

SEÇÃO III - BIOLOGIA DO SOLO

CARBONO, NITROGÊNIO E ATIVIDADE DA BIOMASSA MICROBIANA EM DIFERENTES ESTRUTURAS DE SERAPILHEIRA DE UMA FLORESTA NATURAL⁽¹⁾

M. T. MONTEIRO⁽²⁾ & E. F. GAMA-RODRIGUES⁽³⁾

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da qualidade nutricional e orgânica sobre a atividade C e N da biomassa microbiana em diferentes estruturas da serapilheira de uma mata atlântica montana no entorno do Parque Estadual do Desengano-RJ. As amostras de serapilheira foram coletadas em setembro de 1999. Realizou-se a separação das estruturas em: folhas, galhos e raízes superficiais; mistura de material mais fragmentado (estrutura F) e matéria orgânica menor que 2 mm (estrutura H). A qualidade nutricional e orgânica da serapilheira influenciou a atividade da biomassa microbiana. Das estruturas, as folhas apresentaram uma biomassa microbiana mais eficiente na imobilização de C e N. O qCO_2 foi um indicador de condições de estresse, presença de celulose e polifenol, para a biomassa microbiana nas diferentes estruturas. Utilizando a técnica de agrupamento de Tocher, observou-se a formação de três grupos distintos. Um constituído pelas raízes superficiais e estrutura H; o segundo pelas folhas e o terceiro grupo pela estrutura F. Por meio da contribuição relativa dos caracteres para a divergência entre as estruturas, a variável que mais contribuiu foi a relação polifenol: N, seguida do carbono da biomassa microbiana, polifenol, celulose e relação lignina: N.

Termos de Indexação: folhas, serapilheira, biomassa microbiana, atividade microbiana, qualidade nutricional e orgânica.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado da primeira autora, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. Recebido para publicação em novembro de 2003 e aprovado em agosto de 2004.

⁽²⁾ Mestre em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. CEP 28015-620 Campos dos Goytacazes (RJ). E-mail: marcelatm@bol.com.br

⁽³⁾ Professora Associada do Laboratório de Solos, UENF. E-mail: emanuela@uenf.br

SUMMARY: *CARBON, NITROGEN, AND MICROBIAL BIOMASS ACTIVITY IN DIFFERENT LITTER STRUCTURES OF A NATURAL FOREST*

The objective of this work was to evaluate the influence of the organic and nutritional quality on the activity and C and N contents of the microbial biomass in different structures of litter from a Mountain Atlantic Forest from around the Desengano State Park-RJ, Brazil. Litter samples were collected in September 1999. The litter structures were leaves, branches, and superficial roots; fine debris (F structure); and organic matter smaller than 2 mm (H structure). The nutritional and organic litter quality influenced the activity of the microbial biomass. The leaves had the most efficient microbial biomass in the immobilization of C and N. The qCO_2 (metabolic quotient) was an indicator for the stress condition and presence of cellulose and polyphenol for the microbial biomass in the different structures. The formation of three distinct groups was observed by the Tocher group technique. The first group consisted of superficial roots and H structure; the second comprised leaves and the third group consisted of F structure. Through the relative contribution of the characters to the divergence between components, the variable that most contributed was polifenol: N ratio, followed by carbon microbial biomass, polifenol, cellulose and lignin: N ratio.

Index terms: leaves, litter, microbial biomass, microbial activity, organic and nutritional quality.

INTRODUÇÃO

As coberturas florestais proporcionam grande aporte de estruturas vegetais que irão formar a serapilheira acumulada. Dentre os fatores que afetam a quantidade de resíduos produzidos, os mais relevantes são as variáveis climáticas (precipitação e temperatura); a disponibilidade de nutrientes no solo; a característica genética das plantas; a idade e a densidade de plantio (Correia & Andrade, 1999). Regiões com alto índice pluviométrico, em geral, produzem maior quantidade de serapilheira em comparação com as regiões de baixo índice pluviométrico (Gonzalez & Gallardo, 1982). Em fragmentos de mata atlântica montana na região norte fluminense, a produção de serapilheira na estação chuvosa foi três vezes maior em relação à estação seca (Cunha et al., 2000). Na serapilheira, a vegetação é a principal responsável pela variabilidade horizontal, sendo a velocidade de decomposição o agente responsável pela heterogeneidade vertical (diferenciação em estruturas), no qual, em um ecossistema de lenta decomposição, pode-se encontrar uma serapilheira bastante espessa (Correia & Andrade, 1999).

O acúmulo de serapilheira na superfície do solo é mediado pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas e por sua taxa de decomposição. O maior acúmulo de serapilheira é devido à menor taxa de decomposição e à maior entrada de material no sistema solo. A decomposição é um processo dinâmico, em que ocorrem, simultaneamente, a fragmentação física das suas

estruturas, a transformação química e a síntese de novos compostos e transporte destes produtos formados para horizontes mais profundos da manta orgânica e, ou, do solo (Heal et al., 1997). É regulado pela composição da comunidade decompositora (macro e microrganismos), qualidade do material orgânico e condições físico-químicas do ambiente, que, por sua vez, são reguladas pelo clima e características edáficas do local. Conforme as condições edafoclimáticas, a velocidade de decomposição da serapilheira varia de acordo com os teores de lignina, polifenóis, celulose, carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre, dentre outros componentes. Altos teores de lignina, polifenóis e celulose estão relacionados com a baixa taxa de decomposição, menor liberação de nutrientes e com maior acúmulo de serapilheira (Swift et al., 1979).

Como a decomposição e a mineralização dos resíduos vegetais dependem da atividade microbiana, a avaliação da biomassa microbiana fornece informações importantes para o entendimento da ciclagem de nutrientes (Paul & Clark, 1989). Por apresentar rápida ciclagem, este atributo microbiológico responde intensamente a flutuações sazonais de umidade e temperatura, ao cultivo e ao manejo de resíduos, sendo um indicador mais sensível das mudanças nos níveis de matéria orgânica do que o teor de C orgânico (Anderson & Domsch, 1989; Sparling, 1997). Contudo, mais importante que o valor absoluto da biomassa microbiana é o estudo das relações entre a biomassa e a atividade microbiana e atributos químicos para o melhor entendimento sobre a funcionalidade do sistema solo-serapilheira.

Gama-Rodrigues et al. (1997), trabalhando com solo e serapilheira sob diferentes coberturas florestais, na qual a serapilheira com maiores teores de N apresentou menor quantidade acumulada, encontraram correlação negativa entre o N da biomassa microbiana e o N da serapilheira ($r = -0,52$, $P < 0,01$), indicando que quanto maior a taxa de decomposição menor o N acumulado na biomassa microbiana. Nesse caso, a qualidade nutricional da serapilheira estaria determinando a maior taxa de decomposição e, conseqüentemente, a imobilização de N pela biomassa microbiana.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da qualidade nutricional e orgânica da serapilheira sobre a atividade, C e N da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de mata atlântica montana.

MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo pertence ao Parque Estadual do Desengano, compreendendo aproximadamente 25.000 ha, situa-se entre os municípios de Santa Maria Madalena, São Fidélis e Campos dos Goytacazes, na região norte fluminense. As regiões fitoecológicas predominantes são as de floresta ombrófila densa, formações montana e submontana (Brasil, 1983). O sítio experimental representa uma floresta montana, com aproximadamente 1.100 m de altitude, localizada na vertente atlântica, com solo classificado como Cambissolo Hístico.

O sítio experimental foi representado por quatro amostras simples, correspondendo a uma área total de amostragem de 1.000 m². Amostras da serapilheira foram coletadas em setembro de 1999, utilizando quadrados de madeira de 0,25 m². Realizou-se a separação da serapilheira em: folhas, galhos e raízes superficiais; mistura de folhas, raízes e gravetos mais fragmentados (estrutura F); matéria orgânica menor que 2 mm (estrutura H). O galho não foi utilizado para as determinações microbiológicas.

As análises químicas e microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). As amostras foram, em parte, secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60 °C e moídas. Determinaram-se, nas diferentes estruturas da serapilheira, os teores de K (fotometria de chama), de P (colorimetricamente pelo método da vitamina C, modificado por Braga & Defelipo, 1974), de Ca e Mg (espectrofotometria de absorção atômica), após digestão nitroperclórica e de N total pelo método Kjeldahl, descrito por Bataglia et al. (1983). O teor de C foi obtido por oxidação com K₂Cr₂O₇ 1,25 mol_c L⁻¹ em meio ácido (Anderson & Ingram, 1996) (Quadro 1).

Quadro 1. Teor de nutrientes das diferentes estruturas da serapilheira

Estrutura	C	N	P	K	Ca	Mg
Folha	360	17	0,46	2,10	4,62	1,77
Raiz	420	14	0,45	1,93	2,41	1,20
Galho	450	8	0,21	1,95	3,87	1,10
Estrutura F	270	15	0,50	4,80	1,87	0,71
Estrutura H	140	10	0,54	3,74	0,82	0,36

Parte das amostras foi mantida em refrigeração a 4 °C e, posteriormente, foi feita a correção da umidade para 100 % da capacidade máxima de saturação para as análises microbiológicas. O C (Tate et al., 1988) e o N-ninidrina (Joergensen & Brookes, 1990) da biomassa microbiana de cada estrutura da serapilheira foram determinados pelo método da fumigação-extração.

Para determinar a biomassa microbiana, pesaram-se 4 g de serapilheira e cada amostra foi subdividida em 6 subamostras: três subamostras fumigadas com clorofórmio isento de etanol em dessecador, por 24 h, em ambiente escuro. Após este período, o clorofórmio foi retirado com aspirações sucessivas. As outras três subamostras (amostras não fumigadas) foram processadas imediatamente após a pesagem. Adicionaram-se 40 mL de K₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹ com pH ajustado na faixa de 6,5 a 6,8, procedendo-se à extração em agitador com movimento circular horizontal a 220 rpm por 30 min e permitindo a decantação por mais 30 min, filtrando-se o sobrenadante em papel de filtragem lenta. A quantificação do C nos extratos (fumigado e não fumigado) foi efetuada por meio da oxidação do C pelo permanganato de potássio, utilizando-se a colorimetria (Bartlett & Ross, 1988).

Para a determinação colorimétrica, utilizou-se uma alíquota de 0,5 mL do extrato. Em tubos de ensaio de 20 mL, foram juntados à alíquota 4,5 mL de água destilada, completando o volume para 5 mL. Posteriormente, foram adicionados 2,5 mL da solução de trabalho e, finalmente, 2,5 mL H₂SO₄ concentrado. Após 18 h, procedeu-se à leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 495 nm. Utilizou-se o ácido oxálico (solução de C 60 mg L⁻¹) para a curva-padrão. As concentrações da curva-padrão utilizadas foram: 24, 18, 12, 6 e 0 mg L⁻¹. Zerou-se o aparelho com a concentração máxima de C (24 mg L⁻¹), tendo em vista que o processo é de redução do permanganato de potássio pelo C. A concentração máxima de C admitida neste procedimento é o correspondente a 24 mg L⁻¹. Acima desta concentração, não é observada linearidade entre a absorbância e a concentração de C, conforme a lei de Lambert & Beer.

A respiração das estruturas da serapilheira foi estimada pela quantidade de $\text{CO}_2\text{-C}$ liberado num período de cinco dias de incubação. Pesaram-se três subamostras de 4 g de cada estrutura. A incubação foi feita colocando-se cada um dos frascos de serapilheira (4 g) em jarras que continham frascos com 10 mL de NaOH 1 mol L⁻¹. As jarras foram hermeticamente fechadas e, após o período de incubação, tituladas com HCl 0,5 mol L⁻¹.

Quanto às análises qualitativas das diferentes estruturas da serapilheira, o procedimento de extração dos polifenóis (Anderson & Ingram, 1996) foi realizado a partir de uma alíquota de 100 mg de tecido vegetal seco misturada a 40 mL de metanol 50 %, e mantidos à temperatura de 77-80 °C, durante uma hora. As determinações de polifenóis (polifenóis solúveis, taninos hidrolisáveis e condensados, como também polifenóis não-tanínicos) foram feitas utilizando-se o reagente de Folin-Denis em meio básico, para o desenvolvimento da cor, o padrão empregado foi o ácido tânico e a leitura foi feita em espectrofotômetro no comprimento de onda de 760 nm.

Foram determinados os teores de cinza, lignina e celulose presente, pelo método de fibra em detergente ácido (FDA) de Van Soest & Wine (1968), que se baseia na separação das diferentes frações constituintes do material, utilizando reagentes específicos denominados detergentes. Foram usados o ácido sulfúrico e o cetiltrimetil amônio bromídico (CTAB), eliminando amido e os compostos nitrogenados, restando, assim, a lignina, celulose e cinzas. A celulose foi destruída pelo ácido sulfúrico 72 % e a lignina determinada por diferença de peso, subtraindo-se as cinzas pela queima a 550 °C, em mufla (Anderson & Ingram, 1996).

Determinou-se a relação C da biomassa microbiana: C orgânico (CBM:C) e a relação N da biomassa microbiana: N total (NBM:N) de acordo com Sparling (1992). O quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) foi calculado pela relação entre a respiração basal e o carbono da biomassa microbiana (Anderson & Domsch, 1993), sendo expresso em $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ CBM h}^{-1}$.

Os dados foram submetidos à análise de variância em esquema inteiramente casualizado com comparação de médias pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade. Foram estabelecidas correlações de Pearson a 5 % de probabilidade entre as variáveis das diferentes estruturas da serapilheira. Por meio da análise de agrupamento, verificou-se a similaridade entre as estruturas da serapilheira, considerando todos os atributos avaliados. Inicialmente, foi caracterizada a similaridade entre as estruturas pela distância euclidiana média padronizada e, posteriormente, adotou-se a técnica de agrupamento, utilizando-se o método de Tocher (Cruz & Regazzi, 1994). Observaram-se, também, por meio da contribuição relativa dos caracteres para a divergência, as variáveis que mais contribuíram para a discriminação das estruturas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As folhas foram as estruturas que apresentaram maiores valores de CBM (carbono da biomassa microbiana), NBM (nitrogênio da biomassa microbiana), RA (respiração acumulada) e relações CBM:C (carbono microbiano: C orgânico) e NBM:N (nitrogênio microbiano: N total). As estruturas F (mistura de folhas, raízes e gravetos mais fragmentados) e H (matéria orgânica menor que 2 mm) seguiram a mesma tendência para NBM, RA e relação CBM:C. As folhas apresentaram menor $q\text{CO}_2$ (quociente metabólico), não diferindo das raízes, enquanto as estruturas F e H apresentaram maiores valores (Figura 1). Além disso, as estruturas F e H apresentaram menor relação C:N microbiana do que folha e raiz.

Tais resultados mostram que as folhas foram as estruturas mais eficientes na imobilização de C microbiano do que as estruturas F e H, provavelmente pela maior acumulação de C orgânico disponível para o metabolismo microbiano e pelo menor nível de recalcitrância (Figuras 2 e 3). Ainda de acordo com a figura 2, verifica-se que os galhos e a estrutura H apresentaram menores teores de N total, assim como a estrutura H apresentou os menores teores de lignina e celulose. Quanto ao teor de polifenóis, as estruturas F e H apresentaram os menores valores.

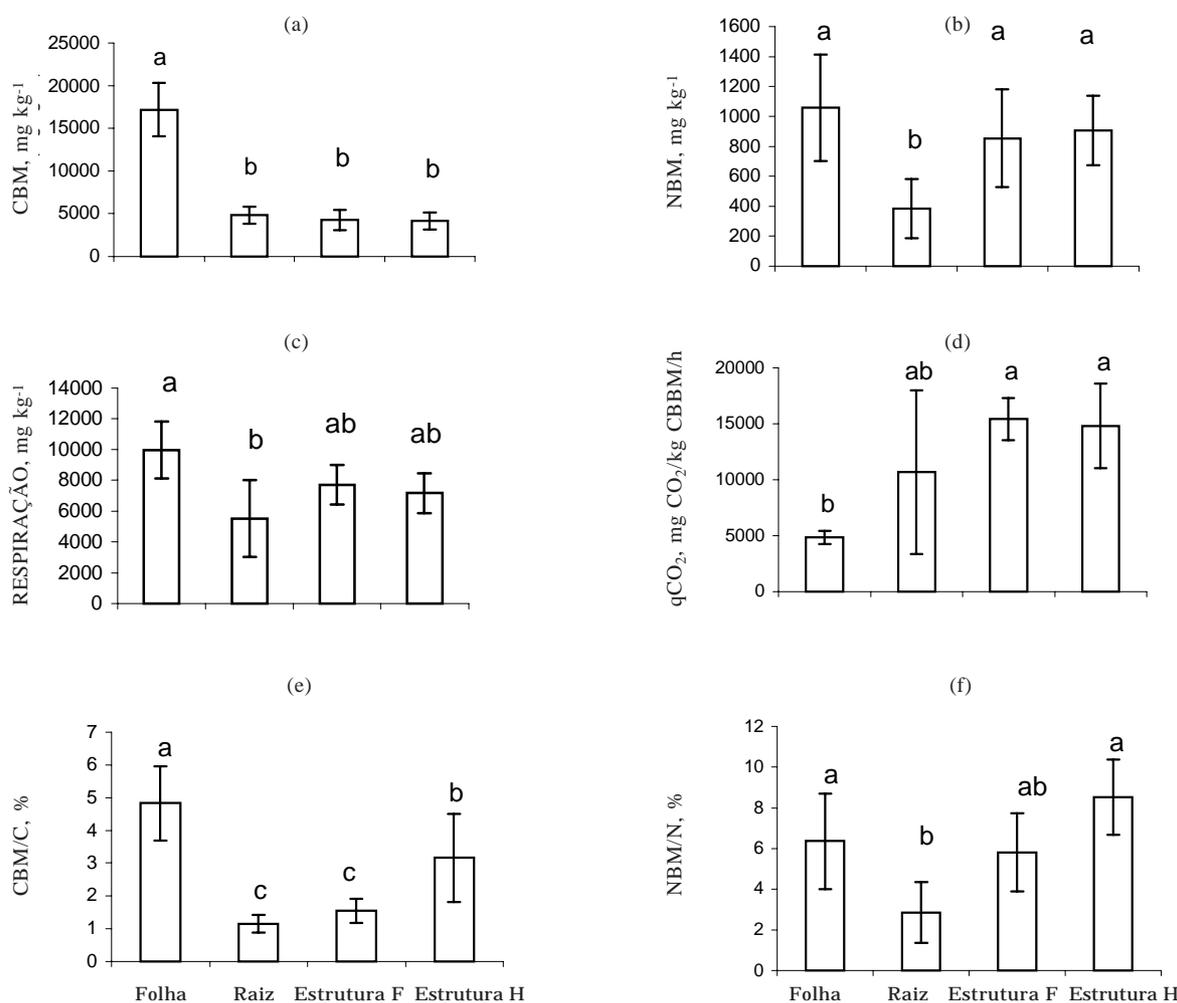
Analisando as relações entre os atributos qualitativos, observa-se que os galhos foram as estruturas que apresentaram maior nível de recalcitrância e que as demais estruturas apresentaram pequenas diferenças entre si (Figura 3). Encontrou-se correlação positiva entre o C orgânico e os teores de lignina, celulose e polifenol e as relações lignina/N, polifenol/N, lignina + celulose/N e lignina + polifenol/N. O N total também se correlacionou positivamente com a lignina, mas negativamente com as relações supracitadas, caracterizando uma autocorrelação (Quadro 2). Estes resultados reforçam que os galhos e as raízes, por apresentarem material de maior recalcitrância, tendem a acumular maior quantidade de C orgânico.

O C orgânico e o N total correlacionaram-se positivamente com o CBM e relação C:N microbiana e, negativamente, com o $q\text{CO}_2$ e relação NBM:N. No caso do N total, esta última correlação constitui uma autocorrelação (correlação entre uma variável e um índice obtido a partir desta variável). O C orgânico também se correlacionou negativamente com o NBM (Quadro 2). Como este C orgânico estimado representa tanto as fontes solúveis, como os compostos de média e de alta recalcitrância, as correlações citadas indicam que a maior disponibilidade de energia (fornecida pelas fontes mais solúveis) e N para ação dos microrganismos favoreceu a imobilização de C. Segundo Swift et al. (1979) o carbono e a energia, necessários para o crescimento e atividade dos

microrganismos, acumulados nos resíduos de plantas em decomposição, encontram-se em diferentes compostos: polissacarídeos (celulose, hemicelulose, por exemplo), lipídios, proteínas e polímeros aromáticos (lignina, por exemplo), que apresentam taxas diferenciadas de decomposição.

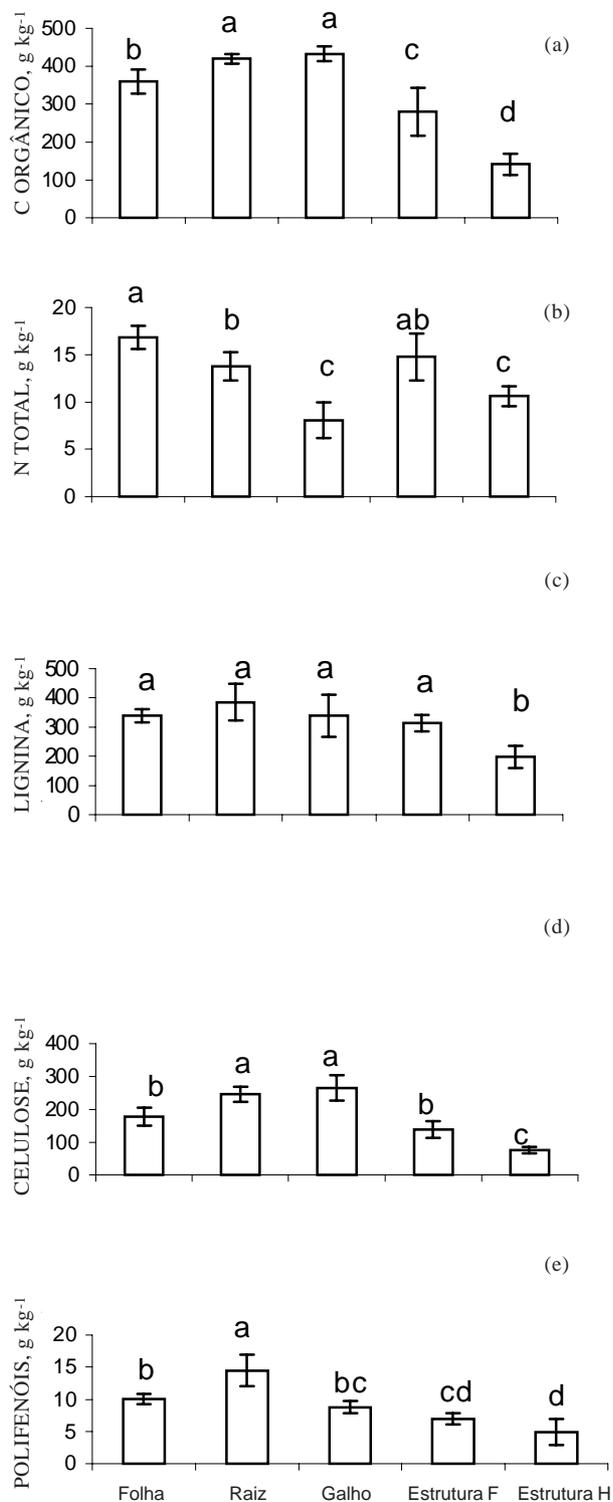
Além disso, a correlação negativa entre o C orgânico e o NBM pode ser explicada pelo fato de o N ocorrer como componente estrutural dos compostos recalcitrantes que são frações mais estáveis biologicamente (Stevenson, 1994). Estes resultados são corroborados pela correlação negativa entre o NBM e os teores de celulose, polifenol, relação C/N, lignina/N, polifenol/N, lignina + celulose/N e lignina + polifenol/N, bem como pela correlação positiva entre a relação C:N microbiana e os teores de lignina, celulose, polifenol, relação C/N e polifenol/N (Quadro 2).

As relações CBM:C e NBM:N correlacionaram-se negativamente com os teores de lignina e polifenóis. A relação NBM:N também correlacionou-se negativamente com a celulose e a relação CBM:C correlacionou-se negativamente com as relações lignina/N, polifenol/N, lignina + celulose/N e lignina + polifenol/N. A correlação negativa entre a relação NBM:N e as relações supracitadas são exemplos de autocorrelação, como também a correlação entre a relação C:N e a relação CBM:C (Quadro 2). As relações CBM:C e NBM:N são estimativas indiretas da qualidade da matéria orgânica, portanto, quanto menor o valor destas relações menor é a qualidade da serapilheira (Wardle, 1992). Conseqüentemente, menos eficiente será a biomassa microbiana na imobilização de C e N. Então, as correlações obtidas mostram que a eficiência da biomassa microbiana na utilização do C e N acumulados está diretamente relacionada com



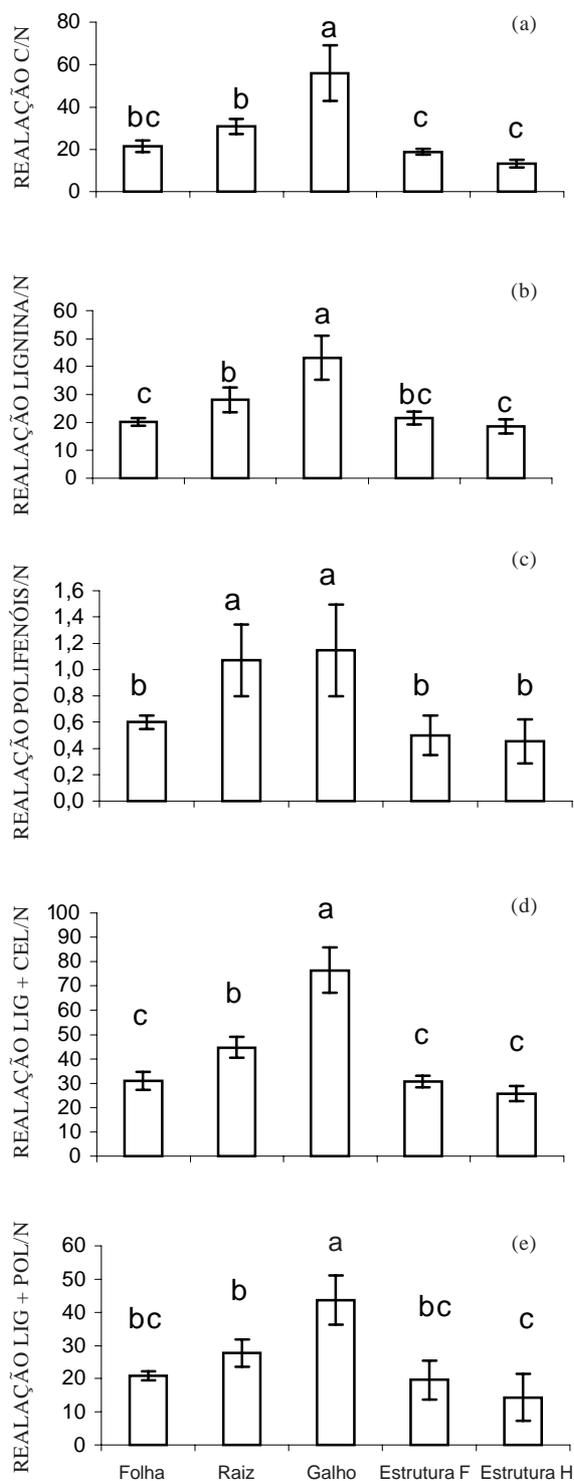
Estrutura F: mistura de material mais fragmentado, como folhas, raízes e gravetos; estrutura H matéria orgânica menor que 2 mm (I- Desvio-padrão da média; médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Duncan a 5 %).

Figura 1. Atributos microbiológicos das diferentes estruturas da serapilheira: CBM (carbono da biomassa microbiana), NBM (N-ninidrina da biomassa microbiana), RA (respiração microbiana acumulada), qCO₂ (quociente metabólico), C/N mic (relação CBM/NBM), Cmic/Corg (relação CBM/C orgânico), Nmic/Ntotal (relação NBM/N total).



Estrutura F: mistura de material mais fragmentado, como folhas, raízes e gravetos; estrutura H matéria orgânica menor que 2 mm (I- Desvio-padrão da média; médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Duncan a 5 %).

Figura 2. Atributos qualitativos das diferentes estruturas da serapilheira: Carbono orgânico (C), N total (N), lignina (Lig), celulose (Cel), polifenóis (Pol).



Estrutura F: mistura de material mais fragmentado, como folhas, raízes e gravetos; estrutura H matéria orgânica menor que 2 mm (I- Desvio-padrão da média; médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Duncan a 5 %).

Figura 3. Relações referentes aos atributos qualitativos das diferentes estruturas da serapilheira: C orgânico/N total (C/N), lignina/N (lig/N), polifenóis/N (pol/N), lignina + celulose/N (lig + cel/N) e lignina + polifenóis/N (lig + pol/N).

Quadro 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis das diferentes estruturas da serapilheira

	C	N	Lig	Cel	Pol	C/N	Lig/N	Pol/N	LigCel/N	LigPol/N	CBM	NBM	RA	qCO ₂	C:NMIC	CBM:C	NBM:N
C	1,00	0,07	0,80**	0,94**	0,73**	0,72**	0,61**	0,70**	0,67**	0,60**	0,32*	-0,30*	-0,20	-0,46*	0,56*	-0,23	-0,66**
N		1,00	0,37*	-0,15	0,22	-0,59*	-0,62**	-0,48*	-0,65**	-0,64**	0,60**	0,21	-0,43*	0,47*	0,14	-0,32*	
Lig			1,00	0,65**	0,62**	0,31*	0,46*	0,31*	0,35*	0,42*	0,19	-0,27	-0,10	-0,24	0,43*	-0,35*	-0,64**
Cel				1,00	0,70**	0,34*	0,67**	0,78**	0,76**	0,64**	0,23	-0,44*	0,16	-0,41*	0,57*	0,18	-0,70**
Pol					1,00	0,34	0,24	0,69**	0,30	0,18	0,15	-0,51*	-0,42*	0,47*	0,56*	-0,31*	-0,71**
C/N						1,00	0,87**	0,85**	0,97**	0,87**	0,07	-0,47*	-0,33*	-0,31*	0,42*	-0,40*	-0,70**
Lig/N							1,00	0,69**	0,95**	0,99**	-0,30*	-0,52*	-0,32*	0,08	0,13	-0,60**	-0,61**
Pol/N								1,00	0,79**	0,66**	-0,09	-0,58**	-0,50*	-0,27	0,35*	-0,42*	-0,62**
LigCel/N									1,00	0,95**	-0,24	-0,55*	-0,33*	-0,10	0,28	-0,51*	-0,64**
LigPol/N										1,00	-0,24	-0,50*	-0,40*	0,05	0,12	-0,55*	-0,52*
CBM											1,00	0,42*	0,32*	-0,76**	0,46*	0,81**	0,12
NBM												1,00	0,23	-0,13	-0,49*	0,53*	0,86**
RA													1,00	0,28	-0,02	0,43	0,13
qCO ₂														1,00	-0,63**	-0,55*	0,08
C:NMIC															1,00	0,18	-0,66**
CBM:C																1,00	0,50*
NBM:N																	1,00

* e **: Significativos a 5 e 1 %; C: carbono orgânico; N: nitrogênio total; Lig: lignina; Cel: celulose; Pol: polifenóis; C/N: relação C/N; Lig/N: relação Lignina/N; Pol/N: relação Polifenóis/N; LigCel/N: relação Lig + Cel/N; LigPol/N: relação Lig + Pol/N; CBM: carbono da biomassa microbiana; NBM: nitrogênio da biomassa microbiana; RA: respiração microbiana acumulada; qCO₂: quociente metabólico; C:NMIC: relação C/N microbiana; CBM:C: relação C microbiano/C orgânico; NBM:N: N microbiano/N total.

a qualidade da matéria orgânica, o que explicaria, portanto, a estratificação da serapilheira existente neste ecossistema.

Wardle (1993), trabalhando em camadas de uma serapilheira de floresta na Nova Zelândia, observou um rápido declínio na relação CBM:C e um acréscimo no qCO₂ nas estruturas mais próximas ao horizonte A. O autor sugeriu que estes resultados ocorreram, provavelmente, pelo aumento de formas de C mais recalcitrante na camada mais superficial, pela presença de material em estágio inicial de decomposição.

O CBM correlacionou-se positivamente com o NBM e este último com a relação CBM:C, indicando que tanto o C quanto o N são quantificados pelo compartimento das diferentes estruturas, validando a utilização do método da fumigação-extração na estimativa destes dois nutrientes (Quadro 2).

A respiração acumulada (RA) correlacionou-se negativamente com o teor de polifenol, com as relações C:N, lignina/N, polifenol/N, lignina + celulose/N, lignina + polifenol/N e positivamente com o CBM. Estes resultados demonstram, mais uma vez, que, nas estruturas de serapilheira de maior nível de recalcitrância, o metabolismo microbiano é mais lento, corroborando resultados já discutidos anteriormente. Além disso, o qCO₂ se correlacionou negativamente com o teor de celulose e com a relação C:N e positivamente com o teor de polifenol (Quadro 2). Ou seja, a eficiência da biomassa microbiana em imobilizar C só foi reduzida com o aumento de frações recalcitrantes. O qCO₂, desse

modo, estaria funcionando como um indicador de condições de estresse para a biomassa microbiana das diferentes estruturas. Segundo Harborne (1997), a eficiência de utilização pela biomassa microbiana de frações de rápida (açúcares) e lenta decomposição (celulose) e de frações recalcitrantes (polifenóis condensados e lignina) está na ordem de 60, 40 e 10 %, respectivamente.

Os grupos formados pelo método de Tocher foram: o primeiro constituído pelas raízes superficiais e estrutura H; o segundo pelas folhas e o terceiro grupo pela estrutura F. A variável que mais contribuiu para formação dos grupos foi a relação polifenol: N (com 33,33 %) seguida do CBM, polifenol, celulose e relação lignina: N, cada uma contribuindo com 16,67 %. Estes resultados demonstram a importância do nível de recalcitrância dos compostos formadores da serapilheira, dos atributos microbiológicos e do N, para um melhor entendimento sobre os processos de imobilização e mineralização de C e N mediados pela biomassa microbiana e, conseqüentemente, como indicadores de qualidade do sistema solo-serapilheira. Portanto, a inter-relação dos atributos analisados, ao invés da análise dos valores isolados e absolutos das medidas de biomassa e atividade microbiana e da qualidade da serapilheira, seria a forma mais adequada para a compreensão do funcionamento do sistema solo-serapilheira, tendo em vista a grande interação e dependência destes na funcionalidade dos ecossistemas, como também pelo fato de a serapilheira constituir o compartimento onde se concentram os organismos responsáveis não só pela fragmentação física, como também pela decomposição química das cadeias carbônicas.

CONCLUSÕES

1. A qualidade nutricional e orgânica da serapilheira influenciou a atividade da biomassa microbiana.

2. As folhas foram as estruturas que apresentaram uma biomassa microbiana mais eficiente na imobilização de C e N.

3. O qCO_2 foi um indicador de condições de estresse, presença de celulose e polifenóis, para a biomassa microbiana nas diferentes estruturas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ, pelo apoio financeiro. Ao Instituto Pró-Natura, pelo apoio logístico.

LITERATURA CITADA

- ANDERSON, J.D. & DOMSCH, K.H. Ratio of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biol. Biochem.*, 21:471-479, 1989.
- ANDERSON, J.P.E. & DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol. Biochem.*, 25:393-395, 1996.
- ANDERSON, J.D. & INGRAM, J.S.I. *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*. 2.ed. Wallingford, CAB International, 1996. 171p.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. & GALLO, J.R. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)
- BARTLETT, R.J. & ROSS, D.S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:1191-1192, 1988.
- BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solo e material vegetal. *Ceres*, 21:73-85, 1974.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia - Mapa Exploratório de Solo. Levantamento de Recursos Naturais. Folhas SF 23/24. 1983. v.32
- CORREIA, M.E.F. & ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 1. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.197-225.
- CRUZ, C.D. & REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 390p.
- CUNHA, G.M. & COSTA, G.S.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; VELLOSO, A.C.X. Produção de Serrapilheira em Florestas Naturais e Povoamento de Eucalipto no Entorno do Parque Estadual do Desengano – RJ. In: *FertBio 2000*, Santa Maria, 2000. CD-ROM.
- GAMA-RODRIGUES, E.F. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e da serapilheira de povoamentos de eucalipto. Seropédica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1997. 108p. (Tese de Doutorado)
- GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & BARROS, N.F. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas vegetais. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:361-365, 1997.
- GONZALEZ, M.I.M. & GALLARDO, J.F. El efecto hojarasca: una revision. *An. Edafol. Agrobiol.*, 41:1129-1157, 1982.
- HARBORNE, F.B. Role of phenolic secondary metabolites in plants and their degradation in nature. In: CADISCH, G. & GILLER, K.E., eds. *Driven by nature*. Cambridge, CAB International, 1997. p.67-74.
- HEAL, O.W.; ANDERSON, F.M. & SWIFT, M.F. Plant litter quality and decomposition: An historical Overview. In: CADISCH, G. & GILLER, K.E., eds. *Driven by nature*. Cambridge, CAB International, 1997. p.3-32.
- LADD, J.N.; AMATO, M. & OADES, J.M. Decomposition of plant material in Australian soils. III. Residual organic and microbial biomass C and N from isotope- labelled legume material and soil organic matter, decomposing under field conditions. *Aust. J. Soil Res.*, 23:603-611, 1985.
- JOERGENSEN, P.G. & BROOKES, P.C. Ninhydrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0,5 M K_2SO_4 soil extracts. *Soil Biol. Biochem.*, 22:1023-1027, 1990.
- PAUL, E.A. & CLARK, F.E., eds. *Soil microbiology and biochemistry*. New York, Academic Press, 1989. 340p.
- SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Aust. J. Soil Res.*, 30:195-207, 1992.
- SPARLING, G.P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B.M. & GUPTA, V.V.S.R., eds. *Biological indicators of soil Health*. Cambridge, CAB International, 1997. p.97-120.
- STEVENSON, F.J., ed. *Organics forms of soil nitrogen*. In: *HUMUS chemistry; genesis, composition, reactions*. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 1994. p.59-95.
- SWIFT, M.J.; HEAL, O.W. & ANDERSON, J.M., eds. The influence of resource quality on decomposition processes. In: *DECOMPOSITION in terrestrial ecosystems*. Berkeley, University of California Press, 1979. p.118-166.
- 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 Biol. Biochem.*, 20:329-335, 1988.
- van SOEST, P. & WINE, R.H. Development of a comprehensive system of feed analysis and its applications to forages. *J. Ass. Agri. Chem.*, 51:780-785, 1968.
- WARDLE, D.A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. *Biol. Rev.*, 67:321-358, 1992.
- WARDLE, D.A. Changes in the microbial biomass and metabolic quotient during leaf litter succession in some New Zealand forest and scrubland ecosystem. *Funct. Ecol.*, 7:346-355, 1993.