

Efeito do Método de Preparo de Solo e do Consórcio do Milho com Guandu sobre a Qualidade Microbiológica de um Solo Caulinítico

FLÁVIA MICHELLE S. LUZ⁽¹⁾, DIEGO F. DE BASTOS⁽¹⁾, ANTÔNIO CARLOS BARRETO⁽²⁾,
GUILHERME M. CHAER⁽³⁾ & MARCELO F. FERNANDES⁽²⁾

RESUMO – Os objetivos deste trabalho foram: (i) avaliar os efeitos de métodos de preparo de solo, pousio e de sistemas de cultivo de milho sobre as propriedades microbiológicas da camada de 0 a 20 cm de um Argissolo Amarelo coeso dos tabuleiros coesos, e (ii) avaliar a relação entre a qualidade microbiológica do solo (QMS) e a qualidade física do solo (QFS) e a produtividade de milho. O experimento constituiu-se em um delineamento em blocos casualizados, em subparcelas, com 4 repetições. Três métodos de preparo (plantio convencional, PC; cultivo mínimo, CM; e plantio direto, PD) foram testados nas parcelas e dois sistemas de cultivo de milho (milho solteiro, MS e milho consorciado com guandu, MG), nas subparcelas. O PC constituiu-se em uma aração e duas gradagens. Em CM utilizou-se uma escarificação a 30 cm de profundidade, sendo esta a única diferença deste preparo em relação a PD. Parcelas sob pousio há sete anos, inseridas no DBC, foram utilizadas como referência de solo-não manejado. Foram analisadas as seguintes variáveis microbiológicas: C e N da biomassa microbiana (CBM e NBM), relação C:N da biomassa microbiana (C:N BM), respiração basal, quociente metabólico (qCO_2) e quociente microbiano ($qMIC$). O efeito dos tratamentos sobre a QMS, expresso como a resposta conjunta das seis variáveis foi analisado por técnicas multivariadas. Interações significativas entre métodos de preparo e sistemas de cultivo foram encontradas para CBM e qCO_2 . Apenas sob PD foram observadas diferenças entre MG e MS, sendo que a introdução do guandu resultou em maior CBM e menor qCO_2 comparado à monocultura do milho. A conversão das terras cultivadas em pousio resultou em incrementos no NBM e na respiração do solo. NBM, C:N BM, respiração e $qMIC$ não responderam às operações de preparo do solo. No entanto houve resposta significativa de C:N BM e $qMIC$ aos sistemas de cultivo, com as duas variáveis apresentando maiores valores sob MG do que MS. A QMS não se correlacionou com a produção de grãos de milho, com o C orgânico do solo e com a qualidade física do solo.

Palavras-Chave: tabuleiros costeiros, qualidade do solo, *Cajanus cajan*

Introdução

As atividades agrícolas impõem alterações de natureza química e física ao solo, as quais afetam diversos fatores do metabolismo microbiano. Em virtude da rápida resposta da microbiota do solo a mudanças em seu habitat, tem sido sugerido que conjuntos mínimos de indicadores de qualidade do solo (QS) que incluam variáveis biológicas e bioquímicas apresentam maior potencial para detectar precocemente alterações no estado de conservação dos solos [11; 2; 10]. Entretanto, resultados contraditórios com relação à adequação do uso dessas propriedades como indicadores de QS são encontrados na literatura [18; 16; 14; 12]. De fato, diversas variáveis microbiológicas (biomassa microbiana, atividades enzimáticas, perfil catabólico, dentre outras) responderam sensivelmente a um gradiente de degradação imposto por meio de aração e gradagem em um solo de tabuleiros costeiros [4]. Entretanto, no referido experimento, as parcelas foram mantidas livres de vegetação durante todo o período e as análises foram realizadas apenas em amostras coletadas na época chuvosa. Variações na cobertura vegetal, fase do ciclo das culturas e época de amostragem do solo representam interferências potenciais ao uso destas variáveis como indicadores de qualidade do solo [8; 15; 12]. Desse modo, a quantificação de efeitos que efetivamente impactam o estado de conservação dos solos e, por outro lado, de interferências causadas por fatores transientes (ex. época de amostragem e tipo de cultura) sobre variáveis microbiológicas é de importância para avaliar a acurácia destas variáveis como indicadores de qualidade do solo.

Os objetivos deste estudo foram: (i) avaliar o efeito de diferentes métodos de preparo do solo (plantio convencional, PC; cultivo mínimo, CM; e plantio direto, PD) e de sistemas de cultivo de milho (solteiro ou consorciado com guandu) sobre cinco variáveis microbianas, e (ii) avaliar a relação entre as respostas microbianas e aquelas apresentadas por variáveis físicas do solo e pela produtividade de milho a estes tratamentos.

Material e Métodos

A. Sítio experimental e tratamentos

Esse trabalho foi conduzido em um Argissolo Amarelo coeso de textura franco-arenosa localizado no Campo Experimental de Umbaúba (Umbaúba, SE), pertencente à

⁽¹⁾ Bolsista - Embrapa Tabuleiros Costeiros, Graduanda em Química, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, CEP 49100-000. E-mail: flaviamichelle86@hotmail.com

⁽²⁾ Bolsistas CNPq – Embrapa Tabuleiros Costeiros; Graduandos em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, CEP 49100-000.

⁽³⁾ Pesquisadores da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira Mar, 3250, Aracaju, SE, CEP 49025-040.

⁽⁴⁾ Pesquisador da Embrapa Agrobiologia. BR 465 Km 7, Seropédica, RJ, CEP 23890-000.

Embrapa Tabuleiros Costeiros. O experimento para avaliação de três métodos de preparo do solo (PC, CM e PD) foi implantado nesta área em abril de 2002 em um delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Entre 2002 e 2006, todas as parcelas foram cultivadas anualmente com milho e guandu consorciados. Durante esta fase do experimento, o guandu foi cortado com uma roçadeira rente ao solo ao final do período chuvoso (set-out). A partir de 2007, as parcelas foram subdivididas em áreas cultivadas com milho solteiro (MS) e com o consórcio entre milho e guandu (MG). Em sua versão atual, o experimento constitui-se em um DBC com parcelas subdivididas, sendo comparados nas parcelas os três métodos de preparo do solo (PC, CM, PD), e nas subparcelas os sistemas de cultivo de milho (MS e MG). Quatro parcelas adicionais, inseridas no DBC, foram mantidas em pousio desde 2002 para servirem de referências de solo não-cultivados.

B. Preparo do solo, plantio e manejo dos sistemas de cultivo de milho

Sete dias antes do semeio das culturas, o herbicida glifosato foi aplicado nas áreas de PD e CM. As parcelas sob PC foram preparadas com uma aração e duas gradagens imediatamente antes do plantio. As áreas sob CM foram submetidas a uma operação de escarificação a cerca de 30 cm de profundidade, utilizando-se escarificador com lâminas distantes entre si de 40 cm. Esta operação foi realizada para promover a descompactação do solo em subsuperfície e resultou em uma intensidade de distúrbio do solo intermediária ao PC e ao PD. Para todos os métodos de preparo, os sulcos para semeio foram abertos manualmente. O espaçamento foi de 80 x 50 cm para os sistemas de MS e MG. Adubações nas doses de 30 kg ha⁻¹ de N (sulfato de amônio), 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), respectivamente, foram feitas nos sulcos de ambos os sistemas de cultivo. A adubação de cobertura com N (60 kg ha⁻¹ de N) foi realizada 30 dias após o semeio, em ambos os sistemas de cultivo. Três sementes de milho (híbrido duplo AGN 3100) foram colocadas a cada 50 cm dentro da linha de plantio em ambos os sistemas MS e MG. Para o MG, o guandu foi plantado na mesma linha do milho (cinco sementes por cova), intercalando-se as sementes das duas espécies a cada 25 cm. O desbaste do milho foi feito aos 15 dias após o plantio, deixando-se duas plantas por cova (50000 plantas de milho ha⁻¹). Sete dias após o desbaste procedeu-se a capina das parcelas. O milho foi colhido após 120 dias do plantio. Quando as sementes de guandu atingiram a maturidade, estas foram colhidas e as plantas podadas a um metro de altura. Os resíduos da poda foram adicionados ao solo das respectivas subparcelas, sem incorporação.

C. Coleta de solos e análises de campo e laboratório

As coletas de amostras de solo foram realizadas em setembro de 2008. Amostras deformadas foram coletadas de seis pontos por subparcela, entre 0 e 20

cm de profundidade, e homogeneizadas para obtenção de amostras compostas. Os mesmos procedimentos de amostragem foram usados nas parcelas sob pousio.

O carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana (CBM e NBM) foram estimados com base nas diferenças entre o C orgânico e N reativo à ninhidrina, respectivamente, extraídos com K₂SO₄ (500 mM) de amostras de solo fumigadas e não-fumigadas com clorofórmio. Utilizou-se um k_{EC} de 0,38 [17] para obtenção dos valores estimados de CBM e um fator de conversão de 3,1 para transformação do excesso de N-reativo à ninhidrina das amostras fumigadas para obtenção do NBM [7; 6]. A respiração microbiana foi avaliada em amostras de solo de 32 g (equivalente à massa seca) mantidas sob condições aeróbicas (60% da capacidade de campo) e temperatura ambiente durante um período de incubação de dez dias. O CO₂ respirado foi capturado em um frasco contendo 8 ml de NaOH (500 mM) e determinado por titulação. O C orgânico total (COT) foi quantificado pelo procedimento de oxidação úmida com dicromato de potássio [5]. A partir destes dados, determinaram-se o quociente metabólico (qCO_2), expresso como a relação entre o C-CO₂ respirado e o CBM, a relação C:N da biomassa microbiana (C:N BM) e o quociente microbiano ($qMIC$), expresso como a relação entre CBM e COT. O pH das amostras foi avaliado em água, utilizando-se uma relação solo:água de 1:2,5 [5].

D. Análises estatísticas

ANOVA em DBC, com parcelas subdivididas, foi utilizada para avaliar os efeitos de método de preparo, sistema de cultivo e da interação entre estes dois fatores sobre as variáveis microbiológicas. Quando os efeitos da interação foram não-significativos ($p > 0,05$), optou-se por comparar as médias de grupos de tratamentos por meio de quatro contrastes, de modo a avaliar os efeitos específicos de (i) conversão de áreas cultivadas em pousio (PD + CM + PC vs. Pousio), (ii) revolvimento do solo nas áreas cultivadas (PD + CM vs. PC), (iii) escarificação em preparos baseados no não-revolvimento do solo (PD vs. CM) e (iv) sistemas de cultivo de milho (MS vs. MG).

A análise “non-metric multidimensional scaling” (NMS) foi empregada para avaliar o impacto dos tratamentos testados sobre a QMS, expresso como a resposta conjunta das seis variáveis microbiológicas estudadas. Previamente ao NMS e às demais análises multivariadas descritas a seguir, os valores das variáveis foram padronizados em unidades de desvio padrão em relação à média de cada variável. Os escores dos eixos da ordenação do NMS foram correlacionados com os valores das variáveis microbiológicas. Os efeitos de tratamentos e interações sobre a QMS foram testados por meio de MANOVA utilizando-se como variável resposta os escores das amostras nos eixos do NMS. Pelo fato da interação entre preparo e sistema de cultivo ter sido significativa na MANOVA, compararam-se os preparos dentro de cada sistema de cultivo e vice-versa. Neste caso, os grupos de tratamentos foram comparados pela técnica de multi-response permutation procedures (MRPP, [9]), utilizando-se como variável resposta os escores das amostras nos dois eixos simultaneamente. As correlações entre QMS e produtividade de milho e COT foram testadas pelo coeficiente de Pearson entre os escores das amostras nos

eixos de QMS e os valores de produtividade e COT. A correlação entre QMS e QFS [3] foi avaliada pelo teste de Mantel, utilizando-se os escores das ordenações de ambas as variáveis como resposta.

Resultados

Interações significativas entre métodos de preparo e sistemas de cultivo foram encontradas para CBM ($p = 0,020$) e qCO_2 ($p = 0,038$). As médias destas variáveis em cada um dos tratamentos são apresentadas na Figura 1. Apenas sob PD foram observadas diferenças entre MG e MS, sendo que a introdução do guandu resultou em maior CBM e menor qCO_2 comparado à monocultura do milho. Na comparação entre preparos dentro de cada cultivo, observou-se que o efeito de PD sobre CBM e qCO_2 , em relação aos demais preparos, foi dependente do sistema de cultivo. A combinação entre PD e MG tendeu a aumentar o CBM e reduzir o qCO_2 em relação aos demais preparos, incluindo o pousio, mas o oposto foi verificado sob o uso combinado de PD e MS (Figura 1). Os valores de CBM nas parcelas sob pousio foram maior que o das parcelas cultivadas, com exceção das com a combinação entre PD e MG.

A conversão das terras cultivadas em pousio resultou em incrementos no NBM e na respiração do solo (Tabela 1). Visto que o pousio compreende simultaneamente a suspensão dos distúrbios mecânicos do solo e uma vegetação distinta das culturas, não é possível separar estes efeitos.

NBM, C:N BM, respiração e $qMIC$ não responderam às operações de preparo do solo (revolvimento vs. não revolvimento e escarificação vs. não escarificação) (Tabela 1). No entanto houve resposta significativa de C:N BM e $qMIC$ aos sistemas de cultivo, com as duas variáveis apresentando maiores valores sob MG do que MS.

A ordenação das amostras de solo pela técnica de NMS resultou em um gráfico de duas dimensões, representando 94% da variabilidade nos dados das seis variáveis analisadas conjuntamente, sendo 68% desta representada ao longo do eixo 1 e 26% do eixo 2 (Figura 1A). A distribuição das amostras da esquerda para a direita do eixo 1 ocorre seguindo um forte gradiente positivo de CBM, $qMIC$, C:N BM e, em menor intensidade, de NBM, e negativo em qCO_2 . A distribuição das amostras de baixo para cima do eixo 2 se dá contra um gradiente de NBM e a favor de C:N BM. A variação ao longo do eixo 2 está correlacionada com pH do solo. Verificou-se ainda que a variação de C:N BM ocorre em sentido oposto ao observado para as variáveis pH e respiração. Ao longo do eixo 2, observa-se uma separação das parcelas de baixo para cima na seguinte sequência pousio $\rightarrow$ MS $\rightarrow$ MG.

O modelo de MANOVA em parcelas subdivididas utilizado para avaliar os efeitos de tratamentos sobre a QMS indicou uma interação significativa entre preparo de solo e sistema de cultivo

($p = 0,046$, teste de Pillai). O efeito principal de preparo foi não-significativo ($p = 0,43$) e o de sistema de cultivo marginalmente não-significativo ($p = 0,054$). Houve efeito significativo de sistema de cultivo sobre a QMS dentro de PD ($p = 0,006$), mas não dentro de CM ($p = 0,117$) e PC ($p = 0,782$). De fato, é interessante observar que as amostras sob PD cultivadas com MS e MG ocuparam extremidades opostas do gradiente de QMS descrito pelo eixo 1 do NMS (Figura 2).

Não houve efeitos significativos de preparos de solo e sistemas de cultivos sobre o COT. No entanto, verifica-se uma tendência de aumento de COT ($p = 0,07$) nas parcelas deixadas sob pousio ($13,8 \text{ g C kg}^{-1}$ solo) em relação às sob cultivo ($12,6 \text{ g C kg}^{-1}$ solo). Para pH, observou-se um efeito altamente significativo de sistemas de cultivo ($p < 0,001$), com MG apresentando valores médios cerca de 0,4 unidades de pH menores que MS (5,5 e 5,1, respectivamente). O pousio apresentou valores médios de pH de 5,4.

A QMS não apresentou correlações significativas com a produção de grãos de milho ($r = 0,25\text{ns}$ e $0,06\text{ns}$, para os eixos 1 e 2 de QMS, respectivamente), com o COT ($r = 0,24$ e $-0,26$), e com a QFS (r de Mantel = $0,082$, $p = 0,40$).

Discussão

CBM respondeu ao sistema de cultivo apenas sob PD. Em relação aos demais preparos de solo, sob PD, MG tendeu a incrementar o CBM e MS a reduzi-lo. A adição de resíduos ricos em N, como o guandu, em solos aos quais os aportes de resíduos são oriundos principalmente de gramíneas (milho e vegetação nativa dominada por brachiária), estimularia o crescimento microbiano. Sob condições de limitação de N, haveria menor conversão de C derivado dos resíduos em biomassa microbiana. Diferenças no CBM entre os preparos de solo sob MG poderia estar relacionada ao estímulo de CM e PC sobre a atividade microbiana e, consequentemente, à mineralização do N orgânico dos resíduos de parte aérea e raízes de guandu. Deste modo, é possível que na data de amostragem, cerca de seis meses após o aporte dos resíduos de guandu ao solo, grande parte do N destes já tivesse sido mineralizada e perdida por lixiviação ou desnitrificação sob estes preparos, ao passo que sob PD o provimento de N dos resíduos seria mais duradouro. De modo oposto, a aração e, em menor extensão a escarificação, podem estimular a mineralização do N da matéria orgânica do solo, o que contribuiria para aliviar a deficiência deste nutriente para a microbiota em áreas com aporte de resíduos pobres em N, como sob MS.

Ao contrário do observado para as variáveis físicas do solo avaliadas neste mesmo experimento [3], as variáveis microbiológicas não responderam ao revolvimento do solo. Nenhuma das sete variáveis físicas avaliadas por Bastos et al. [3] respondeu aos sistemas de cultivo, ao passo que duas microbiológicas apresentaram resposta a este fator.

A variável mais impactada pelo sistema de cultivo foi a relação C:N_{BM}, que aumentou sob MG, comparativamente a MS. Embora o incremento desta relação sob condições de maior aporte de N pareça paradoxal, efeitos indiretos do consórcio MG podem explicar esta resposta. Schimmel et al. [13] sugeriram que mudanças na relação C:N microbiana provocadas pelo preparo do solo podem estar associadas a alterações na composição das espécies microbianas. Bactérias isoladas de solo apresentam relação C:N de 5,5, ao passo que em fungos do solo essa relação varia de 7-8. Observou-se em nosso estudo que MG promoveu uma redução no pH em relação a MS. Visto que bactérias são menos tolerantes a solos ácidos que os fungos, a maior relação C:N_{BM} do solo sob MG, comparado a MS provavelmente resulte da dominância dos fungos [1].

Observaram-se diferenças acentuadas em QMS entre diferentes coberturas vegetais sob o mesmo tipo de preparo. No caso do PD, por exemplo, notou-se que a QMS sob MG e MS variou em sentidos opostos, relativamente aos demais tratamentos.

A QMS não foi correlacionada com a produtividade de grãos de milho ou com a QFS no solo caulínítico de tabuleiros costeiros estudado.

Conclusões

- A maioria das variáveis microbiológicas analisadas não responde a diferentes métodos de preparo do solo no médio prazo (até 7 anos) em solo caulínítico.
- A resposta das variáveis CBM e $q\text{CO}_2$ ao manejo do solo é dependente do sistema de cultivo empregado.
- As variáveis C:N_{BM} e $q\text{MIC}$ são sensíveis a diferenças nas espécies cultivadas.
- A QMS não foi correlacionada com a produtividade de grãos de milho ou com a QFS de um solo caulínítico dos tabuleiros costeiros.

Referências

- [1] ALEXANDER, M. Introduction to Soil Microbiology. 2. ed. New York: Wiley, 1977.
- [2] BANDICK, A.K. & DICK, R.P. 1999. Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biology & Biochemistry*, 31:1471-1479.
- [3] BASTOS, D.F.; T.N., M.; LUZ, F.M.S.; BARRETO, A.C. & FERNANDES, M.F. Efeito do Método de Preparo de Solo e do Consórcio do Milho com Guandu sobre a Qualidade Física de um Solo Caulínítico. *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Fortaleza: SBCS, 2009. p. Meio digital.
- [4] CHAER, G.M.; FERNANDES, M.F.; MYROLD, D.D. & BOTTOMLEY, P.J. 2009. Shifts in Microbial Community Composition and Physiological Profiles across a Gradient of Induced Soil Degradation. *Soil Science Society of American Journal*:doi:10.2136/sssaj2008.0276.
- [5] EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997.
- [6] JOERGENSEN, R.G. 1996. Quantification of the microbial biomass by determining ninhydrin-reactive N. *Soil Biology & Biochemistry*, 28:301-306.
- [7] JOERGENSEN, R.G. & BROOKES, P.C. 1990. Ninhydrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0,5M K₂SO₄ soils extracts. *Soil Biology & Biochemistry*, 22:1129-1136.
- [8] MENDONZA, H.N.S.; LIMA, E.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, L.A.; CEDDIA, M.B. & ANTUNES, M.V. 2000. Chemical and biological properties of a tableland soil cultivated with sugarcane with and without straw burning. *Brazilian Journal of Soil Science*, 24:201-207.
- [9] MIELKE, P.W.J. 1991. The application of multivariate permutation methods based on distance functions in the earth sciences. *Earth-Science Reviews*, 31:55-71.
- [10] MIJANGOS, I.; PÉREZ, R.; ALBIZU, I. & GARBISU, C. 2006. Effects of fertilization and tillage on soil biological parameters. *Enzyme Microb. Technol.*, 40:100-106.
- [11] SAFFIGNA, P.G.; POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C. & THOMAS, G.A. 1989. Influence of sorghum residues and tillage on soil organic matter and soil microbial biomass in an Australian Vertisol. *Soil Biology & Biochemistry*, 21:759-765.
- [12] SANT'ANNA, S.A.C.; FERNANDES, M.F.; IVO, W.M.P.M. & COSTA, J.L.S. 2009. Evaluation of soil quality indicators in sugarcane management in sandy loam soil. *Pedosphere*, 19:312-322.
- [13] SCHIMMEL, D.S.; COLEMAN, D.C. & HORTON, K.H. 1985. Microbial carbon and nitrogen transformations and soil organic matter dynamics in paired rangeland and cropland catenas. *Geoderma*, 36:201-214.
- [14] SHESTAK, C.J. & BUSSE, M.D. 2005. Compaction alters physical but not biological indices of soil health. *Soil Science Society of America journal*, 69:236-246.
- [15] SOON, Y.K.; CLAYTON, G.W. & RICE, W.A. 2001. Tillage and previous crop effects on dynamics of nitrogen in a wheat-soil system. *Agronomy Journal*, 93:842-849.
- [16] TRASAR-CEPEDA, C.; LEIROS, M.C.; SEOANE, S. & GIL-SOTRES, F. 2000. Limitations of soil enzymes as indicators of soil pollution. *Soil Biology & Biochemistry*, 32:1867-1875.
- [17] VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. & JENKINSON, D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology & Biochemistry*, 19:703-707.
- [18] WARDLE, D.A. & GHANI, A. 1995. A critique of the microbial metabolic quotient ($q\text{CO}_2$) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. *Soil Biology & Biochemistry*, 27:1601-1610.

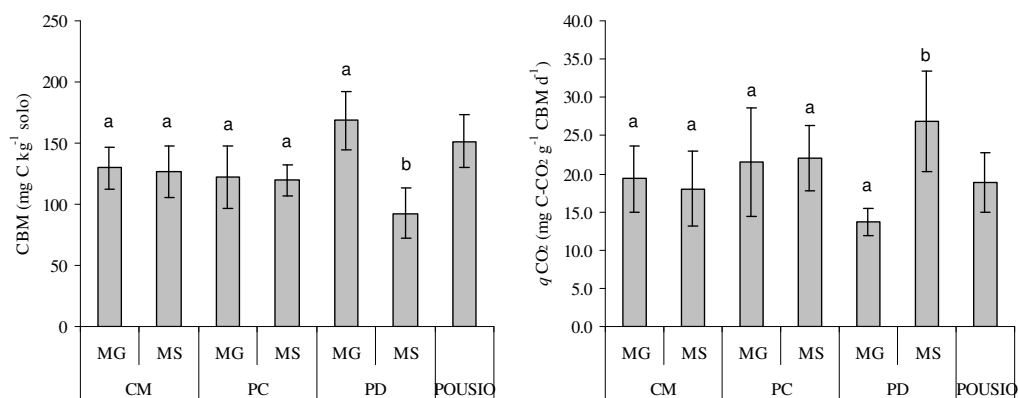


Figura 1. Médias de CBM (A) e $q\text{CO}_2$ (B) entre preparos de solo e sistemas de cultivo. Médias de sistemas de cultivo sobrepostas por mesma letra minúscula, dentro de cada método de preparo, não diferem entre si ($p < 0,05$). As hastes verticais indicam ± 1 D.P. Os valores destas variáveis nas parcelas sob pousio foram incluídas como referência de solo não-cultivado.

Tabela 1. Efeitos de pousio, preparo de solo e sistema de cultivo do milho sobre variáveis microbiológicas do solo.

Efeito avaliado	Contrastes	Tratamentos	NBM mg N kg ⁻¹ solo	C:N BM	Respiração mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo d ⁻¹	$q\text{MIC}$ mg CBM g ⁻¹ COT
Conversão de cultivo para pousio	Pousio vs. PD+CM+PC	Pousio	20,9	7,54	2,79	10,95
		PD+CM+PC	16,9	7,60	2,41	10,08
		<i>p</i>	0,020	0,951	0,036	0,499
Revolvimento do solo	PC vs. PD+CM	PC	16,7	7,22	2,34	9,65
		PD+CM	16,9	7,79	2,51	10,29
		<i>p</i>	0,896	0,453	0,144	0,561
Escarificação em preparo sem revolvimento	PD vs. CM	PD	17,2	7,55	2,33	10,46
		CM	16,7	8,03	2,34	10,12
		<i>p</i>	0,827	0,639	0,960	0,821
Sistema de cultivo de milho	MS vs. MG	MS	17,6	6,46	2,41	9,07
		MG	16,2	8,74	2,41	11,08
		<i>p</i>	0,291	<0,001	0,97	0,041

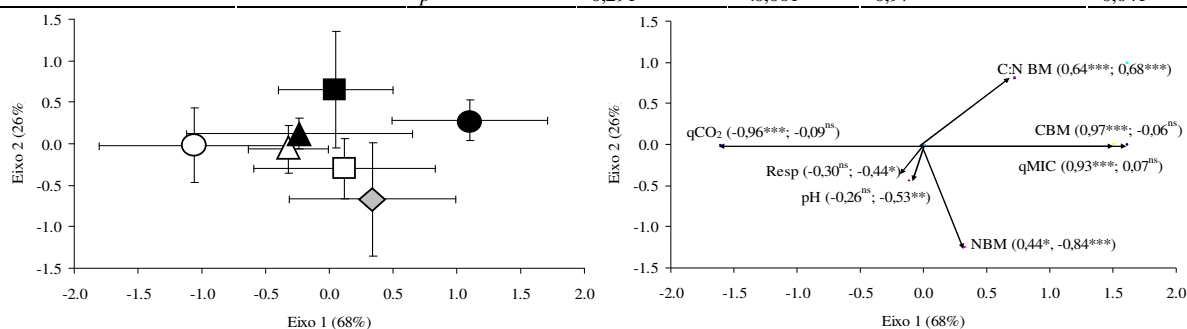


Figura 2. Qualidade microbiana do solo (QMS) em função do preparo do solo e dos sistemas de cultivo de milho (A). A QMS foi definida pela análise conjunta dos dados de cinco variáveis microbianas (CBM, NBM, C:N BM, respiração e $q\text{CO}_2$), utilizando-se técnica de ordenação multivariada de NMS. Os preparos de solo de plantio convencional (PC), cultivo mínimo (CM) e plantio direto (PD) foram identificados com triângulos, quadrados e círculos, respectivamente. Símbolos vazios e cheios indicam médias das parcelas com milho solteiro (MS) e milho consorciado com guandu (MG), respectivamente. O losango indica a média da QMS das parcelas sob pousio. Diferenças na QMS entre os tratamentos são proporcionais às distâncias entre os símbolos no gráfico. Valores entre parênteses após a identificação dos eixos indicam a porcentagem de variância dos dados originais representada em cada eixo. Hastes horizontais e verticais indicam ± 1 DP da média da QMS. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis microbiológicas consideradas na análise de QMS e os escores das amostras nos eixos 1 e 2 da ordenação por NMS (B). O r também foi calculado entre variáveis não consideradas na análise de QMS (pH; C orgânico, Ctot; e $q\text{MIC}$). O primeiro valor dentro dos parênteses à frente do nome de cada variável indica o r com o eixo 1, o segundo valor, o r com o eixo 2. ***, **, * expressam significância a 0,1; 1 e 5%, respectivamente; ns = não significativo ($p > 0,05$).