



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1676-4412

Dezembro, 2001

Coleção Sistema Plantio Direto 5

Os Microrganismos do Solo e a Dinâmica da Matéria Orgânica em Sistemas de Produção de Grãos e Pastagem

Fábio Martins Mercante

Dourados, MS
2001

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agropecuária Oeste

BR 163, km 253,6 - Trecho Dourados-Caarapó
Caixa Postal 661
79804-970 Dourados, MS
Fone: (67) 425-5122
Fax: (67) 425-0811
www.cpao.embrapa.br
E-mail: sac@cpao.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Júlio Cesar Salton*

Secretário-Executivo: *Guilherme Lafourcade Asmus*

Membros: *Camilo Placido Vieira, Clarice Zanoni Fontes, Crébio José Ávila, Eli de Lourdes Vasconcelos, Fábio Martins Mercante e Mário Artemio Urchei*

Supervisor editorial: *Clarice Zanoni Fontes*

Revisor de texto: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*

Tratamento de ilustração da capa: *Nilton Pires de Araújo*

Editoração eletrônica: *Eliete do Nascimento Ferreira*

1ª edição

1ª impressão (2001): 2.500 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei Nº 9.610).

CIP-Catálogo-na-Publicação.
Embrapa Agropecuária Oeste.

Mercante, Fábio Martins

Os microrganismos do solo e a dinâmica da matéria orgânica em sistemas de produção de grãos e pastagem / Fábio Martins Mercante. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001.

14p. : il. ; 21cm. (Embrapa Agropecuária Oeste. Coleção Sistema Plantio Direto, 5).

ISSN 1676-4412

1. Solo - Microrganismo - Matéria orgânica - Grão - Pastagem - Sistema de produção. 2. Sistema de produção - Grão - Pastagem - Solo - Microrganismo - Matéria orgânica. I. Título. II. Série.

Os Microrganismos do Solo e a Dinâmica da Matéria Orgânica em Sistemas de Produção de Grãos e Pastagem

Fábio Martins Mercante

Introdução

Estudos relacionados com a sustentabilidade de sistemas de produção agropecuária têm enfatizado a importância dos impactos das práticas de manejo do solo nas propriedades biológicas e bioquímicas do solo. Neste contexto, o teor e a dinâmica da matéria orgânica no solo constituem-se nos atributos que melhor representam a qualidade do solo, podendo ser alterados com as práticas de manejo adotadas.

A matéria orgânica do solo é resultante, principalmente, da deposição de resíduos de origem animal e vegetal, que sofrem ação decompositora dos microrganismos, auxiliados pela ação da macro e mesofauna. Parte do carbono presente nos resíduos é liberado para a atmosfera como CO₂, e o restante passa a fazer parte da matéria orgânica, como um componente do solo. O efeito da matéria orgânica sobre os microrganismos pode ser avaliado a partir da biomassa e da atividade microbiana, parâmetros que representam uma integração de efeitos sobre as condições biológicas do solo (Bayer & Mielniczuk, 1999).

A biomassa microbiana pode ser definida como a parte viva da matéria orgânica do solo, sendo composta por bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários, algas e microfauna. Em solos tropicais, a biomassa microbiana representa de 2 a 5% do carbono orgânico, podendo atuar como reservatório de nutrientes para as plantas. Nesse caso, os microrganismos imobilizam temporariamente C, N, P, K, Ca, Mg, S e micronutrientes, que serão liberados após sua morte e decomposição, podendo tornar-se disponíveis às plantas (Gama-Rodrigues, 1999).

Diversos relatos têm mostrado que a biomassa microbiana, que constitui-se na maior parte da fração ativa da matéria orgânica, representa o parâmetro mais sensível de detecção das mudanças iniciais no conteúdo total de matéria orgânica do solo, podendo

¹ Eng.-Agr., Dr., Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Caixa Postal 661, 79804-970 Dourados, MS.
Fone: (67) 425-5122 - E-mail: mercante@cpao.embrapa.br

ser utilizada para indicar o seu nível de degradação, em função do sistema de manejo utilizado (Carter et al., 1986; Bending et al., 2000).

Assim, os efeitos das práticas de manejo nos teores de matéria orgânica do solo são amplamente mediados pela comunidade microbiana, que atua como agente de transformação da matéria orgânica, na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia. De maneira geral, os efeitos das práticas de manejo do solo no tamanho e atividade da biomassa microbiana têm sido relacionados com as mudanças no conteúdo total de matéria orgânica.

O solo sob Sistema Plantio Direto proporciona um aporte de matéria orgânica na camada superficial do solo, provocando alterações na dinâmica de nutrientes. Contudo, tanto a quantidade como a qualidade dos resíduos vegetais nos sistemas produtivos provocam alterações na composição da comunidade microbiana, influenciando a sua taxa de decomposição. Neste sentido, os sistemas de manejo do solo atuam diretamente na persistência dos resíduos no solo, no tamanho da biomassa microbiana e, conseqüentemente, na sustentabilidade dos agroecossistemas.

Nesta publicação, serão apresentados resultados de pesquisa e considerações sobre a biomassa microbiana e índices derivados (taxa de respiração específica e relação C microbiano/C orgânico total) como indicadores da qualidade do solo, em função de diferentes manejos em sistemas de produção de grãos e pastagem.

Metodologia

Caracterização da área experimental e sistemas de manejo

Os estudos foram conduzidos na Estação Experimental da *Embrapa Agropecuária Oeste*, Dourados, MS, num Latossolo Vermelho distroférico típico, de textura muito argilosa. As avaliações foram feitas em um experimento com cinco anos de duração, consistindo dos seguintes sistemas:

- 1) Sistema convencional (SC):** monocultivo de soja no verão e aveia no inverno, com preparo do solo, utilizando-se grades, numa área de 2 ha;
- 2) Sistema Plantio Direto (SPD):** agricultura no SPD, com soja e milho no verão, rotacionado com trigo, aveia e nabo forrageiro no inverno, numa área de 6 ha. Durante o outono-inverno e/ou primavera são semeadas as culturas de trigo e aveia para produção de grãos e nabo forrageiro, milheto ou aveia para produção de palha;
- 3) Sistema integrado agricultura-pecuária (SI):** sistema de alternância de lavoura (soja/aveia) com pastagem (*Brachiaria decumbens*), conduzido no SPD, com

ciclo de dois anos. Cada subparcela ocupa 4 ha, totalizando 8 ha, sendo que a gleba com pastagem é submetida a pastejo rotativo por bovinos;

4) Pastagem contínua (PC): área de 4 ha com pastagem de *B. decumbens*, manejada em pastoreio rotativo.

Nas determinações da biomassa microbiana e índices derivados (quociente metabólico e relação C microbiano/C orgânico total) foram amostrados solos provenientes de um sistema natural (mata nativa), numa área próxima aos sistemas de produção, para comparação.

Carbono da biomassa microbiana (C microbiano)

O C microbiano foi estimado pelo método da fumigação-extração, proposto por Vance et al. (1987). Este método consiste em se destruir a membrana celular dos microrganismos com clorofórmio, seguindo-se a extração do carbono liberado por uma solução de sulfato de potássio.

De modo geral, pode-se dizer que quanto maiores os teores de C microbiano, maior será a reserva de carbono no solo, o que implicaria num menor potencial de decomposição da matéria orgânica.

Atividade microbiana (C-CO₂)

Utilizou-se o método da respirometria (evolução de CO₂), com a umidade das amostras de solo ajustadas para 80% de sua capacidade de campo. As amostras (50 g) foram colocadas em recipientes hermeticamente fechados, individualmente, onde o C-CO₂ produzido foi captado por uma solução de NaOH 1,0 N. Após um período de incubação de sete dias, o C-CO₂ foi quantificado por titulação com HCl 1 N, acrescentando-se uma solução saturada de BaCl₂ para precipitação de Na₂CO₃.

A respiração basal dos solos é o parâmetro mais freqüentemente utilizado para avaliar a atividade microbiana, estando, muitas vezes, relacionada com a disponibilidade de carbono da biomassa.

Taxa de respiração específica (quociente metabólico - qCO₂)

O quociente metabólico, definido pela relação entre a respiração (C-CO₂) e o C microbiano, representa a quantidade de C-CO₂ liberada por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo ($\mu\text{g C-CO}_2 \cdot \text{h}^{-1} / \mu\text{g C-microbiano}$).

Resultados e Considerações

Carbono da biomassa microbiana

Os teores de carbono da biomassa microbiana (C microbiano) foram avaliados em quatro épocas distintas, em diferentes estádios de desenvolvimento das plantas. Os resultados do Sistema Plantio Direto (SPD) correspondem a valores médios de três subparcelas com diferentes seqüências de culturas utilizadas em rotação, sendo soja e milho no verão, em rotação com trigo, aveia e nabo forrageiro no inverno. No sistema rotacionado lavoura-pastagem, os resultados correspondem a médias de duas subparcelas, sendo uma ocupada com lavoura e outra com pastagem.

De modo geral, os teores de C microbiano mais expressivos foram observados no sistema natural (mata nativa). Contudo, nas avaliações realizadas no florescimento (safras de inverno de 1999 e verão 2000/2001) e plantio das culturas (safra de inverno de 2000), os teores de C microbiano verificados entre o sistema natural e o sistema rotação lavoura-pastagem foram similares estatisticamente (Fig. 1).

Nas comparações entre os sistemas de manejo com interferência antrópica, nas quatro épocas de avaliação, o sistema sob rotação lavoura-pastagem (SI) apresentou valores médios de C microbiano mais elevados que os demais, sendo em torno de 31% superiores ao SPD e pastagem contínua (PC), que apresentaram valores semelhantes, e 44% superior ao sistema convencional (SC). *Valores mais elevados dos teores de biomassa microbiana implicam em maior imobilização temporária de nutrientes e, conseqüentemente, em menores perdas de nutrientes no sistema solo-planta.*

Os efeitos das práticas de manejo do solo no tamanho e atividade da biomassa microbiana têm sido relacionados com as mudanças no conteúdo total de matéria orgânica. De modo geral, sistemas que resultam em incrementos no conteúdo de matéria orgânica do solo, como ocorre nos sistemas conservacionistas, tendem a apresentar valores mais elevados de biomassa e atividade microbiana (Cattelan & Vidor, 1990; Balota et al., 1998). De fato, Fabricio & Salton (1999) verificaram aumentos nos teores de matéria orgânica de 32% e 24%, respectivamente, para as áreas com a rotação pastagem-lavoura e pastagem contínua, nos mesmos sistemas avaliados no presente estudo.

Atividade microbiana (C-CO₂) e taxa de respiração específica (qCO₂)

Os valores obtidos para respiração basal e quociente metabólico (qCO₂) nos diferentes sistemas são apresentados na Tabela 1.

Não foram detectadas diferenças significativas nas duas primeiras épocas de avaliação

(safras de inverno de 1999 e verão 1999/2000) entre todos os sistemas avaliados. Contudo, nas duas avaliações seguintes verificaram-se diferenças entre os tratamentos, conforme o sistema de manejo adotado. Na avaliação realizada no plantio das culturas da safra de inverno de 2000, verificaram-se valores de respiração basal mais elevados no sistema natural (mata nativa). Esses valores foram semelhantes aos observados no sistema integrado lavoura-pastagem e sistema plantio direto, e superiores aos verificados nos sistemas sob pastagem contínua e convencional.

Na avaliação realizada no florescimento das culturas de verão 2000/2001, os maiores valores da respiração basal foram verificados no sistema natural, seguido pelos sistemas integrado lavoura-pecuária, plantio direto e pastagem contínua, que não diferiram entre si, e sistema convencional. Esses resultados reforçam observações de alguns autores que relacionam as condições de pouco revolvimento do solo, como ocorre no sistema plantio direto, com as melhores condições para o desenvolvimento das populações microbianas. *Valores mais elevados da respiração basal (liberação de C-CO₂) implicam em maior atividade biológica, que está diretamente relacionada com a disponibilidade de C do solo e/ou da biomassa microbiana.*

Quanto ao quociente metabólico ou taxa de respiração específica, que representa a quantidade de C-CO₂ liberada por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo, verificaram-se diferenças significativas entre os sistemas apenas na primeira avaliação (florescimento das culturas de inverno de 1999). Os valores do quociente metabólico (qCO_2) no sistema convencional foram superiores aos verificados nos sistemas sob pastagem contínua e natural, tendendo também a uma superioridade aos sistemas plantio direto e rotacionado lavoura-pecuária. Resultados semelhantes foram verificados em Londrina (PR), onde o sistema plantio direto proporcionou valores de qCO_2 inferiores aos observados no sistema convencional (Balota et al., 1998).

Neste sentido, observa-se que uma biomassa microbiana é mais eficiente, quanto menos C é perdido como CO₂ pela respiração e uma fração significativa de C é incorporada ao tecido microbiano. De um modo geral, a respiração microbiana por unidade de biomassa (qCO_2) diminui em sistemas mais estáveis, próximos ao estado de equilíbrio.

Assim, manejos que envolvem a incorporação de resíduos de culturas, como ocorre no sistema convencional, proporcionam valores mais elevados de qCO_2 . Por outro lado, sistemas conservacionistas, como o SPD, tendem a apresentar aumento na biomassa microbiana e diminuição na atividade metabólica, indicando aumento na eficiência de uso do C pela comunidade microbiana.

Relação carbono da biomassa microbiana/carbono orgânico total (C microbiano/C orgânico)

Segundo Sparling (1992), as alterações na relações C microbiano/ C orgânico refletem o padrão de entrada de matéria orgânica nos sistemas, a eficiência de conversão do C microbiano, as perdas de carbono do solo e a estabilização do C orgânico pela fração mineral do solo. Assim, o nível da relação C microbiano/C orgânico pode indicar se o C está em equilíbrio, acumulando ou diminuindo no solo. *Neste sentido, valores mais elevados da relação C_{mic}/C_{org} representariam um acúmulo de C no solo, enquanto valores mais reduzidos indicariam uma perda de C no solo, ao longo do tempo.*

No presente estudo, as relações C microbiano/C orgânico foram avaliadas em duas épocas distintas, no plantio das culturas de inverno de 2000 e no florescimento das culturas de verão 2000/2001 (Fig. 2). Os resultados mostraram que essas relações ficaram em torno de 1% no sistema natural, em equilíbrio, em ambas as épocas de avaliação. Os valores médios das duas avaliações ficaram abaixo de 1% nos sistemas convencional e sob pastagem contínua, demonstrando uma pequena quantidade de C imobilizado como biomassa microbiana. Tem sido observado que a biomassa microbiana encontra-se sob condições de estresse em solos com matéria orgânica de baixa qualidade nutricional, tornando-se incapaz de utilizar totalmente o C orgânico do solo.

Por outro lado, os valores mais expressivos da relação C microbiano/ C orgânico foram verificados no sistema integrado lavoura-pecuária, seguido pelo SPD. Em ambos os sistemas essa relação foi superior a 1%, indicando acréscimos de C no solo ao longo do tempo. De modo geral, o sistema integrado lavoura-pastagem apresentou-se como a melhor alternativa para a melhoria da qualidade nutricional da matéria orgânica nos sistemas, proporcionando um aumento na sua dinâmica no solo.

Considerações finais

A conversão de um sistema natural em áreas agrícolas implica, de modo geral, numa

redução acentuada nos teores de carbono orgânico com o preparo do solo, que está relacionada com a diminuição das adições de C e com as condições mais favoráveis à decomposição da matéria orgânica nos sistemas de cultivo. Estas alterações nos teores de C orgânico são afetadas especialmente pela intensidade de revolvimento e pela cobertura do solo. Num sistema natural, o balanço entre as adições e perdas de carbono leva a um estado de equilíbrio dinâmico, o que, de maneira geral, não se verifica em áreas sob cultivo agrícola, onde o processo de decomposição da matéria orgânica é facilitado. Após um longo período sob manejo constante, os teores de matéria orgânica tendem novamente a um nível estável.

Contudo, estudos relacionados com os teores de carbono orgânico do solo e com a quantidade e atividade da biomassa microbiana sob diferentes sistemas de manejo tornam-se de grande importância para a adoção de sistemas de uso do solo, visando a sua sustentabilidade. Neste sentido, o grande desafio da pesquisa é o estabelecimento da relação entre os níveis de atividade biológica do solo e os fatores de produção, visando o funcionamento sustentável dos agrossistemas.

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**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 641-649, out./dez. 1998.

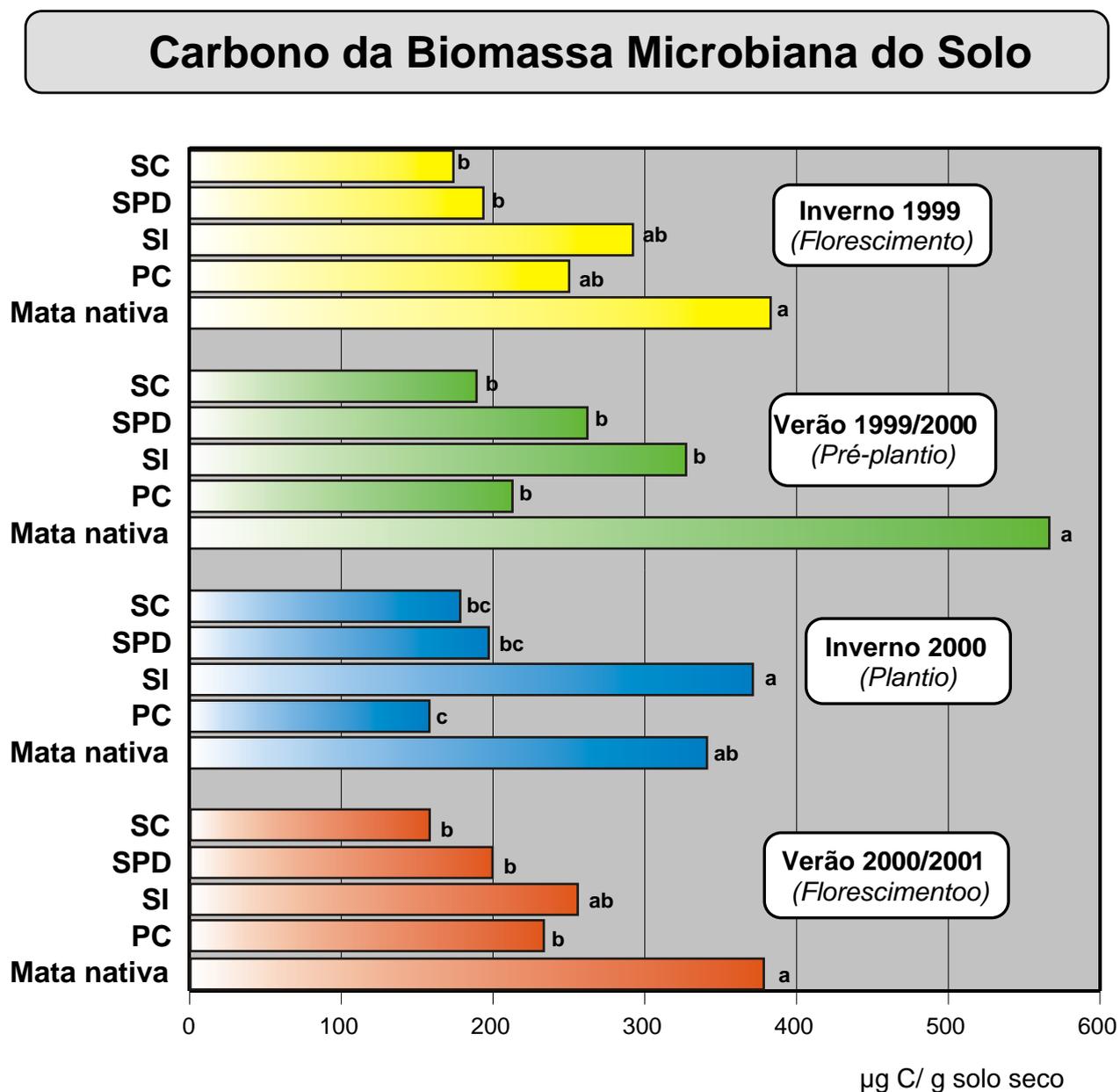


Fig. 1. Carbono da biomassa microbiana, determinado na camada de 0-10 cm de profundidade, em 4 épocas distintas. O fator de conversão adotado foi de 0,33. Médias (5 repetições) seguidas da mesma letra, dentro de cada época de avaliação, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

SC: sistema convencional; **SPD:** Sistema Plantio Direto; **SI:** sistema integrado lavoura-pastagem, rotacionado a cada dois anos; **PC:** pastagem cultivada continuamente.

Tabela 1. Respiração basal e quociente metabólico (qCO_2), determinados na camada de solo de 0-10 cm de profundidade, em quatro épocas distintas. Valores médios de cinco repetições⁽¹⁾.

Uso do solo ⁽²⁾	Respiração basal	Quociente metabólico ⁽³⁾
	$\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g solo}^{-1} \text{ dia}^{-1}$	$\mu\text{g C-CO}_2 \mu \text{C}_{\text{mic}}^{-1} \text{ h}^{-1}$
1ª avaliação (inverno 1999) – Florescimento das culturas		
SC	4,93	16,46 a
SPD	4,43	10,01 ab
SI	4,00	7,40 ab
PC	2,32	4,43 b
Mata nativa	2,32	2,57 b
2ª avaliação (verão 1999/2000) – Pré-plantio		
SC	6,37	21,25
SPD	6,79	26,18
SI	6,93	11,69
PC	6,45	12,21
Mata nativa	8,70	6,51
3ª avaliação (inverno 2000) – Plantio		
SC	2,87 b	7,48
SPD	3,77 ab	13,08
SI	4,31 ab	6,27
PC	3,10 b	11,21
Mata nativa	5,12 a	6,79
4ª avaliação (verão 2000/2001) – Florescimento		
SC	1,29 c	3,79
SPD	3,15 b	8,43
SI	3,42 b	6,52
PC	3,13 b	5,92
Mata nativa	7,20 a	9,99

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra ou com ausência de letras, dentro de cada época de avaliação não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

⁽²⁾ SC: sistema convencional; SPD: Sistema Plantio Direto; SI: sistema integrado lavoura-pastagem, rotacionado a cada dois anos; PC: pastagem cultivada continuamente.

⁽³⁾ Quociente metabólico – $qCO_2 = (\text{Respiração basal}/C_{\text{mic}})$.

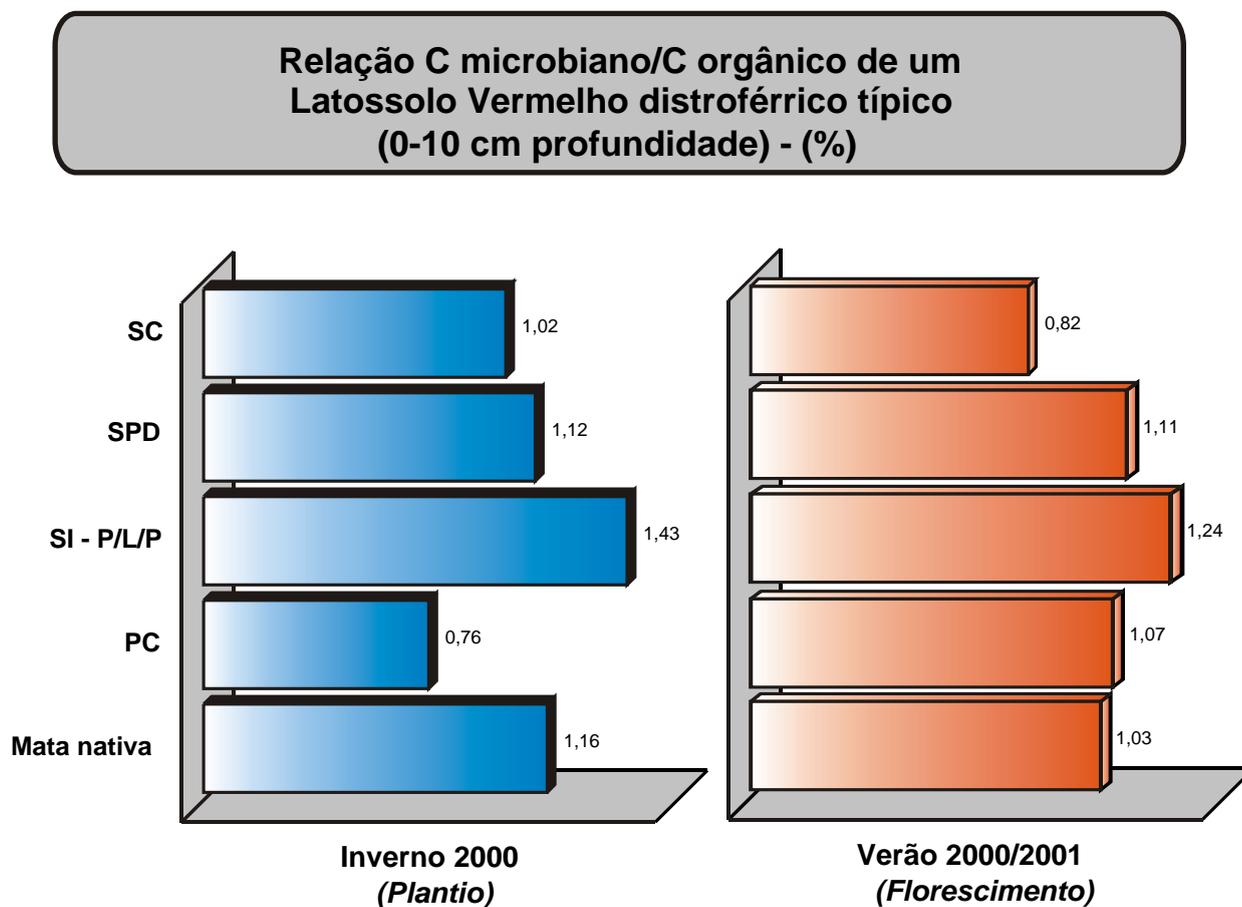


Fig. 2. Relação entre o carbono da biomassa microbiana e carbono orgânico total do solo $[(C_{mic}/C_{org}) \times 100]$ de um Latossolo Vermelho distroférico típico, na camada de 0-10 cm de profundidade, determinada no plantio das culturas de inverno de 2000 e florescimento das culturas de verão 2000/2001.

Referências Bibliográficas

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. (Ed). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. cap. 2, p. 9-26.

BENDING, G. D.; PUTLAND, C.; RAYNS, F. Changes in microbial community metabolism and labile organic matter fractions as early indicators of the impact of management on soil biological quality. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 31, p. 78-84, 2000.

CARTER, M. R. Microbial biomass as an index for tillage-induced changes in soil biological properties. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 7, p. 29-40, 1986.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 133-142, maio/ago. 1990.

FABRICIO, A. C.; SALTON, J. C. **Alterações no teor de matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1999. 4p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 7).

GAMA-RODRIGUES, E. F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. (Ed). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. cap. 11, p. 227-243.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 30, p. 195-207, 1992.

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

República Federativa do Brasil

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Marcus Vinicius Pratini de Moraes
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

Márcio Fortes de Almeida
Presidente

Alberto Duque Portugal
Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast
José Honório Accarini
Sérgio Fausto
Urbano Campos Ribeiral
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal
Diretor-Presidente

Dante Daniel Giacomelli Scolari
Bonifácio Hideyuki Nakaso
José Roberto Rodrigues Peres
Diretores-Executivos

Embrapa Agropecuária Oeste

José Ubirajara Garcia Fontoura
Chefe-Geral

Júlio Cesar Salton
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Josué Assunção Flores
Chefe-Adjunto de Administração