

TRABALHOS DE PESQUISA  
*RESEARCH PAPERS*





# Respiração do solo sob eucalipto e cerradão

## Soil respiration under *Eucalyptus* and cerradão

Ana Cláudia Silva de Lira  
Fábio Poggiani  
José Leonardo de Moraes Gonçalves

---

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi estudar a liberação de CO<sub>2</sub> pelo solo em povoamentos de eucalipto submetidos a diferentes métodos de manejo do solo e em uma área adjacente com vegetação natural de Cerradão. A respiração do solo (emissão de CO<sub>2</sub>) foi medida mensalmente, no período de junho/97 a fevereiro/98, 22 meses após a instalação dos tratamentos. O experimento foi instalado em Itatinga – SP (23°17'S e 48°26'O). Empregou-se o método de absorção de CO<sub>2</sub> sob campânula em condições de campo. Os tratamentos aplicados, após o corte raso de um povoamento de eucalipto, foram: TA) área testemunha onde foi mantido um povoamento de *Eucalyptus grandis* não cortado com 9 anos; TC) cultivo mínimo do solo, TE) remoção dos restos culturais e serapilheira, TF) incorporação dos restos culturais e serapilheira através de uma grade pesada e TG) queima dos restos culturais. Verificou-se uma diferença significativa entre os métodos de manejo do solo e entre as épocas de avaliação. O tratamento TG apresentou a maior liberação de CO<sub>2</sub> (72 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) e o tratamento TA, a menor (62 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). A queima incrementou a respiração do solo, provavelmente, devido à rápida liberação de nutrientes provocada pelo fogo. Para todos os métodos de manejo do solo, observou-se que a maior liberação de CO<sub>2</sub> se deu no final da primavera e durante o verão, época esta considerada mais favorável à atividade dos microorganismos. No cerradão, a liberação de CO<sub>2</sub> foi sempre maior do que no povoamento de eucalipto com 9 anos. Pode-se afirmar que a liberação de CO<sub>2</sub> pelo solo, nas condições estudadas, é influenciada intensivamente, pelo método de manejo do solo e pela estação do ano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cultivo mínimo, Respiração edáfica, CO<sub>2</sub>, *Eucalyptus grandis*, Cerradão, Resíduos culturais

**ABSTRACT:** Soil respiration was measured in several eucalypts plots submitted to different methods of management and in an area of natural vegetation (cerradão – Brazilian savanna). Soil respiration (emission of CO<sub>2</sub>) was measured monthly, in the period from June/97 to February/98, 22 months after the establishment of the methods of soil management. The experiment was carried out in Itatinga – SP (23° 17'S and 48° 26'O). The method of CO<sub>2</sub> absorption was applied under campanula in the field. The treatments applied after the clear cutting of eucalypts plantation were: TA) untouched plantation (9 years old); TC) Minimum soil cultivation; TE) removal of cultural residues and litter; TF) incorporation of cultural residues and litter through a heavy fence, and TG) burning cultural residues. It was possible to observe a significant differences between the methods of soil management and between the periods of evolution of soil respiration. Treatment TG presented the higher CO<sub>2</sub> liberation (72 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) and treatment TA, the smallest (62 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). Burning improved soil respiration, probably, due to the fast liberation of nutrients caused by the fire. In all the methods of soil management, it was possible to observe that the

biggest CO<sub>2</sub> liberation happened at the end of the spring and during the summer. In relation to the natural vegetation, CO<sub>2</sub> liberation was always higher than in the nine year old eucalyptus plot. It is possible to conclude that soil respiration was affected by the method of soil management and by changing of climatic conditions along the years.

**KEYWORDS:** Minimum cultivation, Edaphic respiration, CO<sub>2</sub>, *Eucalyptus*, Cerradão, Cultural residues

---

## INTRODUÇÃO

Atualmente, há um grande interesse em se conhecer o funcionamento dos ecossistemas florestais, sobretudo no que se refere à sua produtividade. Do ponto de vista ecológico, não só a produtividade é importante, mas também a manutenção do equilíbrio a longo prazo, que depende, em grande parte, da ciclagem dos nutrientes. Esta depende da adição e decomposição dos restos vegetais e animais, e da atuação dos organismos presentes no solo. Este processo acontece tanto em ecossistemas naturais como nos artificiais, sendo fortemente influenciado pela complexidade das formas de vida que compõem a cadeia alimentar.

A respiração do solo pode ser avaliada pelo desprendimento do CO<sub>2</sub> através de sua superfície, e segundo Schlenter e Cleve (1985), este processo surge, basicamente, de três fontes metabólicas: a respiração microbiana, a respiração das raízes e a respiração de outros organismos que compõem a meso e macrofauna. Além disso, podem ser incluídas ainda, algumas fontes não metabólicas como a oxidação química dos minerais do solo.

A biota do solo, pode ser limitada por características como estrutura e textura do pró-

prio solo (Killham, 1994), o que vai afetar diretamente a respiração edáfica. A biomassa microbiana do solo também pode ser influenciada pelo suprimento inadequado de C e N, fatores climáticos, adições de resíduos orgânicos, nutrientes e poluentes etc. (De-Polli e Guerra, 1996).

A substituição da vegetação natural por monocultivos, sempre acarreta modificações na composição química, física e biológica do solo, principalmente em se tratando de solos de baixa fertilidade. Contudo, tais modificações podem ser amenizadas, com a utilização de práticas adequadas de manejo. Gonçalves (1995) ressalta que, nos últimos dez anos, vem sendo difundido no setor florestal, o sistema de cultivo mínimo, que é uma prática baseada no preparo do solo restrito às linhas ou covas de plantio, mantendo-se os restos culturais sobre o terreno.

O objetivo deste trabalho foi estudar a respiração do solo em povoamentos de eucalipto, sob diversos métodos de manejo do solo, comparativamente com uma área de vegetação natural (cerradão), e avaliar o efeito sazonal na emissão de CO<sub>2</sub> do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em áreas da Fazenda Entre Rios, pertencente à Companhia Suzano de Papel e Celulose, localizada no município de Itatinga, Estado de São Paulo. As coordenadas geográficas do local são: altitude

de 649 m, latitude de 23°17' ao Sul e longitude de 48°26' a Oeste.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é Cwa, ou seja, mesotérmico de inverno seco. A temperatura média do mês

mais frio (julho) é inferior a 18°C e a do mês mais quente (janeiro) superior a 22°C. O total de chuvas no mês mais seco não ultrapassa 30 mm. A precipitação média anual da área é de, aproximadamente, 1579 mm, 57% concentrada nos meses de dezembro a março. Geralmente não se observa déficit hídrico na área.

O experimento foi conduzido em um povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden sob diferentes tipos de práticas de manejo do solo e em uma área adjacente onde há um fragmento de vegetação natural (cerradão).

O delineamento experimental utilizado, na área de eucalipto, foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas no tempo, com 5 tratamentos e 4 repetições. Os blocos foram localizados transversalmente à declividade do terreno. Todavia, houve uma restrição à aleatorização

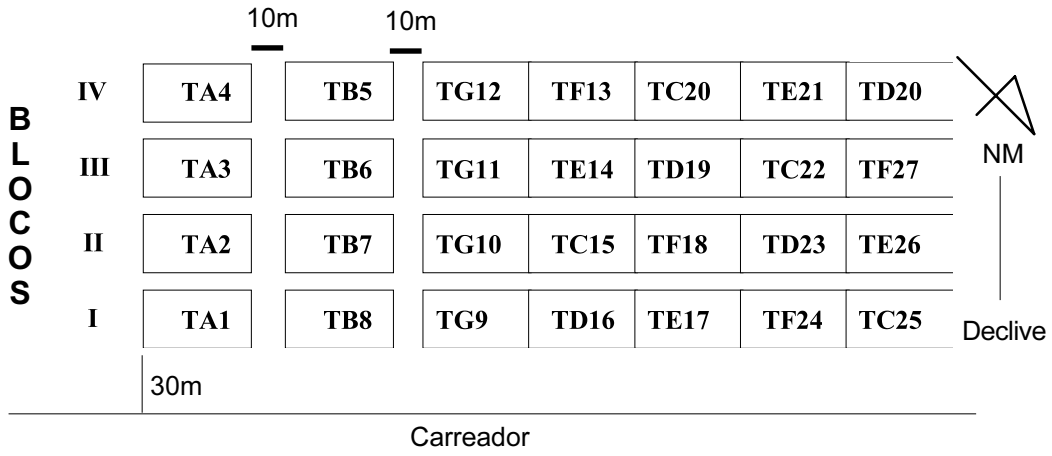
dos tratamentos referentes às áreas testemunhas (parcelas não cortadas) e às áreas queimadas, com a finalidade de não afetar os tratamentos vizinhos (Figura 1). No cerradão, as parcelas experimentais foram distribuídas de maneira inteiramente casualizada, com 6 repetições.

Os tratamentos (métodos de manejo do solo) são descritos a seguir:

TA) área testemunha onde foi mantido um povoamento de eucalipto não cortado com nove anos;

TC) cultivo mínimo do solo – corte raso do povoamento, mantendo todos os resíduos culturais na superfície do solo;

TE) corte raso do povoamento, seguido de remoção total dos resíduos culturais da superfície do solo;



**Figura 1.** Croqui da área experimental, apresentando a distribuição dos métodos de manejo do solo, em que: TA = Povoamento não cortado de eucalipto; TB = Manutenção dos restos culturais na superfície do solo, após o corte raso e condução da rebrota; TC = Manutenção dos restos culturais na superfície do solo e reforma (replântio), após o corte raso; TD = Remoção dos restos culturais e manutenção da serapilheira (replântio), após o corte raso; TE = Remoção dos restos culturais e serapilheira (replântio), após o corte raso; TF = Incorporação dos restos culturais e serapilheira com gradagem (replântio), após o corte raso; TG = Queima dos restos culturais (replântio), após o corte raso.

(Design of the experimental area, with the methods of soil management: TA = Intact eucalypts plantation; TB = Maintenance of the cultural residues in the soil surface, after the shallow felling and conduction of regrowth; TC = Maintenance of the cultural residues in the soil surface and replanting, after the clearcutting; TD = Removal of the cultural residues and maintenance of the litter and replanting, after the shallow felling; TE = Removal of the cultural residues and litter, and replanting, after the shallow felling; TF = Incorporation of the cultural residues and litter, and replanting, after the shallow felling; TG = Burns of the cultural residues (replanted), after the shallow felling.)

\*Tratamentos que não foram avaliados nesta pesquisa, mas pertencem a um experimento mais amplo e multidisciplinar

TF) manejo intensivo do solo - corte raso do povoamento, seguido de incorporação de todos os resíduos culturais no solo através de dois repasses de uma grade pesada;

TG) corte raso do povoamento, seguido de distribuição dos resíduos culturais sobre o solo e sua queima subsequente.

Em julho de 1995 (aos 7 anos de idade), foi realizado o corte raso do povoamento de eucalipto e implantado o experimento, deixando-se intacta apenas a área testemunha. Em agosto de 1995 foram instalados os demais tratamentos (métodos de manejo do solo). Um mês após a instalação dos tratamentos, foi realizado o plantio de novas mudas de *Eucalyptus grandis* formadas a partir de sementes. O plantio foi feito em sulcos de 30 cm de profundidade, no espaçamento de 3,0 m x 2,0 m.

No início das avaliações de respiração edáfica, em junho de 1997, as árvores do povoamento de *Eucalyptus grandis* na área testemunha (sem corte) tinham 9 anos de idade e na área onde foram instalados os tratamentos, 22 meses.

As taxas de liberação de CO<sub>2</sub> foram medidas mensalmente, no período de junho de 1997 a fevereiro de 1998, no período noturno (das 18 às 6 horas do dia seguinte). Isto foi feito porque, à noite, a temperatura do solo, principalmente na superfície, oscila menos e pode-se observar melhor e de forma comparativa o efeito dos tratamentos. Para realizar a medição, foram distribuídos na área experimental, pequenos suportes de madeira, sobre os quais foram colocados recipientes de vidro com 20 ml de NaOH a 0,5 mol L<sup>-1</sup>. Estes conjuntos foram então encobertos por campânulas (baldes plásticos com 25 cm de diâmetro). Foram distribuídos 12 conjuntos em cada tratamento do povoamento (3 conjuntos por parcela) e 6 no cerradão. Em cima de cada campânula foram colocados tijolos para garantir um maior contato das bordas do recipiente com a superfície do solo, evitando-se trocas gasosas diretamente

com a atmosfera. Cada recipiente de vidro recoberto pela campânula, contendo a solução de NaOH, foi destampado para que fixasse o CO<sub>2</sub> liberado do solo. Após 12 horas de permanência no local, as campânulas foram retiradas, e os recipientes foram rapidamente tampados e levados ao laboratório.

A quantificação do CO<sub>2</sub> desprendido do solo foi feita mediante titulação do NaOH remanescente nos recipientes, com uma solução de HCl a 0,5 mol L<sup>-1</sup>. A massa de CO<sub>2</sub> desprendido por unidade de área e tempo (mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), foi calculada considerando a massa de CO<sub>2</sub> total desprendida no período de permanência debaixo da campânula e sua área de abrangência, como mostra a equação abaixo:

$$\text{CO}_2 \text{ (mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}\text{)} = \frac{(V_B - V_A) N_{\text{HCl}} \times \text{Eq CO}_2}{A \times 12}$$

Em que:

V<sub>B</sub>: volume do ácido clorídrico gasto na titulação do branco;

V<sub>A</sub>: volume do ácido clorídrico gasto na titulação da amostra;

N<sub>HCl</sub>: normalidade do ácido clorídrico = 0,5;

Eq CO<sub>2</sub>: equivalente grama do CO<sub>2</sub> = 22;

A: área de abrangência da campânula = 0,049 m<sup>2</sup>;

12: fator de correção (transformação para hora)

Durante todo o período experimental, foram registrados diariamente dados pluviométricos e as temperaturas máximas e mínimas do ar através de uma estação meteorológica, situada na Fazenda Entre-Rios.

Em todos os tratamentos, foram medidas, semanalmente as temperaturas máxima e mínima do solo a 2,5 cm de profundidade, utilizando-se termômetros digitais. A umidade do solo foi avaliada mensalmente, pelo método gravimétrico, mediante a coleta de amostras a 5 cm de profundidade, segundo EMBRAPA (1997).

Amostras de solo coletadas nas profundidades de 0-2, 2-5, 5-10 e 10-20 cm em todos os tratamentos do povoamento de eucalipto foram analisadas quimicamente quanto ao pH, carbono orgânico, fósforo disponível, cálcio, magnésio, potássio e alumínio trocáveis e acidez potencial, utilizando-se os métodos descritos por Van Raij et al. (1987).

Os dados obtidos foram inicialmente submetidos à análise estatística exploratória, utili-

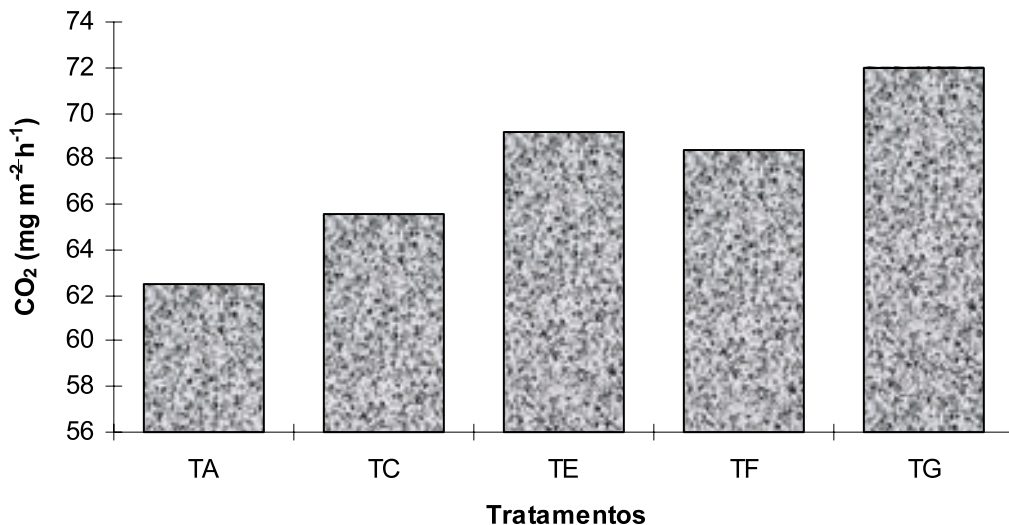
zando técnicas descritas por Alves et al. (1993). Após a transformação ( $y=1/x$ ) necessária para homogeneizar a variância dos dados, foi realizada a ANOVA. Para efeitos significativos, a comparação das médias, foi realizada através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para a comparação entre a área testemunha do povoamento de eucalipto e a vegetação natural (cerradão), foi utilizado o teste T.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise de variância aplicada aos valores de respiração do solo, observou-se que houve diferença significativa entre os métodos de manejo do solo ( $F=3,4$  e  $p=0,04$ ) e entre as épocas de avaliação ( $F=41,8$  e  $p<0,001$ ). Não houve efeito significativo da interação entre o método de manejo do solo e o tempo. Isso mostra que não houve dependência entre os tratamentos primários (métodos de manejo do solo) e o secundário (tempo).

O método de manejo do solo em que houve queima de todos os resíduos culturais (G) apresentou a maior média de  $CO_2$  liberado e o povoamento não cortado de eucalipto (A), a menor média (Figura 2).

Isso, provavelmente, pode ser atribuído ao aporte de nutrientes liberados pelas cinzas no tratamento G, além da menor acidez do solo e do menor teor de Al. A melhoria do status nutricional proporcionou um maior crescimento



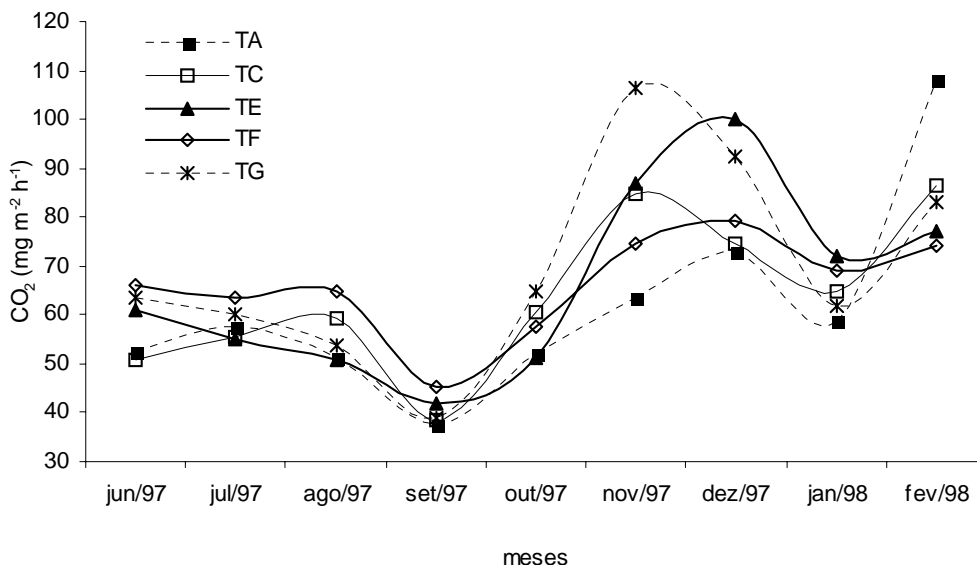
**Figura 2.** Média de  $CO_2$  liberado nos diferentes tratamentos (métodos de manejo do solo) na área florestada com eucalipto, no período de junho/97 a fevereiro/98. Médias seguidas de letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

(Mean of  $CO_2$  released in the different methods of soil management in eucalypts plantation from June/97 to February/98. Means having common letters, do not differ significantly for Tukey test, at the level of 5%.)

inicial das árvores e, conseqüentemente, uma maior atividade radicular (respiração das raízes), que contribuiu para o aumento do  $\text{CO}_2$  nesse tratamento. Santos e Grisi (1981), também verificaram um aumento na liberação de  $\text{CO}_2$  onde houve a queima, ressaltando que a ação do fogo sobre a fitomassa, provavelmente ocasiona mudanças nas propriedades edáficas, beneficiando os microorganismos. Geraldles et al. (1995), concluíram que a substituição da mata natural por pastagens na Amazônia, através da derrubada e queimada reflete na quantidade de biomassa microbiana do solo. A pastagem conseguiu manter, por 4 anos, uma microbiota maior que a encontrada na mata natural. Após 10 anos, todavia, esse nível se aproximou do original, declinando gradativamente nos anos subseqüentes. Por outro lado Poggiani et al. (1983) verificaram que em áreas declivosas e florestadas com *Eucalyptus grandis*, a liberação de  $\text{CO}_2$  diminuiu poucas semanas depois da passagem do fogo. Weber (1990) também mostra que houve um declínio na taxa de respiração do solo, em áreas cortadas e queimadas.

Parece que o efeito negativo imediato da queima sobre a microbiota do solo, pode ser revertido com o passar do tempo, pois a comunidade microbiana terá condições de se restabelecer e utilizar os nutrientes mineralizados com a queima, aumentando ainda mais sua biomassa e atividade. Como este trabalho foi realizado dois anos após a passagem do fogo na área, acredita-se que já houve tempo para o restabelecimento dos microorganismos, o que justifica as elevadas taxas de respiração observadas com esse método de manejo do solo.

A maior liberação de  $\text{CO}_2$  deu-se durante o período de final da primavera e ao longo de todo o verão (novembro de 1997 a fevereiro de 1998). No mês de janeiro de 1998, todavia, houve uma redução, mas ainda assim, o valor foi maior do que o observado nos meses de inverno (Figura 3). Esse comportamento pode ser atribuído, provavelmente, à temperatura e à umidade do solo mais elevadas observadas no período de novembro de 1997 a fevereiro de 1998 (Tabelas 1 e 2). Ressalta-se ainda, que, no período compreendido entre dezembro e março, houve uma concentração de 57% da precipitação anu-



**Figura 3.** Média geral de  $\text{CO}_2$  liberado do solo considerando todos os tratamentos do povoamento de eucalipto ao longo do período experimental.

(Means of  $\text{CO}_2$  released by the soil, considering all the treatments in eucalypts plantation)



al. Entretanto, no mês de janeiro ocorreu um veranico, ocasionando redução na média pluviométrica do período (Tabela 1) e de umidade de solo (Tabela 2). Esses dados explicam a queda na respiração em janeiro.

Os efeitos sazonais observados estão de acordo com os encontrados por Poggiani et al. (1983), que verificaram maiores valores de CO<sub>2</sub> liberado no verão e menores valores no inverno. Outros autores como Anderson (1975); Edwards e Harris (1977); Gonçalves (1993); Toland e Zak (1994); Weber (1990) também encontraram maiores valores de respiração no verão.

No povoamento de eucalipto, as médias da temperatura máxima do solo oscilaram entre 27,4 e 37,8 °C, e as médias da mínima entre 1,7 e 18,1 °C. (Tabela 1).

No povoamento onde houve a incorporação de todos os resíduos culturais ao solo (TF) e no povoamento não cortado de eucalipto com 9

anos (TA) ocorreram as menores amplitudes térmicas em relação ao tratamento em que houve remoção de todos os resíduos culturais e da serapilheira (TE). Além de maior amplitude, o (TE) apresentou também as maiores médias da temperatura máxima, principalmente, nos meses mais quentes e com menor precipitação pluviométrica. A remoção dos resíduos deixa o solo mais exposto ao sol e às trocas de energia, com acentuadas variações do microclima.

No cerradão, as temperaturas máximas variaram de 30,1 °C (junho/97) a 27,1 °C (dezembro/97). Em todos os meses, o cerradão apresentou uma menor oscilação de temperatura do que no povoamento de eucalipto considerando a área testemunha e todos os métodos de manejo do solo. Isso ocorre porque o cerradão apresenta um dossel vegetal denso que contribui para reduzir a grande quantidade de energia radiante que incide sobre o solo no

**Tabela 1.** Índices de chuva, da temperatura do ar e das temperaturas máximas e mínimas do solo (2,5 cm de profundidade) nas áreas estudadas, durante o período experimental.

(Monthly rain, air temperature, maximum and minimum soil temperatures (2,5 cm depth) in the experimental areas)

Meses	Temperatura		Temperatura média do solo											
	Chuva	do ar	TA		TC		TE		TF		TG		VN	
			Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
	mm		°C											
Jun/97	155	17,9	28,9	7,1	27,4	5,5	37,8	5,8	–	–	32,6	5,2	–	–
Jul/97	24	19,4	31,9	7,1	34,6	7,7	36,3	7,9	–	–	32,0	6,7	30,1	5,2
Ago/97	48	20,6	30,9	2,8	34,9	1,7	32,5	3,7	32,1	6,9	31,9	2,7	29,0	2,7
Set/97	74	23,1	34,0	15,7	33,5	9,9	35,4	9,1	32,9	8,3	34,3	8,6	–	–
Out/97	126	22,8	32,9	13,3	33,6	12,5	32,7	12,2	29,4	12,6	32,0	12,9	29,1	13,2
Nov/97	227	26,0	33,5	16,0	37,5	16,0	34,5	16,7	31,9	15,4	31,6	14,7	27,6	16,3
Dez/97	289	25,5	31,9	12,9	34,9	15,6	34,4	16,0	32,1	14,0	32,4	14,3	27,1	15,8
Jan/98	229	26,4	30,3	18,1	33,8	17,6	35,1	17,9	32,5	16,4	33,0	17,7	28,3	17,9
Fev/98	441	25,7	34,0	17,7	31,1	17,5	35,4	17,0	32,8	16,3	34,2	17,4	28,8	17,8
Média			32,0	12,3	33,5	11,6	34,9	11,8	32,0	12,8	32,7	11,1	28,6	12,7

TA: Tratamento A (povoamento de eucalipto intacto); TC: Tratamento C (cultivo mínimo do solo); TE: Tratamento E (remoção de todos os resíduos culturais); TF: Tratamento F (incorporação dos resíduos culturais); TG: Tratamento G (queima dos resíduos culturais); VN: Vegetação Natural

– : Dados não coletados

verão, e também a perda de calor durante o inverno.

Com relação à umidade do solo (Tabela 2), as maiores médias para os tratamentos aplicados ao eucalipto, foram observadas onde a houve manutenção de todos os resíduos culturais na superfície do solo (TC) e também sua incorporação (TF). No cerrado foram observados os valores de umidade do solo mais elevados do que em todos os métodos de manejo do solo do povoamento de eucalipto.

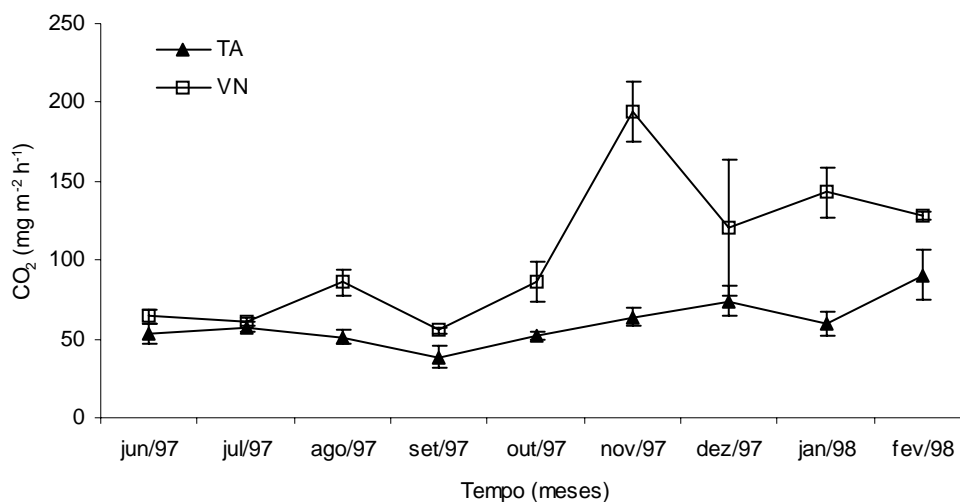
Observa-se também que o tratamento onde não houve corte do eucalipto (TA) e a área queimada (TG), apresentaram os menores valores de umidade do solo. A maior perda de água devido à transpiração das árvores adultas da área testemunha e da área queimada, onde houve um melhor desenvolvimento, pode explicar a umidade mais baixa do solo. Serrano (1997), trabalhando na mesma área experimental, também encontrou dados semelhantes, tanto para a temperatura como para a umidade do solo, e enfatizou a importância dos resíduos vegetais na menor variação da temperatura e na conservação da umidade do solo. Outros

**Tabela 2.** Valores médios de umidade do solo nos diferentes métodos de manejo do solo estudados no povoamento de eucalipto e na vegetação natural de cerrado. Os valores apresentados são médias de 12 avaliações (3 repetições em cada uma das 4 parcelas).

(Means values of soil moisture in the different methods of soil management in eucalypts plantation and natural vegetation (cerradão), 5.0 cm depth)

Meses	Umidade do solo a 5 cm de profundidade					
	TA	TC	TE	TF	TG	VN
	%					
jun/97	2,8	3,5	2,9	3,5	2,6	4,6
jul/97	2,4	2,6	3,1	2,4	2,2	4,3
ago/97	2,4	2,6	2,2	2,1	2,2	3,9
set/97	3,3	3,3	3,4	2,7	2,6	4,9
out/97	2,8	2,6	3,3	2,7	2,4	4,1
nov/97v	4,6	7,2	6,5	7,4	4,8	6,5
dez/97	4,4	4,7	4,7	5,8	4,4	6,4
jan/98	3,2	3,2	2,7	2,7	2,4	6,4
fev/98	5,4	6,0	6,2	8,6	5,9	8,3
Média	3,5	4,0	3,9	4,2	3,3	5,5

TA: Tratamento A (povoamento de eucalipto intacto); TC: Tratamento C (cultivo mínimo do solo); TE: Tratamento E (remoção de todos os resíduos culturais); TF: Tratamento F (incorporação dos resíduos culturais); TG: Tratamento G (queima dos resíduos culturais); VN: Vegetação Natural



**Figura 4.** Médias mensais de emissão de CO<sub>2</sub> do solo na área testemunha do povoamento de eucalipto (TA) e na vegetação natural de cerrado.

(Monthly means of CO<sub>2</sub> released in the intact eucalypts plantation (TA) and natural vegetation of cerrado (VN))

autores como, Bragagnolo e Mielniczuk (1990) e Salton e Mielniczuk (1995) também verificaram que o sistema de preparo do solo em que se mantém os resíduos culturais na superfície, reduz a perda de água e evita a elevação da temperatura na camada superficial.

Observando a Figura 4, verifica-se que em todos os meses, a média da liberação de CO<sub>2</sub> na vegetação natural sempre foi maior do que a observada na área de eucalipto não cortado (TA).

O teste T confirma tais resultados, mostrando que há diferença significativa ao nível de 5% ( $t=1,8$  e  $p=0,01$ ). Esses resultados são condizentes, pois presume-se que o cerradão, sendo uma vegetação nativa, apresente uma maior diversidade de microrganismos do solo, bem ao meio e portanto, mais ativos na decomposição da matéria orgânica gerada pelos detritos da vegetação.

Outros fatores que contribuíram para maiores valores de CO<sub>2</sub> liberados pelo solo do cerradão, foram as temperaturas mais amenas (Tabela 1) e a umidade mais constante (Tabela 2). Alguns autores como Poggiani et al. (1977) e Della Bruna (1985), chamam a atenção para a importância da temperatura e de umidade nos processos de decomposição e de liberação de CO<sub>2</sub>. Os valores observados nesta pesquisa são semelhantes aos encontrados por vários autores, como: Martins e Matthes (1978), Poggiani et al. (1977), Santos e Grisi (1981), Bowden et al. (1992).

Foi observado também que na área do povoamento de eucalipto havia um acúmulo de serapilheira sobre o solo (serapilheira), não ocorrendo o mesmo na área de vegetação natural. Isto pode indicar que o processo de decomposição no primeiro ecossistema é menos intenso do que no segundo. Sabe-se que os tecidos vegetais de eucalipto em geral, apresentam um baixo teor de nutrientes e uma alta

relação C:N, como é ressaltado por Della Bruna et al. (1991). Um outro fator que pode ter contribuído para isso, é a menor relação proteína:lignina, ou ainda, segundo Florenzano (1957), a presença de substâncias inibidoras do crescimento e da atividade microbiana sobre o material em decomposição. Gama-Rodrigues et al. (1997), ao analisarem a biomassa microbiana e a relação C:N em solos sob diferentes coberturas vegetais, também verificaram que, em povoamentos de eucaliptos e pinheiros houve uma menor decomposição da matéria orgânica em relação ao observado em povoamento de angico e em áreas de capoeira. Os autores atribuíram esta resposta aos maiores teores de N na serapilheira dos dois últimos ecossistemas.

Outros autores como Fournier (1985) e Castro (1995) também demonstraram que em solos anteriormente recoberto por florestas, a atividade agrícola deprimiu, sensivelmente, as características químicas, físicas e biológicas do solo.

Observa-se nas tabelas 3 e 4 que o TC (cultivo mínimo) proporcionou um aumento no teor de matéria orgânica na camada de 0-2 cm. Este pode ter ocorrido, devido à maior estabilidade térmica e hídrica do solo sob o cultivo mínimo, o que favoreceu a atividade microbiana sobre as raízes finas deixadas pelas árvores do plantio anterior. Além disto, a alteração do solo que foi mínima neste tratamento, pode ter reduzido às perdas de compostos orgânicos por erosão ou lixiviação.

Pode-se verificar ainda que nos primeiros centímetros do solo, a queima dos resíduos culturais (TG) promoveu um aumento dos teores de Ca, K, Mg e P, bem como uma diminuição do Al trocável e de H+Al, favorecendo assim a elevação do pH. Resultados semelhantes foram obtidos por Serrano (1997).

**Tabela 3.** Características químicas do solo sob o povoamento de eucalipto (junho/96)

(Chemical characteristics of the soil under eucalypts plantation (June/96))

Prof. cm	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H + Al mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Al	SB	T	V %	Sat. Al <sup>3+</sup>
<b>TA</b>												
0-2	3,6	23	6	1,4	2	2	44	15	6	50	11	72
2-5	3,8	15	5	1,1	1	1	36	11	3	39	8	77
5-10	3,9	10	5	1,4	1	1	30	9	4	34	11	70
10-20	3,9	7	4	0,9	1	2	26	7	4	29	12	65
<b>TC</b>												
0-2	3,6	33	8	1,4	4	3	45	12	9	54	16	58
2-5	3,8	12	5	1,1	2	1	30	9	4	34	12	68
5-10	3,9	11	5	0,9	2	1	28	9	4	32	13	69
10-20	3,9	10	4	0,7	2	1	27	7	4	30	11	66
<b>TE</b>												
0-2	3,8	17	5	2,0	2	1	33	11	6	39	15	64
2-5	3,8	13	5	1,2	1	1	35	11	3	38	9	77
5-10	3,9	10	7	0,9	2	1	30	11	4	34	13	72
10-20	3,9	7	5	0,8	2	1	26	9	4	30	13	72
<b>TF</b>												
0-2	3,8	26	7	2,3	2	2	35	10	7	42	17	59
2-5	3,8	50	6	1,6	1	2	34	11	5	39	13	69
5-10	3,8	15	5	1,6	1	1	33	11	4	37	11	72
10-20	3,9	10	6	1,3	1	1	27	7	4	31	12	66
<b>TG</b>												
0-2	4,3	30	9	1,9	11	6	31	5	19	50	37	20
2-5	3,9	14	10	1,4	2	3	33	9	6	38	15	60
5-10	3,9	11	6	1,1	1	3	28	8	5	33	16	61
10-20	3,9	9	5	1,0	1	1	26	7	3	29	12	66

TA: Tratamento A (povoamento de eucalipto intacto); TC: Tratamento C (cultivo mínimo do solo); TE: Tratamento E (remoção de todos os resíduos culturais); TF: Tratamento F (incorporação dos resíduos culturais); TG: Tratamento G (queima dos resíduos culturais); VN: Vegetação Natural

## CONCLUSÕES

No solo sob vegetação natural (cerradão) observou-se uma maior liberação de CO<sub>2</sub> e um maior teor de umidade, do que nas parcelas de eucalipto com nove anos de idade.

Em todos os tratamentos do eucalipto e no cerradão, a maior liberação de CO<sub>2</sub> da superfície do solo deu-se no final da primavera e ao longo do verão.

**Tabela 4.** Características químicas do solo sob o povoamento de eucalipto (setembro/97)

(Chemical characteristics of the soil under eucalypts plantation (September/97))

Prof. cm	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H + Al mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Al	SB	T	V	Sat. Al <sup>3+</sup> %
<b>TA</b>												
0-2	3,7	28	5	0,5	2	3	36	10	5	41	13	65
2-5	3,9	19	5	0,4	1	1	35	11	3	38	8	77
5-10	4,0	13	4	0,6	1	1	33	11	2	35	7	82
10-20	4,0	22	4	0,5	1	1	23	7	2	25	10	73
<b>TC</b>												
0-2	3,9	44	5	1,7	8	7	44	9	17	61	29	37
2-5	3,9	20	4	1,3	2	2	33	10	5	39	14	66
5-10	4,0	14	5	0,9	2	2	30	9	4	35	12	68
10-20	4,1	18	3	0,8	1	2	26	6	4	29	11	66
<b>TE</b>												
0-2	4,2	20	4	1,6	11	10	28	5	22	50	43	20
2-5	3,9	20	4	1,9	2	2	34	10	5	39	13	66
5-10	3,9	21	4	1,4	2	1	38	12	4	43	10	73
10-20	4,1	9	3	1,3	1	1	24	7	3	27	12	67
<b>TF</b>												
0-2	3,9	39	6	1,3	8	5	41	8	14	55	25	38
2-5	3,7	36	5	1,1	3	4	43	13	8	51	15	65
5-10	3,8	30	4	1,1	1	3	39	13	5	44	11	73
10-20	4,0	32	4	0,9	1	1	30	9	3	33	10	73
<b>TG</b>												
0-2	4,2	36	9	2,4	24	19	34	6	46	80	51	16
2-5	4,0	20	4	1,9	2	2	30	10	6	36	17	61
5-10	3,9	21	4	1,8	1	1	29	10	4	33	12	73
10-20	4,0	13	5	1,8	1	1	25	8	4	29	14	67

TA: Tratamento A (povoamento de eucalipto intacto); TC: Tratamento C (cultivo mínimo do solo); TE: Tratamento E (remoção de todos os resíduos culturais); TF: Tratamento F (incorporação dos resíduos culturais); TG: Tratamento G (queima dos resíduos culturais); VN: Vegetação Natural

A queima dos resíduos culturais da superfície do solo sob o eucalipto favoreceu o aumento de sua fertilidade, proporcionando também a liberação de maiores quantidades de CO<sub>2</sub>.

A prática de cultivo mínimo promoveu um aumento no teor de matéria orgânica do solo.

Os resíduos culturais mantidos na superfície do solo sob eucalipto foram importantes, tanto na redução da variação da temperatura, como na conservação da umidade do solo.

## AUTORES E AGRADECIMENTOS

ANA CLÁUDIA SILVA DE LIRA é Mestre em Ciências Florestais pela ESALQ/USP.

FÁBIO POGGIANI é Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. Avenida Pádua Dias, 11 – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: fpoggian@carpa.ciagri.usp.br

JOSÉ LEONARDO DE MORAES GONÇALVES é Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. Avenida Pádua Dias, 11 – Caixa Postal 9 – Piracicaba,

SP – 13400-970 – E-mail: jlmgonca@carpa.ciagri.usp.br

Os autores agradecem à CAPES / FCAP pela concessão de bolsa, à Companhia Suzano de Papel e Celulose pela liberação da área experimental e aos funcionários e estagiários do Departamento de Ciências Florestais e Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais da ESALQ/USP: Vanderlei Benedetti, José Amarildo, Ivan Moura e Alba Mazetto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M.I.F.; MACHADO, A.A.; ZONTA, E.P. Tópicos especiais de estatística experimental utilizando o SANEST (Sistema de análise estatística para microcomputadores). In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 5.; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 38.; Porto Alegre, 1993: **Resumos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993. 110p.
- ANDERSON, J.M. Succession, diversity and trophic relationships of some soil animals in decomposing leaf litter. **Journal of animal ecology**, v.44, p.475-495, 1975.
- BOWDEN, R.D.; NADELHOFFER, K.J.; BOONER, R.D.; MELILLO, J.M.; GARRISON, J.B. Contributions of aboveground litter, bellowground litter, and root respiration to total soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. **Canadian journal of forest research**, v.23, p.1402-1407, 1992.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de cultura e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.14, p.91-98, 1990.
- CASTRO, L. Efecto del uso agrícola y el barbecho sobre los contenidos de biomassa microbiana de Utisoles y Andisoles de Costa Rica. **Agronomía costarricense**, v.19, n.2, p.59-65, 1995.
- DELLA BRUNA, E. **A serapilheira de eucalipto: efeitos de componentes antibacterianos e de nutrientes na decomposição**. Viçosa, 1985. 54p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- DELLA BRUNA, E.; BORGES, A.C.; FERNANDES, B.; BARROS, N.F.; MUCHOVEJ, R.M.C. Atividade da microbiota de solos adicionados de serapilheira de eucalipto e de nutrientes. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.15, p.15-20, 1991.
- De-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. Biomassa microbiana: perspectiva para o uso e manejo do solo. In: ALVAREZ, V.V.H; FONTES, L.E.F; FONTES, M.P.F., ed. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS / UFV / DPS, 1996. 930p.
- EDWARDS, N.T.; HARRIS, W.F. Carbon cycling in a mixed deciduous forest floor. **Ecology**, v.58, p.431-437, 1977.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FLORENZANO, C. Ricerche sui terreni coltivati ad eucalipto: 2- ricerche microbiologiche e biochimiche. **Pubblicazione del Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale**, v.1, p.131-152, 1957.
- FOURNIER, L.A. El sector forestal de Costa Rica: antecedentes y perspectivas. **Agronomía costarricense**, v.9, n.2, p.253-260, 1985.

- GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.21, p.361-365, 1997.
- GERALDES, A.P.A.; CERRI, C.C.; FEIGL, B.J. Biomassa microbiana de solo sob pastagem na Amazônia. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.19, p.55-60, 1995.
- 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, Curitiba, 1995. **Anais**. Piracicaba: CNPF/ IPEF/ UNESP/ SIF/ FUPEF, 1995. 162p.
- GONÇALVES, J.L.M. **Total CO<sub>2</sub> output from surface soil and its relationship with soil N history, substrate temperature and moisture content**. Melbourne, CSIRO, 1993. 16p. (Não publicado)
- KILLHAM, K. **Soil ecology**. London: Cambridge University Press, 1994. 242p.
- MARTINS, F.R.; MATTHES, L.A.F. Respiração edáfica e nutrientes na Amazônia (Região de Manaus): floresta arenícola, campinarana e campina. **Acta amazônica**, v.8, n.2, p.233-244, 1978.
- POGGIANI, F.; LIMA, W.P.; BALLONI, E.A.; NICOLELLO, N. Respiração edáfica em plantações de coníferas e folhosas exóticas em área de cerrado do estado de São Paulo. **IPEF**, v.14, p.129-148, 1977.
- POGGIANI, F.; REZENDE, G.C.; SUITER FILHO, W. Efeitos do fogo na brotação e crescimento de *Eucalyptus grandis* após o corte raso e alterações nas propriedades do solo. **IPEF**, v.24, p.33-41, 1983.
- SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relação entre sistemas de preparo do solo, temperatura e umidade de um podzólico vermelho-escuro de Eudorado do Sul (RS). **Revista brasileira de ciência do solo**, v.19, p.313-319, 1995.
- SANTOS, O.M.S.; GRISI, B.M. Efeito do desmatamento na atividade dos microrganismos do solo de terra firme na Amazônia. **Acta amazônica**, v.11, n.1, p.97-102, 1981.
- SCHLENTER, R.E.; CLEVE, K.V. Relationships between CO<sub>2</sub> evolution from soil, substrate temperature, and substrate moisture in four mature forest types in interior Alaska. **Canadian journal of forest research**, v.15, p.97-106, 1985.
- SERRANO, M.I.P. **Mineralização, absorção e lixiviação de nitrogênio em povoamento de *Eucalyptus grandis* sob cultivo mínimo e intensivo do solo**. Piracicaba, 1997. 86p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- TOLAND, D.E.; ZAK, D.R. Seasonal patterns of soil respiration in intact and clear-cut northern hardwood forests. **Canadian journal of forest research**, v.34, p.1711-1716, 1994.
- VAN RAIJ, B.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.
- WEBER, M.G. Forest soil respiration after cutting and burning in immature aspen ecosystems. **Forest ecology and management**, v.31, p.1-14, 1990.

