camada 0-10 cm, são influenciados pelos teores de C orgânico, em áreas cultivadas com soja que apresentam diferentes níveis de produtividade de grãos.

AGRADECIMENTOS – Trabalho realizado com recursos do projeto Embrapa 02.09.01.019.00.00 Bioindicadores Fase II. À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

ALEF, K. Soil respiration. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, p. 214-219, 1995.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient from 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 & Biochemistry**, Oxford, v. 25, p. 393-395, 1993.

BALOTA, E. L.; KANASHIRO, M.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agroecosystems. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 300-306, 2004.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S. HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:641-649, 1998.

BROOKES, P. C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D. S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 17, p. 837-842, 1985.

CASIDA, L. E.; KLEIN, D. A.; SANTORO, T. Soil dehydrogenase activity. **Soil Science**, v. 98, p. 371-376, 1964.
CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; FOTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, safra 2010/2011, décimo segundo levantamento, setembro 2011**. Brasília : Conab, 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_09_19_09_49_47_boletim_setembro-2011.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2012.

FRANKENBERGER JR., W. T.; TABATABAI, M. A. L. Glutaminase activity of soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 23, n. 9, p. 869-874, 1991.

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. 2, n. 3, p. 288-296, 2009.

SCHINNER, F.; VON MERSI, W. Xylanase-, CM-cellulase- and invertase activity in soil: an improved method. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 22, n. 4, p. 511-515, 1990.

TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. Use of p-nitrofenol phosphate for assay of soil phosphatase activity. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 1, p. 301-307, 1969.

SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M.; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.42, n.12, p.1755-1761, 2007.

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

Tabela 1: Análises químicas e granulométricas de amostras de solo das áreas cultivadas com soja sob sistema de plantio direto, com diferentes níveis produtividade (BP = baixa, MP = média, AP = alta), em Ponta Grossa, PR. (n = 4)

Área	pH ^a	H + Al ^b	Al ³⁺ ^c	Ca ²⁺ ^c	Mg ²⁺ ^c	K ⁺ ^d	CTC ^e	P resina mg dm ⁻³	C g dm ⁻³	Argila	Silte	Areia
BP1	5,1 (0,1) ^f	43,2 (4,1)	0,5 (0,4)	38,9 (4,0)	22,9 (2,5)	5,0 (0,6)	109,9 (5,3)	17,8 (3,0)	23,1 (2,1)	52,1 (3,7)	18,6 (1,1)	29,5 (2,9)
AP1	5,3 (0,1)	41,1 (2,4)	0,0 (0,0)	31,9 (2,1)	17,9 (1,1)	3,8 (1,0)	94,7 (2,5)	25,3 (5,6)	25,0 (1,4)	43,4 (1,2)	25,6 (0,8)	31,0 (1,1)
BP2	5,2 (0,5)	46,3 (14,7)	1,7 (2,6)	36,1 (11,8)	21,6 (9,0)	4,6 (1,1)	108,6 (12,2)	20,0 (5,6)	19,5 (1,9)	37,2 (4,0)	20,1 (2,7)	42,5 (7,4)
AP2	4,9 (0,3)	66,6 (14,5)	1,6 (1,4)	37,3 (8,2)	21,5 (4,7)	5,6 (0,8)	130,9 (10,4)	31,1 (15,8)	27,5 (1,5)	31,0 (4,2)	23,7 (4,0)	45,3 (7,0)
MP1	4,7 (0,1)	54,9 (4,5)	3,8 (1,6)	20,1 (1,1)	10,5 (0,5)	3,3 (1,5)	88,8 (6,5)	45,6 (19,7)	20,8 (2,5)	20,9 (1,7)	9,8 (1,0)	69,3 (0,9)
MP2	5,2 (0,1)	41,7 (7,6)	0,0 (0,0)	25,6 (5,1)	12,4 (2,5)	3,6 (0,3)	83,2 (6,3)	21,8 (3,6)	15,1 (1,2)	13,5 (2,0)	10,6 (0,8)	75,0 (3,3)

^a CaCl₂ 0,01M, ^b SMP, ^c KCl 1N, ^d Mehlich I, ^e capacidade de troca de cátions, ^f média (desvio padrão)

Tabela 2: Resumo do *stepwise* para regressão múltipla com base nas variáveis microbiológicas e químicas do solo na amostragem de verão (profundidade 0-10 cm), considerando a produtividade de grãos como variável dependente, segundo o modelo: Produtividade (kg ha⁻¹) = 2785 + 20.6*RB - 115.9*K - 17.2*CTC + 110.3*C.

Step	Variável	R ² parcial	R ² modelo	Pr > F
1	C	0,28	0,28	0,007
2	CTC ^a	0,27	0,55	0,002
3	RB ^b	0,08	0,63	0,048
4	K	0,04	0,67	0,147

^a CTC: capacidade de troca de cátions, ^b RB: respiração basal.

Todas as variáveis do modelo são significativas a $P < 0,15$.

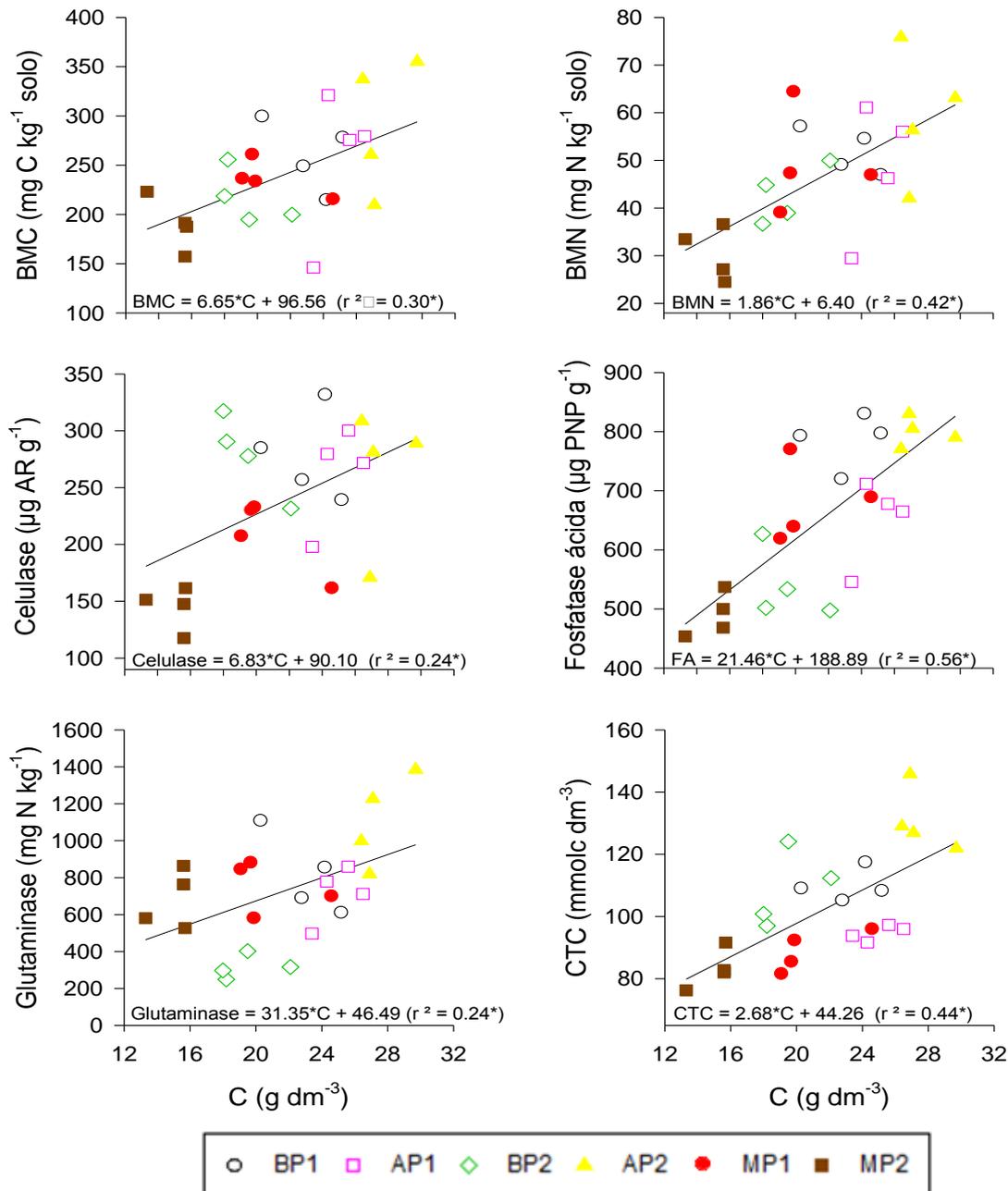


Figura 1: Regressão entre variáveis microbiológicas do solo e capacidade de troca de cátions (CTC) em função do teor de C orgânico total, considerando a profundidade 0-10 cm das áreas de cultivo de soja, sob plantio direto, com diferentes níveis de produtividade de grãos (BP = baixa, MP = média, AP = alta). BMC = biomassa microbiana de carbono, BMN = biomassa microbiana de nitrogênio, AR = açúcares redutores, PNP = *p*-nitrofenol.