

ALBA LUCIA ARAUJO SKORUPA

**ACUMULAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA  
EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO,  
NA REGIÃO DO BAIXO RIO DOCE - MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2001

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T  
S628a  
2001

Skorupa, Alba Lucia Araujo, 1970

Acumulação e decomposição de serapilheira em povoa-  
mentos de eucalipto na Região do Baixo Rio Doce - MG,  
\ Alba Lucia Araujo Skorupa. – Viçosa : UFV, 2001  
64p. : il.

Orientador: Nairam Félix de Barros

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de

Viçosa

1. Eucalipto - Decomposição. 2. Serapilheira - Acúmu-  
lo. 3. Serapilheira - Decomposição. 4. Eucalipto - Libe-  
ração de CO<sub>2</sub> - Medição. I. Universidade Federal de

Viçosa.

II. Título.

CDO adapt. CDD 634.9176142

**ACUMULAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA  
EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO,  
NA REGIÃO DO BAIXO RIO DOCE - MG**

---

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva  
(Conselheiro)

---

Prof.

---

Prof.

---

Prof. Nairam Félix de Barros  
(Orientador)

À minha família, especialmente ao meu pai  
*Stanislaw Skorupa*, que ensinou-me o caminho.

#### AGRADECIMENTO

Ao professor e orientador Nairam Félix de Barros pela serenidade, pelas sugestões e apoio recebido.

Ao professor Júlio César Lima Neves pela ajuda nas análises estatísticas, sugestões no trabalho e pelas longas e agradáveis conversas.

À Celulose Nipo Brasileira S.A. (CENIBRA), em especial a Fernando Palha Leite, pela cessão das áreas e apoio para as coletas dos dados no campo.

Aos funcionários e amigos do Laboratório de Química de Solos da CENIBRA, Antônio Roberto de Almeida, Jackeline Figueiredo Mota, Rinaldo Costa Félix e José Geraldo de Freitas, pelo apoio recebido durante todas as fases de realização desse trabalho.

Ao Engenheiro Agrônomo José Ernesto Sacchi Pessotti pelas sugestões nas coletas de dados no campo.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores Marcos Rogério Tótola e Maria Catarina Kasuya pela cessão do Laboratório de Microbiologia (Casa de Apoio) e das incubadoras para a realização da respirometria.

Ao estudante de Engenharia Florestal da UFV Fernando Dias pela amizade e ajuda.

Aos funcionários da secretaria de pós-graduação do Departamento de Engenharia Florestal, Ritinha e Miguel, pela amizade e pela ajuda nas questões burocráticas.

Aos professores Haroldo Nogueira de Paiva, Sebastião Venâncio Martins e Maria Catarina Kasuya pelas sugestões e críticas na correção da tese.

Ao amigo João Herbert pela ajuda na realização deste trabalho, pelo companheirismo e pela grandiosidade de espírito.

Ao amigo Walter Batista Júnior, pelas agradáveis conversas sempre ao final das tardes e pelos momentos descontraídos.

Às amigas do Departamento de Engenharia Florestal Zilda Romanovski e Nívea Roquilini pelo carinho e incentivo.

Às amigas da república Bráulia, Ana Paula e Fátima.

Ao meu marido Yuri Lopes Zinn, nossa família e amigos pelo amor e bom humor sempre presentes.

#### BIOGRAFIA

ALBA LUCIA ARAUJO SKORUPA, filha de Stanislaw Skorupa e Antonia Araujo Skorupa, nasceu no dia 31 de outubro de 1970, no município de Ceres, GO.

Em outubro de 1998 graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade de Brasília, defendendo como projeto final um levantamento de solos sob mata de galeria no Parque Nacional de Brasília. Atuou então como consultora independente para o projeto *Trees outside the forest*:

*Brazil's case. A Contribution to the Forest Resource Assessment 2000 of FAO, CATIE-FAO (El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – Food and Agriculture Organization) até julho de 1999.*

Em agosto de 1999 ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, MG, defendendo sua dissertação em 30 de novembro de 2001.

## ÍNDICE

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Deposição e acúmulo de serapilheira.....	4
2.2. Decomposição da serapilheira .....	6
2.2.1. Conteúdo de nutrientes na serapilheira e no folhedo depositado .....	8
2.3. Atividade microbiana no solo e sua importância na decomposição .....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	13
3.1. Descrição da área de estudo.....	13
3.2. Amostragem e análise química da serapilheira .....	14
3.2.1. Coleta dos dados para o estudo de evolução de CO <sub>2</sub> .....	15
3.3. Caracterização química do material vegetal e do solo .....	19

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
4.1. Acumulação da serapilheira.....	20
4.2. Caracterização química da fração foliar .....	30
4.3. Caracterização química de solos .....	33
4.4. Atividade microbiana de folhedeo no laboratório .....	33
4.4.1. Folhedeo de eucalipto .....	33
4.4.2. <i>Eucalyptus</i> comparado com a mata nativa .....	39
5. CONCLUSÕES .....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
APÊNDICE .....	50

#### RESUMO

SKORUPA, Alba Lucia Araujo. M.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2001. **Acumulação e decomposição de serapilheira em povoamentos de eucalipto, na região do Baixo Rio Doce - MG.** Orientador: Nairam Félix de Barros. Conselheiros: Haroldo Nogueira de Paiva e Marcos Rogério Tótola.

Nesse trabalho testou-se a hipótese de que o acúmulo e a taxa de decomposição da serapilheira em plantações de eucalipto na região de Baixo Rio Doce - MG variam com o clima, a idade, a posição topográfica e a qualidade do material depositado. Para tanto, foram realizados dois estudos, um em campo e outro em laboratório. Os dados foram coletados em áreas de plantios clonais de *Eucalyptus* de propriedade da CENIBRA (Celulose Nipo-Brasileira S.A), no município de Ipatinga - MG. No primeiro estudo, o objetivo foi quantificar o acúmulo de serapilheira e a liberação de nutrientes em plantações de eucalipto com idades de 1 a 9 anos, nas posições de topo, encosta e baixada. Verificou-se acúmulo linear de serapilheira com a idade dos plantios para as três posições topográficas. Contudo, as quantidades acumuladas apresentaram tendência de serem superiores nas posições de baixada (*ca.* 20 Mg ha<sup>-1</sup>), comparadas às de topo

e encosta (*ca.* 16 Mg ha<sup>-1</sup>). A variação no teor e no conteúdo de nutrientes na fração foliar da serapilheira ao longo da idade mostrou-se, no entanto, mais complexa, variando para cada nutriente e posição topográfica. A falta de correlação aparente entre nutrientes no material e sua quantidade em cada posição topográfica pode indicar que o maior acúmulo de serapilheira na baixada pode ser devido a um maior aporte anual ou decomposição mais lenta em virtude de outro fator que não a qualidade nutricional do material foliar. No segundo estudo, os objetivos foram avaliar a influência da temperatura de incubação, umidade e fertilização do solo na decomposição de folheto, em amostras de solos coletadas sob plantios em idades de 2, 4 e 6 anos e nas posições de encosta e baixada. Mediu-se, em condições de laboratório, a taxa de respiração do solo sob a influência ou não do folheto de eucalipto e de mata nativa. Amostras de 50 g de solo, da camada de 0-20 cm, foram incubadas em recipientes de vidro de 0,6 dm<sup>3</sup>, com e sem aplicação de fragmentos de folhas na superfície, em quantidade proporcional à que se encontrava no campo. Testaram-se dois níveis de umidades (40 e 80% da capacidade de campo), duas temperaturas (23 ± 2°C e 30 ± 2°C), e dois níveis de adubação (com e sem fertilização). A quantidade de CO<sub>2</sub> emitida no período de 106 dias não foi afetada pela idade, pela adição de fertilizantes e pelas diferentes umidades, com exceção da idade de dois anos, onde a umidade de 40% da capacidade de campo proporcionou maior atividade microbiana. A liberação de CO<sub>2</sub> foi maior sob a temperatura de incubação de 30°C que sob a de 23°C, especialmente em solos de baixada. A atividade microbiana foi intensificada na ordem de seis vezes pela presença de fragmentos de folhas sobre o solo, principalmente em solos da baixada. A diferença na qualidade dos substratos foliares de mata nativa e eucalipto não afetou a atividade microbiana e, conseqüentemente, a decomposição dos materiais, nas condições deste estudo.

## ABSTRACT

SKORUPA, Alba Lucia Araujo. M.S., Universidade Federal de Viçosa, November 2001. **Accumulation and decomposition of forest litter under *Eucalyptus* plantation in the Lower Doce River region - MG.** Adviser: Nairam Félix de Barros. Committee members: Haroldo Nogueira de Paiva and Marcos Rogério Tótola.

This work was designed in order to investigate the hypothesis of the accumulation and decomposition rate of forest litter of eucalypt plantations in the Lower Doce River region would vary with microclimate, stand age, topography and substrate quality. Two experiments, one at field and the other under laboratory conditions, were conducted. All soil and litter samples were collected under *Eucalyptus* clone plantations of CENIBRA (Celulose Nipo-Brasileira S.A), in the district of Ipatinga, State of Minas Gerais, Brazil. The first study aimed to quantify the accumulation of litter and nutrient content under eucalypt stands with ages ranging from 1 to 9 years, at the topographic positions of hilltop, hillside and hillfoot. A linear accumulation of litter was detected in all sites, in relation to stand age. However, litter quantities were higher on the hillfoot (*ca.* 20 Mg ha<sup>-1</sup>), when compared to hilltop and hillside (*ca.* 16 Mg ha<sup>-1</sup>). Variations in nutrient concentration and quantity in leaf litter showed a higher complexity with age, changing for every nutrient and position. The lack of apparent correlation between litter quantity and nutrients may indicate that higher litter amounts in hillfoot may be due to higher accretion or slower decomposition caused by factors other than nutritious quality. The second experiment intended to evaluate the influence of temperature, moisture and fertilizers in incubation of soil (sampled at 2, 4 and 6 years, hillside and hillfoot) on litter decomposition, under laboratory conditions. The parameter used was soil respiration (evolved CO<sub>2</sub>), of samples with or without litter from eucalypt plots and native forest. Samples of 50 g of soil (0-20 cm) were incubated in glass jars of 0,6 dm<sup>3</sup>, with and without litter fragments on the surface, with a rate proportional to field conditions. Two levels of soil moisture (40 and 80% of field capacity), temperature

( $23 \pm 2^\circ\text{C}$  and  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ ) and fertilization (with/without) were utilized. After 106 days of incubation, the amount of  $\text{CO}_2$  emitted was not shown to be affected by stand age and fertilization, except for the 2 year-old stand with 40% of field capacity. The liberation of  $\text{CO}_2$  was higher under the temperature of  $30^\circ\text{C}$  than under  $23^\circ\text{C}$ , especially in the hillfoot samples. Microbial activity as assessed by  $\text{CO}_2$  emission was intensified up to six-fold in the samples with addition of litter, especially in the hillfoot soil samples. Any likely difference between native forest and eucalypt litter was not reflected in microbial activity and consequently in litter decomposition, in the experimental conditions.

## 1. INTRODUÇÃO

A manutenção da produtividade florestal na região tropical é muito dependente da ciclagem dos nutrientes presentes na matéria orgânica, pois a maioria dos solos é altamente intemperizada e o estoque de nutrientes é relativamente baixo (NOVAIS e BARROS, 1997). Nessa região, a serapilheira é um importante reservatório de carbono e de nutrientes em povoamentos florestais e constitui a principal via de retorno de nutrientes ao solo (REIS e BARROS, 1990).

A quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo depende de uma série de fatores, como a taxa de crescimento da floresta, a taxa de decomposição dos resíduos orgânicos, o clima, a espécie, a idade, a densidade, a qualidade da manta e a fertilidade do solo (FERREIRA, 1984; SODRÉ, 1999; GAMA-RODRIGUES et al., 1999).

Na região do Baixo Rio Doce, em Minas Gerais, as condições nas quais se cultiva o eucalipto são bastante variáveis, em razão da fisiografia e das características físicas e químicas do solo (BRAGA et al., 1999). Essas variações, combinadas com aquelas inerentes ao manejo florestal, podem influenciar de forma significativa o acúmulo e a decomposição da serapilheira nas plantações de eucalipto. Por exemplo, LEITE (2001) registrou, na região de Santa Bárbara, um aumento médio de 12 Mg ha<sup>-1</sup> de serapilheira quando a idade da planta passou de 2,5 para 6,5 anos. O acúmulo foi maior em espaçamentos mais fechados em relação aos mais abertos.

Dados apresentados por SANTANA (1986), para a região, indicam ser o solo da baixada mais fértil e mais denso que os de encosta. Mesmo sendo mais pobres, solos em posições de topo e encosta apresentam melhores condições físicas que influenciam a dinâmica de água e o crescimento do sistema radicular (SANTANA, 1986; TEIXEIRA, 1989). O

crescimento do eucalipto na região é também afetado por fatores fisiográficos que condicionam maior ou menor incidência de radiação no povoamento (BRAGA et al., 1999), o que pode determinar condições distintas de temperatura e umidade do solo.

Diante dessas evidências, levanta-se a hipótese que a taxa de decomposição do folheto de plantações de eucalipto na Região do Baixo Rio Doce é bastante variável em decorrência de diferenças na temperatura e umidade do solo, havendo situações em que há acúmulo do material e menor taxa de retorno de nutrientes ao solo. É possível, ainda, que esses processos sejam afetados pela qualidade do folheto retornado à superfície do solo, em decorrência das condições ambientais e idade da plantação. Essas informações são escassas para a região, mas são de fundamental importância no racional manejo nutricional e na sustentabilidade das plantações de eucalipto.

Para comprovar essa hipótese, este estudo teve como objetivos:

- Quantificar o acúmulo de serapilheira e de nutrientes em plantações de eucalipto em função da idade.
- Determinar a influência da temperatura, umidade e fertilidade do solo na decomposição da fração foliar de eucalipto em condições de laboratório;
- Avaliar o efeito da idade do povoamento e da posição topográfica na liberação de carbono da fração foliar;
- Comparar a decomposição da fração foliar da serapilheira de eucalipto com a de mata nativa.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A expressão “ciclagem de nutrientes” refere-se à transferência de nutrientes entre os diversos componentes do ecossistema, e representa um processo fundamental para a manutenção da produtividade florestal (REIS e BARROS, 1990). Uma das diferenças fundamentais entre plantios agrícolas e florestais reside no fato destes últimos utilizarem, ao longo de sua vida, grande proporção de nutrientes oriundos dos ciclos bioquímico (retranslocação de nutrientes) e biogeoquímico (transferências de nutrientes entre solo-planta-solo). A magnitude da contribuição de um ou de outro ciclo, para a demanda nutricional das árvores, varia com o nutriente considerado. A ciclagem bioquímica nas árvores é intensificada com a idade da floresta e com as transferências de nutrientes na planta de partes velhas para jovens. Com o aumento da idade, inicia-se também a queda de folhas e outros órgãos para formar a serapilheira, sendo que sua decomposição e liberação de nutrientes constituem os principais processos do ciclo biogeoquímico. Esses processos são de grande importância na nutrição e na sustentabilidade de florestas crescendo em solos muito intemperizados. Este é o caso de muitas plantações de eucalipto no Brasil (NOVAIS et al., 1990; REIS e BARROS, 1990; NOVAIS e BARROS, 1997; GONÇALVES et al., 1997), que são cultivadas em solos de baixa fertilidade. Nessas condições, o sucesso do cultivo do eucalipto pode, pelo menos em parte, ser atribuído à sua elevada eficiência na absorção e intensa ciclagem de nutrientes, características decorrentes de sua evolução em condições restritivas de clima e de solo (SPECHT, 1996).

### 2.1. Deposição e acúmulo de serapilheira

Duas das etapas mais importantes da ciclagem de nutrientes são a deposição da serapilheira sobre o solo e sua decomposição. Neste estudo,

considera-se como serapilheira todo o material vegetal (folhas, galhos, casca, frutos, etc.) senescido e acumulado sobre o solo e folhedeo apenas a fração foliar. O acúmulo desse material é regulado pela relação entre sua taxa de deposição e sua taxa de decomposição. No Brasil, a quantidade média de serapilheira em plantações de eucalipto em idade comercial está em torno de 11 Mg ha<sup>-1</sup> e sua amplitude não é tão grande como poder-se-ia esperar em função das grandes diferenças ambientais e de manejo florestal (Quadro 1). Este fato pode ser decorrente do rápido crescimento do eucalipto nas condições brasileiras, o qual tende a atingir uma certa estabilidade, ao menos no que se refere ao acúmulo de serapilheira, em um tempo mais curto do que o reportado por O'CONNELL (1989) e POLGLASE e ATTIWILL (1992), por volta de 8 anos.

À semelhança do que ocorre com a quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo, sua taxa de aporte também não varia muito com a região, sendo a diferença entre os valores extremos de 2,8 vezes (Quadro 2). A quantidade média, depositada anualmente está em torno de 5,0 Mg ha<sup>-1</sup>. Vários autores (FERREIRA, 1984; PEREIRA, 1990; LIMA, 1996) relatam que a deposição anual de folhas (folhedeo) é maior, cerca de 60 a 80%, quando comparada com a de outros componentes, como galhos, casca etc., em florestas nativas, plantações de eucalipto e de outras espécies arbóreas. A deposição anual da fração foliar de eucalipto varia com as condições climáticas, sendo maior em condições de climas tropicais do que em climas mais frios. No Brasil, ZINN (1998) reporta percentagens de fração foliar em torno de 65% do total da serapilheira. GAMA-RODRIGUES et al. (1999) encontraram que a fração foliar correspondeu a 93% do aporte (8,9 Mg ha<sup>-1</sup>) em uma floresta natural e 79% em um povoamento de eucalipto (5,5 Mg ha<sup>-1</sup>). Em florestas de *E. diversicolor*, no sudoeste da Austrália, a deposição de folhas foi de 1,13, 3,70, 4,46 e 7,5 Mg ha<sup>-1</sup> para florestas de 2, 6, 9 e 40 anos, respectivamente (O'CONNELL e MENAGÉ, 1982).

Quadro 1 - Quantidade de serapilheira em plantações de eucalipto, no Brasil

Espécie	Região	Tipo de solo	Idade	Espaçamento plântio	Serapilheira	Fonte*
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	Argiloso (46% argila)	2	3 x 2	5,87	1
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	LVA (franco argilo arenoso)	3	4 x 5	3,71	2
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	LVA (franco argilo arenoso)	3	4 x 3	5,88	2
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	LVA (franco argilo arenoso)	3	3 x 2	6,53	2
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	LVA (franco argilo arenoso)	3	2 x 1	7,36	2
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	LE (>50% argila)	3	3 x 2	13,00	3
<i>E. camaldulensis</i>	Paineiras, MG	Muito argiloso	5	3 x 2	13,40	4
<i>E. camaldulensis</i>	João Pinheiro, MG	LE (35% argila)	7	3 x 2	10,90	5
<i>E. camaldulensis</i>	João Pinheiro, MG	Arenoso (16% argila)	7	3 x 2	13,46	5
<i>E. camaldulensis</i>	Três Marias, MG	Arenoso (9% argila)	7	3 x 3	12,23	6
<i>E. pellita</i>	Três Marias, MG	Arenoso (9% argila)	7	3 x 3	13,62	6
<i>E. urophylla</i>	Três Marias, MG	Arenoso (9% argila)	7	3 x 3	15,80	6
<i>Eucalyptus urophylla</i>	Médio Rio Doce, MG	Latossolo/Argissolo	8	3 x 2	14,80	7
<i>E. "urograndis"</i>	Litoral, ES	Argissolo Amarelo (médio/argiloso)	8	3 x 3	12,10	8
<i>E. grandis/E. urophylla</i>	Litoral Sul, BA	Argissolo Amarelo	16	3 x 3	13,50	9
<i>E. citriodora</i>	Rio Doce, MG	Argissolo Amarelo (argiloso)	25	3 x 2	18,50	10
	Média				11,29	
	C.V. (%)				37,08	

\* 1- AMARAL (2000); 2- LEITE et al. (1999); 3 -GATTO (2000); 4- DANTAS (2000); 5- ZINN (1998); 6- LADEIRA (1999); 7 - DRUMOND et al. (1997); 8-NEVES (2000); 9- GAMA-RODRIGUES et al. (1999); 10- FONSECA et al. (1993).

Quadro 2 - Taxa de deposição de serapilheira em plantações de eucalipto, no Brasil

Espécie	Região	Tipo de solo	Idade	Espaçamento plântio	Serapilheira	Fonte*
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	LVA (franco argilo arenoso)	3	4 x 5	2,73	1
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	LVA (franco argilo arenoso)	3	4 x 3	3,19	1
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	LVA (franco argilo arenoso)	3	4 x 2	3,83	1
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	LVA (franco argilo arenoso)	3	2 x 1	3,55	1
<i>E. grandis</i>	Cerrado, MG	Argiloso	5	3 x 2	5,60	2
<i>E. camaldulensis</i>	Paineiras, MG	Muito argiloso (78% argila)	5	3 x 2	5,80	3
<i>E. saligna</i>	Lençóis Paulista, SP	LVA (20% argila)	5	3 x 2	7,60	4
<i>E. torelliana</i>	Anhembi, SP	Argiloso Vermelho-Amarelo	7	3 x 2	5,80	5

<i>E. camaldulensis</i>	Anhembi, SP	Latossolo Vermelho-Amarelo	7	3 x 2	7,20	5
<i>E. grandis</i>	Anhembi, SP	Latossolo Vermelho-Amarelo	7	3 x 3	3,10	5
<i>E. "urograndis"</i>	Litoral, ES	Argissolo Amarelo (médio/argiloso)	8	3 x 3	5,52	6
<i>E. grandis/E. urophylla</i>	Litoral Sul, BA	Argissolo Amarelo	16	3 x 3	5,50	7
Média					4,95	
C.V. (%)					32,94	

\* 1- LEITE et al. (1999); 2- FERREIRA (1984); 3- DANTAS (2000); 4- CARPANEZZI (1980); 5- SCHUMACKER et al. (1994); 6- NEVES (2000); 7- GAMA-RODRIGUES et al. (1999).

## 2.2. Decomposição da serapilheira

Em escala global, as taxas de decomposição da serapilheira são correlacionadas diretamente com as condições climáticas do sítio. Contudo, em escala regional ou local, o fator predominante no controle deste processo é a qualidade nutricional do substrato. Essa qualidade pode ser definida como a decomponibilidade relativa, e depende do balanço entre seus componentes lábeis e recalcitrantes/inibidores (SWIFT et al., 1979). Em geral, a idade da planta influencia a proporção relativa desses componentes. Plantas ou tecidos mais jovens são mais ricos em proteínas, minerais e fração solúvel em água, enquanto que, à medida que a planta envelhece, as proporções de celulose, hemicelulose, lignina e polifenóis aumentam.

Durante a decomposição da matéria orgânica pela ação de enzimas do solo e da atividade biológica, alguns componentes são mais prontamente utilizados que outros. A fração solúvel em água e proteínas são os primeiros compostos a serem metabolizados. Após estes, são degradados a celulose e hemicelulose, ambas com permanência no solo relativamente curta. Baixas taxas de decomposição são usualmente atribuídas a compostos resistentes à degradação, como a lignina (MELLILO et al., 1982) ou a inibidores de atividade biológica, como fenóis (GONÇALVES, 1995). Em uma floresta de carvalhos na Holanda, os componentes que foram mais rapidamente metabolizados no período de 1 ano foram: os açúcares (99%), hemicelulose (90%), celulose (75%), lignina (40%), ceras (25%) e os ácidos fenólicos não lignolíticos, como os taninos (10%) (SWIFT et al., 1979).

Dentre os indicadores da qualidade do substrato, são bastante empregadas as relações entre os teores de carbono, nitrogênio e fósforo (C/N, C/P e C/N/P) da matéria orgânica como determinantes da cinética da decomposição. As folhas possuem relação C/N em torno de 30, a serapilheira em torno de 100 e os demais componentes (lenho, casca etc.), acima de 100 (LADEIRA, 1999; GAMA-RODRIGUES et al., 1999). Além dessas relações, alguns autores (SODRÉ, 1999; GAMA-RODRIGUES et al., 1999) têm utilizado outras como (lignina + polifenóis)/N, (lignina + celulose)/N, lignina/N, para a predição da taxa de decomposição da serapilheira.

As concentrações de nutrientes no material vegetal depositado e encontrado sobre o solo são influenciadas pela disponibilidade desses nutrientes no solo. Dessa forma, FERREIRA (1984) e LEITE et al. (1999) atribuíram a lenta decomposição de folhas e galhos de eucalipto à pobreza do solo em nutrientes. Este último autor, em seu estudo sobre aspectos ecológicos em povoamentos de *Eucalyptus grandis* aos 3 anos de idade, relata que a taxa de decomposição ( $k$ ) foi menor em espaçamento reduzido, como 2 x 1 ( $k = 0,48$ ), e maior no mais amplo, como 4 x 5 ( $k = 0,74$ ), em razão da grande exaustão de nutrientes no solo, especialmente P, K e Ca. Por outro lado, as altas taxas de decomposição foram atribuídas a altos teores de N e P. O'CONNEL (1994) observou o aumento da decomposição da serapilheira de *E. diversicolor* que recebeu adubação fosfatada, enquanto a nitrogenada atuou de forma oposta, o que foi atribuído à maior acidez e efeitos do nitrato na microbiota. DANTAS (2000) também observou tendência de maior decomposição da serapilheira sob árvores adubadas com NPK.

A umidade do ar e do solo é fator determinante na taxa de decomposição. Estudos realizados por HUTSON (1985) na Austrália, em duas regiões com condições similares de solo e vegetação, mas com médias de precipitação anual diferentes (635 e 1.050 mm), constataram que as taxas de decomposição para as folhas eram de 0,164 e 0,358 para os sítios seco e úmido, respectivamente, sendo a maior decomposição atribuída às diferenças de umidade nos sítios. Estudando a decomposição da serapilheira de eucalipto em duas regiões de

Minas Gerais, FERREIRA (1984) encontrou maior taxa de decomposição no sítio onde o déficit hídrico era menos acentuado.

#### 2.2.1. Conteúdo de nutrientes na serapilheira e no folheto depositado

O retorno de nutrientes via serapilheira é de grande importância na ciclagem mineral, pois uma proporção significativa dos nutrientes dos ecossistemas florestais encontra-se nesse componente. O Quadro 3 mostra valores de conteúdos de nutrientes na serapilheira de plantações de eucalipto em várias condições ambientais e técnicas de manejo no Brasil. A maior quantidade de Ca acumulado confirma ser o ciclo biogeoquímico a principal via de ciclagem deste nutriente em florestas de eucalipto. Por outro lado, apesar do K ser o segundo ou terceiro nutriente mais acumulado em povoamentos de eucalipto (REIS e BARROS, 1990), a sua quantidade na serapilheira é pequena. PEREIRA (1990) relata que 81% do K inicialmente presente no folheto foram liberados após 24 meses de decomposição no campo. De acordo com o Quadro 3, as amplitudes dos conteúdos de nutrientes na serapilheira são grandes, porém menores para N (a diferença é de 6 vezes entre o maior e o menor valor) e maior para K (9,68 vezes), o que denota a instabilidade deste nutriente no tecido vegetal.

O'CONNELL e MENAGÉ (1982) mostraram que 58-96% dos nutrientes nas idades de 2, 6, 9 e 40 anos em floresta de *E. diversicolor*, no sudoeste da Austrália, encontram-se nas folhas. Em florestas de *E. grandis* na Índia, o fluxo anual de nutrientes pela deposição do folheto (em kg.ha<sup>-1</sup>) foi de 71,5 para Ca, 70,8 para N, 36,1 para K, 27,0 para Mg e 3,4 para P (TURNER e LAMBERT, 1996). No Brasil, GAMA-RODRIGUES et al. (1999) referem-se ao aporte anual de nutrientes no folheto (em Mg ha<sup>-1</sup>) em uma floresta secundária como de 177 de N, 131 de Ca, 16 de K, 11 de Mg e 3,8 de P, enquanto que, para eucalipto de 16 anos de idade na mesma área, esses valores foram de 48 de N, 45 de Ca, 16 de K, 11 de Mg e 1,2 de P.

Quadro 3. Nutrientes contidos em serapilheiras de plantações de eucalipto no Brasil

Espécie	Região	Espaçamento	N	P	K	Ca	Mg	Fonte*
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	3 x 2	69	3,2	17,8	54	10,5	1
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	4 x 5	28	1,8	9,0	59	8,2	2
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	3 x 2	49	1,9	11,7	82	13,7	2
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	2 x 1	71	4,0	14,0	90	16,9	2
<i>E. grandis</i>	Santa Bárbara, MG	3 x 2		5,9	10,4	83	14,3	3
<i>E. saligna</i>	Lençóis Paulista, SP	3 x 2	40	2,9	11,1	35	15,5	4
<i>E. camaldulensis</i>	Paineiras, MG	3 x 2	49	1,9	6,0	56	9,6	5
<i>E. camaldulensis</i>	Paineiras, MG	3 x 5	36	1,4	4,6	53	7,4	5
<i>E. camaldulensis</i>	João Pinheiro, MG	3 x 2	71	3,0	2,5	53	10,0	6
<i>E. camaldulensis</i>	João Pinheiro, MG	3 x 2	88	4,0	2,6	58	8,0	6
<i>E. camaldulensis</i>	Três Marias, MG	3 x 3	62	1,2	2,5	43	9,8	7
<i>E. pellita</i>	Três Marias, MG	3 x 3	78	1,4	2,8	57	13,6	7
<i>E. urophylla</i>	Três Marias, MG	3 x 3	107	3,2	3,2	84	18,9	7
<i>E. urophylla</i>	Médio Rio Doce, MG	3 x 2	90	3,1	24,2	106	12,1	8
<i>E. "urograndis"</i>	Litoral, ES	3 x 2	60	2,8	7,6	97	14,7	9
<i>E. grandis/E. urophylla</i>	Litoral Sul, BA	3 x 3	165	3,4	13,0	178	28,0	10
<i>E. citriodora</i>	Rio Doce, MG	3 x 2	172	7,0	16,0	207	31,0	11
Média (kg ha <sup>-1</sup> )			77	3,0	9,0	82	14,0	
C.V. (%)			54	51,9	70,2	56	47,3	

\* 1- AMARAL (2000); 2- LEITE et al. (1999); 3 -GATTO (2000); 4- CARPANEZZI (1980); 5- DANTAS (2000); 6- ZINN (1998); 7- LADEIRA (1999); 8- DRUMOND et al. (1997); 9-NEVES (2000); 10- GAMA-RODRIGUES et al. (1999); 11- FONSECA et al. (1993).

### 2.3. Atividade microbiana no solo e sua importância na decomposição

A decomposição de resíduos orgânicos do solo e a disponibilização de nutrientes são processos eminentemente biológicos. Estima-se que 80 a 99% do CO<sub>2</sub> liberado no solo provêm de processos de digestão oxidativa (LAVELLE, 1994). De maneira geral, a decomposição de resíduos orgânicos e a ciclagem biogeoquímica de nutrientes são estudadas em consequência da atividade de microrganismos.

Existem diversos métodos para a medição da atividade microbiana. Dentre eles está o método da taxa respiratória, que se baseia na determinação de CO<sub>2</sub> proveniente da respiração de microrganismos heterotróficos aeróbios durante a oxidação dos compostos orgânicos (ANDERSON, 1982). A taxa com que o carbono fixado em um substrato é oxidado a CO<sub>2</sub> é proporcional à quantidade de organismos mediando as reações no solo

(TATE, 2000), sendo usada para avaliar a atividade geral da biomassa microbiana no solo, sob influência do clima, das propriedades físicas e químicas do solo e do tipo de cobertura vegetal.

SODRÉ (1999), estudando a qualidade e a liberação de CO<sub>2</sub> da serapilheira e do solo de mata natural, capoeira, pastagem e de plantios de eucalipto, no sudeste da Bahia, verificou que as quantidades de CO<sub>2</sub> acumuladas durante a respirometria foram diferenciadas para as quatro coberturas estudadas e ajustaram-se ao modelo logístico. No solo sob eucalipto, observou-se menor quantidade de CO<sub>2</sub> evoluída, enquanto o solo sob pastagem apresentou maior evolução, o que foi justificado pela presença de raízes finas que não ficaram retidas na peneira de 2 mm. A produção de CO<sub>2</sub> foi superior quando foram adicionados fragmentos de folhas ao solo, estimulando a atividade microbiana em razão do carbono mais prontamente disponível presente no material vegetal. Os valores de CO<sub>2</sub> acumulado para as diferentes coberturas com adição de fragmentos de folhas foram similares, em torno de 9,47 mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> em 30 dias de incubação. DELLA BRUNA et al. (1991) encontraram valores de CO<sub>2</sub> até cinco vezes maiores quando se fez adição de 5% de serapilheira sobre solos cultivados com eucalipto. De acordo com esses autores, o menor teor de bases e pH, o maior teor de alumínio e a maior relação C/N justificam a menor atividade biológica, verificada nas amostras de solo sob eucalipto. Isto foi confirmado quando adicionaram-se corretivos de acidez, fósforo e nitrogênio, o que ocasionou o aumento da emissão de CO<sub>2</sub>.

Com o intuito de investigar a atividade microbiana em sistemas com componentes arbóreos e com monocultivos, assim como de verificar qual procedimento metodológico seria mais adequado para o estudo, ASSIS JÚNIOR (2000) conduziu experimento de respirometria em laboratório e no campo comparando diversos sistemas de manejo ou uso da terra. O autor observou que sob o Cerradão houve maior taxa respiratória (mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), seguido dos sistemas sob pastagem pura e consorciada com eucalipto. Tais resultados foram justificados pela maior biomassa microbiana presente

na serapilheira da primeira cobertura vegetal. Em geral, o autor encontrou que os valores da taxa respiratória foram maiores para os tratamentos onde havia presença de componente arbóreo, do que aqueles encontrados para as monoculturas. Segundo o autor, os resultados obtidos no campo e no laboratório foram semelhantes, tendo no campo a praticidade, o menor custo e tempo e, ainda, maior eficiência por considerar as condições naturais.

As características químicas e físicas do solo determinam a natureza do ambiente no qual os microrganismos são encontrados. Essas características ambientais afetam sobremaneira a composição da população microbiana, tanto qualitativa quanto quantitativamente. Assim, pode-se inferir que fatores como umidade, aeração, disponibilidade de nutrientes, temperatura, pH, teor de matéria orgânica, tipo de cobertura vegetal e tipos de manejo, afetam a dinâmica dos microrganismos no solo (CARDOSO, 1992). Para as bactérias aeróbias, a umidade ideal encontra-se na faixa de 50-70% da capacidade de campo. Os fungos têm maior atividade quando a umidade está na faixa de 60 e 70% da capacidade de campo do solo e podem ser encontrados em ampla faixa de temperatura, predominando, no solo, espécies mesófilas, com maior atividade entre 14 e 45°C (BRANDÃO, 1992).

SIERRA e MARBÁN (2000), investigando o comportamento da mineralização de nitrogênio em Oxisols, testaram dois solos, um neutro e um ácido. Os solos foram incubados segundo esquema fatorial de temperatura (20, 30, 40 e 50°C) por água no solo (30, 200 e 1.500 kPa). A mineralização aumentou com a temperatura e com o conteúdo de água e foi muito baixa a 20-30°C. A nitrificação não ocorreu a 50°C e a 1.500 kPa. O estoque de N mineralizável e a mineralização do N eram diferentes, mas a biomassa e a atividade microbiana foram idênticas para os dois solos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho conduziram-se dois estudos. No primeiro quantificou-se e determinou-se o conteúdo de nutrientes na serapilheira de plantações de eucalipto numa seqüência de idades, em três posições topográficas e, no segundo, avaliou-se, em condições de laboratório, a taxa de decomposição da mesma.

#### 3.1. Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado na Região do Baixo Rio Doce, em áreas da CENIBRA S.A. (Celulose Nipo-Brasileira), no município de Ipatinga-MG (19°18'23''S e 42°22'46''W). A altitude média da região é de 290 m. Pela classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa, chuvoso-mesotérmico, com chuvas de verão e inverno seco, sendo a temperatura média anual de 24,7°C. A umidade relativa do ar média está em torno de 60%. A precipitação média anual varia de 1.000 a 1.280 mm. Seu regime de distribuição é periódico, predominando a precipitação no semestre mais quente. O inverno, na região, apresenta 4 a 5 meses secos, com um déficit hídrico entre 30 e 90 mm anuais e evapotranspiração potencial anual entre 950 a 1.200 mm (FABRES et al., 1987).

O solo predominante na área estudada é o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média a argilosa, sendo comum também a ocorrência de Argissolos Vermelho-Amarelos ao longo de terraços fluviais dos rios Doce e Santo Antônio (FABRES et al., 1987). SANTANA (1986) observou valores de densidade do solo nas baixadas, tanto argilosas quanto arenosas sempre superiores aos dos topos e das encostas, acima de 1,34 g cm<sup>-3</sup>. FABRES et al. (1987) observaram que nessas baixadas a ocorrência de adensamento é quase generalizada.

### 3.2. Amostragem e análise química da serapilheira

Em fevereiro de 2000, amostras de serapilheira foram coletadas em plantações clonais de *Eucalyptus*, no espaçamento de 3 x 2 m, com idade entre 1 e 9 anos (Quadro 4). Em cada idade, amostraram-se povoamentos abrangendo topo, encosta e baixada. Em cada posição, coletaram-se, aleatoriamente, sete amostras simples em área de 0,5 x 0,5 m, para formar uma amostra composta.

As amostras compostas de serapilheira foram postas para secar em estufa de circulação forçada a 70°C, determinado-se, após a secagem, seus respectivos pesos de matéria seca. Esses dados foram submetidos à análise de variância, obedecendo-se a um arranjo fatorial (nove idades e 3 posições topográficas) com três repetições. Equações de regressão foram ajustadas aos dados de peso seco em função da idade, para cada posição topográfica. Após a secagem, retiraram-se amostras de folhas que foram submetidas a análises químicas para a determinação dos teores de macro e micronutrientes, conforme descrito no item 3.4. Somente as folhas foram analisadas por representarem o componente que mais rapidamente sofre decomposição e libera os nutrientes para o solo (FERREIRA, 1984; PEREIRA, 1990). Com os resultados, foram calculadas as quantidades de nutrientes imobilizados nas folhas da serapilheira. O carbono total foi estimado como sendo 50% da matéria seca.

Quadro 4 - Áreas de clones de *Eucalyptus* selecionadas para a coleta de serapilheira, na primeira fase do estudo

Idade (anos)	Projeto	Posição topográfica	Clone
1	Goiabal 98	Topo	6
1	Goiabal 98	Encosta	6
1	Goiabal 98	Baixada	6
2	Córrego do Brejo 97	Topo	129
2	Córrego do Brejo 97	Encosta	129
2	Córrego do Brejo 97	Baixada	129
3	Goiabal 96	Topo	CO 129
3	Goiabal 96	Encosta	CO 129
3	Goiabal 96	Baixada	CO 129
4	Cajá 95	Topo	Vários
4	Cajá 95	Encosta	Vários

4	Cajá 95	Baixada	Vários
5	Cajá 94	Topo	129
5	Cajá 94	Encosta	129
5	Cajá 94	Baixada	129
6	Água Suja 93	Topo	2796
6	Água Suja 93	Encosta	2796
6	Água Suja 93	Baixada	2796
7	Fábrica 92	Topo	2719
7	Fábrica 92	Encosta	2719
7	Fábrica 92	Baixada	2719
8	Boa Vista 91	Topo	2719
8	Boa Vista 91	Encosta	2719
8	Boa Vista 91	Baixada	2719
9	Boleira 90	Topo	2719
9	Boleira 90	Encosta	2719
9	Boleira 90	Baixada	2719

### 3.2.1. Coleta do material foliar para o estudo de evolução de CO<sub>2</sub>

Em outubro de 2000, na mesma região, foram selecionadas plantações clonais de *Eucalyptus* com 2, 4 e 6 anos de idade, em duas posições topográficas (encosta e baixada) e uma mata nativa, na posição de baixada, para a coleta de folhas (Quadro 5).

Quadro 5 - Identificação das áreas selecionadas para a coleta de serapilheira e a adubação aplicada na época de plantio

Idade (anos)	Projeto	Talhão	Posição topográfica	Adubação	
				Plantio	Manutenção
2	Garapa 98	363	Baixada	90 g SS <sup>1</sup>	100 g NPK (1,5-15-36)
2	Garapa 98	368	Encosta	100 g SS	100 g NPK (1,5-15-36)
4	Córrego do Brejo 96	268	Baixada	90 g SS	100 g NPK (10-10-20)
4	Goiabal 96	252	Encosta	100 g SS	100 g NPK (10-10-20)
6	Cajá 94	172	Baixada	90 g SS	100 g NPK (10-10-20)
6	Cajá 94	171	Encosta	100 g SS	100 g NPK (10-10-20)

<sup>1</sup> Superfosfato simples.

Em cada posição topográfica, foram alocadas três parcelas de 900 m<sup>2</sup> nas quais coletaram-se aleatoriamente amostras de folhas recentemente caídas. O mesmo tipo de amostragem foi realizada em floresta secundária, localizada na posição de baixada, na mesma região. Amostras de folhas foram coletadas separadamente para análise química e para o estudo de evolução de CO<sub>2</sub> em laboratório.

As amostras para a análise química foram postas a secar em estufa de circulação forçada de ar a 70°C, até peso constante, e as utilizadas no estudo de laboratório foram armazenadas em geladeira a uma temperatura de 4-7°C.

Amostras compostas de solo, provenientes de quatro amostras simples, dispostas nas entrelinhas das parcelas de eucalipto e na mata secundária, foram coletadas na camada de 0-20 cm de profundidade. As amostras foram separadas para análise química e as utilizadas no ensaio de laboratório foram mantidas à temperatura de 4-7°C, em geladeira.

No laboratório, o método usado foi o de ANDERSON (1982), no qual o CO<sub>2</sub> liberado no processo de decomposição é recolhido em solução de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>.

Os tratamentos aplicados consistiram de dois níveis de temperatura (23 ± 2 e 30 ± 2°C, correspondentes às temperaturas mínima e máxima anuais da região), dois níveis de umidade (40 e 80% da capacidade de campo), dois níveis de adubação (com e sem adubação) e da adição ou não fragmentados de folhas sobre o solo. Trabalhou-se com amostras de folhas recém-caídas de cor variando de verde a bronzeada, que apresentassem alta tenacidade e dureza. Estas foram secas ao ar e posteriormente fragmentadas, com o uso de multiprocessador de alimentos comercial, em fragmentos de aproximadamente 0,5 x 0,5 cm.

O solo foi umedecido para atingir 40 ou 80% da capacidade de campo e as frações de folhas para atingir 80% do volume necessário para obter a saturação de umidade.

Nas amostras a serem adubadas, os fertilizantes foram dissolvidos em água nas concentrações de 300 mg dm<sup>-3</sup> de P, 80 mg dm<sup>-3</sup> de N, 80 mg dm<sup>-3</sup> de K e 5 mL da solução nutritiva foram adicionados em cada amostra. Os fertilizantes utilizados foram KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>Cl e KCl.

Um total de 336 amostras de 50 g de solo (TFSA), com e sem aplicação de 15 g de fragmentos de folhas na superfície do solo, em quantidade proporcional à encontrada no campo, foi incubado em recipientes de frascos de 0,6 dm<sup>3</sup>. Os recipientes foram hermeticamente fechados com tampa metálica, isolada com filme de PVC, para evitar o escape de CO<sub>2</sub> para o ambiente. No interior desses recipientes, foi colocado um copo plástico de 50 mL com 10 mL de solução NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> para absorver o CO<sub>2</sub> liberado do solo e da combinação solo - fragmentos de folhas. Os copos com a solução de NaOH permaneceram no interior dos frascos por período crescente de tempo, sendo depois retirados para titulação com solução de HCl 0,5 mol L<sup>-1</sup>, após adição de 5 mL de BaCl<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>, para precipitação de carbonato de sódio, e de algumas gotas de fenoftaleína 1%, como indicador. A primeira titulação foi realizada aos 2 dias de incubação, procedendo-se, em seguida, nova incubação por 3 dias, e assim por diante após 4, 6, 8, 10, 12, 14, 20, e 27 dias, perfazendo um total de 106 dias. Os copos com NaOH eram substituídos por outros com nova solução após cada titulação. A concentração da solução de NaOH e de HCl foram alteradas ao longo do experimento, devido à variação na quantidade de CO<sub>2</sub> evoluída em função da maior atividade microbiana. Após o oitavo dia, foram utilizadas as soluções de NaOH e de HCl, com concentrações de 1,75 e 1,0 mol L<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os resultados foram expressos em mg CO<sub>2</sub> liberado do solo, por meio da seguinte expressão:

$$CO_2 \text{ no solo} = \frac{V \times f \times 22 \times (Vb - Va)}{50 \text{ g de solo}}$$

em que

[ ] – concentração do HCl;

f = fator de correção da concentração do HCl;

22 = equivalente mg do CO<sub>2</sub>;

V<sub>b</sub> = volume (mL) de HCl gasto para titular o NaOH correspondente às amostras sem material (branco);

V<sub>a</sub> = volume (mL) de HCl gasto para titular o NaOH dos frascos com as amostras.

A quantidade de CO<sub>2</sub> acumulada até 106 dias foi submetida à análise de variância seguindo delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas sub-dividida, em que os tratamentos de campo (idades e posições topográficas do eucalipto e também da mata nativa) constituíram a parcela e os tratamentos de laboratório a sub-parcela. Assim, foram 16 tratamentos de laboratório (dois níveis de cada fator umidade, temperatura, adubação e presença de folhas fragmentadas) e sete situações de campo (eucalipto em três idades e duas posições topográficas e a baixada de uma mata nativa, como referência). Os resultados de cada tratamento foram submetidos à análise de regressão (SAS, 1990).

### 3.3. Caracterização química do material vegetal e do solo

Após a secagem, as amostras de folhas foram moídas e submetidas à digestão nítrico-perclórica, sendo determinado nos extratos: as concentrações de P, por colorimetria, empregando-se ácido ascórbico como redutor do complexo fosfomolibdico (BRAGA e DEFELIPO, 1974); as de K e Na, por fotometria de emissão de chama, as de Ca, Mg, Cu, Mn e Zn, por espectrofotometria de absorção atômica e as de S por turbidimetria. O B foi dosado por colorimetria após digestão por via seca. No extrato da digestão sulfúrica, foi determinado o nitrogênio total pelo método Kjeldahl, descrito por BATAGLIA et al. (1983). O teor de carbono total do material vegetal foi obtido por queima, a 550°C, em mufla, de 1 g de material vegetal (KIEHL, 1985). Na determinação da lignina, empregou-se o método da fibra em detergente ácido (FDA) de VAN SOEST e WINE (1968).

As amostras de solo foram analisadas para pH (H<sub>2</sub>O); P e K, Na, Zn, Cu, extraídos por Mehlich-1; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos por KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, matéria orgânica por oxidação, com K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,4 mol L<sup>-1</sup>, de acordo com os métodos sugeridos por EMBRAPA (1997).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Acumulação da serapilheira

Houve tendência de acúmulo linear de serapilheira com o aumento da idade da plantação (Figura 1). Contudo, as quantidades acumuladas apresentaram tendência a serem superiores nas posições de baixadas, comparadas às de topo e encosta. As quantidades de serapilheira acumuladas ao final de 9 anos foram maiores que os valores médios reportados na literatura (Quadro 1), em torno de 11 Mg ha<sup>-1</sup>.

Essas variações podem ter várias causas, como material genético, tipo de manejo e tipo de solo, tendo em vista a utilização de povoamentos comerciais e não experimentais. Segundo a literatura, as curvas de acumulação de serapilheira de florestas de eucalipto mostram duas fases, uma linear, que vai até 80% da acumulação relativa, seguida de outra, de pequena declividade que indicaria uma estabilização entre a deposição e a decomposição do material vegetal (O'CONNELL e GROVE, 1996; NEVES, 2000). FERREIRA (1984), em seu estudo com *Eucalyptus grandis* em diferentes sítios no Cerrado de MG, relata um acúmulo linear de serapilheira, para o sítio de melhor qualidade nutricional, até os 51 meses de idade, enquanto para o sítio mais pobre, a tendência linear foi até os 67 meses, seguido de queda.

As figuras 2, 3 e 4 e quadros 6 e 7 apresentam a evolução dos teores e quantidades de macronutrientes ao longo da idade nas três posições topográficas. Observa-se que, apesar da variabilidade encontrada, a forma dessa relação variou de acordo com o nutriente e a posição. De maneira geral, a fração foliar dos plantios do topo e da encosta apresentam tendências similares de concentração e quantidade de nutrientes, que diferem daquela na baixada, onde o acúmulo de serapilheira é maior. No caso das posições mais elevadas, os teores de N e P decrescem após as

idades iniciais, enquanto os teores de K e Mg aumentam e Ca e S não apresentam tendência definida. As quantidades aumentam com a idade, embora para S, nos últimos três anos, haja um decréscimo abrupto.

A concentração de nutrientes nas folhas da serapilheira dos plantios nas baixadas apresentou comportamento mais variável do que nas demais posições, sem tendência clara para N, K e Mg, enquanto o P atinge um máximo aos 5 anos, e Ca e S decrescem com a idade. Contudo, a quantidade de nutrientes aumenta com a idade a exemplo das demais posições, com o mesmo decréscimo em S notado acima.

As maiores relações C/N do material foliar, para a posição de baixada, em função da idade do povoamento, foram nessa ordem: 9 > 3 > 5 > 4 > 7 > 6 > 2 > 8 > 1 anos (Quadro 7). Contudo, no topo, as maiores relações C/N foram nas idades de 6 > 4 > 3 = 9 > 7 = 5 > 8 > 2 > 1 anos. Logo, não se percebe tendência consistente no valor da relação C/N com a idade da plantação.

Para a posição de topo, a relação C/P foi, de acordo com a idade, 6 > 4 > 3 = 9 > 7 = 5 > 8 > 2 > 1 anos. Contudo, não houve nenhuma tendência clara de acúmulo em função da idade, o que indica que o acúmulo pode ser mais dependente do aporte anual que da qualidade do material foliar ou uma decomposição mais lenta em virtude de outro fator que não a qualidade nutricional do material foliar. O mesmo comportamento foi observado para as diferentes posições topográficas (Quadros 6 e 7 e Figura 5).

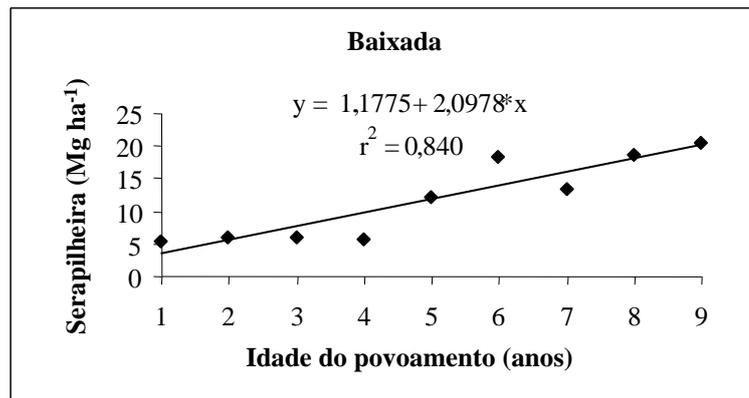
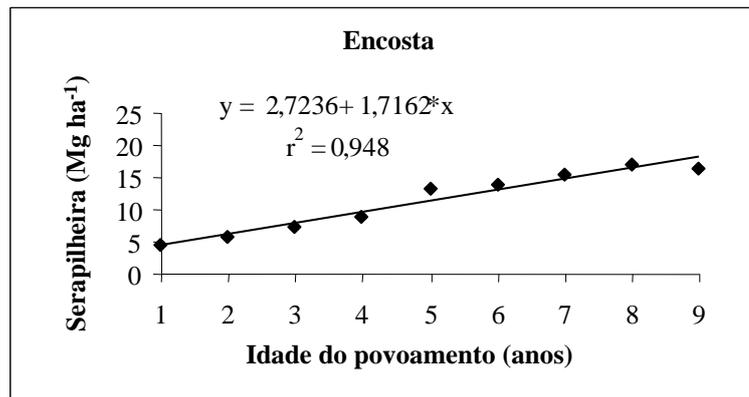
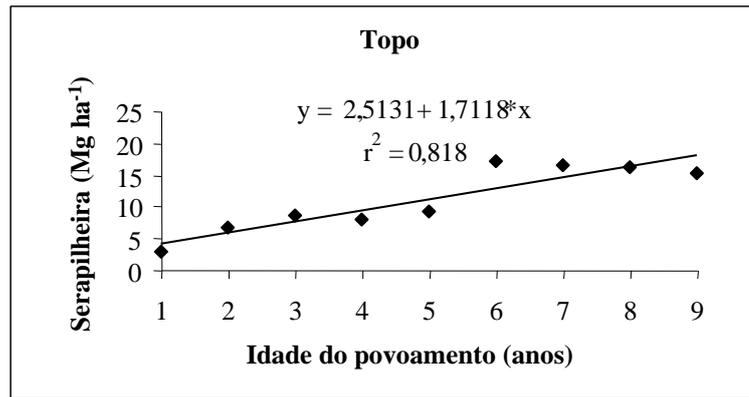


Figura 1 - Quantidade (Mg ha<sup>-1</sup>) de serapilheira em função da idade (anos) e da posição topográfica, topo, encosta, baixada.

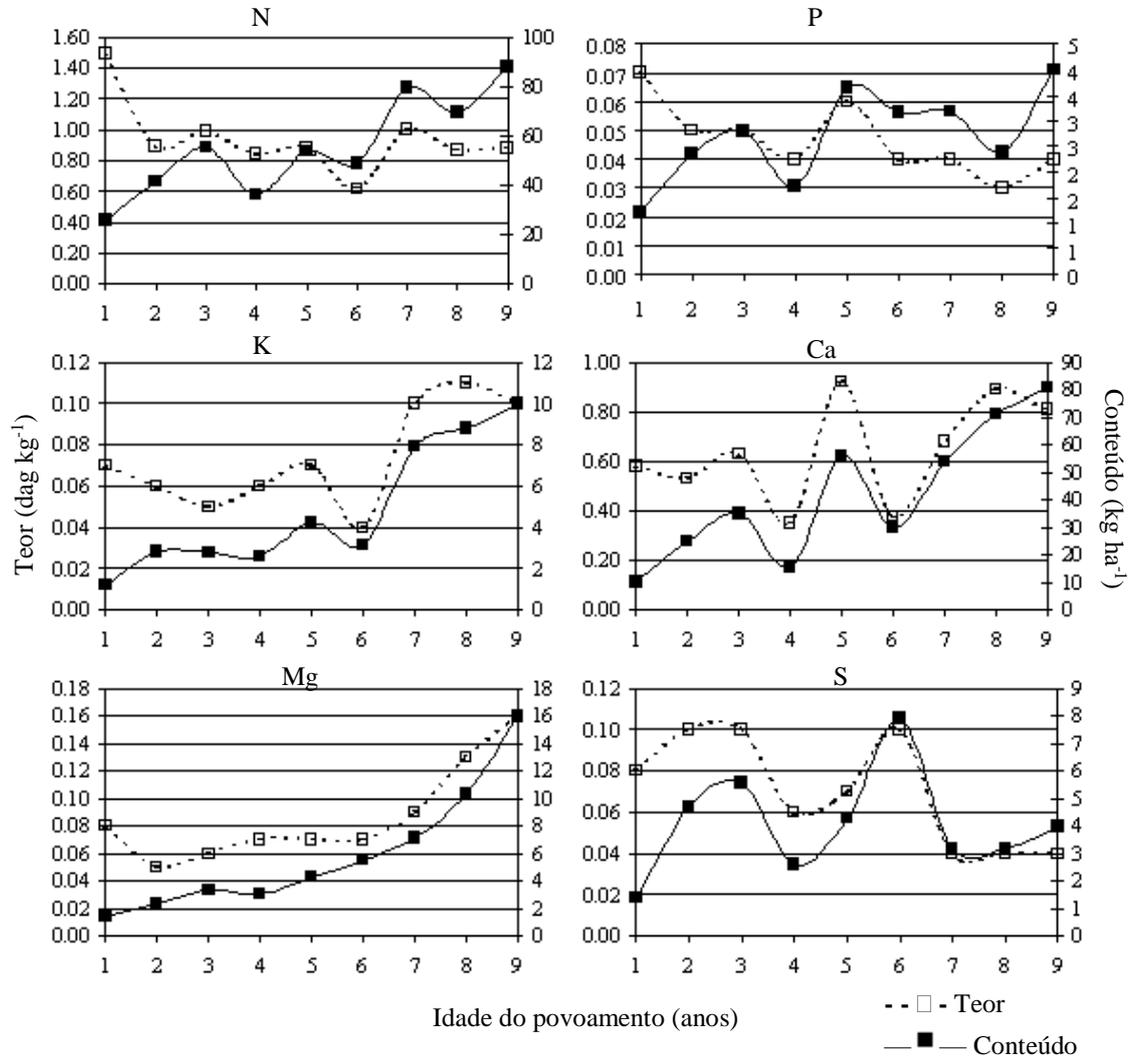


Figura 2 - Teor e conteúdo de macronutrientes em folhas da serapilheira de povoamentos de eucalipto de 1 a 9 anos, situados no topo, no Baixo Rio Doce - MG.

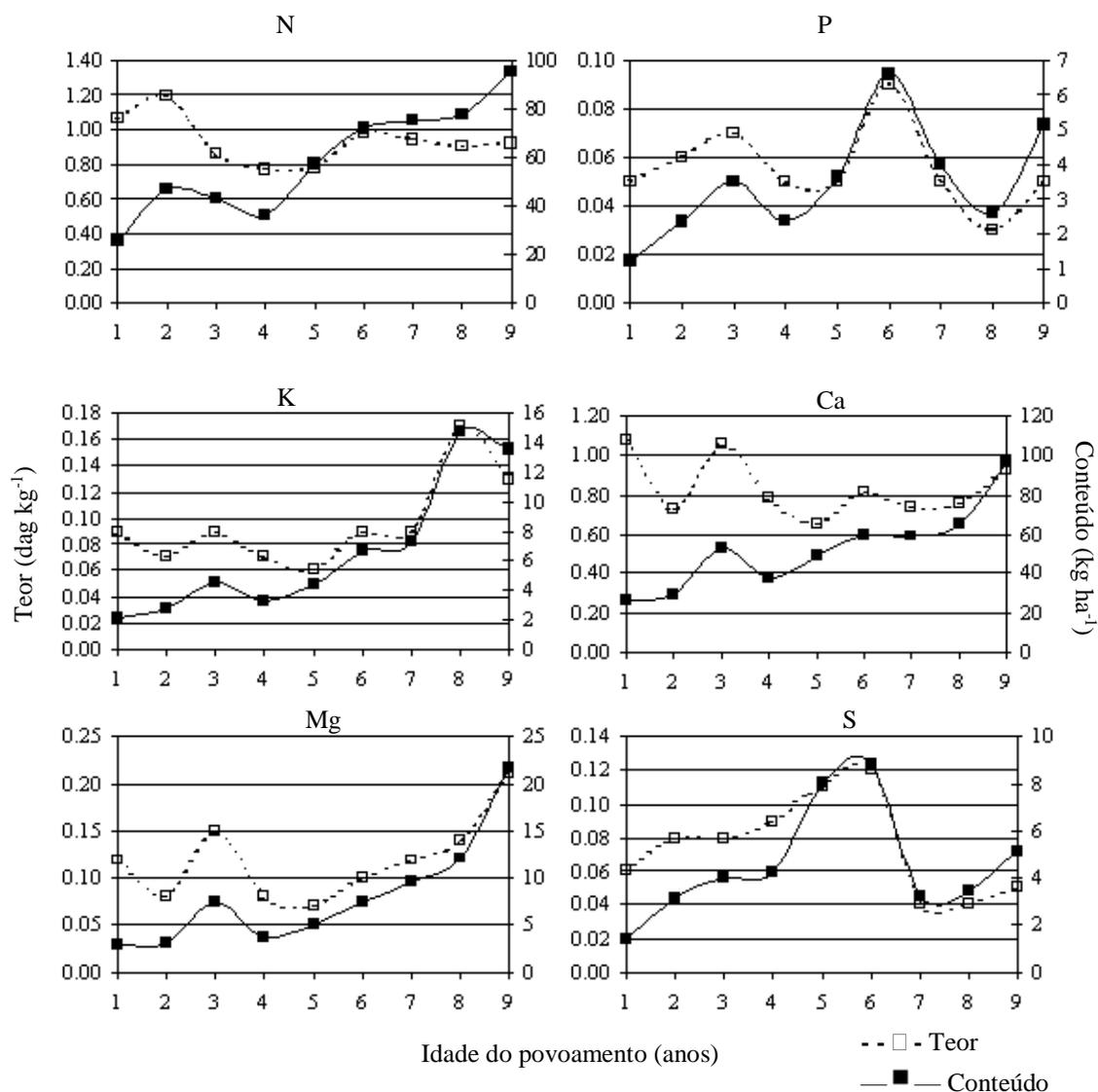


Figura 3 - Teor e conteúdo de macronutrientes em folhas da serapilheira de povoamentos de 1 a 9 anos, situados na encosta, no Baixo Rio Doce - MG.

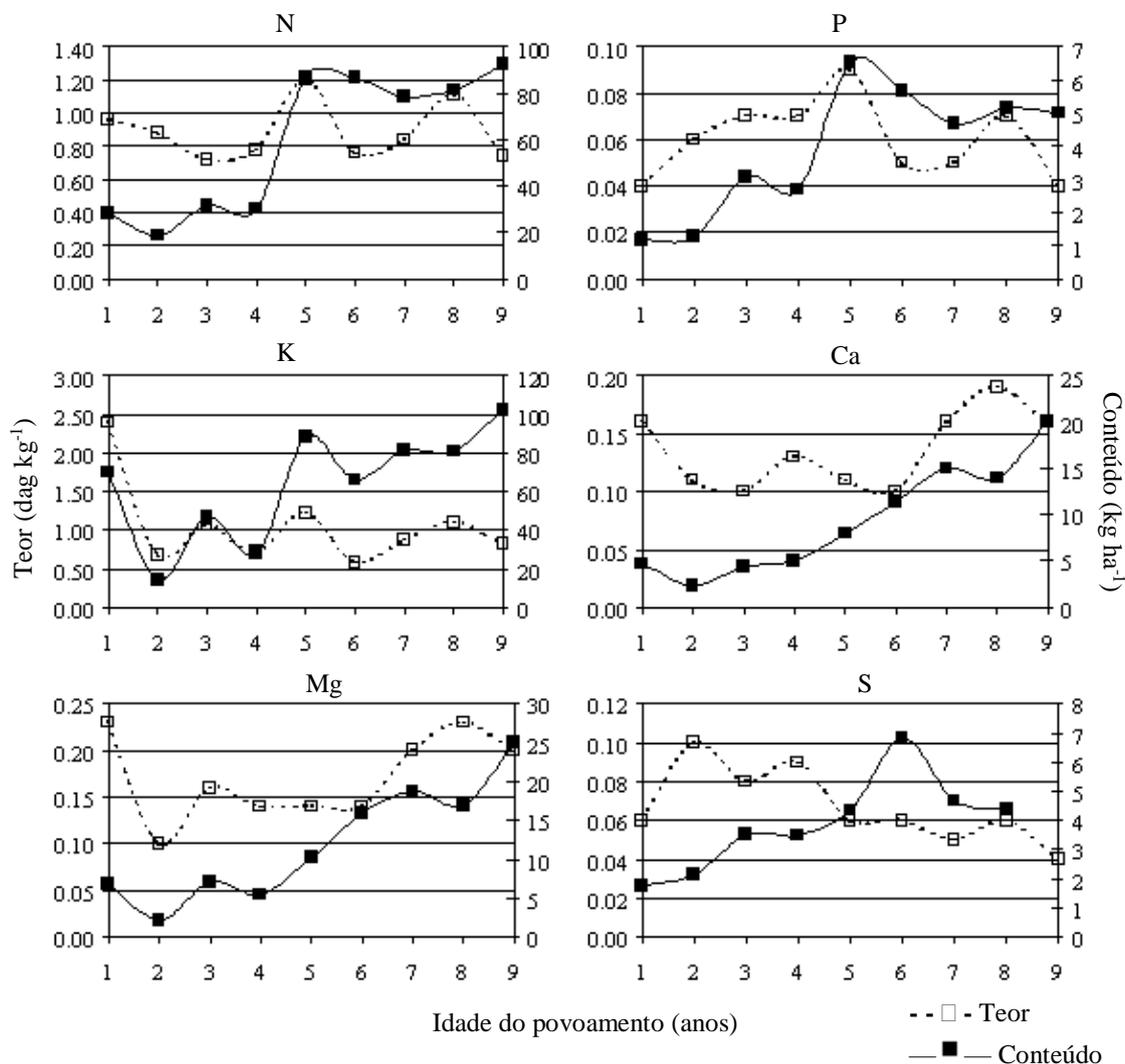


Figura 4 - Teor e conteúdo de macronutrientes em folhas da serapilheira de povoamentos de eucalipto de 1 a 9 anos, situados na baixada, no Baixo Rio Doce - MG.

Quadro 6 - Teores de macro e micronutrientes da fração foliar de *Eucalyptus grandis*, nas idades de 1 a 9 anos, nas posições de topo, encosta e baixada, no Baixo Rio Doce - MG

Idade	Posição topográfica	dag kg <sup>-1</sup>							mg kg <sup>-1</sup>				
		N	P	K	Na	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
1	Topo	1,49	0,07	0,07	0,01	0,58	0,08	0,08	9,8	14,1	9.069	455	26,4
1	Encosta	1,06	0,05	0,09	0,02	1,08	0,12	0,06	8,4	10,6	5.003	873	28,0
1	Baixada	0,96	0,04	0,16	0,02	2,39	0,23	0,06	19,2	9,6	5.518	900	29,0

2	Topo	0,89	0,05	0,06	0,00	0,53	0,05	0,10	12,7	12,1	16.719	356	24,7
2	Encosta	1,19	0,06	0,07	0,00	0,73	0,08	0,08	13,2	8,8	9.900	460	24,1
2	Baixada	0,88	0,06	0,11	0,01	0,68	0,10	0,10	14,2	13,9	16.766	792	21,8
3	Topo	0,99	0,05	0,05	0,01	0,63	0,06	0,10	9,8	5,6	7.494	259	23,4
3	Encosta	0,86	0,07	0,09	0,01	1,06	0,15	0,08	20,4	12,6	18.779	571	27,2
3	Baixada	0,72	0,07	0,10	0,01	1,07	0,16	0,08	23,9	10,9	10.709	531	22,6
4	Topo	0,84	0,04	0,06	0,01	0,35	0,07	0,06	12,1	4,5	7.660	210	19,0
4	Encosta	0,77	0,05	0,07	0,02	0,79	0,08	0,09	12,9	6,7	10.865	280	17,4
4	Baixada	0,78	0,07	0,13	0,01	0,72	0,14	0,09	16,1	11,8	13.207	379	18,0
5	Topo	0,88	0,06	0,07	0,03	0,92	0,07	0,07	14,7	7,0	9.160	265	25,4
5	Encosta	0,78	0,05	0,06	0,01	0,66	0,07	0,11	12,1	6,9	7.451	227	18,6
5	Baixada	1,20	0,09	0,11	0,01	1,22	0,14	0,06	38,2	14,2	13.605	507	23,6
6	Topo	0,62	0,04	0,04	0,01	0,38	0,07	0,10	11,6	4,4	18.396	184	24,3
6	Encosta	0,98	0,09	0,09	0,01	0,82	0,10	0,12	22,0	10,7	18.679	257	24,6
6	Baixada	0,76	0,05	0,10	0,01	0,58	0,14	0,06	14,4	10,0	8.135	688	19,9
7	Topo	1,00	0,04	0,10	0,03	0,68	0,09	0,04	9,5	4,5	2.425	428	23,6
7	Encosta	0,94	0,05	0,09	0,02	0,74	0,12	0,04	15,9	4,9	1.380	251	20,7
7	Baixada	0,84	0,05	0,16	0,01	0,87	0,20	0,05	14,4	5,9	4.684	428	22,9
8	Topo	0,87	0,03	0,11	0,03	0,89	0,13	0,04	12,4	5,3	1.260	187	32,4
8	Encosta	0,90	0,03	0,17	0,02	0,76	0,14	0,04	12,8	5,3	1.241	184	35,1
8	Baixada	1,11	0,07	0,19	0,01	1,10	0,23	0,06	18,5	9,5	3.064	379	38,0
9	Topo	0,88	0,04	0,10	0,01	0,81	0,16	0,04	16,3	5,6	1.513	680	23,3
9	Encosta	0,92	0,05	0,13	0,01	0,93	0,21	0,05	14,9	7,1	4.024	504	30,9
9	Baixada	0,74	0,04	0,16	0,01	0,82	0,20	0,04	13,3	6,4	1.814	503	33,6

Quadro 7 - Quantidade de serapilheira, carbono e conteúdos de nutrientes da fração foliar, em povoamentos de *E. grandis* em diferentes idades e posições topográficas, no Baixo Rio Doce - MG

Idade	Topografia	Serapilheira	Folha	C na serapilheira	C	C/N	C/P	N	P	K	Na	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
1	Topo	2,78	1,73	1,39	0,87	34	704	25,7	1,2	1,2	0,2	10,0	1,4	1,4	0,02	0,02	15,69	0,79	0,05
1	Encosta	4,51	2,40	2,26	1,20	47	993	25,4	1,2	2,1	0,4	25,8	2,9	1,3	0,02	0,03	12,01	2,09	0,07
1	Baixada	5,18	2,93	2,59	1,47	52	1.138	28,1	1,2	4,6	0,5	70,0	6,8	1,6	0,06	0,03	16,17	2,64	0,09
2	Topo	6,50	4,68	3,25	2,34	56	993	41,6	2,3	2,8	0,1	24,8	2,3	4,8	0,06	0,06	78,25	1,66	0,12
2	Encosta	5,57	3,92	2,78	1,96	42	776	46,7	2,5	2,7	0,1	28,4	3,2	3,3	0,05	0,03	38,81	1,80	0,09
2	Baixada	5,88	2,13	2,94	1,07	57	776	18,8	1,3	2,3	0,2	14,4	2,1	2,1	0,03	0,03	35,71	1,69	0,05
3	Topo	8,56	5,57	4,28	2,79	51	933	54,8	2,9	2,7	0,4	34,8	3,0	5,6	0,05	0,03	41,74	1,44	0,13
3	Encosta	7,34	4,99	3,67	2,50	58	693	42,7	3,6	4,4	0,6	52,9	7,2	3,7	0,10	0,06	93,71	2,85	0,14
3	Baixada	5,92	4,39	2,96	2,20	70	683	31,4	3,2	4,3	0,5	46,8	6,8	3,3	0,10	0,05	47,01	2,33	0,10
4	Topo	8,05	4,31	4,02	2,16	59	1.196	36,2	1,8	2,5	0,3	15,0	3,2	2,6	0,05	0,02	33,01	0,91	0,08
4	Encosta	8,61	4,71	4,30	2,36	65	1.037	36,1	2,2	3,2	0,8	37,0	3,6	4,1	0,06	0,03	51,18	1,32	0,08
4	Baixada	5,64	3,87	2,82	1,94	64	727	30,0	2,6	5,0	0,2	27,7	5,3	3,4	0,06	0,05	51,11	1,47	0,07
5	Topo	9,09	6,09	4,54	3,05	57	880	53,6	3,4	4,2	1,6	55,7	4,1	4,2	0,09	0,04	55,78	1,62	0,15
5	Encosta	13,22	7,34	6,61	3,67	64	1.037	56,9	3,5	4,3	0,9	48,6	5,3	7,7	0,09	0,05	54,69	1,67	0,14
5	Baixada	12,02	7,26	6,01	3,63	42	530	86,7	6,8	7,9	0,5	88,4	10,2	4,6	0,28	0,10	98,77	3,68	0,17
6	Topo	17,03	7,89	8,51	3,95	80	1.295	49,0	3,0	3,1	0,5	29,6	5,2	8,1	0,09	0,03	145,15	1,45	0,19
6	Encosta	13,75	7,34	6,88	3,67	51	543	72,0	6,7	6,5	0,9	59,9	7,0	8,8	0,16	0,08	137,10	1,88	0,18
6	Baixada	18,31	11,38	9,15	5,69	66	933	86,6	6,1	11,4	1,4	66,5	16,1	7,3	0,16	0,11	92,58	7,83	0,23
7	Topo	16,53	5,94	8,26	2,97	50	1.228	59,5	2,4	5,2	1,9	40,2	5,4	2,6	0,06	0,03	14,40	2,54	0,14
7	Encosta	15,36	5,83	7,68	2,92	53	1.085	54,9	2,6	5,3	1,0	43,4	7,2	2,3	0,09	0,03	8,05	1,46	0,12
7	Baixada	13,16	4,24	6,58	2,12	60	915	35,5	2,3	6,6	0,3	36,9	8,5	2,2	0,06	0,03	19,86	1,82	0,10
8	Topo	16,03	3,99	8,02	2,00	58	1.455	34,5	1,3	4,7	1,2	35,6	5,1	1,6	0,05	0,02	5,03	0,75	0,13
8	Encosta	16,98	4,32	8,49	2,16	55	1.551	39,0	1,3	7,2	0,9	32,9	6,2	1,7	0,06	0,02	5,36	0,80	0,15
8	Baixada	18,48	3,67	9,24	1,84	45	751	40,6	2,4	6,5	0,4	40,5	8,5	2,1	0,07	0,03	11,25	1,39	0,14
9	Topo	15,08	9,98	7,54	4,99	57	1.138	87,8	4,3	9,5	1,2	80,7	15,6	4,2	0,16	0,06	15,10	6,78	0,23
9	Encosta	16,40	10,34	8,20	5,17	55	952	94,6	5,4	13,4	0,7	95,8	22,1	5,5	0,15	0,07	41,61	5,22	0,32
9	Baixada	20,41	12,52	10,21	6,26	67	1.138	93,1	5,5	19,9	0,9	102,5	25,3	5,5	0,17	0,08	22,71	6,30	0,42

Conforme indicado no Quadro 4, diferentes clones foram utilizados nos plantios. Isso, juntamente com a possível interação clone-local, pode ser uma das razões para as variações observadas. Também, deve-se considerar que as relações hídricas no sistema solo-planta podem variar com a idade do povoamento, especialmente ao se considerar o longo período de deficiência hídrica normalmente observada na região. Um dos mecanismos utilizados pelo eucalipto para suportar o déficit hídrico é a senescência de folhas (SANDS e MULLIGAN, 1990). LISANERWORK e MICHELSEN (1994) encontraram correlação negativa entre a quantidade de serapilheira e a precipitação em florestas de *E. globulus*, atribuindo tal resultado ao efeito do estresse hídrico sobre a abscisão foliar. Em florestas naturais no estado de São Paulo, DURIGAN (1994) relatou que a queda de folhas é sempre maior no final do inverno e início do verão, em qualquer situação de umidade do solo, independentemente do ecossistema estudado. FERREIRA (1984) observou que a queda máxima de folhas poderia estar mais associada à temperatura mais elevada de que à precipitação. De acordo com POGGIANNI (1985), a época em que ocorre a queda de folhas está associada a períodos mais quentes e de maior pluviosidade. Esse autor mencionou que a queda de folhas nesse período está associada à translocação de compostos orgânicos e de nutrientes minerais das folhas adultas para as novas em fase de crescimento, o que ocorreria no final da primavera e início do verão. Informações sobre a variação estacional de queda de serapilheira são importantes, especialmente para determinação da época de liberação de nutrientes pelo processo de decomposição.

Como já discutido anteriormente, os dados de produção anual e acúmulo de serapilheira obtidos neste trabalho exibem grande variabilidade, que pode ser atribuída a um fator ou à combinação de fatores (variações climáticas, qualidade do sítio, material genético e idade e posição topográfica do povoamento). As condições fisiográficas do Baixo Rio Doce proporcionam ambientes com dinâmica nutricional diferenciada, e isso pode influenciar a decomposição. As baixadas são consideradas como

ambientes de acúmulo de nutrientes e material orgânico e são mais férteis (SANTANA, 1986). Embora os solos das encostas e do topo sejam menos férteis, as menores produções nem sempre se verificam nessas posições topográficas (SANTANA, 1986; TEIXEIRA, 1989).

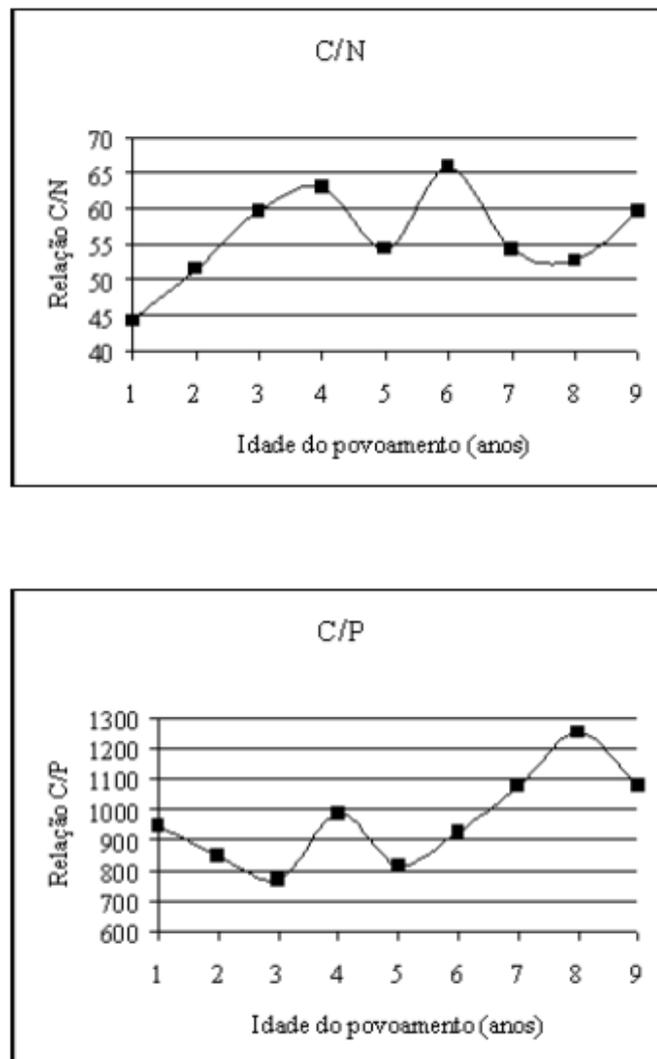


Figura 5 - Relações C/N e C/P em função da idade do povoamento (médias das três posições topográficas), na Região do Baixo Rio Doce - MG.

#### 4.2. Caracterização química da fração foliar

O Quadro 8 mostra a concentração de nutrientes na fração foliar de acordo com a idade do povoamento (média das posições topográficas e de seis repetições). Observa-se que há tendência da serapilheira dos povoamentos de dois anos apresentar teores significativamente mais elevados de N, P, K, Ca, Mn, e B, bem como uma menor relação C/N do que a correspondente às idades de 4 e 6 anos. Isso pode ser explicado pelo efeito da adubação de manutenção realizada aos dois anos de idade, efeito que desapareceu nas idades posteriores, na maioria dos casos.

Para o efeito da posição topográfica (média de idade e seis repetições), os dados do Quadro 9 não indicam tendência clara; o plantio na baixada apresentou maiores teores de K e Zn, enquanto a encosta teve teores significativamente maiores para Ca e B.

No Quadro 10 considera-se o efeito da combinação idade – posição topográfica nas concentrações de nutrientes. Devido ao menor número de repetições (três) por tratamento e a alta variância encontrada houve menor discriminação das médias pelo teste de Tukey. Contudo, observa-se principalmente a maior riqueza de nutrientes nas folhas sob o plantio de dois anos, conforme comentado acima. Os teores de C no material também não mostraram diferenças significativas, o mesmo ocorrendo para as relações C/N e C/P. Os teores de lignina variaram pouco em relação a idade, levando a diferenças não-significativas também para a relação lignina/N.

Os valores encontrados para o material da mata nativa (não incluídos no teste estatístico), aqui considerados como ambiente de referência, indicam maior riqueza em Ca, Mg, N, K, Cu e B, o que pode ser explicado pela maior fertilidade do solo em P, K, Ca, Mg e matéria orgânica (Quadro 11) em relação aos solos sob eucalipto. A menor relação lignina/N desse material se deve ao maior teor de N.

Quadro 8 - Teores de nutrientes, carbono, lignina, relações C/N, C/P e lignina/N em função da idade, em folhas da serapilheira de povoamentos de eucaliptos e remanescente de mata nativa, no Baixo Rio Doce – MG

Idade	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	B	C	Lignina	C/N	C/P	Lignina/N
anos	— dag kg <sup>-1</sup> —				— mg kg <sup>-1</sup> —				— dag kg <sup>-1</sup> —					
2	1,51a	0,07a	0,11a	1,29a	0,16a	24a	13a	956a	16a	51a	33a	33b	713a	22a
4	1,09b	0,05b	0,08b	0,96b	0,14a	28a	10a	588b	9b	48a	33a	43ab	937a	29a
6	1,12b	0,05b	0,07b	0,83b	0,12a	21a	10a	317c	9b	47a	33a	43a	938a	29a
Mata	2,02	0,09	0,17	2,78	0,28	40	17	602	34	50	37	25	545	19

Médias (6 repetições) seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 9 - Teores de nutrientes, carbono, lignina, relações C/N, C/P e lignina/N em função da posição topográfica, em fração foliar de serapilheira sob povoamentos de eucaliptos e remanescente de mata nativa, no Baixo Rio Doce – MG

Fisionomia	Posição topográfica	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	B	C	Lignina	C/N	C/P	Lignina/N
		— dag kg <sup>-1</sup> —				— mg kg <sup>-1</sup> —				— dag kg <sup>-1</sup> —					
Eucalipto	Encosta	1,22a	0,05a	0,07b	1,14a	0,13a	18b	11a	594a	13a	50a	33a	42a	925a	27a
Eucalipto	Baixada	1,26a	0,06a	0,10a	0,92b	0,15a	30a	11a	648a	10b	47a	33a	38a	801a	26a
Mata	Baixada	2,02	0,09	0,17	2,78	0,28	40	17	602	34	50	37	25	545	19

Médias (6 repetições) seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 10 - Teores de nutrientes, carbono, lignina, relações C/N, C/P e lignina/N em função da idade e da posição topográfica, em fração foliar sob povoamentos de eucaliptos e mata nativa, no Baixo Rio Doce – MG

Idade	Posição topográfica	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	B	C	Lignina	C/N	C/P	Lignina/N
anos		dag kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>				dag kg <sup>-1</sup>				
2	Baixada	1,56 a	0,08 a	0,12 a	1,20 a	0,16 a	23,9 ab	13,4 a	1024 a	14,9 ab	52,28 a	35 a	33,65 a	692 a	22 a
4	Baixada	1,12 b	0,06 bc	0,09 ab	0,67 b	0,13 b	41,1 a	10,8 a	572 bc	7,9 b	47,23 a	28 a	42,28 a	843 a	25 a
6	Baixada	1,12 b	0,05 bc	0,10 ab	0,90 b	0,16 a	25,5 ab	9,1 a	348 c	5,9 b	42,18 a	35 a	38,08 a	868 a	31 a
2	Encosta	1,46 a	0,07 ab	0,10 ab	1,38 a	0,15 ab	24,0 ab	13,5 a	890 ab	17,7 a	48,89 a	32 a	33,42 a	734 a	21 a
4	Encosta	1,07 b	0,05 c	0,07 bc	1,26 a	0,16 a	14,4 b	9,3 a	605 ab	9,3 ab	47,60 a	36 a	44,07 a	1032 a	33 a
6	Encosta	1,12 b	0,05 c	0,05 c	0,77 b	0,08 c	15,7 b	10,7 a	286 c	11,8 ab	54,34 a	31 a	48,79 a	1009 a	27 a
Mata	Baixada	2,02	0,09	0,17	2,78	0,28	40,2	17,0	602	33,7	50	37	25	545	19

Médias (3 repetições) seguidas de mesma letra na coluna não entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 11 - Características químicas do solo (3 repetições) em função idade e da posição topográfica, em povoamentos de eucaliptos e mata nativa no Baixo Rio Doce – MG

Idade	Posição topográfica	pH H <sub>2</sub> O	M.O	P	K	Na	Ca	Mg	Al	SB	t	m	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P remanescente
anos		(1:2,5)	dag kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>					mg dm <sup>-3</sup>			%	mg dm <sup>-3</sup>						
2	Baixada	5,58	1,65	1,98	153	8	2,71	0,96	0,12	4,09	4,22	5,28	1,49	1,61	50	474	0,38	30,00	33,70
4	Baixada	5,58	1,64	2,97	169	8	2,95	0,70	0,23	4,11	4,34	8,04	3,97	1,04	46	191	0,48	4,80	30,70
6	Baixada	5,53	1,84	4,41	76	8	2,50	0,46	0,27	3,19	3,46	11,06	2,71	1,01	51	91	0,17	5,90	36,30
2	Encosta	5,91	1,97	2,80	124	6	5,83	0,89	0,03	4,72	4,75	0,76	5,51	2,19	16	584	1,39	12,30	27,30
4	Encosta	5,31	1,33	1,52	27	4	3,49	0,38	0,25	1,78	2,03	14,93	0,73	1,22	35	67	1,37	10,90	25,90
6	Encosta	4,42	1,69	2,65	21	3	1,31	0,06	1,28	0,42	1,70	79,86	0,33	1,43	181	14	0,52	47,80	17,50
Mata	Baixada	5,59	3,12	8,30	222	8	0,29	1,63	0,06	8,07	8,13	0,76	5,98	1,23	121	79	0,41	17,50	28

Extrator para Ca, Mg e Al = Cloreto de Potássio 1mol L<sup>-1</sup>; extrator para K, Na, P, Zn, Cu, Fe e Mn = Mehlich-1. e B = Cloreto de bário 0,125%; S-SO<sub>4</sub> dihidrogenofosfato de cálcio (2,5 g L<sup>-1</sup>).

### 4.3. Caracterização química de solos

As propriedades químicas dos solos das áreas de estudo encontram-se no Quadro 11. A acidez dos solos, conforme indicado pelo pH e alumínio trocável, são consideradas moderadas a fracamente ácidas, com exceção do solo de encosta sob floresta de 6 anos. Os teores de P disponível são considerados baixos. Os valores de Ca e Mg, por sua vez, podem ser vistos como adequados, bem como o de K. Os teores de matéria orgânica, especialmente quando comparados ao da mata nativa, são baixos e revelam perda de carbono causada provavelmente pelo preparo do solo. O solos sob vegetação nativa apresentou ainda teores consideravelmente maiores de P, K, Ca e Mg.

### 4.4. Liberação de CO<sub>2</sub> do folheto, no laboratório

#### 4.4.1. Folheto de eucalipto

A atividade microbiana do solo, medida pela liberação de CO<sub>2</sub>, foi afetada pela presença de fragmentos de folhas, pela temperatura de incubação e pelas interações idade x umidade, posição topográfica x fragmentos de folhas e posição x temperatura (Quadros 12 e 13 e Figura 6). A presença de fragmentos de folhas sobre o solo foi o fator que mais contribuiu para aumentar a quantidade de CO<sub>2</sub> liberada, mostrando que a atividade microbiana é influenciada pelo substrato orgânico. A quantidade de CO<sub>2</sub> liberada até 106 dias foi de 2,96 e 17,72 mg de CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> de solo para os solos sem e com presença de fragmentos de folhas, respectivamente. A presença de fragmentos de folhas sobre o solo permitiu o aumento da atividade microbiana em até 6 vezes. Esse comportamento foi similar ao relatado por DELA BRUNA et al. (1991). SODRÉ (1999) também incubou amostras de solos e folhas oriundas de plantio de eucalipto de 6 anos de idade, sob sistema de fluxo contínuo e relatou valores em torno de 3,67 e 9,47 mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup>, para o solo e a combinação solo + fragmentos de folhas, aos 30 dias de incubação. Deve-se considerar que, para a mesma quantidade de carbono do solo ou dos fragmentos de folhas pode haver diferença na “labilidade” do carbono. O carbono do solo é

constituído de formas mais estáveis do que aquele nas folhas vivas ou senescidas (MCCOLL e GRESSEL, 1995).

A relação C/N do fragmentos de folhas foi em média 40:1 (Quadros 8, 9 e 10). Valores de relação C/N para folhas de eucalipto que variaram de 27 a 37 foram encontrados por DELLA BRUNA et al. (1991) e SODRÉ (1999).

A quantidade de CO<sub>2</sub> liberada na presença de fragmentos de folhas foi maior nas amostras de solos provenientes das baixadas do que das encostas, sendo encontrados valores de 19,02 e 16,43 mg de CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> de solo, respectivamente (Quadro 12). A exemplo do que aconteceu para a adição de fragmentos de folhas, na posição de baixada a quantidade liberada de CO<sub>2</sub> foi mais alta ao se incubar o material à temperatura de 30°C (Quadro 12 e Figura 6). GRIERSON et al. (1999) encontraram efeito de temperatura na mineralização de P no solo sob *Pinus taeda*. O maior valor (0,776 mg kg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), encontrado por esses autores, foi obtido em amostras de solo fertilizado incubadas por 14 dias a 38°C, e o menor (0,226 mg kg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) no solo não fertilizado e incubado a 15°C.

Quadro 12 - Quantidade de CO<sub>2</sub> liberado em 106 dias de incubação de solo de plantações de eucalipto, de diferentes posições topográficas, influenciada pelo fragmentos de folhas, temperatura de incubação e diferentes umidades (média de três repetições)

Condições	Posição topográfica		Média
	Baixada	Encosta	
	mg CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> solo		
Sem fragmentos	2,82 bA	3,11 bA	2,96
Com fragmentos	19,02 aA	16,43 aB	17,72
23°C	9,36 bA	9,49 aA	9,42
30°C	12,48 aA	9,77 aB	11,12
40% CC	11,00aA	10,31 aA	10,65
80% CC	10,80 aA	8,94 bB	9,87
Média	10,92	9,64	

Médias seguida de mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha) não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade. CC = Capacidade de campo.

As variações sazonais do clima têm uma marcante influência sobre as condições de umidade e temperatura do solo e da serapilheira. Vários estudos de incubação têm mostrado a elevação da taxa de liberação de CO<sub>2</sub> de 1,5 a 2,0 vezes quando a temperatura do solo aumenta 10°C. Essa relação é usada em modelos do ciclo biogeoquímico aplicadas a ecossistemas, quando se utiliza uma escala global (FISCHER e BINKLEY, 2000b).

Segundo FISHER e BINKLEY (2000a), a temperatura afeta fortemente a decomposição do material vegetal fresco, mas esta condição não pode ser aplicada ao material orgânico acumulado e quimicamente alterado e disperso no solo. Giardina et al. (1999), citados por FISHER e BINKLEY (2000b), examinaram a ciclagem do carbono em 27 solos de florestas sob gradiente de temperatura média anual de 5 a 25°C e não encontraram efeito significativo da temperatura na taxa de decomposição. Esses autores também compilaram dados sobre estudos de incubação e relataram que a temperatura afetou a decomposição no curto (10 a 30 dias) e a longo prazo (1 ano). No curto prazo, a taxa de decomposição do carbono mais estável aumentou de 10-20%, quando a temperatura foi elevada de 10 para 15°C.

Para as condições de campo, a questão temperatura-decomposição tem sido abordada por alguns autores que reconhecem que novos resultados apontam para a ausência de efeitos do aumento da temperatura anual nas taxas de decomposição de carbono no solo, em aparente contradição ao princípio de que a atividade biológica é incrementada em temperaturas de cerca de 25°C. Por exemplo, GIARDINA e RYAN (2000) revisaram mais de 80 trabalhos sobre solos florestais convertidos ao uso agrícola, sob diferentes climas, e não encontraram nenhuma relação significativa entre o tempo de residência do C orgânico e a temperatura média anual. Segundo esses autores, a explicação para esse comportamento está na eficiente adaptação da microbiota a condições mais frias, que em muitos casos estão associadas a maiores umidades do solo. Essas recentes observações são, de certa forma, verificadas nessa dissertação. Na incubação em laboratório,

exceto para o plantio de 6 anos (Quadro 13) não houve diferença da atividade microbiana com o aumento da temperatura (30°C) nos tratamentos de solo sem aplicação de fragmentos de folhas. Entretanto, quando se adicionou fragmentos de folhas na superfície dos solos observou-se diferença no CO<sub>2</sub> liberado nas duas condições de temperatura, excetuando-se o povoamento de 6 anos. Desta forma, em concordância com as conclusões de GIARDINA e RYAN (2000), a matéria orgânica já existente no solo já estava estabilizada e foi pouco influenciada pelo aumento de temperatura. Por outro lado, o tratamento com adição de carbono mais lábil foi sensível ao aumento de energia (temperatura), tendo em vista as condições de umidade, mantidas em níveis próximos ao ótimo. É evidente que em condições de campo, onde a temperatura e umidade oscilam, há limitação à aplicabilidade dos resultados obtidos em laboratório.

Ao analisarem-se os dados dos Quadros 12 e 13, verifica-se que a diferença do CO<sub>2</sub> liberado em função da umidade não é muito grande, o que poderia indicar que os níveis de umidade utilizados já estariam próximos do ótimo. De maneira geral, a umidade considerada ideal para a manutenção da máxima atividade microbiana varia entre 50 e 75% da capacidade de campo (ALEXANDER, 1977; WAGNER e WOLF, 1999). GRIERSON et al. (1999) relataram acréscimos de 38 a 239% na taxa de mineralização de fósforo no solo sob plantio de *Pinus taeda* quando o potencial de água no solo foi aumentado de -10 kPa para -0,1 kPa. O maior valor (0,776 mg kg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), encontrado por esses autores, foi obtido em amostras de solo fertilizado incubadas por 14 dias à temperatura de 38°C, e o menor (0,226 mg kg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) no solo não fertilizado e incubado a 15°C.

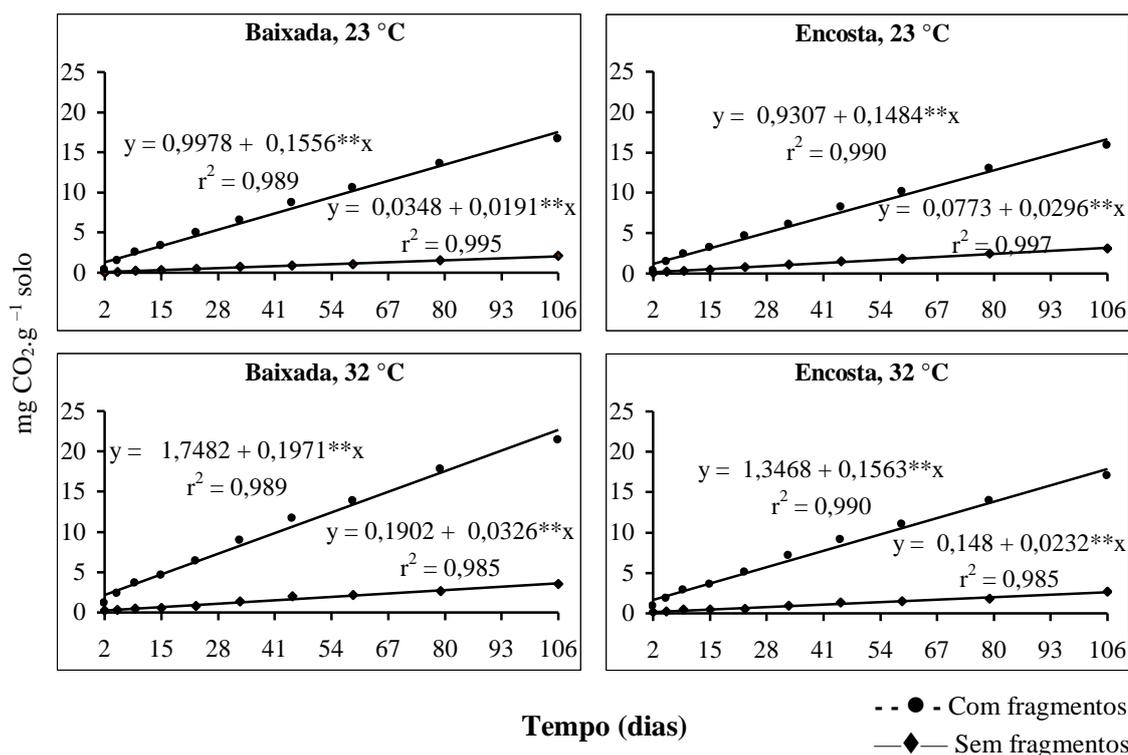


Figura 6 - Quantidade do CO<sub>2</sub> liberado (mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo) até os 106 dias, influenciada pela posição topográfica, pela temperatura de incubação e presença de fragmentos de folhas.

Extrapolando-se para 1 ano os valores da quantidade de CO<sub>2</sub> liberada em 106 dias nos tratamentos com presença de fragmentos de folhas de eucalipto sobre o solo (17,72 mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo), podem-se encontrar valores de 61 mg CO<sub>2</sub>.g<sup>-1</sup> solo ano<sup>-1</sup>, o que corresponde à liberação de 122 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (ou 33 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), considerando a densidade da camada de 0-20 cm do solo como 1 g cm<sup>-3</sup> (profundidade considerada na coleta dos dados no campo). É importante notar que esses valores são estimados a partir de incubações em laboratório, sob condições ótimas para decomposição, e, portanto, são provavelmente muito superiores a situações efetivas em condições de campo onde a atividade microbológica é limitada por uma série de fatores.

Quadro 13 - Quantidade de CO<sub>2</sub> liberada em 106 dias de incubação de solo de mata nativa (baixada) e de plantações de eucalipto, de diferentes idades, influenciada pela posição topográfica, temperatura de incubação, adição de nutrientes e de fragmentos de folhas e umidade

Condições	Eucalipto						Mata			
	2 anos		4 anos		6 anos		Média	Sem fragmentos de folhas	Com fragmentos de folhas	Média
	Sem fragmentos	Com fragmentos	Sem fragmentos	Com fragmentos	Sem fragmentos	Com fragmentos				
	mg CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> solo									
Baixada	3,68 aB	18,32 aA	2,08 aB	19,76 aA	2,70 aB	18,99 aA	10,92	3,30 B	16,55 A	9,92
Encosta	4,09 aB	16,15 aA	1,96 aB	15,94 bA	3,21 aB	17,21 aA	9,64			
23°C	4,11aB	15,49 bA	1,87 aB	15,84 bA	1,85 bB	17,38 aA	9,42	2,77 aB	14,46 bA	8,61
30°C	3,72aB	18,98 aA	2,17 aB	19,87 aA	4,06 aB	18,82 aA	11,12	3,83 aB	18,65 aA	11,24
40%CC	4,72 aB	19,03 aA	1,98 aB	18,68 aA	3,03 aB	17,31 aA	10,65	2,99 aB	16,04 aA	9,51
80%CC	2,98 bB	15,44 bA	2,06 aB	17,02 aA	2,88 aB	18,89 aA	9,87	3,62 aB	17,07 aA	10,34
Sem adubação	3,09 aB	17,48 aA	1,80 aB	18,25 aA	3,17 aB	17,95 aA	10,34	3,42 aB	17,04 aA	10,23
Com adubação	4,62 aB	16,99 aA	2,24 aB	17,45 aA	2,74 aB	18,25 aA	10,20	3,19 aB	16,07 aA	9,63
Média	3,88	17,23	2,02	17,85	2,95	18,10		3,30	16,55	

Médias seguidas de mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CC = Capacidade de campo.

#### 4.2.2. Decomposição do folheto de eucalipto comparada à de mata nativa

Os resultados de liberação de CO<sub>2</sub> de amostras de folheto de eucalipto coletadas na baixada foram comparados com os de mata nativa na mesma posição topográfica. Não houve diferença significativa na liberação de CO<sub>2</sub> pelo folheto de eucalipto e de mata (Quadros 13 e 14). Assumindo a mata como padrão desejado, os dados indicam que o substrato orgânico do eucalipto não ofereceu limitação à atividade dos microrganismos. A quantidade de CO<sub>2</sub> liberada pelo sistema para o eucalipto em 106 dias foi de 3,06 e 17,72 mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo para os solos sem e com presença de fragmentos de folhas, respectivamente. Essas mesmas condições aplicadas ao material de mata nativa resultaram na liberação de 3,30 e 16,55 mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo, respectivamente. Esses resultados mostram a aparente similaridade na qualidade química do substrato e na interação solo-fragmentos de folhas dessas duas coberturas vegetais. A relação C/N do fragmentos de folhas da mata foi menor (25) que a relação média do eucalipto (40). Essa relação, tida como determinante da taxa de decomposição, não teve efeito neste experimento. Outra relação importante na decomposição do material orgânico em região tropical é a relação C/P (SODRÉ, 1999; GAMA-RODRIGUES et al., 1999), que, embora diferente entre mata (545) e eucalipto (863), não afetou a taxa de decomposição. A relação lignina/N (Quadros 8, 9 e 10) foi similar na mata e eucalipto, 19 e 27, respectivamente. A similaridade na liberação de CO<sub>2</sub> entre as duas coberturas contrasta com os resultados obtidos por DELLA BRUNA et al. (1991), FIALHO et al. (1991), CARVALHO et al. (1997), SODRE (1999) e ASSIS JUNIOR (2000) que relataram haver maior liberação de CO<sub>2</sub> em amostras coletadas sob mata que em eucalipto e concluíram que os maiores teores de bases trocáveis e valores de pH encontrados na mata e os maiores teores de alumínio trocável no eucalipto foram os fatores responsáveis por essas diferenças. CARVALHO et al. (1997), trabalhando com atividade microbiana de um Latossolo Vermelho-Escuro álico textura média, na

camada de 0-20 cm e aos 44 dias de incubação, relataram valores de 0,70 e 2,08 mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo, para os solos sob eucalipto e mata nativa, respectivamente. Segundo esses autores, as quantidades de CO<sub>2</sub> foram altamente correlacionados com os teores de C orgânico das amostras, 1,25 e 1,49%, para o solo coberto com eucalipto e mata, respectivamente. Há também algumas diferenças nas características de solo das duas coberturas (Quadro 11), como por exemplo, o teor de matéria orgânica e teores de P e de bases, sem que isso levasse a diferenças na liberação de CO<sub>2</sub>. A literatura aponta que indicadores como as relações C/N, lignina/N, etc, nem sempre se correlacionam com os resultados de campo ou laboratório, o que restringe sua utilização generalizada (FISHER e BINKLEY, 2000a). BERNHARD-REVERSAT (1998) trabalhou com decomposição foliar de espécies naturais e plantadas, em laboratório, e não encontrou efeito da relação lignina/N e outros indicadores de qualidade de substrato, como relação C/N, compostos fenólicos e C/N solúveis nas taxas de respiração. HART (1999) comparou as taxas de mineralização de N de madeira bem decomposta e solos humificados em florestas velhas de Douglas-fir (EUA). O material lenhoso possuía relação C/N de 117 comparado com 26 do solo mineral, mas o N da madeira era disponibilizado duas vezes mais rápido que o N do solo.

Ainda que a diferença não seja estatisticamente significativa, os solos sob eucalipto com presença de fragmentos de folhas proporcionaram atividade maior (14,9%), em comparação aos resultados de mata nativa. Esses resultados mostram que o eucalipto, apesar da inferioridade na composição química, comparado com a mata, não apresentou qualquer evidência de restrição à decomposição dos fragmentos de folhas.

Quadro 14 - Quantidade de CO<sub>2</sub> liberada (mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo), no período de 106 dias, em solos de baixada de mata nativa e de plantações de eucalipto, influenciada pela adição de fragmentos de folhas, fertilização, temperatura de incubação e umidade (média de três repetições)

Condições	Mata nativa		Eucalipto		Média
	Com fragmentos	Sem fragmentos	Com fragmentos	Sem fragmentos	
	mg CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> solo				
Com adubação	17,04 aA	3,42 aB	19,03 aA	2,76 aB	10,56
Sem adubação	16,07 aA	3,19 aB	19,02 aA	2,89 aB	10,49
23°C	14,46 bA	2,77 aB	16,63 bA	2,08 aB	8,98
30°C	18,65 aA	3,83 aB	21,41 aA	3,57 aB	11,86
40% CC	16,04 aA	2,99 aB	19,25 aA	2,83 aB	10,28
80% CC	17,07 aA	3,62 aB	18,80 aA	2,83 aB	10,58
Média	16,55	3,30	19,02	2,83	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. CC = Capacidade de campo.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que:

- No período de rotação de 9 anos, a serapilheira acumula-se segundo tendência linear para as posições de topo, encosta e baixada;
- A atividade microbiana é intensificada na ordem de 6 vezes pela presença de folheto sobre o solo;
- Não houve limitação nutricional à atividade microbiana em ambos os substratos foliares, de mata e eucalipto;
- Houve similaridade na atividade microbiana nos ambientes de mata e de eucalipto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. New York, John Wiley, 1977. 467p.
- AMARAL, G. **Características químicas e físicas de diferentes classes de solo da Zona Metalúrgica Mineira e produtividade de eucalipto**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 98p. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- ANDERSON, J.P.E. Soil Respiration. In: MILLER, R.H., KEENEY, D.R. (eds). **Methods of soil analysis, part. 2. Chemical and microbiology properties**. Agronomy 9/2. Madison, American of Society of Agronomy, 1982, p.831-871.
- ASSIS JUNIOR, S.L. **Sistemas agroflorestais versus monoculturas: coleoptera, scarabidae e microbiota do solo como bioindicadores de sustentabilidade**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 70p. (Tese de Doutorado em Ciência Florestal).
- 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 Agrônômico, 1983 48p. (Boletim Técnico,78).
- BERNHARD-REVERSAT, F. Changes in relationships between initial litter quality and CO<sub>2</sub> release during early laboratory decomposition of tropical leaf litters. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v.43, n.3, p-117-122, 1998.
- BRAGA, F.A., BARROS, N.F., SOUZA, A.L., COSTA, L.M. Características ambientais determinantes da capacidade produtiva de sítios cultivados com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.23, p.291-298, 1999.
- BRAGA, J.M. DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.1, p.73-85, 1974.
- BRANDÃO, E.D. Os componentes da comunidade microbiana. In: CARDOSO, E.J.B.N.; BRANDÃO, E.D.; NEVES, M.C.P. (eds.). **Microbiologia do solo**. Campinas, 1992, p.1-17.

- CARDOSO, E.J.B.N. Ecologia microbiana do solo. In: CARDOSO, E.J.B.N.; BRANDÃO, E.D., NEVES, M.C.P. (eds.). **Microbiologia do solo**. Campinas, 1992, p.33-40.
- CARPANEZZI, A.A. **Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucaliptos no interior do Estado de São Paulo**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Federal de São Paulo, 1980. 107p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal).
- CARVALHO, M.C.S., SILVA, M.A.G., TORMENA, C.A., GONÇALVES, J.L.M. Atividade microbiana de um latossolo vermelho escuro álico sob eucalipto e mata nativa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVI. **Anais** (CD ROM). Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997.
- DANTAS, S.S.A. **Crescimento, acúmulo de nutrientes e relações hídricas em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 83p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- DELLA BRUNA, E., BORGES, A.C. FERNANDES, B., BARROS, N.F., MUCHOVEJ, R.M.C. Atividade da microbiota de solos adicionados de serapilheira e de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.15-20, 1991.
- DRUMOND, M.A., BARROS, N.F., SOUZA, A.L., SILVA, A.F. Distribuição de biomassa e de nutrientes em diferentes coberturas florestais e pastagem na região do Médio Rio Doce. **Revista Árvore**, n. 21, p.187-199, 1997.
- DURIGAN, G. **Florística, fitossociologia e produção de folheto em matas ciliares da Região Oeste do Estado de São Paulo**. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 1994. 149p. (Tese de Doutorado em Biologia Vegetal).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. Rio de Janeiro. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, SNLCS, 1997. 212p.
- FABRES, A.S., COUTO, C., CARMO, D.N., BARBOSA, F.L., TEIXEIRA, J.L., NEVES, J.C.L., COSTA, L.M., CAPITANI, L.R., BARROS, N.F., LEAL, P.G.L., NOVAIS, R.F., CASTRO, A.P.A. & FREITAS, I.F. **Produtividade e exportação de nutrientes em eucaliptos e identificação de sítios visando manejo de solo e manejo florestal em área da CENIBRA**. Relatório. Viçosa, Convênio SIF/CNB-F, 1987. 142p.
- FERREIRA, M.G.M. **An analysis of future productivity of *Eucalyptus grandis* plantations in the cerrado region in Brazil: a nutrient cycling approach**. Vancouver, University of British Columbia, 1984. 230p. (Tese Ph.D).

- FIALHO, J.F., BORGES, A.C., BARROS, N.F. Cobertura vegetal e as características químicas e físicas e atividade da microbiota de um latossolo vermelho-amarelo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.21-28, 1991.
- FISHER, R.F., BINKLEY, D. Forest Biogeochemistry. In: FISHER, R.F., BINKLEY, D. (eds.). **Ecology and management of forest soils**. New York, John Wiley & Sons, 2000a. p.184-240.
- FISHER, R.F., BINKLEY, D. Long term soil productivity. In: FISHER, R.F., BINKLEY, D. (eds.). **Ecology and management of forest soils**. New York, John Wiley & Sons, 2000b. p.408-434.
- FONSECA, S., BARROS, N.F., NOVAIS, R.F., COSTA, L.M., LEAL P.G.L., NEVES, J.C.L. Alterações em um latossolo sob eucalipto, mata natural e pastagem. Propriedades físicas e químicas. **Revista Árvore**, v.17, n.3, p.271-288, 1993.
- GAMA-RODRIGUES, A.C., BARROS, N.F. & MENDONÇA, E.S. Alterações edáficas sob plantios puros e mistos de espécies florestais nativas do sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.23, p.581-592, 1999.
- GATTO, A. **Manejo do solo em áreas de reforma de floresta de eucalipto e seus reflexos na produtividade**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 59p. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- GIARDINA, C.P., RYAN, M.G. Evidence that decomposition rates of organic carbon mineral soil do not vary with temperature. **Nature**, London, v.404, p.858-861, 2000.
- GONÇALVES, J.L.M. Efeito do cultivo mínimo sobre a fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, I. **Anais**. Piracicaba, CNPF/IPEF/UNESP/SIF/FUPEF, 1995. p.43-60.
- GONÇALVES, J.L.M., BARROS, N.F., NAMBIAR, E.K.S., NOVAIS, R.F. Soil and stand management for short rotation plantations. In: NAMBIAR, E.K.S., BROWN, A.G. (eds.). **Management of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests**. Canberra, ACIAR, 1997. p.379-417.
- GRIERSON, P.F., COMERFORD, N.B., JOKELA, E.J. Phosphorus mineralization and microbial biomass in a Florida Spodosol: effect of water potential, temperature and fertilizer application. **Biology and Fertility of Soils**, v.28, p.244-252, 1999.

- HART, S.C. Nitrogen transformations in fallen tree boles and mineral soil of an old-growth forest. **Ecology**, Ithaca, v.80, p.1385-1394, 1999.
- HUTSON, B.R. Rates of litterfall and organic matter turnover at three South Australian indigenous forest sites. **Australian Journal of Ecology**, v.10, p.351-359, 1985.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.
- LADEIRA, B.C. **Crescimento, produção de biomassa e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp, sob três espaçamentos, em uma seqüência de idades**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 148p. (Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal).
- LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. In: Interdisciplinary Symposium Soils and Biodiversity; International Congress of Soil Science, 15<sup>th</sup>. **Annals**. Mexico, 1994. p.189-219.
- LEITE, F.P. **Relações nutricionais e alterações de características químicas de solos da Região do Vale do Rio Doce pelo cultivo do eucalipto**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 71p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- LEITE, F.P., BARROS, N.F., NOVAIS, R.F., SANS, L.M.A., FABRES, A.S. Relações hídricas em povoamentos de eucalipto com diferentes densidades populacionais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.23, p.9-16, 1999.
- LIMA, W.P. **Impacto Ambiental do Eucalipto**. São Paulo, Edusp, 1996. 301p.
- LISANERWORK, N., MICHELSEN, A. Litterfall and nutrient release by decomposition in three plantations compared with a natural forest in the Ethiopian highland. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.65, n.2-3, p.149-164, 1994.
- McCOLL, J.G., GRESSEL, N. Forest soil organic matter: characterization and modern methods of analysis. In: MCFEE, W.W., KELLY, M. (eds.). **Carbon forms and functions in forest soils**. Madison, Soil Science Society of America, 1995. p.13-32.
- MELLILO, J.M., ABER, J.D., MURATORE, J.F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Ecology**, Ithaca, v.63, n.3, p.621-626, 1982.

- NEVES, J.C.L. **Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo.** Campos dos Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2000. 191p. (Tese de Doutorado em Produção Vegetal).
- NOVAIS, R.F., BARROS, N.F. Sustainable agriculture and forestry production systems on acid soils: phosphorus as a case study. In: MONIZ, A.C. et al. (eds) **Plant-Soil Interactions at Low pH: Sustainable Agriculture and Forestry Productions.** Campinas, Brazilian Soil Science Society, p.314-320, 1997.
- NOVAIS, R.F., BARROS, N.F., NEVES, J.C.L. Nutrição mineral do Eucalipto. In. BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto.** Viçosa, MG, Folha de Viçosa, 1990. p.25-98.
- O'CONNELL, A.M. Decomposition and nutrient content of litter in a fertilized eucalypt forest. **Biology and Fertility of Soils**, v.17. n.2, p.159-166, 1994.
- O'CONNELL, A.M. Nutrient accumulation in and release from the litter layer of Karri (*Eucalyptus diversicolor*) forest of Southwestern Australia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n.26, p.95-111, 1989.
- O'CONNELL, A.M., GROVE, T.S. Biomass production, nutrient uptake and nutrient cycling in the Jarrah (*Eucalyptus marginata*) and Karri (*Eucalyptus diversicolor*) forests of South-Western Australia. In: ATTIWILL, P.M., ADAMS, M.A. (eds.). **Nutrition of Eucalyptus.** Australia, CSIRO Publishing, 1996. p.155-189.
- O'CONNELL, A.M., MENAGÉ, P.M.A. Litter fall and nutrient cycling in Karri (*Eucalyptus diversicolor* F. Muell.) forest in relation to stand age. **Australian Journal of Ecology**, n.7, p.49-62, 1982.
- PEREIRA, A.R. **Biomassa e ciclagem de nutrientes em povoamentos jovens de *Eucalyptus grandis* e *Eucalytus urophylla*, em região de cerrado.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1990. 167p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- POGGIANI, F. **Ciclagem de Nutrientes em Ecossistemas de Plantações Florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*: Implicações Silviculturais.**, Piracicaba, ESALQ/USP, 1985. 210 p. (Tese de Livre Docência).
- POLGLASE, P.J., ATTIWILL, P.M. Nitrogen and phosphorus cycling in relation to stand age of *Eucalyptus regnans* F. Muell. **Plant and Soil**, Wageningen, n.142, p.157-166, 1992.

- REIS, M.G.F., BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. (eds.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, Folha de Viçosa, 1990, p. 265-302.
- SANDS, R., MULLIGAN, D.R Water and nutrient dynamics and tree growth. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.30, p.91-111, 1990.
- SANTANA, J.A.S. **Efeitos de propriedades dos solos na produtividade de duas espécies de eucalipto na região do Médio Rio Doce – MG**. Viçosa, UFV. 1986. 117p. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SAS Institute - SAS/STAT User's Guide, version 6. SAS Institute, Cary, NC. 1990.
- SCHUMACKER, M.V., POGGIANI, F., SIMÕES, J.W. Transferências de nutrientes das copas para o solo através da deposição de folhedo em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus torelliana*, plantados em Anhembi, SP. **IPEF**, Piracicaba, n.47, p.56-61, 1994.
- SIERRA, J., MARBÁN, L. Nitrogen mineralization pattern of na oxisol of Guadeloupe, French West Indies. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.64, n.6, p.2002-2010, 2000.
- SODRÉ, G.A. **Qualidade da serapilheira de mata natural, capoeira, pastagem e plantios de eucalipto no sudeste da Bahia**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 80p. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SPECHT, R.L. The influence of soils on the evolution of the *Eucalyptus*. In. ATTIWILL, P.M., ADAMS, M.A. (eds.). **Nutrition of Eucalypts**. Australia: CSIRO, 1996, p.31-60.
- SWIFT M.J., HEAL O.W., ANDERSON J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Studies in Ecology 5, Black-well Scient. Publ., 1979, 132p.
- TATE, R.L. **Soil microbiology**. New York, John Wiley & Sons, 2000. 508p.
- TEIXEIRA, J.L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de duas espécies de eucalipto em diferentes ambientes do Médio Rio Doce, MG. **Revista Árvore**, n.13, p.34-50. 1989.
- TURNER, J., LAMBERT, M.J. Nutrient cycling and forest management. In. ATTIWILL, P.M., ADAMS, M.A. (eds.). **Nutrition of Eucalypts**. Australia: CSIRO, 1996, 229-258p.

VAN SOEST, P., WINE, R.H. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. **Journal of the Association Official Agricultural Chemistry**, Madison, n.51, p.780-785, 1968.

WAGNER, G.H., WOLF, D.C. Carbon transformations and soil organic matter formation.. In: SYLVIA, D.M., FUHRMANN, J.J., HARTEL, P.G., ZUBERER, D.A. (eds.). **Principles and applications of soil microbiology**. New Jersey, 1999. p.219-258.

ZINN, Y.L. **Caracterização de propriedades físicas, químicas e da matéria orgânica de solos dos Cerrados sob plantações de *Eucalyptus* e *Pinus***. Brasília, Universidade de Brasília, 1998. 88p (Dissertação de Mestrado em Agronomia).

## APÊNDICE

## APÊNDICE

Quadro 1A - Análise de variância do CO<sub>2</sub> acumulado para o eucalipto e mata nativa, influenciado pela posição topográfica, temperaturas de incubação, diferentes idades e umidades, presença de folhedo e fertilização

FV	GL	QM
Eucalipto versus mata	1	5,833
Idade	2	10,990
Posição	1	110,337**
Idade versus posição	2	9,987
Erro a (idade x posição)		4,597
Folhedo	1	179775,480**
Temperatura	1	298,587**
Umidade	1	31,612
Fertilização	1	7,251
Folhedo x temperatura	1	137,306**
Folhedo x umidade	1	7,337
Folhedo x fertilização	1	15,754
Temperatura x umidade	1	7,226
Temperatura x fertilização	1	7,859
Temperatura x umidade x fertilização	1	64,685*
Umidade x fertilização	1	54,659
Folhedo x temperatura x umidade	1	5,896
Folhedo x temperatura x fertilização	1	2,234
Folhedo x temperatura x umidade x fertilização	1	43,596
Posição x temperatura	1	135,089**
Posição x umidade	1	27,831
Posição x fertilização	1	6,365
Posição x umidade x fertilização		5,372*
Posição x folhedo	1	129,581**
Posição x temperatura x umidade	1	33,451
Posição x temperatura x fertilização	1	6,652
Posição x folhedo x umidade	1	1,785

Continua...

Quadro 1A - Cont.,

FV	GL	QM
Posição x folhede x fertilização	1	29,307
Posição x temperatura x umidade x fertilização	1	14,370
Posição x folhede x temperatura x umidade	1	1,014
Posição x folhede x temperatura x fertilização	1	60,399*
Posição x folhede x umidade x fertilização	1	40,906
Posição x folhede x temperatura x umidade x fertilização	1	2,025
Idade x temperatura	2	3,029
Idade x umidade	2	87,826**
Idade x fertilização	2	4,0853
Idade x folhede	2	46,816*
Idade x temperatura x umidade	2	47,958*
Idade x temperatura x fertilização	2	9,041
Idade x folhede x temperatura	2	29,362
Idade x umidade x fertilização	2	24,735
Idade x folhede x umidade	2	14,799
Idade x folhede x fertilização	2	8,345
Idade x temperatura x umidade x fertilização	2	50,769*
Idade x folhede x temperatura x umidade	2	28,059
Idade x folhede x temperatura x fertilização	2	67,176 **
Idade x folhede x umidade x fertilização	2	0,266
Idade x folhede x temperatura x umidade x fertilização	2	3,328
Idade x posição x temperatura	2	2,905
Idade x posição x umidade	2	37,245*
Idade x posição x fertilização	2	0,228
Idade x posição x folhede	2	6,541
Idade x posição x temperatura x umidade	2	38,160*
Idade x posição x temperatura x fertilização	2	14,665
Idade x posição x folhede x temperatura	2	37,342*
Idade x posição x umidade x fertilização	2	69,409**
Idade x posição x folhede x umidade	2	11,606
Idade x posição x folhede x fertilização	2	21,293
Idade x posição x temperatura x umidade x fertilização	2	21,485
Idade x posição x folhede x temperatura x umidade	2	6,0907
Idade x posição x folhede x temperatura x fertilização	2	24,866
Idade x posição x folhede x umidade x fertilização	2	11,205
Idade x posição x folhede x temperatura x umidade x fertilização	2	1,707
Erro b (Idade x posição x temperatura x umidade x fertilização x folhede)		11,982

Quadro 2A - Médias da quantidade de CO<sub>2</sub> (mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo) liberada no período de 106 dias, em solos sob eucalipto, influenciada por diferentes idades, posição topográfica, presença de folhedo, temperatura de incubação, umidade e fertilização

Idade	Posição	Folhedo <sup>1</sup>	Temperatura	Umidade <sup>2</sup>	Fertilização <sup>1</sup>	Repetição	CO <sub>2</sub> acumulado	Médias
			°C	%CC			— mg g <sup>-1</sup> —	
2	Baixada	0	23	40	0	1	2,46	
2	Baixada	0	23	40	0	2	1,88	2,62
2	Baixada	0	23	40	0	3	3,54	
2	Baixada	0	23	40	1	1	1,72	
2	Baixada	0	23	40	1	2	2,10	1,90
2	Baixada	0	23	40	1	3	1,88	
2	Baixada	0	23	80	0	1	2,08	
2	Baixada	0	23	80	0	2	4,04	3,34
2	Baixada	0	23	80	0	3	3,90	
2	Baixada	0	23	80	1	1	2,09	
2	Baixada	0	23	80	1	2	1,44	1,80
2	Baixada	0	23	80	1	3	1,88	
2	Baixada	0	32	40	0	1	5,02	
2	Baixada	0	32	40	0	2	2,13	5,67
2	Baixada	0	32	40	0	3	9,87	
2	Baixada	0	32	40	1	1	5,38	
2	Baixada	0	32	40	1	2	10,44	6,45
2	Baixada	0	32	40	1	3	3,54	
2	Baixada	0	32	80	0	1	2,72	
2	Baixada	0	32	80	0	2	5,18	3,69
2	Baixada	0	32	80	0	3	3,19	
2	Baixada	0	32	80	1	1	2,77	
2	Baixada	0	32	80	1	2	3,26	3,94
2	Baixada	0	32	80	1	3	5,79	
2	Baixada	1	23	40	0	1	15,99	
2	Baixada	1	23	40	0	2	14,43	17,49
2	Baixada	1	23	40	0	3	22,06	
2	Baixada	1	23	40	1	1	20,20	
2	Baixada	1	23	40	1	2	15,06	16,58
2	Baixada	1	23	40	1	3	14,49	
2	Baixada	1	23	80	0	1	15,17	
2	Baixada	1	23	80	0	2	14,33	14,59
2	Baixada	1	23	80	0	3	14,27	
2	Baixada	1	23	80	1	1	19,18	
2	Baixada	1	23	80	1	2	14,62	16,16
2	Baixada	1	23	80	1	3	14,68	
2	Baixada	1	32	40	0	1	32,95	
2	Baixada	1	32	40	0	2	17,68	22,28
2	Baixada	1	32	40	0	3	16,22	
2	Baixada	1	32	40	1	1	19,64	
2	Baixada	1	32	40	1	2	18,09	18,20
2	Baixada	1	32	40	1	3	16,88	
2	Baixada	1	32	80	0	1	17,58	
2	Baixada	1	32	80	0	2	19,57	17,36
2	Baixada	1	32	80	0	3	14,93	

Continua...

Quadro 2A - Cont.,

Idade	Posição	Folhedo <sup>1</sup>	Temperatura	Umidade <sup>2</sup>	Fertilização <sup>1</sup>	Repetição	CO <sub>2</sub> acumulado	Médias
			°C	%CC			— mg g <sup>-1</sup> —	
2	Baixada	1	32	80	1	1	16,86	
2	Baixada	1	32	80	1	2	34,35	23,88
2	Baixada	1	32	80	1	3	20,43	
2	Encosta	0	23	40	0	1	1,20	
2	Encosta	0	23	40	0	2	1,25	1,87
2	Encosta	0	23	40	0	3	3,15	
2	Encosta	0	23	40	1	1	14,92	
2	Encosta	0	23	40	1	2	15,64	15,64
2	Encosta	0	23	40	1	3	16,37	
2	Encosta	0	23	80	0	1	1,49	
2	Encosta	0	23	80	0	2	1,68	2,01
2	Encosta	0	23	80	0	3	2,86	
2	Encosta	0	23	80	1	1	5,44	
2	Encosta	0	23	80	1	2	2,46	3,66
2	Encosta	0	23	80	1	3	3,08	
2	Encosta	0	32	40	0	1	1,70	
2	Encosta	0	32	40	0	2	5,61	2,97
2	Encosta	0	32	40	0	3	1,61	
2	Encosta	0	32	40	1	1	2,65	
2	Encosta	0	32	40	1	2	2,19	2,69
2	Encosta	0	32	40	1	3	3,23	
2	Encosta	0	32	80	0	1	1,97	
2	Encosta	0	32	80	0	2	1,75	2,56
2	Encosta	0	32	80	0	3	3,97	
2	Encosta	0	32	80	1	1	1,65	
2	Encosta	0	32	80	1	2	2,15	2,80
2	Encosta	0	32	80	1	3	4,60	
2	Encosta	1	23	40	0	1	14,92	
2	Encosta	1	23	40	0	2	22,52	17,50
2	Encosta	1	23	40	0	3	15,07	
2	Encosta	1	23	40	1	1	20,72	
2	Encosta	1	23	40	1	2	20,10	22,37
2	Encosta	1	23	40	1	3	26,27	
2	Encosta	1	23	80	0	1	15,30	
2	Encosta	1	23	80	0	2	19,77	17,40
2	Encosta	1	23	80	0	3	17,12	
2	Encosta	1	23	80	1	1	11,61	
2	Encosta	1	23	80	1	2	20,00	14,51
2	Encosta	1	23	80	1	3	11,91	
2	Encosta	1	32	40	0	1	21,43	
2	Encosta	1	32	40	0	2	16,43	17,79
2	Encosta	1	32	40	0	3	15,52	
2	Encosta	1	32	40	1	1	27,64	
2	Encosta	1	32	40	1	2	15,89	20,03
2	Encosta	1	32	40	1	3	16,57	
2	Encosta	1	32	80	0	1	15,02	
2	Encosta	1	32	80	0	2	16,18	15,40
2	Encosta	1	32	80	0	3	15,00	

Continua...

Quadro 2A - Cont.,

Idade	Posição	Folhedo <sup>1</sup>	Temperatura	Umidade <sup>2</sup>	Fertilização <sup>1</sup>	Repetição	CO <sub>2</sub> acumulado	Médias
			°C	%CC			— mg g <sup>-1</sup> —	
2	Encosta	1	32	80	1	1	18,82	16,86
2	Encosta	1	32	80	1	2	15,55	
2	Encosta	1	32	80	1	3	16,23	
4	Baixada	0	23	40	0	1	1,64	1,70
4	Baixada	0	23	40	0	2	1,65	
4	Baixada	0	23	40	0	3	1,82	
4	Baixada	0	23	40	1	1	1,90	1,53
4	Baixada	0	23	40	1	2	1,36	
4	Baixada	0	23	40	1	3	1,33	
4	Baixada	0	23	80	0	1	0,94	1,74
4	Baixada	0	23	80	0	2	2,11	
4	Baixada	0	23	80	0	3	2,19	
4	Baixada	0	23	80	1	1	3,87	2,46
4	Baixada	0	23	80	1	2	1,92	
4	Baixada	0	23	80	1	3	1,59	
4	Baixada	0	32	40	0	1	4,27	2,27
4	Baixada	0	32	40	0	2	1,02	
4	Baixada	0	32	40	0	3	1,52	
4	Baixada	0	32	40	1	1	1,85	3,10
4	Baixada	0	32	40	1	2	3,05	
4	Baixada	0	32	40	1	3	4,39	
4	Baixada	0	32	80	0	1	1,88	1,87
4	Baixada	0	32	80	0	2	1,89	
4	Baixada	0	32	80	0	3	1,85	
4	Baixada	0	32	80	1	1	1,85	2,04
4	Baixada	0	32	80	1	2	1,38	
4	Baixada	0	32	80	1	3	2,88	
4	Baixada	1	23	40	0	1	14,71	14,35
4	Baixada	1	23	40	0	2	14,90	
4	Baixada	1	23	40	0	3	13,43	
4	Baixada	1	23	40	1	1	19,36	17,19
4	Baixada	1	23	40	1	2	14,77	
4	Baixada	1	23	40	1	3	17,44	
4	Baixada	1	23	80	0	1	17,71	16,35
4	Baixada	1	23	80	0	2	14,55	
4	Baixada	1	23	80	0	3	16,78	
4	Baixada	1	23	80	1	1	18,63	18,38
4	Baixada	1	23	80	1	2	20,93	
4	Baixada	1	23	80	1	3	15,58	
4	Baixada	1	32	40	0	1	40,80	30,60
4	Baixada	1	32	40	0	2	18,40	
4	Baixada	1	32	40	0	3	32,60	
4	Baixada	1	32	40	1	1	16,08	21,57
4	Baixada	1	32	40	1	2	32,22	
4	Baixada	1	32	40	1	3	16,43	
4	Baixada	1	32	80	0	1	18,69	20,17
4	Baixada	1	32	80	0	2	16,41	
4	Baixada	1	32	80	0	3	25,40	

Continua...

Quadro 2A - Cont.,

Idade	Posição	Folhedo <sup>1</sup>	Temperatura	Umidade <sup>2</sup>	Fertilização <sup>1</sup>	Repetição	CO <sub>2</sub> acumulado	Médias
			°C	%CC			— mg g <sup>-1</sup> —	
4	Baixada	1	32	80	1	1	14,56	
4	Baixada	1	32	80	1	2	27,53	19,50
4	Baixada	1	32	80	1	3	16,41	
4	Encosta	0	23	40	0	1	0,85	
4	Encosta	0	23	40	0	2	1,80	2,52
4	Encosta	0	23	40	0	3	4,90	
4	Encosta	0	23	40	1	1	1,12	
4	Encosta	0	23	40	1	2	1,59	1,45
4	Encosta	0	23	40	1	3	1,64	
4	Encosta	0	23	80	0	1	1,48	
4	Encosta	0	23	80	0	2	1,43	1,45
4	Encosta	0	23	80	0	3	1,44	
4	Encosta	0	23	80	1	1	1,55	
4	Encosta	0	23	80	1	2	1,91	2,11
4	Encosta	0	23	80	1	3	2,88	
4	Encosta	0	32	40	0	1	1,32	
4	Encosta	0	32	40	0	2	1,40	1,36
4	Encosta	0	32	40	0	3	1,35	
4	Encosta	0	32	40	1	1	2,12	
4	Encosta	0	32	40	1	2	2,05	1,95
4	Encosta	0	32	40	1	3	1,68	
4	Encosta	0	32	80	0	1	1,29	
4	Encosta	0	32	80	0	2	1,59	1,52
4	Encosta	0	32	80	0	3	1,68	
4	Encosta	0	32	80	1	1	5,81	
4	Encosta	0	32	80	1	2	1,61	3,29
4	Encosta	0	32	80	1	3	2,46	
4	Encosta	1	23	40	0	1	15,96	
4	Encosta	1	23	40	0	2	14,71	15,32
4	Encosta	1	23	40	0	3	15,30	
4	Encosta	1	23	40	1	1	17,15	
4	Encosta	1	23	40	1	2	14,13	15,02
4	Encosta	1	23	40	1	3	13,77	
4	Encosta	1	23	80	0	1	16,07	
4	Encosta	1	23	80	0	2	16,85	15,69
4	Encosta	1	23	80	0	3	14,15	
4	Encosta	1	23	80	1	1	13,71	
4	Encosta	1	23	80	1	2	15,47	14,41
4	Encosta	1	23	80	1	3	14,04	
4	Encosta	1	32	40	0	1	17,34	
4	Encosta	1	32	40	0	2	15,97	18,12
4	Encosta	1	32	40	0	3	21,05	
4	Encosta	1	32	40	1	1	14,91	
4	Encosta	1	32	40	1	2	19,87	17,29
4	Encosta	1	32	40	1	3	17,08	
4	Encosta	1	32	80	0	1	15,94	
4	Encosta	1	32	80	0	2	15,33	15,46
4	Encosta	1	32	80	0	3	15,10	

Continua...

Quadro 2A - Cont.,

Idade	Posição	Folhedo <sup>1</sup>	Temperatura	Umidade <sup>2</sup>	Fertilização <sup>1</sup>	Repetição	CO <sub>2</sub> acumulado	Médias
			°C	%CC			— mg g <sup>-1</sup> —	
4	Encosta	1	32	80	1	1	14,83	16,26
4	Encosta	1	32	80	1	2	17,02	
4	Encosta	1	32	80	1	3	16,93	
6	Baixada	0	23	40	0	1	1,68	1,37
6	Baixada	0	23	40	0	2	0,89	
6	Baixada	0	23	40	0	3	1,53	
6	Baixada	0	23	40	1	1	1,64	1,30
6	Baixada	0	23	40	1	2	1,55	
6	Baixada	0	23	40	1	3	0,70	
6	Baixada	0	23	80	0	1	3,40	3,10
6	Baixada	0	23	80	0	2	4,16	
6	Baixada	0	23	80	0	3	1,74	
6	Baixada	0	23	80	1	1	3,92	2,12
6	Baixada	0	23	80	1	2	1,09	
6	Baixada	0	23	80	1	3	1,36	
6	Baixada	0	32	40	0	1	1,35	2,25
6	Baixada	0	32	40	0	2	1,99	
6	Baixada	0	32	40	0	3	3,42	
6	Baixada	0	32	40	1	1	5,32	3,79
6	Baixada	0	32	40	1	2	1,67	
6	Baixada	0	32	40	1	3	4,37	
6	Baixada	0	32	80	0	1	7,09	5,01
6	Baixada	0	32	80	0	2	3,59	
6	Baixada	0	32	80	0	3	4,34	
6	Baixada	0	32	80	1	1	2,33	2,71
6	Baixada	0	32	80	1	2	3,33	
6	Baixada	0	32	80	1	3	2,47	
6	Baixada	1	23	40	0	1	17,06	15,79
6	Baixada	1	23	40	0	2	15,34	
6	Baixada	1	23	40	0	3	14,98	
6	Baixada	1	23	40	1	1	24,24	18,84
6	Baixada	1	23	40	1	2	17,49	
6	Baixada	1	23	40	1	3	14,79	
6	Baixada	1	23	80	0	1	15,28	15,75
6	Baixada	1	23	80	0	2	17,07	
6	Baixada	1	23	80	0	3	14,91	
6	Baixada	1	23	80	1	1	15,41	18,12
6	Baixada	1	23	80	1	2	24,04	
6	Baixada	1	23	80	1	3	14,93	
6	Baixada	1	32	40	0	1	19,21	19,49
6	Baixada	1	32	40	0	2	22,78	
6	Baixada	1	32	40	0	3	16,48	
6	Baixada	1	32	40	1	1	18,68	18,62
6	Baixada	1	32	40	1	2	19,17	
6	Baixada	1	32	40	1	3	18,00	
6	Baixada	1	32	80	0	1	15,40	23,96
6	Baixada	1	32	80	0	2	39,86	
6	Baixada	1	32	80	0	3	16,63	

Continua...

Quadro 2A - Cont.,

Idade	Posição	Folhedo <sup>1</sup>	Temperatura	Umidade <sup>2</sup>	Fertilização <sup>1</sup>	Repetição	CO <sub>2</sub> acumulado	Médias
			°C	%CC			— mg g <sup>-1</sup> —	
6	Baixada	1	32	80	1	1	17,12	21,34
6	Baixada	1	32	80	1	2	16,03	
6	Baixada	1	32	80	1	3	30,86	
6	Encosta	0	23	40	0	1	1,51	1,45
6	Encosta	0	23	40	0	2	1,18	
6	Encosta	0	23	40	0	3	1,67	
6	Encosta	0	23	40	1	1	1,15	1,42
6	Encosta	0	23	40	1	2	1,40	
6	Encosta	0	23	40	1	3	1,71	
6	Encosta	0	23	80	0	1	1,65	1,62
6	Encosta	0	23	80	0	2	1,58	
6	Encosta	0	23	80	0	3	1,63	
6	Encosta	0	23	80	1	1	3,45	2,45
6	Encosta	0	23	80	1	2	2,07	
6	Encosta	0	23	80	1	3	1,83	
6	Encosta	0	32	40	0	1	4,11	8,11
6	Encosta	0	32	40	0	2	2,72	
6	Encosta	0	32	40	0	3	17,50	
6	Encosta	0	32	40	1	1	1,77	4,60
6	Encosta	0	32	40	1	2	9,91	
6	Encosta	0	32	40	1	3	2,13	
6	Encosta	0	32	80	0	1	2,00	2,48
6	Encosta	0	32	80	0	2	3,78	
6	Encosta	0	32	80	0	3	1,65	
6	Encosta	0	32	80	1	1	2,60	3,54
6	Encosta	0	32	80	1	2	2,66	
6	Encosta	0	32	80	1	3	5,34	
6	Encosta	1	23	40	0	1	14,64	15,45
6	Encosta	1	23	40	0	2	14,30	
6	Encosta	1	23	40	0	3	17,41	
6	Encosta	1	23	40	1	1	20,10	17,89
6	Encosta	1	23	40	1	2	20,48	
6	Encosta	1	23	40	1	3	13,10	
6	Encosta	1	23	80	0	1	15,00	17,58
6	Encosta	1	23	80	0	2	23,52	
6	Encosta	1	23	80	0	3	14,22	
6	Encosta	1	23	80	1	1	16,40	19,64
6	Encosta	1	23	80	1	2	25,66	
6	Encosta	1	23	80	1	3	16,88	
6	Encosta	1	32	40	0	1	20,45	17,35
6	Encosta	1	32	40	0	2	15,51	
6	Encosta	1	32	40	0	3	16,08	
6	Encosta	1	32	40	1	1	16,03	15,07
6	Encosta	1	32	40	1	2	14,21	
6	Encosta	1	32	40	1	3	14,97	
6	Encosta	1	32	80	0	1	16,66	18,25
6	Encosta	1	32	80	0	2	13,97	
6	Encosta	1	32	80	0	3	24,13	

Continua...

## Quadro 2A - Cont.,

Idade	Posição	Folhedo <sup>1</sup>	Temperatura	Umidade <sup>2</sup>	Fertilização <sup>1</sup>	Repetição	CO <sub>2</sub> acumulado	Médias
			°C	%CC			— mg g <sup>-1</sup> —	
6	Encosta	1	32	80	1	1	18,32	
6	Encosta	1	32	80	1	2	15,55	16,47
6	Encosta	1	32	80	1	3	15,53	

<sup>1</sup> 0 = sem; 1 = com.

<sup>2</sup> CC = capacidade de campo.

Quadro 3A - Médias da quantidade de CO<sub>2</sub> (mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo) liberada no período de 106 dias, em solos de baixada sob mata nativa, influenciada pela presença de folhedo, temperatura de incubação, umidade e fertilização

Posição	Folhedo <sup>1</sup>	Temperatura	Umidade <sup>2</sup>	Fertilização <sup>1</sup>	Repetição	CO <sub>2</sub> acumulado	Média
		°C	%CC			mg g <sup>-1</sup>	
Baixada	0	23	40	0	1	2,457	
Baixada	0	23	40	0	2	2,13	2,23
Baixada	0	23	40	0	3	2,11	
Baixada	1	23	40	0	1	14,79	
Baixada	1	23	40	0	2	14,37	14,18
Baixada	1	23	40	0	3	13,37	
Baixada	0	32	40	0	1	2,78	
Baixada	0	32	40	0	2	2,52	2,53
Baixada	0	32	40	0	3	2,29	
Baixada	1	32	40	0	1	15,99	
Baixada	1	32	40	0	2	19,43	17,16
Baixada	1	32	40	0	3	16,07	
Baixada	0	23	80	0	1	4,45	
Baixada	0	23	80	0	2	3,11	3,76
Baixada	0	23	80	0	3	3,70	
Baixada	1	23	80	0	1	13,28	
Baixada	1	23	80	0	2	13,38	14,02
Baixada	1	23	80	0	3	15,39	
Baixada	0	32	80	0	1	4,56	
Baixada	0	32	80	0	2	4,14	4,23
Baixada	0	32	80	0	3	4,01	
Baixada	1	32	80	0	1	17,06	
Baixada	1	32	80	0	2	17,21	18,93
Baixada	1	32	80	0	3	22,51	
Baixada	0	23	40	1	1	2,98	
Baixada	0	23	40	1	2	2,12	2,28
Baixada	0	23	40	1	3	1,75	
Baixada	1	23	40	1	1	14,27	
Baixada	1	23	40	1	2	13,73	16,07
Baixada	1	23	40	1	3	20,21	
Baixada	0	32	40	1	1	4,84	
Baixada	0	32	40	1	2	6,36	4,91
Baixada	0	32	40	1	3	3,52	
Baixada	1	32	40	1	1	17,90	
Baixada	1	32	40	1	2	15,49	16,75
Baixada	1	32	40	1	3	16,85	

Continua...

Quadro 3A - Cont.,

Posição	Folhedo <sup>1</sup>	Temperatura	Umidade <sup>2</sup>	Fertilização <sup>1</sup>	Repetição	CO <sub>2</sub> acumulado	Média
		°C	%CC			mg g <sup>-1</sup>	
Baixada	0	23	80	1	1	3,13	
Baixada	0	23	80	1	2	2,31	2,82
Baixada	0	23	80	1	3	3,01	
Baixada	1	23	80	1	1	14,05	
Baixada	1	23	80	1	2	12,94	13,57
Baixada	1	23	80	1	3	13,73	
Baixada	0	32	80	1	1	4,35	
Baixada	0	32	80	1	2	3,46	3,66
Baixada	0	32	80	1	3	3,16	
Baixada	1	32	80	1	1	32,68	
Baixada	1	32	80	1	2	14,93	21,77
Baixada	1	32	80	1	3	17,70	

Baixada (1) e Encosta (2); com folhedo (1) e sem folhedo (0); tratamento sem adubação (0) e com adubação (1).

<sup>1</sup> 0 = sem; 1 = com.

<sup>2</sup> CC = capacidade de campo.

Quadro 4A - Regressões lineares do CO<sub>2</sub> acumulado (mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo) do eucalipto, resultante da atividade microbiana, influenciada pela posição topográfica, temperaturas de incubação, diferentes umidades e pela presença de folhedo

Idade	Posição	Folhedo	Temperatura	Umidade	Fertilização	Equação	r <sup>2</sup>	Média CO <sub>2</sub>
			°C	%CC		y = a + bx		
2	1	0	23	40	0	-0,1062 + 0,0236**x	0,973	0,784
2	1	1	23	40	0	1,0194 + 0,1634**x	0,988	7,164
2	1	0	32	40	0	0,2258 + 0,0616**x	0,859	2,543
2	1	1	32	40	0	1,9837 + 0,1975**x	0,992	9,413
2	1	0	23	80	0	0,0116 + 0,0334**x	0,949	1,270
2	1	1	23	80	0	0,9146 + 0,1359**x	0,989	6,026
2	1	0	32	80	0	0,2276 + 0,0349**x	0,951	1,538
2	1	1	32	80	0	1,0761 + 0,1616**x	0,993	7,150
2	1	0	23	40	1	0,1361 + 0,0161*x	0,946	0,742
2	1	1	23	40	1	0,8451 + 0,1567**x	0,987	6,738
2	1	0	32	40	1	-0,3641 + 0,0558**x	0,914	1,733
2	1	1	32	40	1	1,3856 + 0,1745**x	0,965	7,948
2	1	0	23	80	1	-0,0551 + 0,0167**x	0,977	0,571
2	1	1	23	80	1	0,7224 + 0,1513**x	0,992	6,410
2	1	0	32	80	1	0,0653 + 0,0392**x	0,946	1,541
2	1	1	32	80	1	1,6477 + 0,2250**x	0,982	10,108

Continua...

Quadro 4A - Cont.,

Idade	Posição	Folheto	Temperatura	Umidade	Fertilização	Equação	r <sup>2</sup>	Média CO <sub>2</sub>
			°C	%CC		y = a + bx		
2	2	0	23	40	0	-0,0087 + 0,0198**x	0,932	0,736
2	2	1	23	40	0	1,0672 + 0,1670**x	0,980	7,347
2	2	0	32	40	0	0,2035 + 0,0278**x	0,916	1,250
2	2	1	32	40	0	0,9036 + 0,1685**x	0,991	7,240
2	2	0	23	80	0	0,0536 + 0,0195**x	0,952	0,786
2	2	1	23	80	0	1,1134 + 0,1672**x	0,976	7,401
2	2	0	32	80	0	0,1211 + 0,0210**x	0,961	0,911
2	2	1	32	80	0	0,9911 + 0,1436**x	0,988	6,391
2	2	0	23	40	1	1,0453 + 0,1447**x	0,989	6,486
2	2	1	23	40	1	1,5023 + 0,2079**x	0,983	9,318
2	2	0	32	40	1	0,1481 + 0,0273**x	0,916	1,174
2	2	1	32	40	1	0,1521 + 0,1878**x	0,988	8,214
2	2	0	23	80	1	-0,0765 + 0,0356**x	0,965	1,262
2	2	1	23	80	1	-0,0007 + 0,016**x	0,972	0,601
2	2	0	32	80	1	-0,0127 + 0,0224**x	0,918	0,830
2	2	1	32	80	1	1,7420 + 0,1533**x	0,978	7,507
4	1	0	23	40	0	-0,0546 + 0,0149*x	0,937	0,508
4	1	1	23	40	0	0,9081 + 0,1326**x	0,989	5,896
4	1	0	32	40	0	0,9051 + 0,0119°x	0,972	1,356
4	1	1	32	40	0	1,7860 + 0,2907**x	0,984	12,717
4	1	0	23	80	0	-0,0388 + 0,0165**x	0,988	0,581
4	1	1	23	80	0	1,0180 + 0,1566**x	0,976	6,905
4	1	0	32	80	0	0,1253 + 0,0150**x	0,966	0,691
4	1	1	32	80	0	2,0160 + 0,1829**x	0,982	8,897
4	1	0	23	40	1	-0,0082 + 0,0135*x	0,978	0,501
4	1	1	23	40	1	1,3638 + 0,1608**x	0,977	7,410
4	1	0	32	40	1	0,0597 + 0,0277**x	0,948	1,103
4	1	1	32	40	1	2,2687 + 0,1923**x	0,985	9,500
4	1	0	23	80	1	-0,0096 + 0,0243**x	0,987	0,905
4	1	1	23	80	1	1,1355 + 0,1804**x	0,965	7,919
4	1	0	32	80	1	0,0708 + 0,0177**x	0,970	0,738
4	1	1	32	80	1	1,6882 + 0,1722**x	0,991	8,165
4	2	0	23	40	0	0,2777 + 0,0242**x	0,848	1,189
4	2	1	23	40	0	1,1653 + 0,1414**x	0,985	6,481
4	2	0	32	40	0	0,0884 + 0,0112°x	0,979	0,508
4	2	1	32	40	0	1,5301 + 0,1592**x	0,991	7,515
4	2	0	23	80	0	-0,0548 + 0,0128°x	0,962	0,425
4	2	1	23	80	0	0,7816 + 0,1494**x	0,988	6,400
4	2	0	32	80	0	0,0697 + 0,0133°x	0,993	0,570
4	2	1	32	80	0	1,6413 + 0,1402**x	0,976	6,913
4	2	0	23	40	1	-0,0758 + 0,0129*x	0,927	0,412
4	2	1	23	40	1	0,9871 + 0,1433**x	0,978	6,376
4	2	0	32	40	1	0,0156 + 0,0173**x	0,988	0,666
4	2	1	32	40	1	1,4462 + 0,16284**x	0,974	7,569
4	2	0	23	80	1	-0,0946 + 0,0206**x	0,979	0,681
4	2	1	23	80	1	0,8782 + 0,1371**x	0,983	6,034
4	2	0	32	80	1	0,2449 + 0,0313**x	0,940	1,423
4	2	1	32	80	1	0,7424 + 0,1565**x	0,992	6,652

Continua...

Quadro 4A - Cont.,

Idade	Posição	Folhedo	Temperatura	Umidade	Fertilização	Equação	r <sup>2</sup>	Média CO <sub>2</sub>
			°C	%CC		y = a + bx		
6	1	0	23	40	0	0,0072 + 0,0114°x	0,940	0,438
6	1	1	23	40	0	1,2336 + 0,1464**x	0,983	6,738
6	1	0	32	40	0	0,3814 + 0,0172**x	0,939	1,027
6	1	1	32	40	0	1,1512 + 0,1786**x	0,989	8,226
6	1	0	23	80	0	0,5658 + 0,0253**x	0,865	1,517
6	1	1	23	80	0	1,0569 + 0,1444**x	0,991	6,487
6	1	0	32	80	0	0,3884 + 0,0482**x	0,951	2,202
6	1	1	32	80	0	1,4521 + 0,2187**x	0,996	9,674
6	1	0	23	40	1	-0,0063 + 0,0109°x	0,953	0,403
6	1	1	23	40	1	1,2730 + 0,1715**x	0,985	7,721
6	1	0	32	40	1	-0,0235 + 0,0381**x	0,953	1,409
6	1	1	32	40	1	2,3288 + 0,1679**x	0,967	8,641
6	1	0	23	80	1	-0,0247 + 0,0218**x	0,967	0,796
6	1	1	23	80	1	0,4834 + 0,1676**x	0,997	6,786
6	1	0	32	80	1	0,2209 + 0,0241**x	0,985	1,126
6	1	1	32	80	1	1,8338 + 0,2032**x	0,967	9,474
6	2	0	23	40	0	-0,0102 + 0,0132°x	0,984	0,488
6	2	1	23	40	0	0,8506 + 0,14427**x	0,993	6,304
6	2	0	32	40	0	-0,8222 + 0,0687**x	0,790	1,736
6	2	1	32	40	0	1,3719 + 0,1592**x	0,980	7,403
6	2	0	23	80	0	0,0162 + 0,0144*x	0,990	0,558
6	2	1	23	80	0	0,8429 + 0,1607**x	0,973	6,914
6	2	0	32	80	0	-0,0505 + 0,0599*x	0,784	1,407
6	2	1	32	80	0	1,5194 + 0,1587**x	0,978	7,537
6	2	0	23	40	1	-0,0140 + 0,0129°x	0,980	0,470
6	2	1	23	40	1	0,8363 + 0,1700**x	0,980	7,257
6	2	0	32	40	1	0,2575 + 0,0496**x	0,914	2,122
6	2	1	32	40	1	1,3588 + 0,1391**x	0,994	6,635
6	2	0	23	80	1	-0,1201 + 0,024**x	0,912	0,779
6	2	1	23	80	1	0,8815 + 0,1801**x	0,994	7,684
6	2	0	32	80	1	0,2644 + 0,0325**x	0,879	1,496
6	2	1	32	80	1	1,2791 + 0,1543**x	0,989	7,123

Baixada (1) e Encosta (2); com folhedo (1) e sem folhedo (0); tratamento sem adubação (0) e com adubação (1). °, \*, \*\* e \*\*\* = Significativos a 10, 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

Quadro 5A - Equações lineares do CO<sub>2</sub> acumulado (mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo) em solos de Baixada sob mata nativa, influenciada pelas temperaturas de incubação, diferentes umidades e pela presença de folhedo

Folhedo <sup>1</sup>	Temperatura	Umidade	Adubação <sup>2</sup>	Equação	r <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> acumulado
	°C	%CC		y = a + bx		(média)
0	23	40	0	-0,060 + 0,020**x	0,996	0,709
1	23	40	0	1,051 + 0,125**x	0,989	5,926
0	32	40	0	0,349 + 0,019*x	0,966	1,068
1	32	40	0	1,346 + 0,152**x	0,995	7,095
0	23	80	0	-0,035 + 0,036**x	0,992	1,332
1	23	80	0	0,766 + 0,133**x	0,986	5,779
0	32	80	0	0,092 + 0,0386**x	0,992	1,547
1	32	80	0	1,403 + 0,166**x	0,994	7,674
0	23	40	1	-0,0060 + 0,021**x	0,987	0,787
1	23	40	1	0,618 + 0,1535**x	0,992	6,390
0	32	40	1	0,257 + 0,0495**x	0,914	2,122
1	32	40	1	2,892 + 0,141**x	0,957	8,214
0	23	80	1	0,257 + 0,0253**x	0,978	1,211
1	23	80	1	0,872 + 0,1265**x	0,987	5,632
0	32	80	1	0,310 + 0,0312**x	0,995	1,485
1	32	80	1	1,353 + 0,207**x	0,982	9,144

Baixada (1) e Encosta (2); com folhedo (1) e sem folhedo (0); tratamento sem adubação (0) e com adubação (1). \* e \*\* = Significativos a 5 e 1%, respectivamente.

<sup>1</sup> Solo com fragmento de folhas em superfície (1) e solo sem fragmento de folhas (0).

<sup>2</sup> Tratamento com adubação (1) e sem adubação (0).