

# CARBONO, NITROGÊNIO E ATIVIDADE DA BIOMASSA MICROBIANA DE UM SOLO SOB VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA DE DIFERENTES IDADES NA AMAZÔNIA ORIENTAL<sup>1</sup>

Lívia Gabrig Turbay RANGEL VASCONCELOS<sup>2</sup>

Daniel Jacob ZARIN<sup>3</sup>

Claudio José Reis de CARVALHO<sup>4</sup>

Maria Marly de Lourdes S. SANTOS<sup>5</sup>

Steel Silva VASCONCELOS<sup>6</sup>

Francisco de Assis OLIVEIRA<sup>7</sup>

**RESUMO:** Foram estimados o carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana do solo (C-BMS, N-BMS e CO<sub>2</sub>-BMS, respectivamente) de um Latossolo Amarelo Concrecionário sob vegetações secundárias de idades de 2; 6 e 14 anos nas estações seca (novembro 2000) e chuvosa (abril 2001) na Amazônia Oriental. O C e N-BMS foram determinados pelo método da fumigação-extração e o CO<sub>2</sub>-BMS através de uma adaptação do método de fumigação-incubação. Foram determinados os índices quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) e relação Cmicrobiano:Corgânico (C<sub>MIC</sub>:C<sub>ORG</sub>). A umidade do solo foi significativamente menor na estação seca. O C-BMS e o N-BMS foram significativamente maiores na estação seca e na vegetação secundária de 14 anos durante a mesma estação e a relação Cmic:Corg apresentou o mesmo padrão. Entretanto a respiração basal apresentou valores significativamente maiores na estação chuvosa e na vegetação secundária de 14 anos durante essa mesma estação. O qCO<sub>2</sub> foi estatisticamente superior durante a estação chuvosa e nas vegetações secundárias de 2 e 6 anos. Os resultados sugerem mudança na estrutura da comunidade microbiana do solo, indicando maior eficiência da BMS em imobilizar um elevado teor de C na vegetação secundária de 14 anos e durante a estação seca.

**TERMOS PARA INDEXAÇÃO:** Biomassa Microbiana, C-microbiano, Fumigação-extração, N-microbiano, Vegetação Secundária.

<sup>1</sup> Aprovado para publicação em 01.07.05

Parte da dissertação de Mestrado do primeiro autor - Solos e Nutrição de Plantas /UFRA

<sup>2</sup> Engenheira Florestal, M.Sc., Pesquisadora Assistente da Embrapa Amazônia Oriental. E-mail: lgabrig@hotmail.com

<sup>3</sup> Doutor em Geociências, Professor da Universidade da Flórida.

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental.

<sup>5</sup> Engenheira Agrônoma, D.Sc., Professora Adjunta da UFRA

<sup>6</sup> Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental

<sup>7</sup> Engenheiro Florestal, D.Sc., Professor Adjunto da UFRA

## CARBON AND NITROGEN OF SOIL MICROBIAL BIOMASS AND MICROBIAL RESPIRATION OF SECONDARY VEGETATION IN EASTERN AMAZÔNIA

**ABSTRACT:** The carbon and nitrogen of soil microbial biomass ( $C_{MIC}$ ,  $N_{MIC}$ ) and microbial activity ( $C-CO_2$ ) in a 2, 6 and 14 -year-old regrowth forest in eastern Amazonia (Para, Brazil) was determined during early November 2000 (dry season) and late April 2001 (rainy season).  $C_{MIC}$  and  $N_{MIC}$  were determined using the fumigation-extraction method and microbial respiration was measured with an adaptation of the fumigation-incubation method. It also calculated metabolic quotient ( $qCO_2$ ) and the soil microbial carbon:soil organic carbon ratio ( $C_{MIC}:C_{ORG}$ ). During the dry season, soil moisture was significantly lower than in the rainy season.  $C_{MIC}$  as  $N_{MIC}$  was significantly higher in the dry season and in the 14 years old regrowth forest;  $C_{MIC}:C_{ORG}$  showed the same pattern. However, microbial respiration was significantly higher in the rainy season, and rainy season  $qCO_2$  values were significantly higher than dry season values. These results suggested changes in the structure of soil microbial community, indicating higher SMB efficiency and substantial carbon immobilization in the 14 years old secondary vegetation and during the dry season.

**INDEX TERMS:** Fumigation-extraction, Microbial Biomass, Microbial-C, Microbial-N, Microbial Activity, Secondary Vegetation.

### 1 INTRODUÇÃO

A biomassa microbiana do solo (BMS) constitui um importante componente de ecossistemas florestais, pois é o compartimento de mais rápida ciclagem da matéria orgânica do solo, resultando em uma fonte potencial de nutrientes para as plantas (ANDERSON; DOMSCH, 1980). Sua estimativa permite aferir o acúmulo ou a perda de carbono (C) e nitrogênio (N), assim como outros nutrientes contidos na sua biomassa (MARUMOTO; ANDERSON; DOMSCH, 1982; GALLARDO; SCHLESINGER, 1990). A BMS, juntamente com carbono orgânico, nitrogênio total do solo e respiração basal fornecem parâmetros para o estudo da dinâmica do C e N do solo.

A relação C microbiano: C orgânico do solo ( $C_{MIC}:C_{ORG}$ ) é um parâmetro que indica a proporção de carbono orgânico que se encontra sob a forma de BMS, fornecendo um índice da qualidade nutricional da matéria orgânica do solo (WARDLE, 1994). Um outro parâmetro utilizado em estudos de BMS é o quociente metabólico ( $qCO_2$ ), que representa a quantidade de  $CO_2$  liberado por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo (ANDERSON; DOMSCH, 1985; SANTRUCKOVA; STRASKRABA, 1991). O  $qCO_2$  pode ser utilizado para melhor entendimento da atividade da BMS. Uma biomassa microbiana eficiente perde menos carbono como  $CO_2$  pela respiração e incorpora maior proporção de carbono ao tecido. Essa

variável geralmente diminui com o tempo de sucessão (INSAM; HASELWANDTER, 1989).

A natureza da vegetação é um fator importante na dinâmica dos microrganismos no solo. A cobertura vegetal é responsável pelo aporte de matéria orgânica ao solo e favorece a atividade dos microrganismos que disponibilizam os nutrientes para as plantas, através da sua mineralização. Estudos sobre sucessão de plantas e desenvolvimento de ecossistemas, normalmente, mostram padrões previsíveis de acúmulo de biomassa (HALVORSON; SMITH; FRANZ, 1991), relacionando a distribuição de energia e nutrientes disponíveis entre os microrganismos do solo e plantas colonizadoras. Essa distribuição de energia e nutrientes geralmente é limitante durante o desenvolvimento de uma comunidade. Em estágios iniciais da sucessão, a diversidade e a produção são baixas, porém em estágios mais tardios, o teor de matéria orgânica aumenta, aumentando os teores de C, N e nutrientes no sistema. Entretanto, a disponibilidade dos nutrientes em solos tropicais pode sofrer variações sazonais em função da disponibilidade da água (LODGE; McDOWELL; McSWINRY, 1994), afetando diretamente a BMS (LUIZÃO, 1989).

O presente trabalho teve como objetivo determinar e comparar a quantidade de C e N contidos na BMS e sua atividade em uma cronosseqüência (2, 6 e 14 anos) de vegetação secundária nas estações seca e chuvosa na Amazônia Oriental.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de pesquisa está localizada na Estação Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, atual Universidade Federal Rural da Amazônia, à margem da BR 316, Km 63, região de Apeú, Castanhal (1°19' S, 47°57' W). O clima é do tipo Am3 (classificação de Köppen) com precipitação pluviométrica média anual entre 2000 e 2500 mm. A época mais chuvosa ocorre no verão e outono (dezembro a maio), enquanto que a época mais seca ocorre no inverno e primavera (junho a novembro) (Figura 1). A umidade relativa do ar apresenta valores médios anuais que variam de 78 a 90 % (MARTORANO; PEREIRA, 1993). Na área há predominância de vegetação secundária latifoliada e o solo é do tipo Latossolo Amarelo distrófico Concrecionário.

Foram coletadas amostras de solo sob vegetações secundárias de diferentes idades (2; 6 e 14 anos), nas estações seca (novembro de 2000) e chuvosa (abril de 2001).

A área de vegetação de 2 anos possui elevada ocorrência de espécies arbustivas (como *Borreria spp.*, *Miconia ceramicarpa*) e herbáceas (como *Coutoubea spicata*, *Lindernia spp.*) e poucos indivíduos de espécies arbóreas com altura menor que 1,50m e diâmetro  $d \leq 1$ cm. Em comparação, à vegetação de 6 anos possui altura média de indivíduos arbóreos de 2,5m e densidade de indivíduos (com diâmetro maior ou igual a 1cm) de 122 ( $\pm 22$ ) indivíduos por 100 m<sup>2</sup>.

A vegetação de 14 anos com maior biomassa e diversidade de espécies possui altura média de indivíduos de 4,9m e densidade de indivíduos de 213 ( $\pm 20$ ) indivíduos por 100 m<sup>2</sup>. Em todas as vegetações ocorre o predomínio de espécies como *Lacistema pubescens*, *Vismia guianensis* e *Myrcia spp.*

Nas vegetações secundárias de 2 e 6 anos, foram estabelecidas 4 parcelas de 10 x 10 m e, na vegetação secundária de 14 anos, 12 parcelas de 20m x 20 m. Foi coletada uma amostra composta de 5 amostras simples por parcela, nas áreas estabelecidas. A coleta foi realizada através de trincheiras nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. Após a coleta, as amostras foram

destorroadas manualmente, passadas em peneira de 2 mm de malha e homogeneizadas. Foram retirados resíduos visíveis de plantas e animais antes do acondicionamento das amostras em sacos plásticos sob refrigeração (cerca de 4 °C) até o momento da extração para análise.

A umidade das amostras coletadas na época seca foi elevada para cerca de 60 a 70% da capacidade máxima de retenção de água do solo. As amostras da estação chuvosa foram expostas ao ar por uma noite para facilitar o peneiramento, e, após esse procedimento, apresentavam umidade próxima a 60% da capacidade máxima de retenção de água. A umidade gravimétrica do solo foi determinada segundo Embrapa (1997).

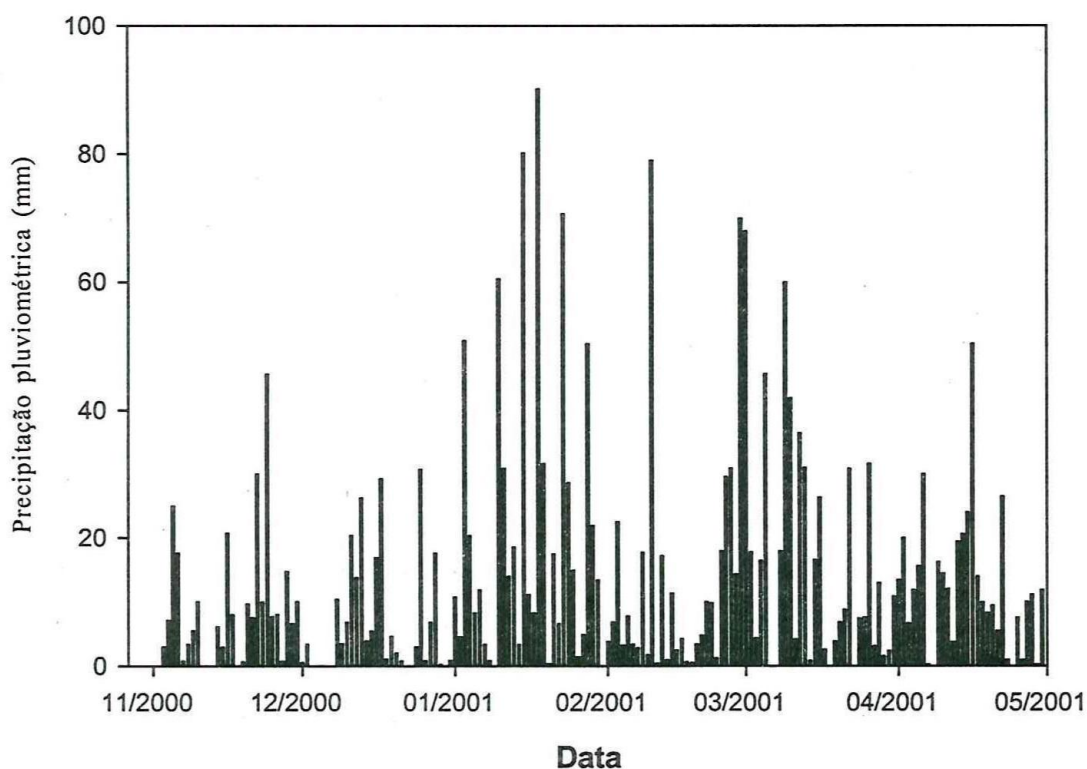


Figura 1 – Distribuição da precipitação pluviométrica em Castanhal (cerca de 3 km da área experimental).

As características químicas do solo das três áreas estudadas encontram-se na Tabela 1. O C e N-BMS foram determinados pelo método da fumigação-extração (BROOKES et al., 1985; VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987; TATE; ROAA; FELTHAM, 1988). O  $K_{EC}$  utilizado foi igual a 0,26 (FEIGL et al., 1995) e o  $K_{EN}$  igual a 0,54 (BROOKES et al., 1985; JOERGENSEN; MUELLER, 1996).

A respiração basal da biomassa microbiana foi estimada através de uma adaptação do método da fumigação-incubação (JENKINSON; POWLSON, 1976), que consistiu na incubação de amostras de solo por 10 dias em recipiente contendo NaOH para a captura do  $CO_2$ .

A relação  $C_{MIC}:C_{ORG}$  foi determinada a partir do C-BMS e C orgânico do solo. O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) (ANDERSON; DOMSCH, 1985; SANTRUCKOVA; STRASKRABA, 1991), também denominado taxa respiratória da biomassa microbiana (TRBM) (GAMA-RODRIGUES, 1999), foi calculado a partir da respiração basal da biomassa microbiana e do C da biomassa microbiana.

Com auxílio do programa estatístico Sigma Stat versão 2.0 (JANDEL..., 1994), foram realizadas análise de variância de medidas repetidas e teste de médias (Tukey) das variáveis estudadas para os fatores idade de vegetação secundária e estações climáticas, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, separadamente. A análise de variância da umidade gravimétrica foi realizada para profundidade de 0-10 cm.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância da umidade gravimétrica mostrou efeito significativo de idade de vegetação secundária ( $F=48,82$ ,  $P<0,001$ ), estações climáticas ( $F=154,89$ ,  $P<0,001$ ), e interação entre os dois fatores ( $F=9,836$ ,  $P=0,002$ ). A umidade do solo foi significativamente maior durante a estação chuvosa. O solo sob vegetação secundária de 14 anos apresentou teor de umidade significativamente maior que as outras áreas durante as épocas seca e chuvosa, refletindo o efeito da cobertura vegetal na manutenção da umidade do solo (Figura 2).

O carbono orgânico do solo (C-org), na profundidade de 0-5 cm, somente foi afetado pelo efeito de estação e idade de vegetação (Tabela 1). Na vegetação secundária de 14 anos ele foi significativamente maior, e menor nas vegetações de 6 e 2 anos (Tabela 1, Figura 3A). O aumento da fitomassa e produção de matéria orgânica bruta com o aumento da sucessão da vegetação foram observados por Vieira (1996). Em relação à sazonalidade, as maiores médias foram encontradas durante a época chuvosa (Figura 3A). O aumento no teor de C orgânico com a elevação da precipitação pluviométrica em solos amazônicos também foi constatado por Demattê et al. (1997).

Para a profundidade de 5-10 cm, esse parâmetro não foi afetado pelas fontes de variação (Tabela 1).

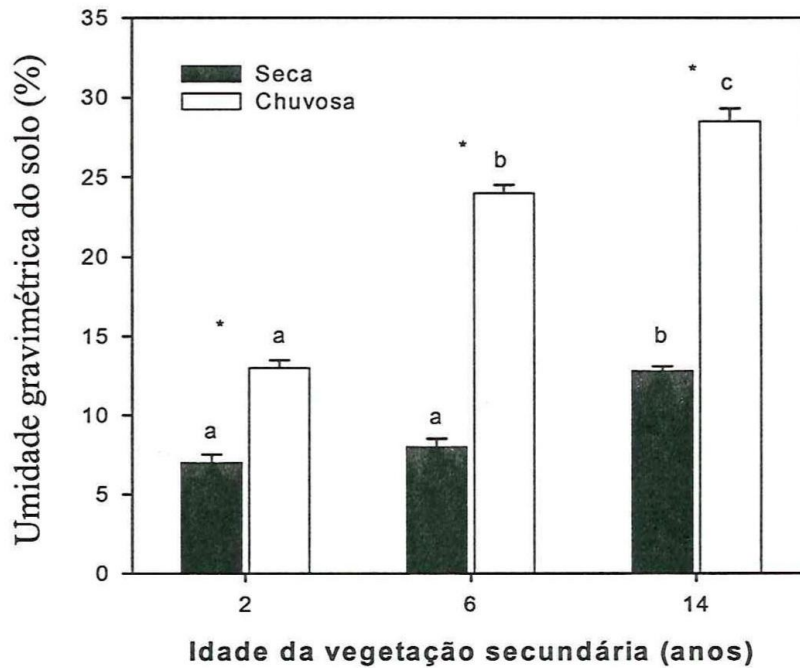


Figura 2 – Variação da umidade gravimétrica (profundidade de 0-10 cm) do solo sob uma cronossequência de vegetação secundária (n = 12 para a vegetação secundária de 14 anos e n = 4 para as vegetações secundárias de 2 e 6 anos)

Tabela 1 – Valores de F e respectivos níveis de significância para os efeitos de tratamento idade da vegetação, data de coleta (estação) e interação entre tratamento e data de coleta sobre as variáveis estudadas.

Variável	Profundidade					
	0-5 cm			5-10 cm		
	Idade da vegetação	Idade da vegetação x Estação	Idade da vegetação x Estação	Idade da vegetação	Idade da vegetação x Estação	Idade da vegetação x Estação
C-org <sup>1</sup>	4,110*	6,984*	0,207 ns	1,839 ns	4,206 ns	0,491 ns
C-BM <sup>2</sup>	7,992 **	38,904***	5,124 *	9,749**	72,128***	5,086*
N-BM <sup>3</sup>	14,480***	6,143*	1,016 ns	13,423***	11,204**	0,108 ns
CO <sub>2</sub> -BMS <sup>4</sup>	2,416 ns	6,005*	4,332*	0,751 ns	8,609**	4,443*
qCO <sub>2</sub> <sup>5</sup>	2,551 ns	63,775***	4,501 ns	11,684***	55,991***	2,890 ns
Cmic-org <sup>6</sup>	0,329 ns	10,337**	1,227 ns	0,953 ns	14,304**	0,563 ns

Ns não significativo, \* (P < 0,05), \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

<sup>1</sup> carbono orgânico

<sup>2</sup> carbono da biomassa microbiana do solo

<sup>3</sup> nitrogênio da biomassa microbiana do solo

<sup>4</sup> respiração da BMS

<sup>5</sup> quociente metabólico

<sup>6</sup> relação carbono microbiano carbono orgânico.

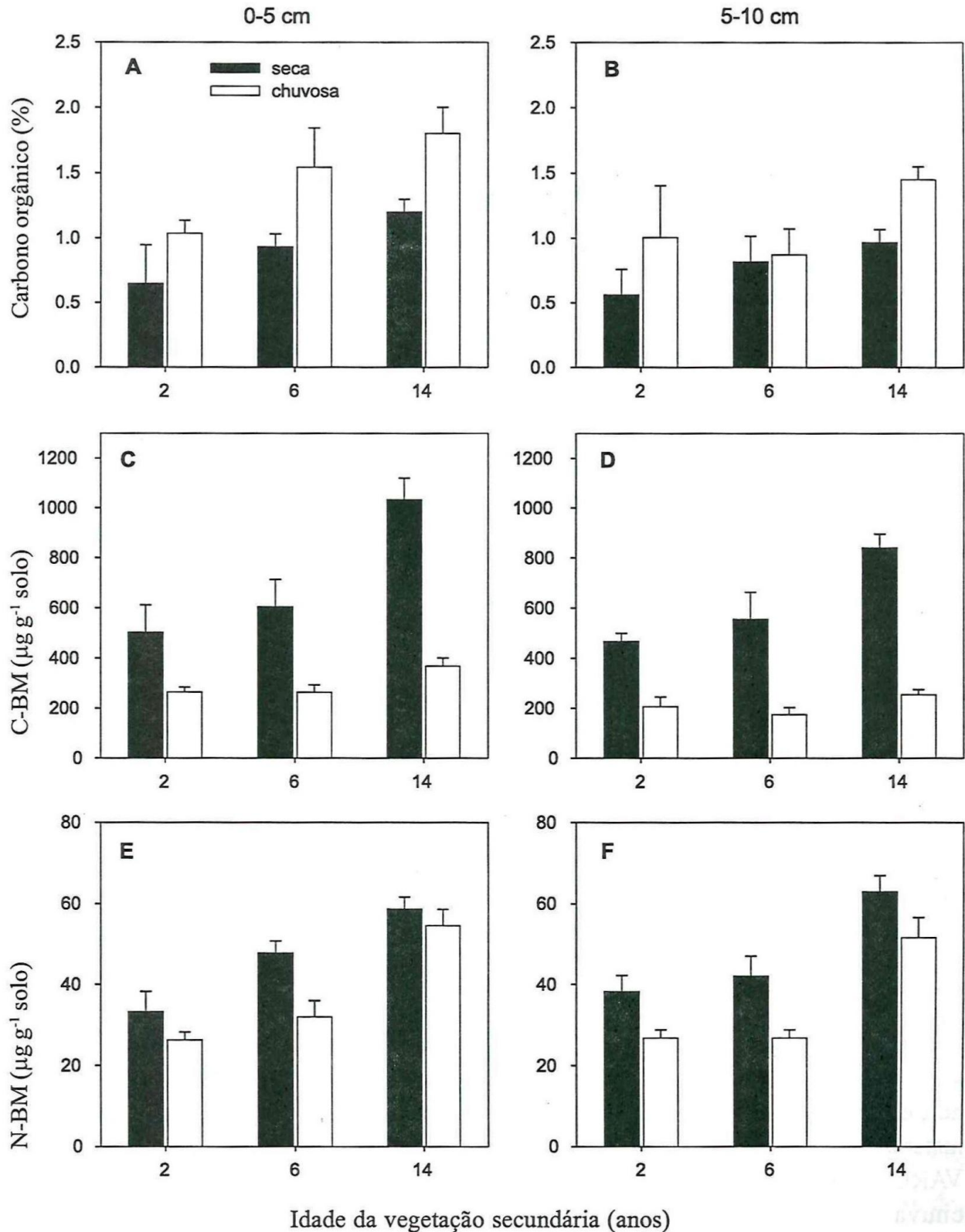


Figura 3 – Carbono orgânico (A,B), carbono (C,D) e nitrogênio (E,F) da biomassa microbiana do solo (C e N-BMS) sob cronossequência de vegetação secundária nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, nas épocas seca e chuva (n = 12 para vegetação secundária de 14 anos e n = 4 para vegetações secundárias de 2 e 6 anos).

Os conteúdos de C-BMS encontrados no presente trabalho estão de acordo com resultados para solos amazônicos (PFENNING; EDUARDO; CERRI, 1992; GERALDES; CERRI; FEIGL, 1995; FEIGL, 1995; DAVIDSON, 2004). O C-BMS foi significativamente maior para a coleta realizada na época seca em todos os três sítios estudados, e na vegetação secundária de 14 anos em relação às de 2 e 6 anos durante a mesma estação. Na coleta realizada na época chuvosa, não houve diferença estatística entre as idades nas duas profundidades estudadas (Tabela 1, Figuras 3A e 3B). Os resultados apresentaram tendência de aumento do conteúdo de C-BMS de acordo com o aumento da idade da vegetação.

O elevado resultado encontrado na estação seca não era esperado, entretanto existem relatos de correlação negativa entre C-BMS e a umidade do solo (ROSS, 1987; SRIVASTAVA; SINGH, 1988; SRIVASTAVA, 1992). Esta relação inversa pode ser devido à ocorrência de nutrientes prontamente disponíveis no solo e eventos de chuvas anteriores à coleta durante a estação seca, o que pode ter estimulado o crescimento da população microbiana.

As altas taxas de produção de serrapilheira e baixas taxas de decomposição, no período seco causam um acúmulo de matéria orgânica bruta do solo (CORNEJO; VARELA; WRIGHT, 1994), a ocorrência de chuva neste período pode provocar a mineralização dos nutrientes provenientes da matéria orgânica e de parte da BMS que morre com esse processo, causando um rápido crescimento da BMS (LODGE; McDOWELL; McSWINEY, 1999).

O N-BMS foi afetado apenas pelos efeitos de estação e idade de vegetação para as duas profundidades estudadas (Tabela 1). As maiores médias foram encontradas durante a época seca e na vegetação de 14 anos (Tabela 1, Figura 3). As diferenças significativas entre as médias das idades de vegetação sugerem a mesma tendência do C microbiano (Figura 3).

Os valores médios de N-BMS encontrados no presente estudo estão de acordo com os citados na literatura para solos amazônicos (GERALDES; CERRI; FEIGL, 1995; FEIGL et al., 1995; DAVIDSON et al., 2004). Os maiores valores de N microbiano encontrados no período seco também podem ser explicados como o C-BMS.

O aumento da umidade do solo durante a estação chuvosa pode resultar na elevação das taxas de mineralização de N, como mostrado por Gorhan e Zarin (2001), podendo explicar os valores reduzidos de N-BMS durante esse período. Gama-Rodrigues, Gama Rodrigues e Barros (1997) encontraram correlação negativa e significativa entre o N-BM e o N mineral do solo, indicando que, quanto maior for a mineralização de N no solo, menor será o seu acúmulo na BMS. Assim, sugere-se que durante a época seca o N-BMS estava sendo mais imobilizado do que mineralizado. Luizão, Bonde e Rosswall (1992) observaram que a reumidificação do solo por eventos de chuva em épocas secas resultam tanto na imobilização do N ou em um grande aumento de mineralização deste elemento, dependendo de como se encontram as condições da BMS e o estoque de carbono orgânico do solo.



A respiração basal foi mais alta na vegetação de 14 anos durante a época chuvosa (Tabela 1, Figuras 4A e 4B). Luizão, Bonde e Ross (1992) também encontraram alta produção de CO<sub>2</sub> durante o período chuvoso em solos da Amazônia, sugerindo que a atividade microbiana foi estimulada pelo aumento da disponibilidade de água no solo. Por outro lado, menor atividade microbiana e elevada BMS durante o período seco indicam que, no momento da amostragem da época seca, a BMS estava imobilizando mais nutrientes em seu tecido do que mineralizando. Os valores obtidos no presente trabalho foram superiores aos encontrados por Luizão, Bonde e Ross (1992) e Gama-Rodrigues *et al.* (1994). Essas diferenças encontradas em relação aos valores citados na literatura podem decorrer das diferentes condições edafo-climáticas e, também, da diferença de métodos entre os estudos.

O qCO<sub>2</sub> foi significativamente menor na estação seca para as duas profundidades (Tabela 1, Figura 4C e 4D), evidenciando maior eficiência da BMS em imobilizar o C durante essa época. Na profundidade de 0-5 cm, as vegetações secundárias de 2 e 6 anos apresentaram qCO<sub>2</sub> significativamente maior em relação à vegetação secundária de 14 anos durante a época seca. Entretanto, esse padrão não foi observado na época chuvosa, quando apenas a vegetação secundária de 6 anos,

na profundidade de 5-10 cm, apresentou qCO<sub>2</sub> significativamente maior em relação às outras, ou seja, menor eficiência no uso de energia (Figura 4D).

Anderson e Domsh (1989) encontraram qCO<sub>2</sub> maior e mais variado em sítios novos do que em sítios maduros. Segundo Insam e Haselwandter (1989), o qCO<sub>2</sub> decresce com o tempo de sucessão em um ecossistema, pois, na medida em que o ecossistema se desenvolve, ocorrem mais condições para a sobrevivência dos microrganismos no solo, reduzindo a energia de manutenção requerida. Entretanto, mudanças na estrutura da comunidade microbiana (OHTONEN *et al.*, 1999) e competição ou outras interações entre plantas e microrganismos (KAYE; HART, 1997) podem contribuir substancialmente para os padrões de utilização da energia pela comunidade microbiana.

No presente estudo, os resultados de qCO<sub>2</sub> durante a estação seca evidenciaram que com a sucessão da vegetação esse quociente diminui, entretanto esse padrão não foi observado durante a estação chuvosa.

Os baixos valores de qCO<sub>2</sub> durante a época seca confirmam a eficiência da BMS em imobilizar C e nutrientes neste período, enquanto que na época chuvosa, os elevados valores de qCO<sub>2</sub> sugerem que a BMS está mineralizando mais C do que imobilizando. A modificação na eficiência

da BMS pode estar relacionada a mudanças na estrutura da comunidade microbiana do solo (relação fungo/bactéria). Fungos são mais efetivos no uso de sua energia que bactérias, desenvolvendo uma grande biomassa inativa (OHTONEN et al., 1999). Assim, o aumento na eficiência no uso da energia promovida por fungos, e a sucessão ou desenvolvimento do ecossistema, resulta em um decréscimo do  $qCO_2$ . Os elevados conteúdos de C-BMS aliados ao baixo  $qCO_2$  sugerem, também, maior densidade de fungos em relação a de bactérias durante a época seca. Entretanto, é necessário o estudo de identificação das comunidades microbianas aliado a parâmetros como  $qCO_2$  para se concluir algo a respeito (INSAM; HASELWANDTER, 1989).

Os resultados de C-BMS apresentaram boa correlação com o  $qCO_2$ . A relação hiperbólica negativa obtida (Figura 5) está de acordo com Santruckova e Straskraba (1991) e Gama-Rodrigues (1997), sugerindo que, quanto mais eficiente a biomassa microbiana, menos carbono é perdido, portanto, maior proporção de C é incorporado ao tecido microbiano.

Os resultados da relação  $C_{MIC}:C_{ORG}$  indicaram uma maior imobilização de C pela BMS durante a época seca devido ao percentual elevado de C-org imobilizado na BMS durante este período (Figura 4).

Entretanto, a atividade microbiana neste período foi mais baixa, principalmente na vegetação secundária de 14 anos, sugerindo a presença de elevada biomassa microbiana inativa. Os altos valores de C da BMS encontrados na estação seca podem decorrer de um aumento na população de fungos (DOMMERGUES; BELSER; SCHMIDT, 1978) ou de uma alta densidade de esporos de fungos. Na região do Nordeste paraense normalmente ocorre maior densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares durante a época seca (informação verbal)<sup>8</sup>.

A relação  $C_{MIC}:C_{ORG}$  do solo encontrada durante a época seca no presente trabalho foi superior às encontradas na literatura (POWLSON; JENKINSON, 1981, ANDERSON; DOMSCH, 1989, BALOTA et al. 1998). Basante et al. (2001), entretanto, encontraram valores que variaram de 3 a 11% em floresta nativa e 3,2 a 10% em solos sob plantio de eucalipto na Amazônia.

<sup>8</sup> Elizabeth Ying Chu. Engenheira Agrônoma, Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental – Belém (PA).

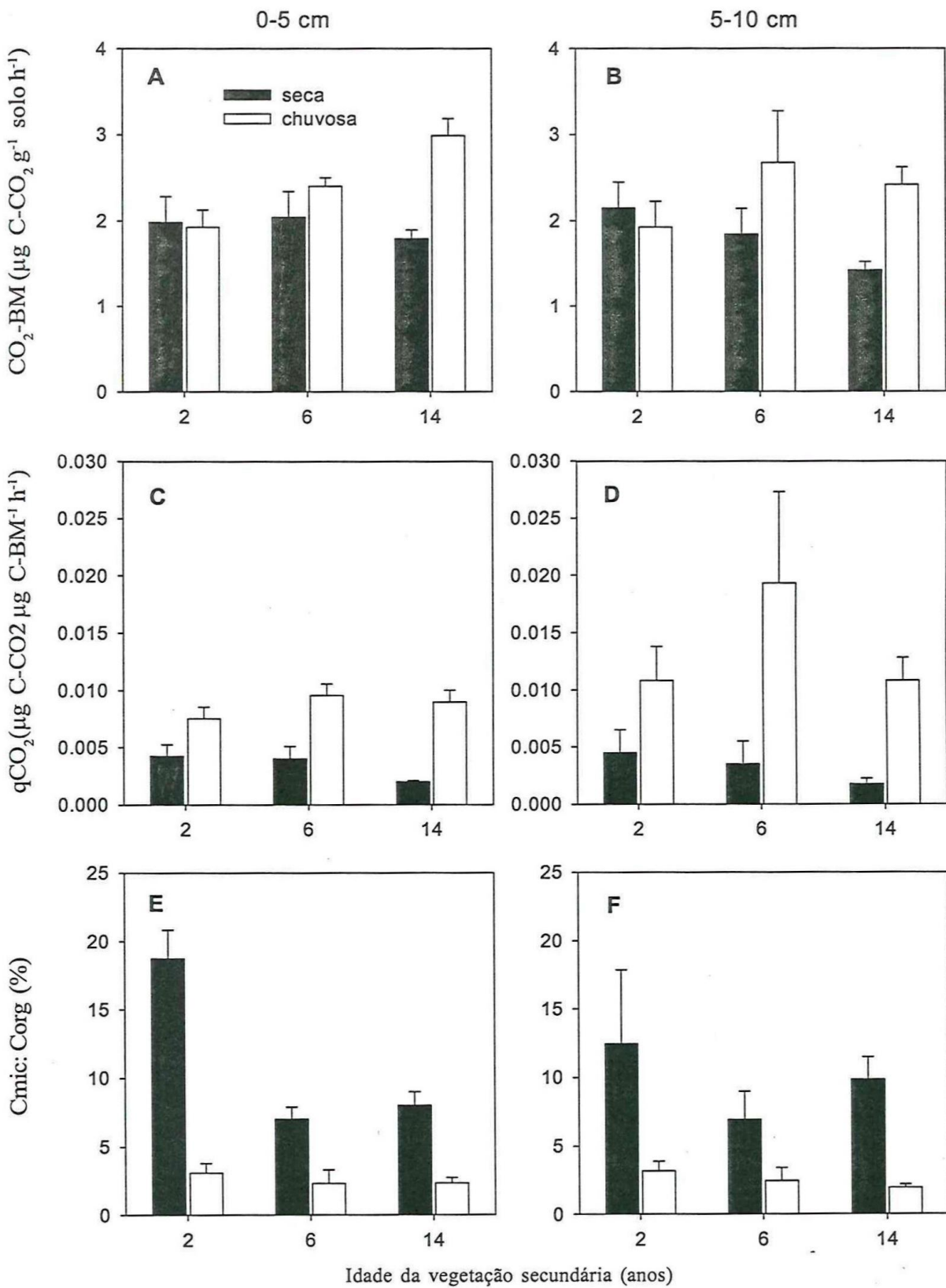


Figura 4 – Respiração microbiana (A, B), quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) (C, D) e relação C<sub>mic</sub>:C<sub>org</sub> (E, F) do solo sob cronosseqüência de vegetação secundária na Amazônia Oriental, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, nas épocas seca e chuvosa (n = 12 para a vegetação secundária de 14 anos e n = 4 para as vegetações secundárias de 2 e 6 anos).

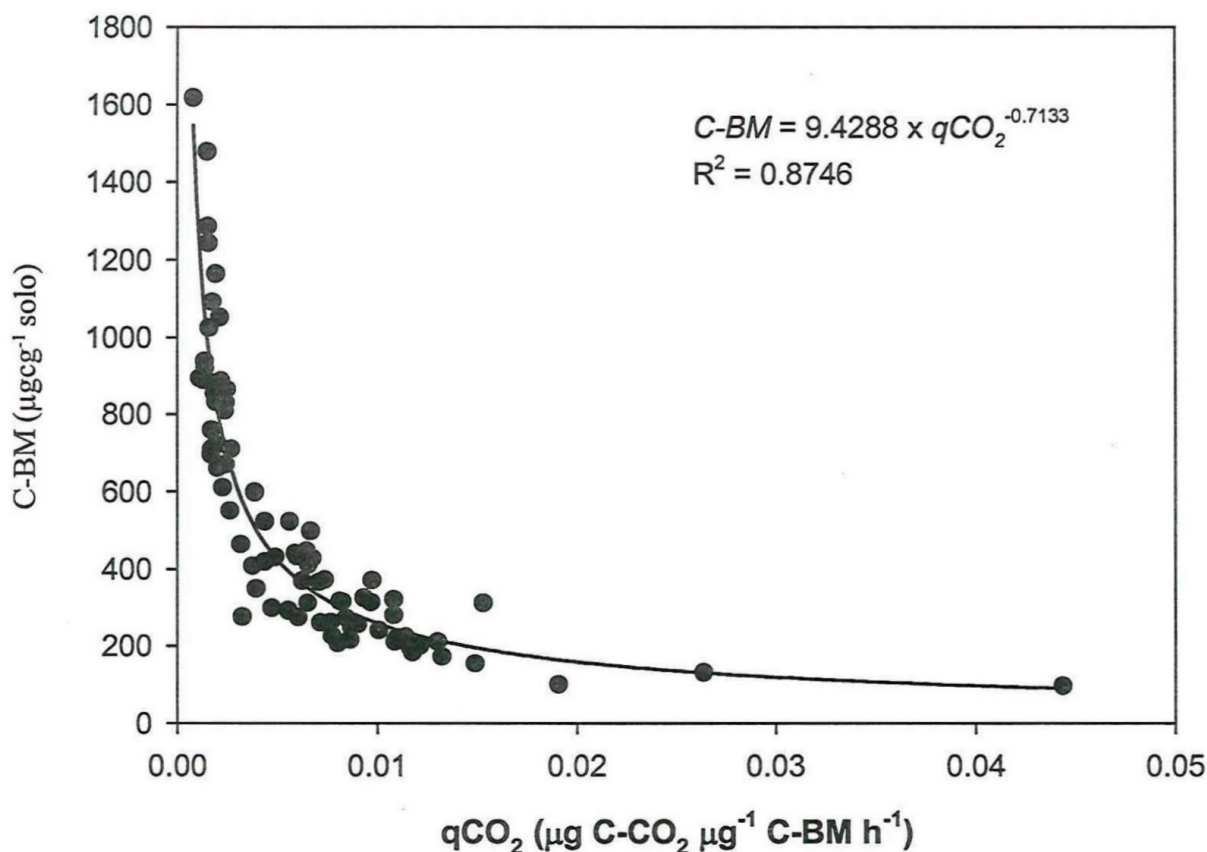


Figura 5 – Carbono da biomassa microbiana do solo (C-BM) em função do quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>).

#### 4 CONCLUSÃO

A idade de vegetação secundária afeta os estoques de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo.

A estação seca ou disponibilidade da água do solo influenciou a eficiência da BMS em imobilizar carbono e nitrogênio e a estrutura da comunidade microbiana.

#### REFERÊNCIAS

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. *Biology Fertility Soils*, v. 1, p.81-89, 1985.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. *Soil Science*, v. 130, p. 211-216, 1980.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Ratios of microbial biomass carbon to total organic in arable soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 21, p. 471-479, 1989.

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*, v. 22, p. 641-649, 1998.

- BASANTE, F. T.; SILVA Jr., M. L. da; MELO, V. S.; COSTA, L. G. da S.; McNABB, K. L. Atividade, carbono da biomassa microbiana de latossolo amarelo com diferentes texturas sob floresta nativa e floresta plantada com eucalipto. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ, 3., 2001, Belém. *Resumos...* Belém: FCAP, 2001. p. 52-54.
- 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 nitrogen microbial biomass soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 17, p. 837-842, 1985.
- CORNEJO, F. H.; VARELA, A.; WRIGHT, J. S. Tropical forest litter decomposition under seasonal drought: nutrient release, fungi and bacteria. *Oikos*, v. 70, p. 183-190, 1994.
- DAVIDSON, E. A.; CARVALHO, C. J. R. de; VIEIRA, I. C. G.; FIGUEIREDO, R. de O.; MOUTINHO, P.; ISHIDA, F. Y.; SANTOS, M. T. dos S.; GUERRERO, J. B.; KALIF, K.; SABÁ, R. T. Nitrogen and phosphorus limitation of biomass growth in a tropical secondary forest. *Ecological Applications*, v. 14, n. 4, p. 150-163, 2004. Supplement.
- DEMATTÊ, J. A. M.; DEMATTÊ, J. L. J.; TOGNON, A. A.; ALOISI, R. R. Teor de matéria orgânica dos latossolos das regiões amazônica e dos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. *Resumos expandidos...*, Rio de Janeiro, 1997. CD-ROM.
- DORMEGUES, Y. R.; BELSER, L. W.; SCHMIDT, E. L. Limiting factors for microbial growth and activity in soil. *Advances in Microbial Ecology*, v.2, p.49-104, 1978.
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: EMBRAPA. CNPS, 1997. 212p. (Documentos, 1).
- 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, p. 1467-1472, 1995.
- GALLARDO, A.; SCHLESINGER, W. H. Estimating microbial biomass nitrogen using the fumigation-incubation and fumigation-extraction method in a warm-temperate forest soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 22, p. 927-932, 1990.
- GAMA-RODRIGUES, E. F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. de O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Genesis, 1999. 508p.
- \_\_\_\_\_. *Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e da serapilheira de povoamentos de eucalipto*. 1997. 108p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, 1997.

- GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Biomassa microbiana de carbono e nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21, p. 361-365, 1997.
- \_\_\_\_\_; GUERRA, J. G. M., ALMEIDA, D. L.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana de carbono em solos de Itaguaí (RJ): comparação entre os métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 18, p. 427-432, 1994.
- GERALDES, P.A; CERRI, C.C; FEIGL, B.J. Biomassa microbiana de solo sob pastagens na Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.1, p.55- 60, 1995.
- GORHAN, A. M.; ZARIN, D. J. Seasonal changes C:N ratios and mineralization in young secondary forests in Eastern Amazonia. In: LBA MEETING, 2001, Atlanta. Atlanta, 2001.
- HALVORSON, J. J.; SMITH, J. L.; FRANZ, E. H. Lupine influences on soil carbon nitrogen and microbial activity in developing ecosystems at Mount St. Helen. *Oecologia*, v. 87, p. 162-170, 1991.
- INSAM, H.; HASELWANDTER, K. Metabolic quotient of the soil microflora in relation to plant succession. *Oecologia*, v. 79, p. 174-178, 1989.
- JANDEL scientific: Sigma stat user's manual. San Rafael, 1994.
- JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. Residual effects of soil fumigation on soil respiration and mineralization. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 2, p. 99-108, 1976.
- JOERGENSEN, R. G.; MUELLER, T. The fumigation-extraction method to estimate soil microbial biomass: calibration of the  $k_{EN}$  value. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 28, p. 33-37, 1996.
- KAYE, J. P.; HART, S. C. Competition for N between plants and microorganisms. *Trends in Ecology and Evolution*, v.12, p. 311-326, 1997.
- LODGE, D. J.; McDOWELL, W. H.; McSWINEY, C. P. The importance of nutrient pulses in tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 9, p. 384-387, 1994.
- LUIZÃO, R. C. *Variações temporais da biomassa microbiana e aspectos da ciclagem do nitrogênio em solos de floresta natural e de sistemas manejados na Amazônia Central*. 1989. 67 p. Dissertação (Mestrado) – PPG INPA/FUA, Manaus, 1989.
- \_\_\_\_\_; BONDE, T. A.; ROSSWALL, T. Seasonal variation of soil microbial biomass – the effects of clearfelling a tropical rainforest and establishment of pasture in the central Amazon. *Soil Biology and Biochemistry*, v.24, p. 805-813, 1992.
- MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C. *Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (THORNTHWAITE, MATHER)*. Belém: SUDAM:EMBRAPA. CPATU, 1993.

- MARUMOTO, T.; ANDERSON, J. P. E., DOMSCH, K.H. Mineralization of nutrients from soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, v.14, p.469-475, 1982.
- OHTONEN, R.; FRITZE, H.; PENNANEN, T.; JUMPPONEN, A.; TRAPPE, J. Ecosystem properties and microbial community changes in primary succession on glacier forefront. *Oecologia*, v. 119, p. 239-246, 1999.
- PFENNING, L.; EDUARDO, B. P.; CERRI, C. C. Os métodos da fumigação-incubação e fumigação-extração na estimativa da biomassa microbiana de solos da Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 16, p. 31-37, 1992.
- POWLSON, D. S.; JENKINSON, D. S. A comparison of the organic matter, biomass, adenosine triphosphate and mineralizable nitrogen contents of ploughed and direct-drilled soils. *Journal of Agricultural Science*, v. 97, p. 713-724, 1981.
- ROSS, D. J. Soil microbial biomass estimate by the FI procedure: seasonal fluctuations and influence of soil moisture content. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 19, p. 397-404, 1987.
- SANTRUCKOVA, H.; STRASKRABA, M. On the relationship between specific respiration activity and microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 23, p. 525-532, 1991.
- SRIVASTAVA, S. C. Microbial C, N and P in dry tropical soils: seasonal changes and influence of soil moisture. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 24, p. 711-714, 1992.
- \_\_\_\_\_; SINGH, J. S. Carbon and phosphorus in the soil biomass of some tropical soils of India. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 20, p. 743-747, 1988.
- TATE, K. R.; ROSS, D. J.; FELTHAM, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 20, p. 329-335, 1988.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 19, p. 703-707, 1987.
- VIEIRA, I. C. G. *Forest succession after shifting cultivation in Eastern Amazônia*. 1996. 205p. Tese (Doutorado) – University of Stirling, 1996.
- WARDLE, D. A. Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. *Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola*. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 542p.