

# Fontes e doses de adubação nitrogenada na atividade microbiana e fertilidade do solo cultivado com *Brachiaria brizantha*

Flavia Cristina Delbem<sup>1\*</sup>, Márcia Helena Scabora<sup>2</sup>, Cecilio Viegas Soares Filho<sup>3</sup>, Reges Heinrichs<sup>4</sup>, Carlos Alberto Crociolli<sup>4</sup> e Ana Maria Rodrigues Cassiolato<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rua Clóvis Pestana, 793, 16050-680, Araçatuba, São Paulo, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. <sup>3</sup>Departamento de Apoio Produção e Saúde Animal, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araçatuba, São Paulo, Brasil. <sup>4</sup>Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Dracena, São Paulo, Brasil. \*Autor para correspondência: fcdelbem@yahoo.com.br

**RESUMO.** As pastagens geralmente perdem seu potencial produtivo e vigor de rebrota nos primeiros anos, frequentemente associada à falta de adubação nitrogenada. O objetivo deste foi verificar o efeito de fontes e doses de adubação nitrogenada na atividade microbiana (carbono da biomassa microbiana e carbono do CO<sub>2</sub> liberado) e na fertilidade do solo cultivado com *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial 3 x 4, envolvendo três fontes de nitrogênio (uréia, sulfato de amônio e Ajifer-L40) e quatro doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>), nas profundidades 0 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m, com três repetições. O aumento nas doses de nitrogênio, na camada 0,0 a 0,10 m de profundidade, reduziu os valores de pH, MO, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SB e V%. O Ajifer e a uréia elevaram os valores de Ca<sup>2+</sup> na camada 0,10 - 0,20 m, e as doses de 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> aumentaram os valores de Mg<sup>2+</sup> e SB. Em doses elevadas o sulfato de amônio acidificou o solo. A perda de carbono pela elevada atividade microbiana pode estar relacionado ao estresse metabólico devido à acidificação do solo. A aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio acarretou as menores perdas de carbono pela atividade microbiana.

**Palavras-chave:** Ajifer, biomassa microbiana, mineralização do C, sulfato de amônio, ureia.

**ABSTRACT.** Sources and levels of nitrogen fertilization on microbial activity and fertility in soil cropped with *Brachiaria brizantha*. Pastures usually lose their yield potential and re-growth energy in a few years, most often due to the lack of nitrogen fertilization. The objective of this study was to verify the effect of sources and levels of nitrogen (N) fertilization, under microbial activity (carbon of microbial biomass and carbon released as CO<sub>2</sub>) and fertility of soil cropped with *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. The experimental design was randomized, organized under a 3 x 4 factorial scheme, with three nitrogen sources (urea, ammonium sulfate and Ajifer-L40) and four nitrogen levels (0, 100, 200 and 400 kg ha<sup>-1</sup>), analyzed on two depths (0 - 0,10 e 0,10-0,20 m), with 3 replications. The higher levels of N doses, the 0 - 0.10 m depths, reduced the values of pH, MO, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SB and V%. Ajifer and urea resulted in higher values of Ca<sup>2+</sup>, in the depths of 0.10 - 0.20 m, and the values of Mg<sup>2+</sup> and SB exhibited high values with the doses of 100 and 200 kg ha<sup>-1</sup> levels of N. The higher levels of ammonium sulfate resulted in soil acidification. Soil carbon loss, due to the high microbial activity, could be the result of metabolic stress caused by soil acidification. The application of 100 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen was the best fertilizing level, considering the smaller loss of soil carbon by microbial activity.

**Keywords:** Ajifer, microbial biomass, C mineralization, ammonium sulfate, urea.

## Introdução

As pastagens logo após seu estabelecimento, geralmente, apresentam alta capacidade de suporte, mas com o passar dos anos, se degradam, possivelmente em decorrência da deficiência de nitrogênio (N) ocasionada por perdas por volatilização e lixiviação nos locais que receberam urina; imobilização no solo em formas estáveis da matéria orgânica, formadas por resíduos de gramíneas que geralmente apresentam alta

relação C/N; imobilização de fósforo e enxofre na matéria orgânica e falta de adubação manutenção (SPAIN; SALINAS, 1985).

A produção forrageira pode ter sua eficiência substancialmente melhorada com o uso de fertilizantes, sobretudo o N, com efeito positivo no fluxo de biomassa (DURU; DUCROCQ, 2000). O fornecimento de fertilizantes nitrogenados, no entanto, requer cuidados, porque apresentam elevadas perdas por volatilização, principalmente em

solos com espessa camada de palha, o que demanda fontes de N que minimizem estas perdas (TRIVELIN et al., 1997). Deste modo, o fertilizante líquido Ajifer, subproduto da indústria alimentícia, e enriquecido com N, surge como fonte alternativa de adubação nitrogenada, com a vantagem de apresentar menor perda por volatilização (COSTA et al., 2003).

As práticas de recuperação de pastagens por meio de adubação podem provocar alterações no solo, especialmente nos microrganismos, que são importantes para a nutrição das plantas, atuam diretamente nos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes. Eles atuam na mineralização de formas orgânicas de nutrientes, mas também os imobiliza temporariamente na sua biomassa, funcionando como importante reservatório e fonte contínua de nutrientes para as plantas (SILVA; RESCK, 1997).

Neste sentido, o carbono da biomassa microbiana (CBM) é considerado um indicador de qualidade do solo, porque representa a fração ativa e biodegradável da matéria orgânica e reflete as tendências de mudanças que estão ocorrendo na mesma, em médio e longo prazo (FEIGL et al., 1998). A quantificação da respiração microbiana por meio do carbono liberado na forma de  $\text{CO}_2$  ( $\text{C-CO}_2$ ) pode indicar a atividade microbiana e a velocidade de decomposição mais rápida do material orgânico do solo, com conseqüente liberação de nutrientes para as plantas. Este fenômeno de liberação de nutrientes ao solo é chamado mineralização, e o de sua retenção em forma orgânica na biomassa microbiana, imobilização (BARTHOLOMEW, 1965).

O quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ), que é a relação  $\text{C-CO}_2/\text{CBM}$ , tem sido usado como indicador de estresse da biomassa microbiana, porque expressa a eficiência metabólica com que os microrganismos mantêm a sua biomassa (MONTEIRO; GAMA-RODRIGUES, 2004). O quociente microbiano ( $q\text{Cmic}$ ), ou seja, a porcentagem do CBM em relação ao carbono orgânico (Corg) do solo permite acompanhar, de forma mais rápida, as perturbações sofridas pelo desequilíbrio ecológico e as variações no total de matéria orgânica, são mais sensíveis às mudanças que os parâmetros físico-químicos (CATTELAN; VIDOR, 1992).

Definindo como hipóteses, o aumento da fertilidade do solo por meio da adubação nitrogenada pode provocar alterações no solo, e os índices microbiológicos, baseados em mais de um parâmetro, podem ser capazes de discriminar o efeito de sistemas de manejo sobre a qualidade do solo.

O objetivo desse trabalho foi verificar o efeito de fontes e doses de adubação nitrogenada, analisadas em duas profundidades, na atividade microbiana e na fertilidade do solo cultivado com *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés estabelecida há cinco anos.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido em área do Sindicato Rural no município de Araçatuba, localizado na região Noroeste do Estado de São Paulo. O clima predominante na região é Aw segundo Köppen, caracterizado por verão quente e úmido e inverno seco. As médias anuais de temperatura e precipitação são, respectivamente, 24,4°C, 1.281 mm, com temperatura média máxima de 30,9°C e média mínima de 17,9°C.

O período experimental foi compreendido entre os meses de agosto de 2005 a junho de 2006. A área experimental consistiu de uma pastagem de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf. cv. Xaraés, estabelecida há cinco anos e em plena produção.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, com boa drenagem. A caracterização química do solo antes da montagem do experimento foi efetuada nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m. Em cada parcela, foi coletada uma amostra composta por cinco subamostras de solo. As determinações químicas do solo seguiram a metodologia de Raji et al. (2001), com os seguintes resultados: pH ( $\text{CaCl}_2$ ): 4,5 e 4,4; MO ( $\text{g dm}^{-3}$ ): 23 e 20;  $\text{P}_2\text{O}_5$  ( $\text{mg dm}^{-3}$ ): 4 e 3;  $\text{K}_2\text{O}$ : 6,0 e 3,3;  $\text{Ca}^{2+}$ : 19 e 17;  $\text{Mg}^{2+}$ : 8 e 7; H+Al: 22 e 25;  $\text{Al}^{3+}$ : 5 e 6; SB: 17 e 14; CTC ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ): 52 e 39; V(%): 60 e 52, nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m, respectivamente. O delineamento experimental foi em blocos casualizados e os tratamentos em arranjo fatorial 3 x 4, envolvendo três fontes de N (ureia, sulfato de amônio e Ajifer-L40) em quatro doses (0, 100, 200 e 400  $\text{kg ha}^{-1}$  de N) e estudadas em duas profundidades (0-0,10 e 0,10-0,20 m), com três repetições.

As parcelas foram alocadas com dimensões de 4 x 3 m (tendo 6  $\text{m}^2$  de área útil) e uma faixa de caminhamento de 2,0 m entre as mesmas. Não foi efetuada a calagem, porque a saturação por base estava dentro das recomendações propostas por Raji et al. (1996) para pastagem.

Após a primeira chuva, foi realizado o corte de uniformização em todas as parcelas e imediatamente foi aplicada a lanço a adubação de manutenção com fósforo (60  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) na forma de superfosfato simples (RAIJ et al., 1996). As doses de N foram aplicadas em cobertura, parceladas em cinco vezes, sendo a primeira aplicação após o primeiro corte e as demais depois de cada corte. Durante o período das chuvas foram realizados

cinco cortes com intervalos de 28 dias, enquanto no período seco foi realizado um corte no final do mês de junho, totalizando seis cortes anuais.

O solo para a caracterização química e microbiológica foi amostrado ao final do experimento, em julho de 2006. Após serem peneiradas e homogêneas, parte de cada amostra foi secada e enviada para a caracterização química e a outra parte foi empregada para as análises microbiológicas.

Para a quantificação do C-CO<sub>2</sub> liberado, 100 g de solo foi colocado em um jarro de vidro com tampa de rosca, e a umidade foi corrigida para 70% da capacidade de campo. Um frasco contendo 10 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> foi depositado no centro do frasco, servindo como armadilha para a captura do CO<sub>2</sub> desprendido. Os frascos foram fechados hermeticamente e mantidos em câmara climatizada a 27°C. O tempo de incubação foi determinado por meio do monitoramento diário do CO<sub>2</sub> liberado, perfazendo quatro dias. A quantificação do C-CO<sub>2</sub> liberado foi realizada por meio da titulação com HCl do NaOH remanescente, na presença da fenolftaleína com indicador (ANDERSON; DOMSCH, 1989).

Na quantificação do carbono da biomassa microbiana (CBM), o carbono liberado com a morte dos microrganismos, após a fumigação com clorofórmio, foi determinado por extração química e digestão. Amostras fumigadas e não fumigadas foram submetidas à extração com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,5 M). Uma alíquota de cada solução foi misturada com K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (0,15 M) para oxidar o carbono, ação facilitada pelo uso de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. O excesso de dicromato foi retrotitulado contra solução de [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O], revelando a quantidade de dicromato utilizada na oxidação e, assim, a quantidade de carbono extraída, empregando-se um coeficiente Kc = 0,45 cálculo do CBM (VANCE et al., 1987).

O quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) foi determinado pela razão C-CO<sub>2</sub> liberado:biomassa microbiana (ANDERSON; DOMSCH, 1993), enquanto o quociente microbiano (qCmic) foi calculado pela expressão (CBM/Corg)/10 (SPARLING, 1992).

A análise de variância e as complementações nas comparações de médias de tratamentos foram realizadas por meio do teste de Scott-Knott, enquanto o estudo de regressão na análise de tendência entre doses de N empregou-se o programa SISVAR. A correlação de Pearson entre as variáveis foi realizada por meio do programa SAS.

## Resultados e discussão

Os valores de pH e os teores de MO, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SB e V% diferiram estatisticamente com

relação às doses de N, principalmente na camada 0,0 a 0,10 m de profundidade (Tabela 1). Nessa profundidade, o aumento das doses de N reduziu os valores de pH, MO, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SB e V%. Foi verificada interação significativa para as interações entre as fontes e doses de N para valores de H+Al, Al<sup>3+</sup> e CTC (Tabela 2).

Com relação à camada 0,10-0,20 m, observaram-se diferenças significativas para os valores de Ca<sup>2+</sup> dentre as fontes de N aplicadas, em que o Ajifer e a ureia resultaram em valores mais elevados em relação ao sulfato de amônio. Nesta mesma camada, os valores de K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> e SB diferiram significativamente com a aplicação de doses de N (Tabela 1).

O pH é um índice capaz de informar sobre as condições gerais de fertilidade do solo, entretanto, na área estudada, ele pode ser um indicador da acidificação do solo. No presente trabalho, o aumento da acidez do solo pode estar relacionando à atividade das bactérias nitrificantes do solo que, ao oxidarem formas de N amoniacal, liberam NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e H<sup>+</sup>, acidificando ainda mais o solo (AITA et al., 2007). Em solos de baixo poder tampão, o acúmulo de resíduos orgânicos acarreta na liberação de ácidos orgânicos por ocasião da decomposição, o que resulta em maior acidificação do solo (BOHNEN et al., 2000), como verificado no presente estudo.

O pH baixo pode ter influenciado nos baixos teores de cálcio, magnésio e potássio. Segundo Pompéia (1996), a acidificação do solo tem efeito direto tanto na lixiviação de macronutrientes (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup>) como na disponibilização de metais que, ao se tornarem disponíveis, ficam susceptíveis aos processos de lixiviação, o que poderá ocasionar diminuição da fertilidade do solo (caso dos macro e micronutrientes).

As reduções dos valores de K<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup> podem estar relacionadas à lixiviação do ânion nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, o qual arrasta estes cátions para manter a eletroneutralidade, permanecendo os íons H<sup>+</sup> nas camadas mais superficiais, acidificando ainda mais o meio. Isto resulta na elevação da disponibilidade do Al<sup>3+</sup> que, por sua vez, passa a ocupar os sítios de troca (CTC) no complexo coloidal (BOHNEN et al., 2000).

O pH se correlacionou positivamente com os teores de K<sup>+</sup> (0,355\*\*), Ca<sup>2+</sup> (0,761\*\*), Mg<sup>2+</sup> (0,770\*\*), SB (0,815\*\*) e V% (0,886\*\*) e negativamente com H+Al (-0,636\*\*) e Al<sup>3+</sup> (-0,801\*\*). Estas correlações sugerem que a diminuição do pH ocorreu simultaneamente com a diminuição dos valores de K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SB e V%, ao contrário do H+Al e Al<sup>3+</sup>, que se elevam, fato esperado em função das alterações do pH do solo.

**Tabela 1.** Características químicas do solo sob *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, submetido às fontes e doses de nitrogênio, nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade.

		pH	MO	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	V	
		CaCl <sup>2</sup>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>								%
.....0,0 – 0,10 m.....													
Fontes	Ajifer	4,33	15,33	2,66	1,08	10,75	4,33	29,75	2,83	16,25	46,00	35,41	
(FN)	Ureia	4,25	15,91	2,08	1,08	10,91	3,91	29,25	2,58	15,91	45,16	35,50	
	SA	4,08	15,25	2,25	1,08	9,58	3,75	29,58	3,08	14,41	44,00	32,16	
Doses	0	4,33	18,00	2,66	1,33	12,00	5,00	30,00	2,00	18,33	48,33	37,66	
(DN)	100	4,55	14,55	2,11	1,77	11,66	4,66	25,33	1,77	18,11	43,44	41,33	
	200	4,00	13,33	1,88	0,55	8,66	3,11	31,33	3,55	12,44	43,77	28,77	
	400	4,00	16,11	2,66	0,66	9,33	3,22	31,44	4,00	13,22	44,66	29,66	
FN		1,75 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	1,75 <sup>ns</sup>	1,44 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>	1,83 <sup>ns</sup>	1,58 <sup>ns</sup>	
DN		6,00 <sup>**</sup>	11,76 <sup>**</sup>	1,03 <sup>ns</sup>	12,33 <sup>**</sup>	6,89 <sup>**</sup>	11,35 <sup>**</sup>	7,15 <sup>**</sup>	18,04 <sup>**</sup>	15,49 <sup>**</sup>	6,88 <sup>**</sup>	12,36 <sup>**</sup>	
FN x DN		1,75 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	1,58 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	3,50 <sup>*</sup>	5,32 <sup>**</sup>	1,94 <sup>ns</sup>	3,48 <sup>*</sup>	2,41 <sup>ns</sup>	
CV%		7,89	11,38	50,05	45,45	18,25	21,65	10,91	27,65	15,366	5,70	15,22	
.....0,10 – 0,20 m.....													
Fontes	Ajifer	4,16	15,91	4,50	1,33	11,50	4,41	28,50	2,25	17,25	45,75	37,91	
(FN)	Ureia	4,25	14,91	2,91	1,08	11,16	4,75	26,91	1,91	17,00	43,91	38,75	
	SA	3,08	13,75	3,91	1,00	9,66	3,91	28,83	2,33	15,41	44,25	34,83	
Doses	0	4,00	14,00	2,66	1,33	10,33	3,66	28,33	2,66	15,33	43,66	35,00	
(DN)	100	4,33	15,66	4,66	1,00	11,88	4,88	28,33	1,55	17,77	46,11	38,22	
	200	4,22	14,33	3,33	1,33	10,88	4,88	26,77	1,88	18,22	45,00	40,22	
	400	4,11	15,44	4,44	0,88	10,00	4,00	28,88	2,55	14,88	43,77	35,22	
FN		0,73 <sup>ns</sup>	2,59 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	2,55 <sup>ns</sup>	4,32 <sup>*</sup>	2,49 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	1,88 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	
DN		1,63 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	3,33 <sup>*</sup>	2,32 <sup>ns</sup>	4,14 <sup>*</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	4,06 <sup>*</sup>	4,07 <sup>*</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	
FN x DN		2,36 <sup>ns</sup>	2,30 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	1,65 <sup>ns</sup>	2,14 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	
CV%		8,09	15,69	70,89	33,02	15,10	21,09	17,88	36,60	15,14	9,53	16,59	

\* e \*\*: significativo a 5 e 1%, respectivamente; ns: não significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra, na coluna e dentro de cada profundidade, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. SA= Sulfato de Amônio.

**Tabela 2.** Teores de H+Al, alumínio (Al<sup>3+</sup>) e capacidade de troca catiônica (CTC), na camada de 0,0 - 0,10 m de profundidade de solo sob *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés submetidas às fontes e doses de N.

Variáveis	Fontes	Doses de N				Equação	R <sup>2</sup>
		0	100	200	400		
.....kg ha <sup>-1</sup> .....							
H+Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Ajifer	30,00	24,00	28,00	37,00 a	$\hat{y} = 0,0002x^2 - 0,048x + 29,209$	0,9139**
	Ureia	30,00	26,00	34,00	27,00 b		
	SA	30,00	26,00	32,00	30,33 b		
Al <sup>3+</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Ajifer	2,00	1,33	3,00	5,00 a	$\hat{y} = 2E-05x^2 + 0,0005x + 1,772$	0,9172**
	Ureia	2,00	2,33	4,00	2,00 b		
	SA	2,00	1,66	3,66	5,00 a		
CTC	Ajifer	48,33	43,66	42,00	50,00 a	$\hat{y} = 0,0002x^2 - 0,0666x + 48,392$	0,9989**
	Ureia	48,33	43,33	45,00	43,66 b		
	SA	48,33	43,33	44,00	40,33 b		
$\hat{y} = 3E-05x^2 - 0,0313x + 47,729$							

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. \* e \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Considerando a aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de N, os teores de H+Al e Al<sup>3+</sup> apresentaram teores mais elevados quando se usou Ajifer e o sulfato de amônio na camada 0,0-0,10 m (Tabela 2). O aumento da quantidade de N aplicado na forma de sulfato de amônio proporcionou redução da CTC do solo, possivelmente resultado de maior acidificação do solo com o aumento das doses de N. Bohnen et al. (2000) relatam que, com reação de nitrificação do sulfato de amônio e absorção de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> pelas raízes, ocorre liberação de H<sup>+</sup>, o que acidifica o solo, aumentando a disponibilidade de Al<sup>3+</sup>.

Nestas condições de pH, diversos íons são lixiviados ao longo do perfil do solo para manter a eletroneutralidade reduzindo a CTC, pois esta acompanha a variação do pH pelas cargas pH dependentes.

O pH baixo afeta, ainda, de maneira direta a comunidade microbiana do solo, em solos com baixos

valores de pH, elementos como Fe, Al<sup>3+</sup> e Mn atingem níveis tóxicos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Quanto às variáveis microbiológicas, na camada superficial (0,0-0,10 m) do solo, não houve efeito entre tratamentos apenas para C-CO<sub>2</sub> liberado (Tabela 3). O uso do sulfato de amônio e de elevadas doses de N reduziu significativamente os valores de CBM e qCmic nas duas camadas de solo estudadas. No entanto, na camada superficial os valores sempre foram maiores, considerando o mesmo tratamento, o que é justificável pelo maior aporte de material orgânico incorporado ao solo via liteira, favorecendo o aumento da biomassa microbiana (SANTOS et al., 2004). Ao estudarem o efeito de fonte de N como na adubação do milho, aliado aos diferentes manejos da área, Marques et al. (2000) observaram que a adição de N aumentou a taxa de liberação de CO<sub>2</sub> no solo, desde que aplicado no início do período de incubação.

**Tabela 3.** Liberação de carbono na forma de CO<sub>2</sub> (C-CO<sub>2</sub> - µg g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), carbono da biomassa microbiana (CBM - µg g<sup>-1</sup>), quociente metabólico (qCO<sub>2</sub> - µg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>/µg C g<sup>-1</sup>) e quociente microbiano (qCmic - %), nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m em solo sob *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, submetido às fontes e doses de nitrogênio

	C-CO <sub>2</sub>	CBM	qCO	qCmic				
..... 0,00-0,10 m .....								
Fontes	Ajifer	12,34	728,66	a	0,019	b	8,57	a
(FN)	Ureia	12,16	841,25	a	0,015	b	9,53	a
	S. A.	12,28	605,16	b	0,024	a	7,36	a
Doses	0 kg ha <sup>-1</sup>	13,00	994,33	a	0,012	b	10,42	a
(DN)	100 kg ha <sup>-1</sup>	12,34	823,00	a	0,016	b	10,48	a
	200 kg ha <sup>-1</sup>	12,13	475,55	b	0,022	a	6,48	b
	400 kg ha <sup>-1</sup>	11,57	607,22	b	0,028	a	6,57	b
FN		0,04	<sup>ns</sup> 6,52	<sup>**</sup>	4,44	<sup>*</sup>	3,49	<sup>*</sup>
DN		1,30	<sup>ns</sup> 18,51	<sup>**</sup>	7,85	<sup>**</sup>	11,47	<sup>**</sup>
FN x DN		1,01	<sup>ns</sup> 2,08	<sup>ns</sup>	1,43	<sup>ns</sup>	1,26	<sup>ns</sup>
CV (%)		12,60	22,09		36,81		23,66	
..... 0,10-0,20 m .....								
Fontes	Ajifer	6,33	389,58		0,026		5,35	
(FN)	Ureia	6,20	278,08		0,031		3,99	
	S. A.	5,95	262,91		0,062		4,00	
Doses	0 kg ha <sup>-1</sup>	5,55	517,33	a	0,011		8,59	a
(DN)	100 kg ha <sup>-1</sup>	6,11	322,77	b	0,024		4,26	b
	200 kg ha <sup>-1</sup>	6,77	228,66	b	0,062		3,07	b
	400 kg ha <sup>-1</sup>	6,22	172,00	b	0,061		1,88	b
FN		0,27	<sup>ns</sup> 2,49	<sup>ns</sup>	1,95	<sup>ns</sup>	0,54	<sup>ns</sup>
DN		1,40	<sup>ns</sup> 8,95	<sup>**</sup>	2,59	<sup>ns</sup>	5,74	<sup>**</sup>
FN x DN		0,32	<sup>ns</sup> 1,05	<sup>ns</sup>	0,59	<sup>ns</sup>	0,32	<sup>ns</sup>
CV (%)		20,60	48,93		120,29		82,19	

\* e \*\*: significativo a 5 e 1%, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo. Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada profundidade, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Obs.: S.A. = sulfato de amônio.

Elevadas taxas de liberação de CO<sub>2</sub> geralmente, relacionam-se positivamente com uma maior biomassa microbiana (CATTELAN; VIDOR, 1990). Neste caso, a atividade microbiana deve ter sido estimulada pelo maior CBM, corroborando os autores citados. Todavia, deve-se atentar para o fato de que elevados valores de respiração podem indicar estresse ambiental como pode ter ocorrido pela adição de doses de N, o que, em longo prazo, podem refletir em perdas de carbono orgânico do sistema (D'ANDRÉA et al., 2002).

Valores elevados de CBM implicam em maior imobilização temporária de nutrientes e consequentemente, menor propensão a perdas de nutrientes no sistema solo-planta (MERCANTE et al., 2004). Desta forma, a biomassa microbiana representa o atributo biológico mais sensível à ação antrópica (CARTER, 1986). O uso do sulfato de amônio, especialmente nas maiores doses, demonstrou ser negativo à biomassa microbiana, reduzindo os valores de CBM. Os aumentos das doses de N interferiram negativamente, com redução nos teores de CBM de 994,33 µg g<sup>-1</sup>, no controle sem N, para 475,55 e 607,22 µg g<sup>-1</sup> nas doses 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente (Tabela 3). Esses resultados estão próximos aos relatados por D'Andréa et al. (2002), que encontraram 666,2 µg g<sup>-1</sup> de CBM em pastagens de *Brachiaria* sp.

O qCO<sub>2</sub>, que expressa a taxa respiratória por unidade de CBM, aumentou com as doses de N apenas na camada 0,0-0,10 m (Tabela 3). Comparando os efeitos das fontes de N, os valores mais elevados foram verificados no tratamento com o fertilizante sulfato de amônio. O aumento do qCO<sub>2</sub> diante de perturbações no ecossistema do solo, segundo Wardle e Ghani (1995), indica uma resposta da microbiota do solo às condições adversas. Assim, um estresse metabólico na comunidade microbiana decorrente das maiores doses de sulfato de amônio, com a acidificação do solo (Tabela 1), pode ter gerado perturbações na comunidade microbiana, o que poderia ser explicado pela correlação relevante negativa entre teores de CBM e qCO<sub>2</sub> (-0,523\*\*).

A acidificação atua interferindo na integridade estrutural do solo, prejudicando os processos de formação de agregados; decomposição e ciclagem de nutrientes; fixação de nitrogênio, além de outros tantos processos desempenhados pela biota do solo (MAXWELL, 1995). Mudanças no solo, decorrentes de práticas de manejo inadequados, como intenso revolvimento do solo, colaboram para o aumento de CO<sub>2</sub> liberado na atmosfera, decorrente de maior atividade de microrganismos decompositores sobre a matéria orgânica, acarretando na redução do estoque de carbono do solo (D'ANDRÉA et al., 2006).

Sistemas de manejo que mantêm elevados os teores de carbono total no solo proporcionam maior atividade microbiana. Os índices expressos pelo qCmic, quando elevados, podem mostrar que valores carbono no solo são mais elevados, enquanto valores mais reduzidos indicam perda de carbono no solo, ao longo do tempo (MERCANTE et al., 2004). Com relação às doses de N aplicada, os valores apresentados por qCmic indicaram drástica diminuição com as aplicações correspondentes a 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de N (Tabela 3).

Os valores apresentados para CBM correlacionaram positivamente como C-CO<sub>2</sub> (0,604\*\*) e qCmic (0,779\*\*). A partir da análise do qCO<sub>2</sub> observou-se que a comunidade microbiana está consumindo mais carbono do que o mantido no solo por meio de sua biomassa como demonstrado pela CBM e qCmic, principalmente com aplicação de elevadas doses de N. Desta forma, o qCO<sub>2</sub> mais elevado revela que a comunidade microbiana do solo sofreu estresse decorrente das aplicações de sulfato de amônio, especialmente nas doses mais elevadas (100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>). Isso pode ser um indicador do desbalanço energético que sofre a comunidade microbiana por causa dos distúrbios ambientais (ANDERSON; DOMSCH, 1993).

## Conclusão

As doses mais elevadas de N, na camada 0,0 a 0,10 m de profundidade, determinam acidificação do solo e reduzem os valores de MO, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SB e V%.

O Ajifer e a ureia aumentaram os valores de CBM e reduziram o qCO<sub>2</sub>; o sulfato de amônio, sobretudo em elevadas doses, foi negativo aos parâmetros microbiológicos, reduzindo a biomassa microbiana e aumentando o qCO<sub>2</sub>.

## Agradecimentos

Ao Siran, por ceder a área para a implantação do experimento e à empresa Ajinomoto Interamericana por fornecer o fertilizante Ajifer.

## Referências

- AITA, C.; JOSÉ-GIACOMONI, S.; HÜBNER, A. P. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 1, p. 94-102, 2007.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Ratio of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 21, n. 4, p. 471-479, 1989.
- ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.
- BARTHOLOMEW, W. V. Mineralization and immobilization of nitrogen in the decomposition of plant and animal residues. In: BARTHOLOMEW, W. V.; CLARK, F. E. (Ed.). **Soil nitrogen**. Madison: ASA, 1965. p. 285-306.
- BOHNEN, H.; MEURER, E. J.; BISSANI, C. A. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 109-126.
- CARTER, M. R. Microbial biomass as an index for tillage induced changes in soil biological properties. **Soil and Tillage Research**, v. 7, n. 1-2, 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**, v. 14, n. 2, p. 133-142, 1990.
- CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 2, p. 125-132, 1992.
- COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 631-637, 2003.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 913-924, 2002.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C. B. Emissões de CO<sub>2</sub> do solo: métodos de avaliação e influência do uso da terra. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 199-242.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, v. 85, n. 5, p. 635-643, 2000.

FEIGL, B. J.; SPARLING, G. P.; ROSS, D. J.; CERRI, C. C. Soil microbial biomass in Amazonian soils: evaluation of methods and estimates of pool sizes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 27, n. 11, p. 1467-1472, 1998.

MARQUES, T. C. L. S.; VASCONCELLOS, C. A.; PEREIRA FILHO, I.; FRANÇA, G. E.; CRUZ, J. C. Envolvimento de dióxido de carbono e mineralização de nitrogênio em latossolo vermelho escuro com diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 581-589, 2000.

MAXWELL, C. D. Acidification and metal contamination: Implications for the soil biota of Sudbury. In: GUNN, J. M. (Ed.). **Restoration and recovery of an industrial region: Progress in restoring the smelter-damaged landscape near Sudbury, Canadá**. New York: Springer-Verlag, 1995. p. 286-344.

MERCANTE, F. M.; FABRICIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z.; SILVA, W. M. **Parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004.

MONTEIRO, M. T.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Carbon, nitrogen, and microbial biomass activity in different litter structures of a natural forest. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 819-826, 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006.

POMPÉIA, S. L. Áreas degradadas por poluição: procedimentos técnicos para recuperação. **Saneamento Ambiental**, v. 7, n. 37, p. 16-18, 1996.

RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996.

SANTOS, V. B.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, D. G. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 3, p. 333-338, 2004.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997.

SPAIN, J. M.; SALINAS, J. G. Reciclagem de nutrientes em pastagens tropicais. In: ROSAND, P. C. (Ed.). **Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos**. Ilhéus: Ceplac/SBCS, 1985. p. 259-299.

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**, v. 30, n.2 p. 195-207, 1992.

TRIVELIN, P. C. O.; BENDASSOLLI, J. A.; OLIVEIRA, M. W. Potencialidade da mistura de aquamônia com vinhaça

na fertilização de canaviais colhidos sem despalha a fogo. Parte I: Estabilidade química da mistura. **STAB. Açúcar, Alcool e Subprodutos**, v. 16, n. 2, p. 26-29, 1997.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 697-702, 1987.

WARDLE, D. A.; GHANI, A. Why is the strength of relationships between pairs of methods for estimating soil microbial biomass often so variable? **Soil Biology and Biochemistry**, v. 27, n. 6, p. 821-828, 1995.

*Received on June 18, 2008.*

*Accepted on May 18, 2009.*

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.