**COMPARAÇÃO ENTRE UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO
SOB DIFERENTES PRÁTICAS DE MANEJO E VEGETAÇÃO
NATURAL DE CERRADÃO, ATRAVÉS DA RESPIRAÇÃO,
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA E MESOFAUNA DO SOLO**

ANA CLÁUDIA SILVA DE LIRA
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. **FÁBIO POGGIANI**

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", Universidade de São
Paulo, para a obtenção do título de
Mestre em Ciências, Área de
concentração: Ciências Florestais.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Janeiro - 1999

ERRATA

Onde se lê **madereiros**, p. 2, parágrafo 2, lê-se ***madeireiros***.

Onde se lê **organismos**, p. 7, parágrafo 1, lê-se ***animais***.

Onde se lê **Fitkau e Klinge**, p.9, parágrafo 3, lê-se ***Fitkau & Klinge***.

Onde se lê **no que diz respeito à mobilização de nutrientes através de enzimas do melhoramento da estrutura e através da ativação da microvida**, p. 9 e 10, parágrafo 4, lê-se ***no que diz respeito à mobilização de nutrientes, através de enzimas; e o melhoramento da estrutura, através da ativação da microvida***.

Onde se lê **ente**, p. 14, parágrafo 1, lê-se ***entre***.

Onde se lê **que no TMC**, p. 31, parágrafo 1, lê-se ***que o TMC***.

Onde se lê **Santos e Grisi**, p. 36, parágrafo 2, lê-se ***Santos & Grisi***.

Onde se lê **Ainda na Tabela 7, verifica-se que predominaram os ácaros e que não houve presença de colêmbolos**. p. 47, parágrafo 1, lê-se ***Ainda na Tabela 7, verifica-se que predominaram os ácaros e que não houve presença de colêmbolos no tipo de manejo C***.

Onde se lê **2106,06535**, p. 53, Anexo B, lê-se ***210,606535***.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Lira, Ana Cláudia Silva de

Comparação entre povoamento de eucalipto sob diferentes práticas de manejo e vegetação natural de cerrado, através da respiração, infiltração de água e mesofauna do solo / Ana Cláudia Silva de Lira. - - Piracicaba, 1999

p.

Dissertação (mestrado) -- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.
Bibliografia.

1. Biologia do solo 2. Cerrado 3. Eucalipto 4. Fauna do solo 5. Manejo do solo
6. Propriedade físico-química do solo 7. Vegetação nativa I. Título

CDD 634.9734

O papel das flores, na CRIAÇÃO

*“Que a flor traga beleza.
Que a beleza traga inspiração.
Que a inspiração seja luz.
Que a luz germine a semente.
Que da semente brote o amor.
Que o amor seja perfeito.
Que o amor perfeito se transforme
em flor.
Para que a flor seja beleza*

*... e assim se fez a **Floresta**”*

(George Matsas)

À toda a minha Família, principalmente ao meu pai, que com o corpo cansado e um olhar para o infinito, me mostrou a importância da natureza.

Ofereço

Aos meus pequeninos: Natan, Bruno, Carol, Tatá, July, Godão, Mila e Maristela. Para que eles, seus filhos e seus netos ainda possam usufruir da beleza e riqueza das Florestas.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar presente, mostrando e iluminando o meu caminho;

Ao Prof. Dr. Fábio Poggiani e Prof. Dr. José Leonardo Gonçalves pela orientação durante o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Professor do IAC (Instituto Agronômico de Campinas), Dr. Sidney Vieira pelas instruções sobre a metodologia utilizada para medir a velocidade de infiltração de água no solo;

À Professora Maria Izalina Alves, pela valiosa orientação em parte das análises estatísticas de todas as variáveis;

Ao aluno Aníbal Ramadan pela ajuda na identificação da mesofauna do solo, e ainda pela orientação e sugestões de literatura;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos para o mestrado;

Aos funcionários da companhia SUZANO PAPEL E CELULOSE, que, com boa vontade, sempre ajudaram tanto no serviço de campo como de laboratório; em especial: Góes, Ederaldo, Leonardo, S. Nilson, S. Jademir, S. José Conterno e Marlene.

Aos funcionários e estagiários da ESALQ, em especial: José Amarildo, Ivan Moura, José Martins, Francismara Duarte, Elza Ferraz, Denise Mescolotti e Gertrudes, por sempre estarem prontos a ajudar no que fosse preciso;

Aos colegas de pós-graduação: Carla Câmara, Kátia Geórgia, Kathya Mendes, Simone Vieira, Edson Vidal, Luciana Kolm e Viviana Oki, pela união nos estudos e incentivo em todos os momentos;

Aos Professores da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP): Carlos Costa, Marco Aurélio, Geraldo Coqueiro e Pedro Gazel pelo respeito e confiança desde a graduação;

Aos meus amigos do curso de Agronomia, em especial: Antônio Selso, Antônio Vieira, Ewerton Cunha, Izabel Cristina, Luciana Barros, Marcos André, Margarida Sabino, Vânia Silva e Wagner Nazareno;

Às Amigas Cristina Lacerda (Cris), Rosa Santos (My Love), Zilda de Fátima (Globeleuza), Lucieta Martorano (Lutynha), Betânia Lúcia (BB), Michelle Costa (Micha), Mônica Brainer (Lôra Aguada), Jeane Portela e Sylvia Elaine pela amizade, incentivo e sorrisos;

A todos os companheiros da Vila da pós-graduação da ESALQ/USP, em especial, ao Fábio Prudêncio, Marcelo Alves, Paulo Andrade, Francisco Casimiro, Vanderlei Rofer, Elton Lúcio, Quelmo José, Norberto Cornejo (Beto), Walter Robles, Rafael Costa (Rafaelzinho), Jailson Fagundes (Rato), Antônio Sampaio (Toinho) e Evandro Zanini;

Ao meu primo querido: Edevaldo Azevedo e meus amigos de sempre Cléniva Freitas, Rosely Brito, Daniel Miranda, João Santana, Jhon e Nazaré Menezes;

A todos aqueles que de alguma maneira colaboraram para a realização desta dissertação.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE ANEXOS	x
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Respiração edáfica	3
2.2 Velocidade de infiltração de água no solo	5
2.3 Mesofauna do solo	9
2.4 Ecossistema de cerrado	12
2.5 As plantações florestais de eucalipto	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Área de estudo	17
3.1.1 Condições climáticas	17
3.1.2 Condições edáficas	19
3.1.3 Condições florísticas	19
3.2 Definição dos tratamentos	19

3.3 Delineamento experimental	20
3.4 Liberação de CO ₂	22
3.5 Velocidade de infiltração de água no solo	24
3.6 Mesofauna do solo	25
3.7 Dados meteorológicos, temperatura e umidade do solo e fertilidade	26
3.8 Análise de dados	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Temperatura e umidade do solo	28
4.2 A influência dos tipos de manejo na fertilidade do solo	31
4.3 Respirometria do solo	35
4.3.1 Comparação entre os diferentes tipos de manejo	35
4.3.2 Comparação entre o povoamento de eucalipto e a vegetação natural (cerradão)	38
4.4. Velocidade de infiltração de água no solo	40
4.4.1 Comparação entre os diferentes tipos de manejo	40
4.4.2 Comparação entre o povoamento de eucalipto e a vegetação natural (cerradão)	43
4.5 Mesofauna do solo	44
4.5.1 Comparação entre os diferentes tipos de manejo	45
4.5.2 Comparação entre o povoamento de eucalipto e vegetação natural (cerradão)	47
5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
ANEXOS	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 Índice de chuva e médias das temperaturas máximas e mínimas do ar e do solo nas áreas estudadas	30
Tabela 2 Umidade do solo a 5 cm nos diferentes tipos de manejo estudados no povoamento de eucalipto e na vegetação natural (cerradão)	31
Tabela 3 Características químicas do solo sob povoamento de eucalipto (junho/96)	33
Tabela 4 Características químicas do solo sob povoamento de eucalipto (setembro/97)	34
Tabela 5 Valores médios da velocidade de infiltração de água no solo sob povoamento de eucalipto e vegetação natural (cerradão)	43
Tabela 6 Número de indivíduos pertencentes aos diferentes grupos faunísticos presentes nos ambientes estudados	45
Tabela 7 Valores observados de grupos de animais que representa a mesofauna edáfica de um solo sob povoamento de <i>Eucalyptus grandis</i> submetido a diferentes tipos de manejo	46
Tabela 8 Valores observados de grupos de animais que representam a mesofauna edáfica de um solo sob povoamento de eucalipto (TMA) e vegetação natural (cerradão)	48

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Balanço hídrico, segundo Thornthwaite & Mather (1995), considerando o período de janeiro a dezembro de 1997 e 125 mm de capacidade de armazenamento de água do solo	18
Figura 2 Croqui da área experimental, apresentando a distribuição dos tipos de manejo	21
Figura 3 Desenho esquemático do método utilizado para medir a respirometria no campo	23
Figura 4 Desenho esquemático do permeâmetro de campo	24
Figura 5 Esquema do extrator da mesofauna do solo	26
Figura 6 Médias geral de CO ₂ liberado nos diferentes tipos de manejo do povoamento de eucalipto	35
Figura 7 Médias geral de CO ₂ liberado do solo considerando todos os tratamentos do povoamento de eucalipto ao longo do tempo	37
Figura 8 Médias mensais de emissão de CO ₂ no tipo de manejo A (TMA) e na vegetação natural (VN)	38
Figura 9 Velocidade de infiltração básica medida em duas profundidades, durante o mês de setembro de 1997, em solo sob povoamento de <i>Eucalyptus grandis</i> submetido a diferentes tipos de manejo	41

LISTA DE ANEXOS

	Página
Anexo A Análise da variância e teste F para o CO ₂ liberado do solo sob eucalipto (dados transformados => $x = 1/y$)	53
Anexo B Teste T para as médias originais de CO ₂ entre vegetação natural (cerradão) e o povoamento de eucaliptos	53
Anexo C Análise de variância e teste F para a velocidade de infiltração básica no povoamento de eucalipto (dados transformados => $x = \ln(Y)$)	53
Anexo D Teste χ^2 para a mesofauna edáfica do povoamento de eucaliptos sob diferentes práticas de manejo	54
Anexo E Teste χ^2 para a mesofauna edáfica do povoamento de eucaliptos (TMA) e vegetação natural (cerradão)	55

COMPARAÇÃO ENTRE UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO SOB DIFERENTES PRÁTICAS DE MANEJO E VEGETAÇÃO NATURAL DE CERRADÃO, ATRAVÉS DA RESPIRAÇÃO, INFILTRAÇÃO DE ÁGUA E MESOFAUNA DO SOLO

Autora: ANA CLÁUDIA SILVA DE LIRA

Orientador: Prof. Dr. FÁBIO POGGIANI

RESUMO

A ciclagem de nutrientes é um processo de grande importância para a sustentabilidade de ecossistemas. Este processo depende da decomposição dos resíduos orgânicos, que é altamente influenciada por alguns fatores, como: a atividade biológica e a permeabilidade do solo. Com o objetivo de avaliar o impacto causado sobre um povoamento de eucalipto submetido à diferentes práticas de manejo, comparando com um cerradão (vegetação natural), foram estudados os seguintes indicadores ecológicos: a emissão de CO₂, a velocidade de infiltração de água no solo e ainda procedeu-se à identificação e quantificação da mesofauna edáfica. O estudo foi conduzido na Fazenda Entre Rios – Cia Suzano Papel e Celulose, em Itatinga – SP, onde parte do povoamento foi cortado e parte deixado intacto. O corte foi realizado no mês de julho/1995, a instalação do experimento (práticas de manejo) em agosto/1995 e o replantio das mudas de *Eucalyptus grandis* setembro/1995. As práticas de manejo no povoamento foram as seguintes: 1) manutenção do povoamento de eucalipto intacto (TMA), 2) manutenção dos restos culturais e serapilheira na superfície do solo (TMC), 3) remoção dos restos culturais e serapilheira (TME), 4) incorporação dos restos culturais e serapilheira com gradagem (TMF) e 5) queima dos restos culturais (TMG). A liberação de CO₂ foi

medida mensalmente, no período de junho/97 a fevereiro/98, empregando-se o método de absorção sob campânula em condições de campo. Verificou-se que houve diferença significativa entre os tipos de manejo ($F=3,398$, $p=0,04$) e entre as épocas de avaliação ($F=41,764$, $p<0,001$). No entanto, não houve efeito significativo da interação entre o tipo de manejo e o tempo. O TMC foi o sistema que apresentou a maior média de CO_2 liberado, e o TMA, a menor. Para todos os tipos de manejo, a maior média de liberação de CO_2 ocorreu no período de novembro/97 a fevereiro/98, correspondendo ao final da primavera e durante todo o verão. A média da liberação de CO_2 no cerradão foi maior do que no povoamento de eucalipto durante todos os meses, indicando haver uma maior atividade biológica neste ecossistema. A velocidade de infiltração de água no solo (VIB) foi medida no mês de setembro/97 em duas profundidades (6 e 20 cm), utilizando-se um permeâmetro de campo. Houve efeito significativo apenas entre as profundidades ($F=16,696$, $p<0,001$), sendo maior na profundidade de 20 cm. Observou-se também maiores valores de velocidade de infiltração básica para os tipos de manejo A e E. Comparando o cerradão com o povoamento de eucalipto sob o TMA, observou-se que em ambas as profundidades, o primeiro ecossistema apresentou maiores valores de velocidade de infiltração básica. A coleta do solo para a extração da mesofauna foi realizada no mês de agosto/97, e para a sua análise, utilizou-se o método de Berlese-Tullgren. Foi constatada a existência de 8 grupos faunísticos, tanto no povoamento de eucalipto como no cerradão. No povoamento de eucalipto, os sistemas TMC e TMA apresentaram a maior população de mesofauna. Isto pode ser atribuído à presença de resíduos vegetais na superfície do solo destes tipos de manejo. Na vegetação natural (cerradão), a população de mesofauna foi muito maior do que aquela encontrada no TMA do povoamento de eucalipto, evidenciando que neste ecossistema, há uma maior complexidade ecológica. Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que os parâmetros estudados poderão ser utilizados como indicadores ecológicos para acompanhar a evolução das condições edáficas em povoamentos florestais.

**COMPARISON BETWEEN AN EUCALYPTUS PLANTATION UNDER
DIFFERENT MANAGEMENT PRACTICES AND A NATURAL VEGETATION
(CERRADÃO) THROUGHOUT RESPIRATION, WATER INFILTRATION AND
SOIL MESOFAUNA**

**AUTHOR: ANA CLÁUDIA SILVA DE LIRA
ADVISER: Prof. Dr. FÁBIO POGGIANI**

SUMMARY

Nutrient cycling is an important process for ecosystem maintenance. This process depends on organical residues decomposition and it is highly influenced by some factors like biological activity and soil permeability. The impact caused by different management procedures on an eucalyptus plantation when compared to natural vegetation (cerradão) was studied according the following ecological parameters: CO₂ emission, soil water infiltration speed and edaphical mesofauna. All the procedures were carried out at Fazenda Entre Rios- Cia. Suzano de Papel e Celulose, in Itatinga, SP, Brazil, where part of the eucalyptus plantation was fell off and part remained untouched. The felling of the plantation took place in July, 1995, and the experiment (managements) was installed in August, 1995. *Eucalyptus grandis* seedlings were replanted in September, 1995. Managements practices for the plantation were as follow: 1) the preservation of an untouched plantation (TMA); 2) the keeping of cultural remains and litter on soil surface (TMC); 3) the removing of cultural remains and litter (TME); 4) the incorporation of cultural remains and litter by griding (TMF); 5) the burning of cultural remains (TMG). CO₂ liberation was monthly measured from June, 97, to February, 98, by the method of absorption under campanula in field conditions. It was shown a

significant difference between management types ($F=3.398$, $p=0.04$) and between evaluation periods ($F=41.764$, $p<0.001$). On the other hand, no significant effect on the interaction between management type and time was detected. TMG system showed the highest average of CO_2 liberation and TMA the smallest one. Increased rates of CO_2 liberation were detected from November, 97, to February, 98, corresponding to the end of springtime to the beginning of summer. The average of CO_2 liberation was higher during the whole period and it indicates an increased biological activity for this ecosystem. Water infiltration in the soil (VIB) had its speed measured along September, 97, in two different depth levels (6 and 20 cm), using a field permeameter. A significant effect was shown between them ($F=16,696$; $p<0.001$), and it was higher at 20 cm. Increased values for basic infiltration speed were observed for A and E management types as well. For both depth levels the natural vegetation ecosystem showed higher values for basic infiltration speed. Soil was collected in August, 97, for mesofauna extraction and analyses were performed according to Berlese-Tullgren. Eight fauna groups were identified either for natural vegetation (cerradão) or eucalyptus plantation and for this one TMC and TMA systems were found to have a higher mesofauna plantation and it might be due to vegetal remainings on soil surface. The natural vegetation (cerradão) mesofauna plantation was much higher than the one found at TMA eucalyptus plantation, pointing out a larger ecological complexity for this ecosystem. According to these results one might conclude that these parameters can be used as ecological indicatives to follow the evolution of edaphical conditions in forest plantations.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, há um grande interesse em se conhecer o funcionamento dos ecossistemas florestais, sobretudo no que se refere à sua produtividade. Sob o ponto de vista ecológico, não só a produtividade é importante, mas também o equilíbrio a longo prazo, que depende, em grande parte, da ciclagem de nutrientes. Esta depende da adição e decomposição dos restos vegetais e animais, sob a atuação de organismos presentes no solo. Este processo acontece tanto em ecossistemas naturais como nos artificiais; sendo contudo menos intenso nestes últimos. O principal fator que contribui para isso é a maior complexidade de formas de vida da cadeia alimentar de ecossistemas naturais.

Segundo Cardoso (1992), o solo é um habitat microbiano por excelência, local de vida de inúmeras populações de vários tipos de microrganismos. O mesmo autor ressalta ainda, que este habitat se constitui de inúmeros microsítios, caracterizados não apenas pelas condições edafoclimáticas, mas ainda por fatores peculiares, como a presença de matéria orgânica, raízes de vegetais, microporos saturados por água, maior ou menor facilidade de trocas gasosas, dentre outros. Para Primavesi (1990), os seres vivos do solo fazem parte dele, modificando-o e influenciando-se. Sendo assim, o solo funciona como um corpo vivo, possuindo um metabolismo, uma temperatura e uma respiração

Larvas de insetos, besouros, minhocas e formigas constroem pequenos canais que permitem a circulação de ar e água, bem como a penetração das raízes das plantas no solo. Além disso, esses organismos

trituras os restos vegetais, auxiliando em sua decomposição, que resultará na liberação de nutrientes vegetais e na formação do húmus que melhora a estrutura do solo. Os organismos produzem substâncias de crescimento que atuam na defesa contra pragas e doenças; possuem a função de “colar” os agregados do solo, formados pelos minerais; produzem ácidos que “dissolvem” os nutrientes que fazem parte dos minerais presentes no solo, como é o caso do fósforo e potássio, tornando-os assimiláveis pelas plantas.

Além dos organismos do solo, outros fatores influenciam seus processos físicos, químicos e biológicos; dentre estes podem ser citados: a temperatura, a umidade, a aeração e reação do solo, a fisionomia da vegetação e as práticas de manejo, dentre outros.

A retirada de uma vegetação natural para implantação de monocultivos, possivelmente acarretará modificações na composição química, física e biológica do solo, principalmente, quando se tratar de plantações situadas em solos de baixa fertilidade, destinada à extração de produtos madeiros. Contudo, tais modificações podem ser amenizadas, com a utilização de práticas adequadas de manejo do solo. 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.

Espera-se que em solo sob povoamento de eucalipto, bem como em solo sob vegetação natural (cerradão), existam características peculiares. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o impacto causado sobre um povoamento de eucalipto submetido à diferentes práticas de manejo, comparando com um cerradão (vegetação natural), através dos seguintes indicadores ecológicos:

- 1) *taxa de dióxido de carbono liberado pelo solo;*
- 2) *velocidade de infiltração de água no solo (VIB); e*
- 3) *população da mesofauna edáfica.*

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Respiração edáfica

A respiração do solo é o desprendimento do CO₂ através da superfície deste, e segundo Schlenter & Cleve (1985), este processo surge de, pelo menos, três fontes metabólicas: a respiração microbiana, respiração das raízes e respiração dos organismos. Além disso, podem ser incluídas ainda, algumas fontes não metabólicas como a oxidação química dos minerais do solo.

Poggiani et al. (1977), trabalhando com a respiração edáfica em plantações de coníferas (*Pinus*) e folhosas exóticas (*Liquidambar*) em área de cerrado, verificaram que as condições climáticas possuem uma acentuada influência sobre a evolução de CO₂ do solo. Por outro lado, observaram pequena diferença entre as médias gerais de liberação de CO₂ nos tratamentos, sendo a maior verificada no talhão de *Liquidambar*, em seguida o talhão de consorciação de *Liquidambar* e *Pinus* e a menor no talhão de *Pinus*.

Martins & Matthes (1978), ao medirem a respiração edáfica em Floresta Arenícola, Campinarana e Campina em Manaus (AM), obtiveram médias (mg CO₂ m⁻² h⁻¹) de 60,18; 52,85 e 44,99 respectivamente, sendo estes valores esperados, pois as biomassas dos três tipos fisionômicos de vegetação se apresentavam, aparentemente, diferentes.

Santos & Grisi (1981) ao analisarem o efeito do desmatamento na atividade dos microrganismos de um solo de terra firme na Amazônia, ressaltaram que a queima parece exercer, pelo menos, nos primeiros anos de desenvolvimento da vegetação secundária, uma ação benéfica sobre a

atividade dos microrganismos, aumentando a liberação de CO_2 , devendo este fato, provavelmente, às mudanças nas propriedades edáficas, ocorridas após a ação do fogo sobre a fitomassa.

Poggiani et al. (1983) ao estudarem os efeitos do fogo na brotação e crescimento de *Eucalyptus grandis* logo após o corte raso e as alterações nas propriedades do solo, verificaram que no inverno a respiração edáfica diária apresentou valores baixos em função das menores temperaturas, enquanto que no verão, devido ao aumento da temperatura e a um melhor suprimento de água no solo, houve uma atividade microbiana mais intensa e, conseqüentemente, um aumento na liberação do CO_2 . No entanto, foi verificado que os valores diários não se apresentavam constantes em conseqüência das variações de temperatura. Os mesmos autores evidenciaram uma diminuição da liberação do CO_2 nas áreas queimadas, no período do verão, devido, possivelmente, a uma diminuição da flora bacteriana, resultante da própria destruição da matéria orgânica da parte superficial do solo.

Weber (1990) ao determinar a respiração do solo depois do corte e queima em ecossistemas imaturos, usando a "soda lime", observou que os níveis de liberação de dióxido de carbono variaram sazonalmente de uma alta de verão e uma baixa na primavera e outono. Foi observado também, que em áreas cortadas e queimadas houve um declínio temporário em taxas de respiração do solo.

Toland & Zak (1994), ao investigarem a influência da respiração do solo em padrões sazonais sobre a produtividade florestal em dois diferentes ecossistemas, verificaram que a respiração de raiz diminuía enquanto que a respiração microbiana aumentava, em respostas às temperaturas mais quentes do solo e à maior disponibilidade de carbono neste. A taxa máxima de emissão de CO_2 foi verificada, durante o meio e o final do verão.

Pesquisas comprovam que a liberação de CO_2 é limitada pelo "status" nutricional do solo, sendo o nitrogênio, o nutriente que mais limita o processo. Sampaio & Salcedo (1982), verificaram que a liberação de CO_2 foi

menor em tratamentos com mais nitrogênio, mas ela pode ou não ter sido compensada por maior formação de biomassa microbiana. Munevar & Wollum (1977) também encontraram decréscimo na liberação de CO_2 com a adição de nitrogênio e inferiram que este fato se deu a uma maior incorporação de carbono na biomassa microbiana.

Fatores que limitam a decomposição de serapilheira de eucalipto foram estudados por Della Bruna et al. (1991). Os autores observaram que a atividade da microbiota foi maior sob mata nativa do que sob eucalipto, e que a adição de P e N incrementou a quantidade de CO_2 desprendido.

Graça (1997), estimando o estoque de carbono contido na biomassa florestal da Amazônia e seu potencial em liberar carbono para a atmosfera através da queima, observou que a matéria orgânica do solo foi pouco afetada e o teor de carbono teve um aumento não significativo, imediatamente após o corte e a queima, sendo que depois de um ano, a tendência foi de decréscimo.

2.2 Velocidade da infiltração da água no solo

Denomina-se infiltração ao processo pelo qual a água entra no solo, que perdura enquanto houver fornecimento da mesma. Este processo é de grande importância prática, pois sua velocidade muitas vezes determina o deflúvio superficial ou enxurrada, responsável pela erosão durante precipitações pluviais. A infiltração determina o balanço de água na zona das raízes e, por essa razão, o conhecimento deste processo e suas relações com as propriedades do solo é de fundamental importância para um manejo eficiente do solo e da água (Reichardt, 1996), bem como para a produção vegetal, pois esse fator, muitas vezes, determina se haverá ou não suficiente umidade para as plantas (Bertoni, 1959).

Para Musgrave & Holtan (1964), a infiltração pode ser considerada como uma seqüência de três fases: a) a entrada de água pela superfície, b) sua transmissão no perfil e c) a perda da capacidade de armazenamento do solo. Estas fases, interagindo com as características do solo e da água formam os fatores que podem afetar o processo de infiltração.

Baver et al. (1973) citam que a quantidade de água que percola através de um perfil de solo é determinada pelo horizonte menos permeável. Quando este horizonte se encontra no subsolo, a permeabilidade de todo perfil dependerá da velocidade do movimento da água nessa região. Assim, o máximo de capacidade de infiltração depende da permeabilidade dos horizontes acima do subsolo. Uma vez saturados, a velocidade de percolação do subsolo regulará a absorção posterior de água e então alcança a capacidade de infiltração mínima. Se o horizonte menos permeável do solo está na superfície, a velocidade do movimento da água através do perfil será limitada pela velocidade de infiltração na superfície.

De acordo com Skaggs & Khaeel (1988), quando a precipitação pluvial tem menor intensidade que a capacidade de infiltração do solo, toda a água penetra no solo, sendo a infiltração muito mais limitada pela precipitação que pelas características do solo propriamente ditas. Já, quando a precipitação é maior que a capacidade de infiltração do solo, esta é limitada pelas características do perfil e haverá água disponível para a armazenagem sobre o solo ou para o escoamento superficial.

A matéria orgânica melhora a drenagem do solo, isto é, a capacidade que este possui, de permitir que a água se mova com certa velocidade entre os agregados e as partículas, de maneira a não ocasionar prolongados encharcamentos quando forem previamente saturados (Kiehl, 1985). Bertoni & Pestana (1964) e Foglino (1965), afirmam que a matéria orgânica é responsável pela formação de terra grumosa, e esta por sua vez, permite a pronta infiltração da água e penetração das raízes dos vegetais.

O uso e o manejo inadequado do solo pode reduzir a infiltração da água neste, através de: a) compactação provocada por excessivo trânsito de veículos e máquinas, ou excesso de pisoteio de organismos; b) degradação da estrutura do solo por métodos impróprios de cultivo e preparo; c) retirada indiscriminada da cobertura vegetal para usos agrícolas, urbanização e mineração sem observância de legislação florestal, dentre outros (BRASIL, 1983).

As propriedades do solo têm uma influência marcante sobre a velocidade de infiltração. Durante os estágios iniciais, a estrutura do solo ou a distribuição dos tamanhos dos poros, tem uma importância considerável. Nas condições de saturação e, principalmente, para profundidades crescentes, o gradiente hidráulico aproxima-se da unidade e a condutividade hidráulica passa a controlar o fluxo. Sendo que a água se move no solo através do espaço poroso, uma variação na textura ou na estrutura provoca uma variação na característica do movimento da água (Aguiar, 1997).

Os sistemas de preparo do solo afetam os processos de infiltração, pelas modificações introduzidas na rugosidade superficial, na porosidade e na cobertura do solo. Afetam também a retenção, armazenamento e evaporação da água (Hillel, 1980).

Hillel (1970) ressalta que no início do processo de infiltração, quando o solo ainda está seco, esta ocorre sob a ação da gravidade e do gradiente de potencial de água no solo; daí a velocidade de infiltração vai diminuindo com o aumento do teor de umidade, sendo que, depois de certo tempo, a mesma depende quase que, exclusivamente, da ação da gravidade. A partir deste momento, o fluxo de entrada de água, tende a igualar-se à condutividade hidráulica do solo saturado, resultando na chamada velocidade de infiltração básica -VIB.

De um modo geral, existem diversos métodos usados para determinar a velocidade de infiltração de água dos solos, que podem ser classificados conforme Parr & Bertrand (1960), em três grupos: 1) aqueles em

que a velocidade de infiltração é determinada pela diferença entre a água aplicada e o escoamento superficial; 2) aqueles em que a água é colocada em uma área limitada, mantendo-se uma carga hidráulica constante; 3) aqueles em que a velocidade de infiltração é obtida a partir dos dados da chuva. Contudo, em todos os grupos mencionados, os valores obtidos estão sujeitos a variações ocasionadas por fatores diversos.

O método em que se utiliza o permeâmetro de campo está no segundo grupo e funciona pelo princípio de Mariotte, fornecendo água sob carga constante a um orifício feito no solo. Através deste método, pode-se medir a infiltração saturada a qualquer profundidade, detectando mudanças na estrutura do solo, resultante de uso e manejo (Reynolds & Vieira, 1992).

Poggiani et al. (1983), avaliando os efeitos do fogo na brotação e crescimento de *Eucalyptus grandis* logo após o corte raso e as alterações nas propriedades do solo, verificaram que o solo do local de ensaio apresentou, em geral, uma taxa de infiltração elevada, porém houve evidências de que a passagem do fogo provocou uma redução na ordem de quase 50%.

Arzeno (1990) ao fazer uma comparação da infiltração da água em um latossolo roxo distrófico submetido a diferentes tipos de manejo, usando um permeâmetro de campo, para medições a 15 e 50 cm de profundidade, detectou que a camada superior a 15 cm é a mais limitante. Em relação aos tipos de manejo, o autor verificou que a infiltração, no tratamento em que houve plantio direto, foi maior que aquela verificada no solo sob preparo convencional.

Terren (1993) analisando o efeito do fogo controlado na velocidade de infiltração de água em solos florestais (*Pinus muricata*), através de infiltrômetros cilíndricos (1m de diâmetro), observou que seus valores, não diferiram significativamente entre as áreas não queimadas e queimadas controladamente com uma pequena intensidade de fogo.

Bertol & Santos (1995) ao estudarem um cambissolo húmico distrófico em Lages (SC), compararam o uso do solo explorado com lavoura em preparo convencional durante quinze anos, com mata nativa, com campo nativo

sob pisoteio de animais e florestamento de *Pinnus elliottii* durante quinze anos, observaram que o uso com lavouras anuais em preparo convencional durante quinze anos reduziu a taxa de infiltração em 89% em relação a mata nativa.

Baptista et al. (1996) ao analisarem as propriedades hídrico-físico-químicas de dois tipos de solo (Cambissolo Húmico Álico e Terra Bruna Estruturada), verificaram que a taxa constante de infiltração foi maior no primeiro, provavelmente em função de seu maior teor de matéria orgânica.

Usando um simulador de chuvas, Hester et al. (1997) avaliaram as características hidrológicas de alguns tipos de vegetação (carvalho, junípero, arbusto e pasto), quando queimados e não queimados. Os autores verificaram que a taxa de infiltração em áreas não queimadas foi maior para os solos sob todos os tipos de vegetação; sendo, significativamente, maior em locais dominados por carvalho e junípero.

2.3 Mesofauna

Anderson (1975), afirma que o solo apresenta algumas das comunidades mais ricas em espécies da natureza. Solos sob florestas temperadas podem conter até milhares de espécies de animais edáficos, incluindo centenas de espécies de ácaros e colêmbolos. Os pequenos animais do solo desempenham função importante nos ecossistemas florestais, nos processos de degradação de matéria orgânica, dos elementos da liteira, aumentando a área exposta à ação de bactérias e fungos (Witkamp & Olson, 1963). Segundo Fitkau e Klinge (1973), a grande diversidade da fauna e da flora existente na floresta amazônica é o fator essencial para a eficiência da retenção de nutrientes.

A maioria dos componentes da mesofauna e muitos da macrofauna melhoram o solo, especialmente, no que diz respeito à mobilização

de nutrientes através de enzimas do melhoramento da estrutura e através da ativação da microvida. Em parte, melhoram os atributos físicos através do revolvimento. As galerias construídas pelos pequenos animais do solo, como insetos, minhocas e outros, proporcionam a penetração das raízes, a infiltração da água e a circulação do ar. A atividade da mesofauna deve ser considerada conjuntamente à dos microrganismos do solo, já que, a primeira cria condições favoráveis para a microvida e a controla (Primavesi, 1990).

Poggiani et al. (1996), afirmam que em relação à população de animais no solo, em solos florestais, a meso e macrofauna, devido a sua importância, são os mais freqüentemente estudados.

Muitas espécies de ácaros de vida livre são predadoras, podendo ser encontradas na camada da matéria orgânica que recobre o solo, alimentando-se de pequenos artrópodes, nematóides e outros ácaros. Algumas destas espécies apresentam hábito micófago, e podem se alimentar de fungos que se desenvolvem na matéria orgânica (Flechtmann, 1975).

A lavração, a queimada, a exposição do solo ao sol e o uso de adubos amoniacais fazem com que a maioria da mesofauna desapareça (Primavesi, 1990).

Teixeira & Schubart (1988), estudando a mesofauna do solo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia Central, observaram que a queima da biomassa vegetal da floresta, provoca a morte de grande quantidade de animais, reduzindo a diversidade faunística do solo. Observaram também que os grupos de ácaros e colêmbolos predominam em números de indivíduos por m², tanto no ecossistema de floresta quanto no ecossistema de pastagem, apesar de não terem encontrado diferenças na densidade média da fauna para os dois tipos de ecossistemas. Outra observação dos mesmos autores foi que em pastagens de *Brachiaria humidicola* houve recolonização da área por grande parte dos grupos de animais do solo, devido, principalmente, aos

refúgios formados por grandes troncos e fornecimento de nutrientes e energia pela liteira da gramínea e excrementos dos animais.

Luff & Hutson (1977) citaram que três estágios estão envolvidos no desenvolvimento da fauna do solo em uma paisagem virgem: 1) imigração; 2) estabelecimento da população; 3) manutenção da população. O primeiro requer espécies com habilidade dispersiva. Para o segundo, alimento, habitat favorável e cobertura vegetal devem ser avaliados. Já para o terceiro estágio, manutenção da população; a população estabelecida deve ser capaz de sobreviver às variações sazonais e de curto prazo no ambiente.

Sautter & Santos (1994) avaliando a estrutura de população de mesofauna concluíram que os colêmbolos só foram encontrados em áreas com cobertura vegetal, demonstrando assim sua necessidade de disposição de alimento e habitat favorável para o estabelecimento em um local de paisagem recém recomposta.

Sautter & Trevisan (1994) estudando a população de oribatei e colêmbolos em sítios sob povoamento de *Pinus taeda* L, concluíram que estes organismos demonstraram ser mais numerosos em sítio, no qual a camada de material orgânico é maior; sendo assim, influenciados pela quantidade e qualidade do material orgânico depositado.

Sautter et al. (1994) realizando uma pesquisa para avaliar a população de oribatei, colêmbolos e oligoqueta observaram que os colêmbolos demonstraram ser mais sensíveis aos regimes de reabilitação, necessitando para estabelecimento em um local de paisagem recém decomposta, de disponibilidade de alimento e habitat favorável. Verificaram também que os fatores de umidade do solo e maior quantidade de matéria orgânica favorecem o aumento da população de ácaros e colêmbolos.

Parece existir uma relação específica entre os animais de um certo solo e suas condições pedológicas, pois, à medida que as condições físicas e químicas de um solo tornam-se desfavoráveis, diminui a relação entre

ácaros e colêmbolos, e quanto mais adensado e inóspito o solo, tanto menor se torna a população acariana (Primavesi, 1990).

Lima et al. (1992) detectaram que a micro e mesofauna diminuem com o aumento da intensidade de preparo do solo, devido a diminuição das quantidades de matéria orgânica do solo.

Como a mesofauna diversificada depende da presença de matéria orgânica no solo e de seu adequado arejamento, a decadência física contribui para o desaparecimento da maioria dos animais do solo, restando somente algumas espécies que suportam condições adversas e que têm a sua proliferação garantida devido à falta de inimigos naturais. Em solos com mesofauna abundante, o húmus produzido sempre é de boa qualidade, melhorando a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo. Não se observa a formação de húmus ácido em solos com atividade animal diversificada. Os animais transformam a matéria orgânica, pré digerindo-a, de modo que possa ser atacada diretamente por microrganismos decompositores. Onde existe uma meso e macro fauna ativa, há menos fungos no solo, havendo portanto menor perigo de doenças fúngicas (Brady, 1989 e Primavesi, 1990)

2.4 Ecossistema de Cerrado

A área sob vegetação de cerrado ocupa 200 milhões de hectares, ou cerca de 23% do Brasil, estendendo-se principalmente pelas regiões Centro Oeste, Nordeste e Sudeste. Em termos comparativos, pode-se mencionar que o ecossistema de cerrado ocupa uma área superior a dois terços da área coberta pela Floresta Amazônica, sendo portanto o segundo ecossistema brasileiro em termos de dimensão (Goedert, 1989).

Dentro da classificação geral da vegetação dos cerrados, distinguem-se, geralmente quatro tipos de vegetação, tomando-se por base

aspectos ecológicos e fisionômicos e seguindo uma ordem crescente de produção de biomassa arbustiva ou arbórea: campo limpo, campo cerrado, cerrado e cerradão (Lopes, 1983). No entanto, segundo EMBRAPA (1975), os três primeiros grupos se enquadram no grande grupo das formações campestres e o quarto, nas formações florestais.

Para Coutinho (1990), diversas são as formações que compõem o complexo dos cerrados brasileiros, tais como campos limpos, campos sujos, campos cerrados, cerrados e cerradões. O primeiro apresenta apenas um estrato herbáceo/subarbustivo. Nos outros três, o estrato lenhoso vai gradativamente adquirindo maior importância na paisagem; sendo que o cerradão apresenta-se como uma floresta com as copas das árvores se tocando e gerando sombra, enquanto que o estrato herbáceo/subarbustivo é muito pobre e rarefeito. Estas formações estão sujeitas, em diferentes graus, a um fator ambiental comum: o fogo.

O cerrado é considerado por Hueck (1972), como sendo uma vegetação primária remanescente de um revestimento florístico antigo, que era mais difundido e teve seu centro de difusão no Brasil Central. Para o autor, após mudanças nas condições climáticas ocorreu uma invasão da vegetação circundante, e hoje, aparecem os cerrados em certos locais como “ilhas” de uma vegetação antiga, remanescentes em meio dos seus arredores.

Para Ferri (1973), em certos locais, os cerrados foram originados de causas naturais e, em outros, decorrente da ação antropogênica. Para o autor, a partir da devastação da vegetação primária desses locais, houve a ocupação de uma vegetação com outras exigências, como a do cerrado, por exemplo; sendo que não foi permitido o retorno. Desse modo, uma floresta pode recuperar uma área invadida por cerrado, desde que cesse a devastação pelo homem.

Vários autores, como Alvim (1954), afirmam que a causa principal do surgimento do cerrado é a deficiência de minerais, ou seja, a composição

química do solo, que é função, principalmente, de uma origem geológica. O fogo seria apenas uma causa secundária.

Em relação aos aspectos climáticos, em 65% da superfície da região são registradas precipitações anuais entre 1200 mm e 1600 mm, em 86% dessa superfície chove entre 1000 mm e 2000 mm anuais (Adamoli et al., 1986). Porém, não há uma boa distribuição das chuvas durante o ano. A estação seca que caracteriza a região também apresenta uma distribuição heterogênea quanto a sua intensidade e duração (Goedert, 1989). Segundo Adamoli et al. (1986), 88% da superfície desses ecossistemas apresenta um período de 4 a 7 meses de déficit hídrico. Goedert (1989) relatam que a temperatura média anual situa-se entre 22°C ao Sul e 27°C ao Norte. Devido às características tropicais do cerrado, existem condições de isotermia, pois as diferenças entre temperaturas máximas e mínimas oscilam entre 4°C e 5°C.

Os latossolos são os solos predominantes sob vegetação de cerrado e caracterizam-se pela baixa fertilidade natural (Demattê & Demattê, 1993). Quanto à textura, segundo Coutinho (1990), os solos são mais freqüentemente areno-argilosos ou argilo-arenosos, com razoáveis graus de permeabilidade, porosidade e arejamento. Calle & Vellasco (1977), afirmam que o cerrado apresenta um equilíbrio entre a vegetação, solo, microrganismos e clima; por isso, qualquer modificação do ecossistema irá alterar o processo de humificação em função das peculiaridades da decomposição dos resíduos orgânicos. Para Goedert et al. (1989), devido a baixa fertilidade natural do solo desse ecossistema, o mesmo exige um manejo adequado.

Ao caracterizarem química e bioquimicamente solos sob vegetação de mata e campo cerrado adjacente, Fernandes et al. (1997), concluíram que qualquer interferência que altere a matéria orgânica do solo e sua dinâmica, exercerá enorme influência sobre as propriedades químicas e bioquímicas com reflexos na fertilidade do solo e na sustentabilidade dos ecossistemas.

2.5 As plantações florestais de eucalipto

O gênero *Eucalyptus*, pertence à família Myrtaceae que contém cerca de 90 gêneros e mais de 3000 espécies. O *Eucalyptus*, é um gênero, originário da Austrália, onde ocorrem cerca de 600 espécies e variedades que são endêmicas no país; aparecendo também em Timor e em algumas ilhas adjacentes como Flores, Alor, Solor e Wetar (Prior, 1976).

Para Sansigolo et al. (1983), devido a sua alta produtividade em um período relativamente curto, quando comparado com espécies florestais nativas, o gênero *Eucalyptus*, tornou-se economicamente importante para o Brasil. Em relação a isso, Moura et al. (1992) afirmam que *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, por seu crescimento, forma e alguns aspectos tecnológicos, é uma das espécies preferidas para reflorestamento e, sem dúvida nenhuma, a mais difundida no Brasil.

Balloni (1979) levanta algumas preocupações no que diz respeito a exportação de nutrientes, devido a utilização de resíduos de espécies florestais (folhas, ramos e cascas), pois, sendo os reflorestamentos implantados em solos de baixa fertilidade, a maior proporção dos elementos contidos nestes resíduos não mais retornam ao solo. Devido a estas práticas, Sansigolo et al. (1983), afirmam que ocorrem alterações bruscas no ciclo de nutrientes de uma floresta que podem refletir negativamente na fertilidade do solo.

Haag et al. (1978) e Sansigolo et al. (1983) afirmam que uma floresta adulta deposita anualmente no solo grande quantidade de matéria orgânica e suas raízes são capazes de extrair elementos minerais das camadas mais profundas, favorecendo a ciclagem de nutrientes. Pacífico Homem (1961), ressalta que é da ordem de $15.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, a quantidade de matéria orgânica deixada em solo sob eucalipto. Rocha Filho et al. (1978), concluíram que o *E. citriodora* exerce influencia positiva sobre o teor de carbono no solo. Por outro lado, alguns pesquisadores consideram o eucalipto uma cultura que diminui a fertilidade do solo, inibe a fauna e a flora e, até mesmo, como

causadora do desequilíbrio de mananciais (Fonseca, et al. 1993). Esses mesmos autores, tendo como referência as condições prevalentes sob florestas naturais, concluíram que tanto o eucalipto como a pastagem, provocam grandes alterações nas características químicas e físicas do solo. Della Bruna et al. (1989), chamam a atenção para a possibilidade de prejuízos causados ao solo e à sua microbiota. Estes prejuízos são visualizados pela inibição do crescimento de espécies nativas e acúmulo de material orgânico não decomposto sobre o solo, o que, segundo Florenzano (1957), são devidos à baixa atividade microbiana causada pela presença de substâncias inibidoras de crescimento e da atividade da microbiota do material em decomposição.

O acúmulo do material orgânico sobre o solo é função da quantidade de queda da liteira e da taxa de decomposição. Em monoculturas, como de *Pinus* e *Eucalyptus*, tem-se observado grande acúmulo de resíduos, em comparação com as florestas nativas, o que se deve, principalmente à dificuldade na decomposição do material. Com os reflorestamentos homogêneos, tanto de espécies nativas quanto de exóticas, observa-se uma alteração na forma e na qualidade da matéria orgânica acumulada em relação à mata nativa. Esta nova forma de acúmulo, de certo modo seletivo, possui uma dinâmica diferente para cada espécie florestal. Este aspecto em particular, pode a longo prazo, afetar de modo distinto as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Reissmann, 1983).

Ao analisarem a atividade da microbiota de solos adicionados de serapilheira de eucalipto e de nutrientes, Della Bruna et al. (1991), verificaram que em amostras do solo sob mata nativa, a atividade da microbiota foi maior quando comparado ao solo sob eucalipto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em áreas da Fazenda Entre Rios, pertencente a Companhia Suzano Papel e Celulose, município de Itatinga, Estado de São Paulo. As coordenadas geográficas do local são: altitude de 649m, latitude de 23°17' ao Sul e longitude de 48°26' a Oeste.

3.1.1 Condições climáticas

De acordo com a classificação de KÖEPPEN, o clima da região é Cwa, ou seja, mesotérmico de inverno seco, sendo a temperatura média do mês mais frio (julho) 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, com 57% concentrada nos meses de dezembro a março. Não se observa déficit hídrico. Na Figura 1 é apresentado o balanço hídrico da área em que o presente estudo foi desenvolvido, no período de janeiro a dezembro de 1997.

Figura 1 - Balanço hídrico, segundo Thornthwait & Mather (1955), considerando o período de janeiro a dezembro de 1997 e 125 mm de capacidade de armazenamento de água do solo.

3.1.2 Condições edáficas

O solo da área experimental é classificado como latossolo vermelho-amarelo, textura média, distrófico, com relevo plano a suave ondulado. Apresenta fertilidade muito baixa, pH de aproximadamente 3,5 e predominância da fração areia (78% de areia, 15% de argila e 7% de silte)

3.1.3 Condições florísticas

A vegetação natural da área era o cerrado, porém atualmente existem também extensos blocos de florestas plantadas (eucalipto).

3.2 - Definição dos Tratamentos

O experimento foi desenvolvido no talhão 80, que consiste em um povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden sob diferentes tipos de práticas de manejo do solo e em área próxima onde ainda é mantida a vegetação natural (cerradão).

As práticas de manejo estudadas no talhão 80, foram:

- a) Tipo de Manejo A (TMA) - Manutenção do povoamento intacto de *Eucalyptus grandis*, com aproximadamente 9 anos de idade;
- b) Tipo de Manejo C (TMC) - Corte raso do povoamento, mantendo todos os resíduos culturais na superfície do solo (Cultivo Mínimo);
- c) Tipo de Manejo E (TME) - Corte raso do povoamento, removendo todos os resíduos culturais da superfície do solo;
- d) Tipo de Manejo F (TMF) - Corte raso do povoamento, incorporando todos os resíduos culturais no solo através de dois repasses de uma grade;

e) Tipo de Manejo G (TMG) - Corte raso do povoamento, distribuindo todos os resíduos culturais, com posterior queima.

Em julho de 1995 foi realizado o corte raso do povoamento de eucalipto para a implantação do experimento, deixando uma área intacta. Os tratamentos (tipos de manejo), foram instalados em agosto de 1995. Um mês após a instalação dos mesmos, foi realizado o plantio de novas mudas de *Eucalyptus grandis* formadas a partir de sementes. O plantio foi feito em sulco de 30 cm de profundidade, no espaçamento de 3,0 m x 2,0 m.

3.3 Delineamento experimental

No estudo do desprendimento de CO₂, adotou-se o delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, sendo que os tratamentos principais foram as práticas de manejo (TMA, TMC, TME, TMF e TMG), e os tratamentos secundários as épocas de medição (junho de 1997 a fevereiro de 1998). No cerradão, adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado.

A avaliação da velocidade de infiltração de água no solo foi realizada, adotando-se o delineamento em blocos ao acaso no esquema fatorial de 5x2, com 4 blocos (repetições). O primeiro fator foi o tipo de manejo com 5 níveis (TMA, TMC, TME, TMF e TMG) e o segundo fator, foram as profundidades (6 e 20 cm) em que foram realizadas as medições. No cerradão adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado.

A quantificação da mesofauna do solo no povoamento de eucalipto, foi realizada somente no bloco II (TMA, TMC, TME e TMG). Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com 3 repetições tanto nesta área quanto na de cerradão.

Na Figura 2, é apresentado o croqui da área experimental do povoamento de eucalipto.

Figura 2 - Croqui da área experimental, apresentando a distribuição dos tipos de manejo, em que: A → Manutenção do povoamento de eucalipto (com aproximadamente 9 anos); B* → Manutenção dos restos culturais na superfície do solo, após o corte raso e condução da rebrota; C → Manutenção dos restos culturais na superfície do solo e reforma (replanteio), após o corte raso; D* → Remoção dos restos culturais e manutenção da serapilheira (replanteio), após o corte raso; E → Remoção dos restos culturais e serapilheira (replanteio), após o corte raso; F → Incorporação dos restos culturais e serapilheira com gradagem (replanteio), após o corte raso; G → Queima dos restos culturais (replanteio), após o corte raso.

* Tipos de manejo que não foram avaliados nesta pesquisa

No povoamento de eucalipto, houve uma restrição à aleatorização dos tratamentos (tipos de manejo) onde houve a queima e onde permanece a área intacta.

3.4 Liberação de CO₂

As taxas de liberação de CO₂ foram medidas mensalmente (junho de 1997 a fevereiro de 1998), durante 12 horas no período noturno (das 18 às 6 horas do dia seguinte). Isso foi feito porque à noite a temperatura oscila menos, podendo ser melhor observado 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 contendo 20 mL de NaOH a 0,5 mol L⁻¹. Estes conjuntos foram então encobertos por campânulas (baldes plásticos com 25 cm de diâmetro). Foram distribuídos 12 conjuntos em cada tipo de manejo no povoamento de eucalipto e 6 no cerradão, sendo que as bordas dos baldes, foram deixadas rentes ao solo, colocando dois tijolos em cima de cada um. Isso foi feito para evitar trocas gasosas diretamente com a atmosfera. Cada recipiente de vidro contendo a solução de NaOH foi destampado para que fixasse o CO₂ liberado do solo, sendo que um recipiente (branco) permaneceu tampado, porém recebeu o mesmo tratamento que os demais. Após 12 horas de permanência no local, as campânulas foram retiradas, e os recipientes foram rapidamente tampados e levados ao laboratório. Na Figura 3 é mostrado o desenho esquemático da respirometria no campo.

A quantificação do CO₂ desprendido do solo foi feita mediante titulação do NaOH remanescente nos recipientes, com uma solução de HCl a 0,5 mol L⁻¹. A massa de CO₂ desprendido por unidade de área e tempo, foi obtida considerando a massa total desprendida no período de permanência na área (obtida por titulação) e a área de abrangência da campânula, como mostra

a equação seguinte:

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

Em que:

V_B : volume do ácido clorídrico gasto na titulação do branco ;

V_A : volume do ácido clorídrico gasto na titulação da amostra;

N_{HCl} : normalidade do ácido clorídrico = 0,5;

Eq CO_2 : equivalente grama do CO_2 = 22;

A : área de abrangência da campânula = 0,049 m²;

12: fator de correção (transformação para hora)

Figura 3 – Desenho esquemático do método utilizado para medir a respirometria no campo

3.5 Velocidade de infiltração de água no solo

Para medir a taxa constante da infiltração de água no solo foi utilizado um aparelho denominado permeâmetro de campo (Figura 4). Seu funcionamento baseia-se no princípio de Mariotte, fornecendo água para um orifício no solo, com carga hidráulica controlada. Com base nos resultados obtidos, foi calculada a velocidade de infiltração básica (Reynolds & Elrick, 1987).

Figura 4 - Desenho esquemático do Permeômetro de campo

As medições foram feitas em setembro de 1997, a 6 e 20 cm de profundidade. Tomaram-se 3 medições para cada profundidade em cada parcela. Utilizou-se um trado de caneca para fazer os orifícios e um trado limpador para que estes orifícios apresentassem formato cilíndrico e base plana. O permeâmetro, preenchido com água e aferido, foi colocado verticalmente sobre o orifício, sustentado por um tripé, evitando-se possíveis perturbações externas ao mesmo. O início da medição se deu, aplicando-se uma carga hidráulica de 3 cm. Após a descida da água, iniciou-se a contagem do tempo, sendo as leituras efetuadas em determinados instantes até que o fluxo se tornasse constante. Em seguida, a carga hidráulica foi elevada para 6 cm, repetindo a operação.

A velocidade de infiltração de água no solo foi obtida, através da seguinte fórmula:

$$I \text{ (mm h}^{-1}\text{)} = \frac{D_p^2}{(D_o^2 + D_o H)} \times Q \times 60$$

Em que:

I: velocidade de infiltração básica (VIB)

D_p : diâmetro do permeâmetro (cm)

D_o : diâmetro do orifício do solo feito com o trado (cm);

H: carga hidráulica (cm);

Q: fluxo constante (mm min⁻¹);

60: fator de correção (transformação de minuto para hora).

3.6 Mesofauna do solo

Amostras de solo+liteira foram coletadas com o emprego de anéis metálicos (diâmetro=4,8 cm e altura=5,2 cm) no mês de agosto de 1997,

coletando-se 3 amostras em cada tipo de manejo (com exceção do TMF) no povoamento de eucalipto e 3 no cerradão. Uma vez coletadas, as amostras foram levadas ao laboratório, onde procedeu-se a extração das populações constituintes da mesofauna, através do método de Berlese-Tullgren, com pequena modificação. O método consiste na migração descendente dos insetos da amostra do solo, devido à elevação da temperatura provocada pelas lâmpadas, na superfície do solo. Os insetos caem no funil e posteriormente no recipiente contendo o líquido coletor (álcool a 80%). Na Figura 5, é apresentado um esquema do extrator usado.

A principal limitação deste método é que, permite apenas a detecção de formas móveis, não sendo possível a de ovos (Solomon, 1945). No entanto, é considerado um método conveniente e barato para a extração da mesofauna de solo de um grande número de amostras (Sinha, 1964).

Figura 5 – Esquema do extrator da mesofauna do solo

3.7 Dados meteorológicos, temperatura e umidade do solo e fertilidade

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

Em todos os tratamentos, foram medidas as temperaturas máxima e mínima do solo a 2,5 cm de profundidade. A umidade do solo das áreas experimentais 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 tipos de manejo 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 Raij et al. (1987).

3.8 Análise dos dados

Os dados obtidos para todas as variáveis foram inicialmente submetidas à análise exploratória, utilizando técnicas descritas por Alves et al. (1993). Houve heterogeneidade de variância, por isso os dados originais referentes à liberação de CO₂ e velocidade de infiltração de água no solo, sofreram transformação. Para a primeira variável, a transformação foi: $x = 1/y$ (x = dado transformado e y = dado original) e para a segunda: $x = \ln(y)$ (x = dado transformado e y = dado original).

Para as variáveis CO₂ e velocidade de infiltração de água no solo no povoamento de eucalipto, foi realizada a análise de variância e teste F (Anexos A e C). As médias de liberação de CO₂ foram comparadas através do teste de Tukey ao nível de 5%. A população da mesofauna edáfica, por se tratar de uma variável aleatória discreta, foi comparada através do teste χ^2 (Anexos D e E). Para a comparação entre o TMA do povoamento de eucalipto e a vegetação natural (cerradão), foi utilizado o teste T (Anexo B).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperatura e umidade do solo

As médias das temperaturas máximas e mínimas do solo medidas durante o período do experimento, são mostradas na Tabela 1. No povoamento de eucalipto, a temperatura máxima oscilou entre 27,4 e 37,8 °C, e a mínima entre 1,7 e 18,1 °C. O solo sob TMF (incorporação de todos os resíduos culturais ao solo) e o TMA (povoamento intacto de eucalipto – 9 anos) apresentaram as menores amplitudes térmicas em relação ao solo sob o TME (remoção de todos os resíduos culturais e serapilheira). Além de maior amplitude, o TME apresentou também maiores médias para a 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.

No cerradão, a maior temperatura máxima medida foi 30,1 (junho de 1997) e a menor 27,1 °C (dezembro de 1997). Em todos os meses avaliados, o cerradão apresentou uma menor oscilação de temperatura e uma maior umidade de solo (Tabela 2) do que o povoamento de eucalipto, considerando todos os tipos de manejo. Isso ocorre porque o cerradão apresenta um dossel vegetal que funciona como uma barreira tanto para a radiação que o atinge, como quanto para aquela que é emitida pelo solo, o que resulta no estabelecimento de um microclima mais estável em seu interior.

Com relação à umidade do solo, as maiores médias para o povoamento de eucalipto, foram observadas no TMC (manutenção de todos os resíduos culturais na superfície do solo) e TMF (incorporação de todos os

resíduos culturais ao solo). No entanto, no cerradão, foram observados valores mais elevados, do que em todos os tipos de manejo do povoamento de eucalipto.

Pode-se observar também que o povoamento intacto de eucalipto e a área que foi colhida e queimada, apresentaram os menores valores de umidade do solo. A maior transpiração das árvores adultas do povoamento de 9 anos e da área queimada, onde houve melhor desenvolvimento, pode explicar a perda de água do solo.

Serrano (1997), trabalhando na mesma área experimental também encontrou dados semelhantes tanto para a temperatura como para a umidade do solo no povoamento de eucalipto, e enfatizou a importância dos resíduos vegetais na menor variação da temperatura e na conservação da umidade do solo. Outros autores como, Bragagnolo & Mielniczuk (1990) e Salton & Mielniczuk (1995), verificaram também que o sistema de preparo do solo afeta sua temperatura e umidade.

Tabela 1 – Índices de chuva e médias das temperaturas máximas e mínimas do ar e do solo (2,5 cm de profundidade) nas áreas estudadas.

Meses	Chuva (mm)	Temperatura do ar		Temperatura do solo				TMG		VN	
		TMA	TMC	TME		TMF		TMG		Máx.	Min.
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.		
Jun/97	155	17,9	28,9	7,1	27,4	5,5	37,8	5,8	5,2	–	–
Jul/97	24	19,4	31,9	7,1	34,6	7,7	36,3	7,9	6,7	30,1	5,2
Ago/97	48	20,6	30,9	2,8	34,9	1,7	32,5	3,7	2,7	29,0	2,7
Set/97	74	23,1	34,0	15,7	33,5	9,9	35,4	9,1	8,6	–	–
Out/97	126	22,8	32,9	13,3	33,6	12,5	32,7	12,2	12,9	29,1	13,2
Nov/97	227	26,0	33,5	16,0	37,5	16,0	34,5	16,7	14,7	27,6	16,3
Dez/97	289	25,5	31,9	12,9	34,9	15,6	34,4	16,0	14,3	27,1	15,8
Jan/98	229	26,4	30,3	18,1	33,8	17,6	35,1	17,9	17,7	28,3	17,9
Fev/98	441	25,7	34,0	17,7	31,1	17,5	35,4	17,0	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

TMA: Tipo de manejo A; TMC: Tipo de manejo C; TME: Tipo de manejo E; TMF: Tipo de manejo F; TMG: Tipo de manejo G; VN: Vegetação Natural
 – : Termômetro com defeito

Tabela 2 - Umidade do solo nos diferentes tipos de manejo estudados do povoamento de eucalipto e na vegetação natural (cerradão). Os valores apresentados são médias de 12 avaliações (3 repetições em cada uma das 4 parcelas).

Meses	Umidade do solo (%) a 5 cm de profundidade					VN
	TMA	TMC	TME	TMF	TMG	
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

TMA: povoamento intacto; TMC: cultivo mínimo; TME: retirada dos resíduos; TMF: incorporação dos resíduos, TMG: queima dos resíduos; VN: Vegetação Natural

4.2 A influência dos tipos de manejo do solo em sua fertilidade

Observa-se nas Tabelas 3 e 4, que no TMC (Cultivo Mínimo) proporcionou um aumento do teor de matéria orgânica na camada de 0-2 cm, nos dois períodos analisados (junho de 1996 e setembro de 1997). Isso pode ter ocorrido, devido às menores oscilações térmicas e hídricas do solo sob esse tipo de manejo, que favoreceu a atividade microbiana nas raízes deixadas pelas árvores do plantio anterior. Outro fato que pode explicar isso, é que as alterações do solo foram mínimas, impossibilitando grandes perdas de matéria orgânica já existente, por erosão ou mesmo lixiviação, das raízes que continuaram intactas depois do corte, sendo degradadas apenas pelos microrganismos.

Nos primeiros centímetros do solo, a queima dos resíduos culturais (TMG) 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 (Tabelas 3 e 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Serrano (1997).

Essa mesma autora, ao comparar os resultados da análise química do solo logo após a aplicação dos tratamentos e depois de aproximadamente 6 meses, verificou que houve uma redução dos teores de P e de bases trocáveis no solo. No entanto, neste trabalho, comparando a Tabela 3 com a Tabela 4, observa-se que no TMG o teor de P permaneceu praticamente inalterado, porém houve tendência a um aumento no teor de matéria orgânica e na soma de bases. Ou seja, o fator tempo não influenciou no teor de P, mas influenciou, positivamente no teor de matéria orgânica e soma de bases.

Tabela 3 - Características químicas do solo sob povoamento de eucalipto (junho/96)

Prof. (cm)	pH CaCl ₂	M.O (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg	H + Al (mmol c dm ⁻³)	Al	SB	T	V	Sat. Al ³⁺ (%)
TMA												
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
TMC												
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
TME												
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
TMF												
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
TMG												
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

TMA: Tipo de manejo A; TMC: Tipo de manejo C; TME: Tipo de manejo E; TMF: Tipo de manejo F; TMG: Tipo de manejo G

Tabela 4 - Características químicas do solo sob povoamento de eucalipto (setembro/97)

Prof. (cm)	pH CaCl ₂	M.O (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg	H + Al (mmol c dm ⁻³)	Al	SB	T	V	Sat. Al ³⁺ (%)
TMA												
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
TMC												
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
TME												
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
MTF												
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
TMG												
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

TMA: Tipo de manejo A; TMC: Tipo de manejo C; TME: Tipo de manejo E; TMF: Tipo de manejo F; TMG: Tipo de manejo G

4.3 Respirometria do Solo

4.3.1 Comparação entre os diferentes tipos de manejo

Através da análise de variância para a respirometria do solo, observou-se que houve diferença significativa entre os tipos de manejo ($F=3,398$, $p=0,04$) e entre as épocas de avaliação ($F=41,764$, $p<0,001$). Não houve efeito significativo da interação entre o tipo de manejo e o tempo. Isso mostra que não houve dependência entre os tratamentos primários (tipos de manejo) e o secundário (tempo).

O tipo de manejo G (queima de todos os resíduos culturais) apresentou a maior média de CO_2 liberado e o tipo de manejo A (povoamento intacto de eucalipto), a menor média (Figura 6).

Figura 6 - Média de CO_2 liberado nos diferentes tipos de manejo do povoamento de eucalipto. Médias seguidas de letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Isso, provavelmente, pode ser atribuído ao aporte de nutrientes liberados pelas cinzas no TMG, além do maior pH e do menor teor de Al. O aumento do “status” nutricional proporcionou um arranque das árvores e, conseqüentemente, uma maior atividade radicular (respiração das raízes), que contribuiu para o aumento do CO₂ nesse tipo de manejo.

Santos e Grisi (1981), também verificaram um aumento na liberação do CO₂ onde houve a queima, ressaltando que a ação do fogo sobre a fitomassa, provavelmente ocasiona mudanças nas propriedades edáficas, beneficiando os microorganismos. Porém, Poggiani et al. (1983) verificaram que em áreas de *Eucalyptus grandis*, a liberação de CO₂ diminuiu, logo após a queima. Weber (1990), também mostra que houve um declínio na taxa de respiração do solo, em áreas cortadas e queimadas de um ecossistema imaturo.

É provável, que logo após a fogo, a atividade biológica do solo tenha sofrido um declínio devido ao efeito da queima na matéria orgânica. No entanto, com o passar do tempo, a cinza adicionada ao solo passaria a atuar como um fertilizante, incrementando a produtividade vegetal e a atividade dos microrganismos. Como este trabalho foi realizado dois anos após a passagem do fogo na área, acredita-se que já houve tempo para o reestabelecimento dos microrganismos, o que justifica as elevadas taxas de CO₂ observadas para esse tipo de manejo.

A maior liberação de CO₂ se deu durante o período de final da primavera e todo o verão (novembro de 1997 a fevereiro de 1998). No mês de janeiro de 1998, todavia, houve uma queda. No entanto, ainda assim o valor foi maior do que os meses do outro período. O mês de setembro de 1997 foi o que apresentou menor desprendimento de CO₂ (Figura 7).

Figura 7 - Média geral de CO₂ liberado do solo considerando todos os tratamentos do povoamento de eucalipto ao longo do tempo.

Esse comportamento pode ser atribuído, provavelmente, às altas temperaturas, umidade do solo e precipitação 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, há uma concentração de 57% da precipitação anual. No mês de janeiro ocorreu um veranico e aconteceram as menores médias pluviométricas do período (Tabela 1) e de umidade de solo (Tabela 2). Esses dados explicam a queda na respiração durante pleno verão.

Os dados aqui apresentados estão de acordo com Poggiani et al. (1983), que encontraram maiores valores de CO₂ liberado no verão e menores valores no inverno. Outros autores como Anderson (1975); Edwards & Harris (1977); Toland & Zak (1994); Gonçalves (dados não publicados), Weber (1990) também encontraram maiores médias no verão, mas as menores médias para o outono, e este último autor, para outono e primavera.

4.3.2 - Comparação entre o povoamento de eucalipto e a vegetação natural (cerradão)

Através da Figura 7, observa-se que em todos os meses, a média da liberação de CO₂ na vegetação natural sempre foi maior que aquela no povoamento de eucalipto (TMA). O teste T confirma tais resultados, mostrando que há diferença significativa ao nível de 5% ($T=1,81246151$, $p=0,01012362$).

Figura 8 - Médias mensais de emissão de CO₂ no tipo de manejo A (TMA) e na vegetação natural (VN).

Esses resultados são condizentes, pois presume-se que o cerradão apresente uma maior diversidade de organismos, bem como interações harmônicas dos mesmos entre si e com o meio, sendo que o povoamento de eucalipto se apresenta bem simplificado quando comparado com o cerradão.

Outros fatores que contribuíram para maiores valores de CO₂ na vegetação natural, foram as temperaturas mais amenas (Tabela 1) e umidade mais alta (Tabela 2) do solo encontrados neste ecossistema. Alguns autores, como Della Bruna (1985), chamam a atenção para a importância da temperatura e umidade no processo de decomposição.

Os valores mostrados estão de acordo com aqueles encontrados por vários autores, como: Martins & Matthes (1978), Poggiani (1977), Santos & Grisi (1981), Bowden et al. (1992).

No povoamento de eucalipto, foi observado que havia um acúmulo do material orgânico, não ocorrendo o mesmo na área de vegetação natural, dando indícios de que o processo de decomposição no primeiro ecossistema, é menos intenso que no segundo, haja vista os povoamentos de eucalipto em geral, apresentarem 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 menor relação proteína:lignina, ou ainda, segundo Florenzano (1957), devido à presença de substâncias inibidoras do crescimento e da atividade microbiana sobre o material em decomposição. Gama-Rodrigues et al. (1997), também verificaram que em solos sob eucalipto e pinheiro houve um menor potencial de decomposição da matéria orgânica.

Martins & Matthes (1978), ao fazerem uma comparação de três diferentes ecossistemas na Amazônia (floresta arenícola, campinarana, e campina), através da liberação de CO₂ do solo, encontraram uma maior média para a floresta arenícola, sendo que os autores atribuem a isso, às diferenças aparentes de biomassa entre os três tipos de vegetação, ressaltando ainda que floresta arenícola a decomposição é mais rápida.

Geraldes et al. (1995), concluíram que a substituição da mata natural por pastagens, associados a outros parâmetros físico-químicos, reflete na quantidade de biomassa microbiana do solo, sendo que a pastagem conseguiu manter por 4 anos uma microbiota maior que a encontrada na mata

natural. Após 10 anos, esse nível se aproximou do original, declinando gradativamente nos anos subseqüentes.

Em Marrocos, Pochon et al. (1959), analisando a influência da plantação de *Eucalyptus camadulensis* e *Eucalyptus gomphocephala* no solo, ressaltam que as referidas plantações foram desfavoráveis à microbiologia do solo. Outros autores como Fournier (1985) e Castro (1995) também demonstraram que em solos em que há atividade agrícola, as condições químicas, físicas e biológicas são desfavoráveis.

4.4 Velocidade de infiltração de água no solo

4.4.1 Comparação entre os diferentes tipos de manejo

A análise de variância para a velocidade de infiltração de água no solo sob o povoamento de eucalipto mostrou que houve efeito significativo entre as profundidades ($F=16,696$, $p<0,001$). No entanto, não houve efeito significativo entre os tipos de manejo e, nem tão pouco, da interação entre o tipo de manejo e a profundidade, significando que não há dependência entre os dois fatores em estudo.

Na Figura 9 observa-se que as maiores médias de infiltração básica, para todos os tipos de manejo, foram para a profundidade de 20 cm. Observa-se ainda uma tendência de maiores valores para os tipos de manejo A e E nas duas profundidades, principalmente na profundidade de 6 cm. Constatou-se uma menor velocidade de infiltração básica a 6 cm de profundidade para o TMG e TMC.

Figura 9 – Velocidade de infiltração básica medida em duas profundidades, durante o mês de setembro de 1997, em solo sob povoamento de *Eucalyptus grandis* submetido a diferentes tipos de manejo

Nas camadas mais profundas, a velocidade de infiltração é mais constante, pois o solo é mais homogêneo e sofre menor influência do meio externo, inclusive dos tratamentos. Este fato pode ser confirmado através do coeficiente de variação de cada profundidade, que foram de 31,16% a 6 cm e 18,07% a 20 cm. Tanto Arzeno (1990), ao avaliar a infiltração de água utilizando um permeâmetro de campo à profundidades de 15 e 50 cm, como Oliveira (1977) que trabalhou com infiltrômetro de anel, também encontraram altos valores para o CV.

As maiores médias observadas para a profundidade de 20 cm foram devido a camada superficial ser a mais afetada por práticas de manejo de solo. Qualquer impedimento à entrada de água no perfil acontece na camada

superficial. Isso leva a inferir que à medida que aumenta a profundidade, há um aumento na velocidade de infiltração de água no solo. Arzeno (1990), também menciona que a camada superior é a que mais limita infiltração de água no solo.

Os tipos de manejo que apresentaram tendência de maior velocidade de infiltração foram o povoamento intacto (TMA) e onde o povoamento foi colhido e os restos culturais removidos (TME). A diferença para esses dois tipos de manejo em relação aos demais, ocorreu, principalmente, na profundidade de 6 cm.

O TMA por se tratar de uma plantação com, aproximadamente 9 anos, apresenta um sistema radicular bem desenvolvido e profundo. Isso contribui para uma maior velocidade de infiltração de água no solo. Essas raízes vão morrendo, contribuindo para o aumento do teor de matéria orgânica e ainda gerando canais que facilitam a descida da água. Porém onde foram retirados todos os restos culturais da superfície do solo (TME), resultando num menor teor de matéria orgânica, esperava-se uma menor velocidade de infiltração de água no solo do que foi observado. Autores como Bertoni & Pestana (1964), Foglino (1965) e Kiehl (1985), afirmam que a matéria orgânica favorece uma maior velocidade de infiltração de água no solo.

A menor velocidade de infiltração do solo onde houve a queima de todos os resíduos culturais, mesmo sendo um tipo de manejo que apresentou um alto teor de matéria orgânica, pode ser explicado pela influência do fogo. Segundo Primavesi (1990), o fogo afeta a estrutura do solo, alterando suas características granulométricas, desfaz os grumos, tornando-o mais compacto, diminuindo a porosidade e, conseqüentemente, a velocidade de infiltração de água.

Com relação às áreas queimadas e a velocidade de infiltração de água no solo, Poggiani et al. (1983) e Hester et al. (1997) também verificaram uma redução na velocidade de infiltração de água no solo em áreas em que houve a passagem do fogo. Os primeiros autores constataram uma redução de

50%. Já Terren (1993) verificou que não houve diferença significativa entre áreas queimadas e não queimadas quando o fogo é controlado e com pequena intensidade.

Devido ao restos culturais deixados na superfície do solo no TMC (cultivo mínimo) e, conseqüentemente maior teor de matéria orgânica (Tabela 3 e 4), esperava-se uma maior velocidade de infiltração de água no solo, pois como já foi ressaltado há uma relação direta entre o teor de matéria orgânica e a velocidade de infiltração de água no solo.

4.4.2 Comparação entre o povoamento de eucalipto e a vegetação natural (cerradão)

Através da Tabela 5, observou-se que a camada superficial (6 cm) foi a que apresentou menores valores. Quando foram comparados os tipos de cobertura vegetal, observou-se que o solo sob vegetação natural apresentou a maior velocidade de infiltração de água no solo.

Tabela 5 - Valores médios da infiltração de água em solo sob povoamento de eucalipto e vegetação natural (cerradão)

Cobertura Vegetal	Velocidade de infiltração básica (mm h⁻¹)	
	6 cm	20 cm
VN	64,13	106,17
TMA	50,25	79,46

VN: Vegetação Natural (cerradão) e TMA: Tipo de manejo A do povoamento de eucalipto

No cerradão há, provavelmente, um maior teor de matéria orgânica, pois se trata de um ecossistema natural onde a deposição de

resíduos e a ciclagem de nutrientes vêm acontecendo há muito mais tempo. Isso explica a maior velocidade de infiltração de água no solo nas duas profundidades estudadas. Bertol & Santos (1995) verificaram que em solos com lavouras anuais em preparo convencional durante 15 anos, houve uma redução na taxa de infiltração de 89% em relação a mata natural. Anjos et al. (1994) verificaram altos valores para a mata nativa quando comparados a outros sistemas.

Os valores aqui encontrados estão próximos àqueles encontrados por outros autores como; Arzeno (1990), Leite & Medina (1984).

4.5 Mesofauna do Solo

No geral foram observados 12 grupos faunísticos nas áreas estudadas. Ocorreram 8 grupos, tanto no povoamento de eucalipto, como no cerradão (Tabela 6). Um dos grupos é constituído por insetos não identificados, o que aumenta a possibilidade de existir maior diversidade.

Tabela 6 – Número de indivíduos pertencentes aos diferentes grupos faunísticos presentes nos ambientes estudados

Grupos faunísticos	Povoamento de eucalipto				Vegetação natural
	TMA	TMC	TME	TMG	
	indivíduos m ⁻² de solo				
Ácaros	909	2159	341	152	6136
Colêmbolos	189	0	114	114	303
Homópteros	76	38	76	0	0
Dípteros	38	152	76	38	0
Sínfilos	38	0	38	0	0
Cigarrinhas	38	0	0	0	0
Trips	0	0	38	38	38
Strepsípteros	0	0	38	0	38
Coleópteros	0	0	0	0	189
Pseudoescorpiões	0	0	0	0	114
Insetos (ñ idents.)	0	0	0	0	265
Formigas	0	0	0	0	152

TMA: povoamento intacto; TMC: cultivo mínimo; TME: retirada dos resíduos; TMG: queima dos resíduos

Na vegetação natural não foram encontrados indivíduos dos grupos homópteros, dípteros, sínfilos e cigarrinhas. Todavia os grupos de coleópteros, pseudoescorpião, insetos não identificado e formiga, só ocorreram neste ecossistema. Isso mostra que há uma certa especificidade dos organismos que ocorrem em solos sob ecossistemas distintos.

4.5.1 Comparação entre o os diferentes tipos de manejo

Através do teste χ^2 (Qui-Quadrado), obteve-se o valor para χ^2 observado = 1093 e χ^2 tabelado (1%) = 16,81, indicando desta forma, que há

evidências ao nível de 1% de probabilidade, de que a densidade de indivíduos depende do tipo de manejo no povoamento de eucalipto (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores observados de grupos de animais que representam a mesofauna edáfica, de um solo sob povoamento de *Eucalyptus grandis* submetido a diferentes tipos de manejo

Grupos de Animais	Tipos de Manejo			
	TMA	TMC	TME	TMG
		indivíduos m ⁻² de solo		
Ácaros	909	2159	341	152
Colêmbolos	189	0	114	114
Outros	189	189	265	152
Total	1287	2348	720	418

TMA: povoamento intacto; TMC: cultivo mínimo; TME: retirada dos resíduos; TMG: queima dos resíduos

Verifica-se que, no total, os tipos de manejo A e C apresentaram os maiores valores de indivíduos por m² de solo e os tipos de manejo E e o G apresentaram os menores valores.

Esses resultados ocorreram, porque nos dois primeiros tipos de manejo há presença dos resíduos culturais na superfície do solo que além de servir como alimento para os organismos, ainda reduz as perdas de água do solo por evaporação, possibilitando uma maior umidade do mesmo. Santos et al. (1994), verificaram que os fatores umidade do solo e maior quantidade de matéria orgânica favorecem o aumento da população de ácaros e colêmbolos.

Teixeira & Schubart (1988) e Oliveira & Franklin (1993), verificaram que a queima da biomassa vegetal da floresta provoca a morte de grande quantidade de animais, reduzindo a diversidade faunística do solo. No entanto, Damé et al. (1996), concluíram que uma ou duas queimas com fogo de

baixa intensidade em pequenas áreas e em mosaico, não afetam a população de colêmbolos e ácaros do solo.

Ainda na Tabela 7, verifica-se que predominaram os ácaros e que não houve presença de colêmbolos

A não detecção de colêmbolos no TMC pode ser explicado devido aos artrópodes se apresentarem de forma agregada. Como foram coletadas apenas 3 amostras em cada parcela do bloco, a amostragem não foi representativa para esse grupo de animais do solo. Um outro fator que pode ter contribuído para a não detecção desse grupo, é que duas lâmpadas sobre as três amostras do TMC apresentaram defeito durante a noite do período de extração.

Em todos os tipos de manejo do povoamento de eucalipto, o grupo dos ácaros predominou sobre os outros grupos detectados (TMA = 70%; TMC = 92%; TME = 47%.; TMG = 37%).

4.5.2 Comparação entre o povoamento de eucalipto e a vegetação natural (cerradão)

Através do teste χ^2 (Qui-Quadrado), obteve-se χ^2 observado = 249 e χ^2 tabelado (1%) = 9,21, indicando desta forma, que há evidências ao nível de 1% de probabilidade, de que os valores de indivíduos dependem do tipo de vegetação (Tabela 8).

Tabela 8 – Valores observados de grupos de animais que representam a mesofauna edáfica de um solo sob povoamento de eucalipto (TMA) e vegetação natural (cerradão).

Grupos de Animais	Tipos de Vegetação	
	TMA	VN
	indivíduos m ⁻² de solo	
Ácaros	909	6136
Colêmbolos	189	303
Outros	189	795
Total	1287	7234

TMA: povoamento intacto; e VN: vegetação natural (cerradão)

Observou-se que para todos os grupos faunísticos, a vegetação natural (Cerradão) apresentou maiores valores. Isso, provavelmente, ocorreu, devido aos ecossistemas naturais apresentarem uma maior diversidade em espécies vegetais e, geralmente, maior teor de matéria orgânica, promovendo um “microambiente” favorável à atividade destes organismos. Isso leva a inferir que a retirada da vegetação natural para a implantação de monocultivos de eucalipto, proporciona uma diminuição na diversidade da fauna do solo. Melo (1984) afirma que a transformação de floresta primária em áreas cultivadas causa efeito quantitativo e qualitativo sobre a fauna do solo. Segundo Guerra et al. (1982), em áreas cobertas por vegetação natural, realmente, há uma maior diversidade de organismos do que em áreas antropizadas.

Como já foi enfatizado anteriormente, a vegetação natural (cerradão) apresenta uma maior complexidade, uma maior diversidade de espécies vegetais e ainda um dossel vegetal que impede não só a entrada, mas também a saída de energia. Com isso há uma maior umidade do solo. Outro fato que deve ser levado em consideração, é que não foi verificado um acúmulo de serapilheira na superfície do solo, o que já é um indício de que os organismos (mesofauna e microrganismos) ali presentes são muito mais ativos,

ocasionando uma decomposição acelerada, não havendo tempo de acúmulo de material.

Nos dois ecossistemas estudados, o grupo dos ácaros predominou sobre os outros grupos detectados. Foi observado que o número de ácaros (Tabela 8) aumentou quase 7 vezes do eucalipto para a vegetação natural e que o número de colêmbolos apresentou menor incremento.

Isso leva a inferir uma certa tolerância dos colêmbolos, bem como uma sensibilidade dos ácaros às modificações causadas ao meio.

Observa-se que em todos os tipos de manejo estudados no povoamento de eucalipto, bem como na vegetação natural há predominância de ácaros e colêmbolos em relação aos outros grupos de organismos do solo (Tabelas 7 e 8). Estes dados são confirmados por Guerra et al. (1982), Sautter & Trevisan (1994), Teixeira & Schubart (1988), Melo (1984), Sautter & Santos (1994), Damé et al. (1996).

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prática de cultivo mínimo promoveu um aumento no teor de matéria orgânica do solo. Os resíduos culturais mantidos na superfície do solo, tanto no cultivo mínimo quanto no povoamento intacto, foram de suma importância na redução da variação da temperatura e na conservação da umidade do solo.

A queima dos resíduos culturais da superfície do solo sob eucalipto, favoreceu a fertilidade do mesmo liberando maior quantidade de CO₂, no entanto promoveu uma redução na capacidade de infiltração de água na camada superficial do solo e na mesofauna edáfica. Na camada mais profunda a velocidade de infiltração básica é maior do que na camada superficial.

A maior liberação de CO₂ da superfície do solo ocorre no período que corresponde ao final da primavera e durante todo o verão.

Em todos os tipos de manejo avaliados no povoamento de eucalipto, bem como no cerradão, houve predominância de ácaros na superfície do solo.

No povoamento de eucalipto, onde houve a prática de cultivo mínimo (TMC) e a manutenção do povoamento intacto (TMA), a população faunística foi maior.

A vegetação natural (cerradão) apresentou maior liberação de CO₂, maior velocidade de infiltração de água no solo e maior densidade e diversidade da mesofauna edáfica, do que o povoamento intacto de eucalipto.

As observações efetuadas ao longo desta pesquisa, mostraram-se úteis para avaliar as condições edáficas de povoamentos florestais implantados.

Os resultados obtidos podem servir como indicadores das características ecológicas do solo sob diferentes tipos de manejo e em relação à vegetação natural. Ao comparar um sistema de monocultura (povoamento de eucalipto) com um ecossistema natural (cerradão), presume-se que o sistema de monocultura será ecologicamente mais equilibrado, quanto mais se aproximar às características edáficas do ecossistema natural.

Considerando que as observações foram efetuadas, durante a fase inicial do crescimento do eucalipto após a reforma, faz-se necessário dar continuidade aos estudos na área, a fim de serem verificados os efeitos a longo prazo. Particular atenção deve ser dada às conseqüências da queima, que é uma das maneiras mais práticas e baratas de limpeza de área, mas que a longo prazo, pode causar danos ao solo, comprometendo a produtividade dos ecossistemas.

ANEXOS

Anexo A Análise da variância¹ e teste F para o CO₂ liberado do solo sob eucalipto (dados transformados => $x = 1/y$)

Causas de Variação	GL	QM
Blocos (B)	3	0,0000027
Tipo de Manejo (T)	4	0,0000234 *
Resíduo (A)	12	0,0000069
Parcela	19	
Tempo (T')	8	0,0003340 **
Interação TxT	32	0,0000109 ^{ns}
Resíduo (B)	120	0,0000080
Total	179	
C.V (A)		5,374 %
C.V (B)		17,356%

** = Significativo pelo teste F, ao nível de 1%

* = Significativo pelo teste F, ao nível de 5%

ns = Não significativo pelo teste F

Anexo B Teste T para as médias originais de CO₂ entre vegetação natural (cerradão) e o povoamento de eucaliptos

Médias estatísticas	VN		TMA	
Média	104,337917	a	59,9968958	b
Variância	2106,06535		222,578551	
Observações	9		9	
GL	16			

VN: Vegetação natural e TMA: Tipo de manejo A do povoamento de eucalipto

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem significativamente entre si ao nível de 5%

Anexo C Análise de variância e teste F para a velocidade de infiltração básica no povoamento de eucalipto (dados transformados => $x = \ln(Y)$)

Causas de Variação	GL	QM
Blocos	3	
Tipo de Manejo (A)	4	0,304900 ^{ns}
Profundidade (B)	1	2,987352 **
A x B	4	0,083997 ^{ns}
Resíduo (B)	27	0,272595
Total	39	

** = Significativo pelo teste F, ao nível de 5%

ns = Não significativo pelo teste F

¹ Serão apresentados na tabela de ANOVA apenas os GL e os QM, já que as SQ relativos podem ser obtidos pela multiplicação dos GLxQM e o valor do teste F calculado pelas divisões do QM do tipo de manejo/ Qm resíduo (A), QM tempo/ QM resíduo (B) e QM tipo de manejo x tempo/QM resíduo (B).

Anexo D Teste χ^2 para a mesofauna edáfica do povoamento de eucaliptos sob diferentes práticas de manejo

	TMA	TMC	TME	TMG	
Ácaros	909	2159	341	152	3561
Colêmbolos	189	0	114	114	417
Outros	189	189	265	152	795
Total	1288	2348	720	417	4773

OBTENÇÃO DOS VALORES ESPERADOS

Ácaros	961	1752	537	311	
Colêmbolos	112	205	63	36	
Outros	215	391	120	69	4773

QUADRO AUXILIAR

Ácaros	2,7825	94,568	71,554512	81,67189
Colêmbolos	52,679	205,03	41,082266	164,0952
Outros	2,9714	104,27	175,7704	97,00232

qui obs	1093,5	
qui tab(5%)	12,592	REJEITO
qui tab(1%)	16,812	REJEITO

Anexo E Teste χ^2 para a mesofauna edáfica do povoamento de eucaliptos (TMA) e vegetação natural (cerradão)

	TMA	VN	
Ácaros	909,1	6136,4	7045
Colêmbolos	189,4	303,0	492,4
Outros	189,4	795,5	984,8
Total	1287,9	7234,8	8523

OBTENÇÃO DOS VALORES ESPERADOS

Ácaros	1065	5981	
Colêmbolos	74	418	
Outros	149	836	8523

QUADRO AUXILIAR

Ácaros	22,728	4,0457474
Colêmbolos	177,68	31,628547
Outros	11,06	1,9687664

qui obs	249,11	
qui tab(5%)	5,9915	REJEITO
qui tab(1%)	9,2104	REJEITO

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L.G.; MADEIRA NETO, J. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.) **Solos dos Cerrados: tecnologia e estratégia de manejo**. São Paulo: Nobel, 1986. p.33 -74.
- AGUIAR, J. V. Parâmetros físico-hídricos de um solo sem cobertura vegetal e avaliação do "modelo de umidade do solo para atividades agrícolas" (MUSAG). Piracicaba, 1997. 76p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- 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,.110p.
- ALVIM, P. T. Teoria sobre a formação dos campos cerrados. **Revista Brasileira de Geografia**, v.16, n.4, p. 496 - 498, 1954.

- 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.
- ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTTO, V. J.; LEITE, G. B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.139-145, 1994.
- ARZENO, J. L. Avaliação física de diferentes manejos de solo em um latossolo roxo - distrófico. Piracicaba, 1990. 259p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BALLONI, E. A. O uso intensivo de florestas e seus reflexos na fertilidade do solo. **Boletim Técnico SIF**, v.2, n. especial, p.83-93, 1979.
- BAPTISTA, A. S.; KURTZ, C.; REIS, E.F.; MASSARIOL, J.M. KONFLONS, V.; BERTOL, I. Avaliação das propriedades de uma terra bruna estruturada e um cambissolo húmico submetidos à semeadura direta. In: SEMINÁRIO CATARINENSE DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4, Lages, 1996. **Resumos**. Lages: Universidade Federal de Santa Catarina, 1994. p.727.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W.R. Física del suelos (Soil Physics). México: Union Tipográfica Editorial Hispanoamerica, 1973. 529p.
- BERTOL, I.; SANTOS, J.C.P. Uso do solo e propriedades físico-hídricos no planalto Catarinense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.2, p. 263-267, 1995.

- BERTONI, J. Determinação da velocidade de infiltração de água no solo, por meio de diagramas de pluviógrafos e limnigrafos. **Bragantia**, v.18, n.13, p. 170 - 197, 1959.
- BERTONI, J.; PESTANA, F. I. Relação chuva/perdas por erosão em diferentes tipos de solo. **Bragantia**, v. 23, p.3-11, 1964.
- 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 temperature mixed hardwood forest. **Canadian Journal of Forest Research**, v.23, p.1402-1407, 1992.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878p.
- 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.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Produção. Secretaria de Recursos Naturais. Coordenadoria de Conservação do Solo e Água. **Manejo e conservação do solo**: informações técnicas. Brasília: s. ed., 1983. 65p.

- CALLE, J. M. L.; VELLASCO, F. Microbial population and humus types in semiarid soils. **Anales de Edafologia Agrobiologia**. v.30, n.3/4, p.285-292, 1977.
- CARDOSO, E.J.B.N. Ecologia microbiana do solo. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Coord.) **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. cap.3, p.33 - 39.
- CASTRO, L. Efecto del uso agrícola y el barbecho sobre los contenidos de biomassa microbiana de Utiholes y Andisoles de Costa Rica. **Agronomía Costarricense**, v.19, n.2, p.59-65. 1995.
- COUTINHO, L. M. O cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, v.12, n.68, p.23-30. 1990.
- DAMÉ, P. R. V.; QUADROS, F. L. F.; KERSTING, C. E. B.; TRINDADE, J. P. P.; ANTONIOLLI, Z. I. Efeitos da queima seguida de pastejo ou deferimento sobre o resíduo, temperatura do solo e mesofauna de uma pastagem natural. **Ciência Rural**, v.26, n.3, p.391-396, 1996.
- DELLA BRUNA, E. A serapilheira de eucalipto: efeitos de componentes antibacterianos e de nutrientes na decomposição. Viçosa, 1985. 54p. Dissertação (M. S) - 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.

DELLA BRUNA, E.; FERNANDES, B.; BORGES, A. C.; FILLHO, J. A.; BARROS, N. F. Efeito do extrato de serapilheira de *Eucalyptus* sobre o crescimento microbiano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.12, p.1523-1528, 1989.

DEMATTE, J. L. I.; DEMATTE, J. A. M. Comparações entre as propriedades químicas de solo das regiões da floresta Amazônica e do Cerrado do Brasil Central. **Scientia Agrícola**, v.50, n.2, p. 272-286, 1993.

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: Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Relatório Elaborado pelo Grupo de Trabalho instituído pela Resolução no. R.D. 040/74**. Brasília, 1975

- FERNANDES, L. A.; SIQUEIRA, J. O.; GUEDES, G. A. A.; CURI, N. Propriedades químicas e bioquímicas de solo sob vegetação de mata e campo cerrado adjacentes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.21, n.1, p.58-70, 1997.
- FERRI, M. G. Sobre a origem, a manutenção e a transformação dos cerrados, tipos de savana do Brasil. **Revista de Biologia**, v.9, n.1/4, p.1-3, 1973.
- FITKAU, E. J.; KLINGE, H. On biomass and trophic struture of the central Amazonian rain forest ecossystem. **Biotropica**, v. 5, n.10, p. 2-14, 1973.
- FLECHTMANN, C. H. W. **Elementos de acarologia**. São Paulo: Nobel, 1975. 344p.
- FLORENZANO, C. Ricerche sui terreni coltivati ad eucalitto (II – Ricerche microbiologiche e bioquimiche). **Publ. Centro Sper. Agríc. For.**, v.1, p. 131-152, 1957.
- FOGLINO, E. La lotta antierosiva en Ecuador. **Revista Agropecuária Subtropical Tropical**, v.59, p.10-12, 1965.
- FONSECA, S.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. et al. Alterações de um latossolo sob eucalipto, mata natural e pastagem. I. Propriedades físicas e químicas. **Revista Árvore**, v.17, p. 271-288, 1993.

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.

GOEDERT, W. J. Região dos Cerrados: potencial agrícola e política para seu desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.1, p.1-17, 1989.

GONÇALVES, J. L. M. SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1, Curitiba, 1995. **Anais**. Piracicaba, CNPFloresta/ IPEF/ UNESP/ SIF/ FUPEF, 1995. 162p.

GONÇALVES, J. L. M. **Total CO₂ output from surface soil and its relationship with soil N history, substrate temperature and moisture content**. s. n. t., 16p.

- GRAÇA, P. M. L. A Conteúdo de carbono na biomassa florestal da Amazônia e alterações após queima. Piracicaba, 1997. 105p. Dissertação (M. S) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- GUERRA, R. T.; BUENO, C. R.; SCHUBART, H. O. Avaliação preliminar sobre os efeitos da aplicação do herbicida Paraquat e aração convencional na mesofauna do solo na região de Manaus - AM. **Acta Amazônica**, v.12, n.1, p.7-13, 1982.
- HAAG, H. P.; ROCHA FILHO, J. V. de C.; OLIVEIRA, G. D. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus* II. Contribuição das espécies de nutrientes na manta. **O Solo**, v.70, p.28-31, 1978.
- HESTER, J. W.; THUROW, T. L.; TAYLOR Jr., C. A. Hidrologic characteristics of vegetation types as affected by prescribed burning. **Journal of Range Management**, v.50, p.199-204, 1997.
- HILLEL, D. **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. 385p.
- HILLEL, D. **Solo e água: fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: Departamento de Solos/UFRGS, 1970. 231 p.
- HUECK, K. A primitividade dos "campos-cerrados" brasileiros e novas observações em seu limite meridional. **Boletim Geográfico**, v.31, v.230, p.1-126, 1972.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres. 1985. 482p.

LEITE, J. A.; MEDINA, B.F. Efeito dos sistemas de manejo sobre as propriedades físicas de um latossolo amarelo do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.11, p.1417-1422, 1984

LIMA, V. C.; LIMA, J. M. J.; EDUARDO, B. J. F. P.; CERRI, C. C. Biomassa microbiana e conteúdo de carbono do solo em agroecossistemas: comparação entre métodos de preparo de solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 2.; **Resumos**. São Paulo, 1992. p. 53.

LOPES, A. S. **Solos sob "Cerrado": características, propriedades e manejo**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1983. 162p.

LUFF, M. L; HUTSON, B.R. Soil fauna populations. In: HACKETT, B. (Ed.) **Land reclamation practice**. Guildford: IPC Business Press, 1977.

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.

- MELO, L. A. S. Impacto do Manejo de agroecossistemas sobre a mesofauna do solo, em áreas de terra firme, na região de Manaus, AM. Manaus, 1984. 117p. Dissertação (M. S) - Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas.
- MOURA, V. P. G.; SILVA, M. A.; SANTIAGO, J.; CASTRO, A. J. R. Comportamento e resistência de procedências de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden à formação de veios de "kino" em Planaltina, DF, área de cerrado. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.24/25, p.19-35, 1992.
- MUNEVAR, F.; WOLLUM, A. G. Efectos of the addition of phosphorus and inorganic nitrogen on carbon and nitrogen mineralization in Andepts from Colombia. **Soil Science Society of America Journal**, v.41, p.540-545, 1977.
- MUSGRAVE, G. W.; HOLTAN, H. N. Infiltration. In: W. T. CHOW. **Handbook of applied hydrology**, New York: McGraw-Hill Book, 1964. p.121-130.
- OLIVEIRA, E. P.; FRANKLIN, E. Efeito do fogo sobre a mesofauna do solo: recomendações em áreas queimadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.3, p.357-369, 1993.
- OLIVEIRA, S. L. Efeitos da carga hidráulica, da profundidade de instalação do cilindro interno e do diâmetro do cilindro externo, na determinação da velocidade de infiltração básica (VIB), pelo infiltrômetro de anel. Viçosa, 1977. 32p. Dissertação (M. S) – Universidade Federal de Viçosa.

PAAR, J. F.; BERTRAND, A. R. Water infiltration into soil. **Agronomy**, v.12, p.311-342, 1960.

PACÍFICO HOMEM, V. A cultura do eucalipto no melhoramento do solo. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DE EUCALIPTO, 2., Irmãos D. Giorgio e Cia., v.2, p.911-918, 1961.

POCHON, J.; BARJAC, H.; FAIVRE-AMIOT L' influence de plantation d' *Eucalyptus* au Maroc sur la microflore et l' humus du sol. Ann. Institute Pasteur, v.97, n.3, 1959.

POGGIANI, F.; LIMA, W. de 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.

POGGIANI, F.; OLIVEIRA, R. E.; CUNHA, G. C. Práticas de Ecologia Florestal. **Documentos Florestais**. Piracicaba. v.16, p.30-36. 1996.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais.** São Paulo: Nobel, 1990. 549p.

PRIOR, L. O. **Biology of *Eucalyptus*. Studies in Biology.** London: Edward Arnold. 82p.

RAIJ, B. van.; 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.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1996. 505p.

REISSMAN, C. B. Morfologia dos horizontes de húmus em florestas de coníferas do Sul do Brasil. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, v.5, n.1/2, p.11-16, 1983.

REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E. A laboratory and numerical assessment of the Guelph Permeameter Method. **Soil Science**, v.144, n.4, p. 282-299, 1987.

REYNOLDS, W. D.; VIEIRA, S. R.; TOPP, G. C. An assessment of the single-head analysis for the constant head well permeameter. **Canadian Journal of Soil Science**, v.72, p.489-501, 1992.

- ROCHA FILHO, J. V. de C.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D.; PITELLI, R. A. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus* I. Distribuição no solo e na manta. **Anais da ESALQ**, v. 35, p. 113-123, 1978.
- SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relação entre sistemas de preparo do solo, temperatura e umidade de um podizólico vermelho-escuro de Eudorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.313-319, 1995.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. Efeito da adição de nitrogênio e palha - (^{14}C) na liberação de CO_2 e formação de biomassa microbiana em latossolo vermelho amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.6, p.177 - 181, 1982.
- SANSIGOLO, C. A.; SILVA, H. D.; PEREIRA, R. S.; ALVES, S. T. Nutrição mineral de *Eucalyptus*. In: HAAG, H. P. (Coord.) **Nutrição mineral de *Eucalyptus*, *Pinnus*, *Araucaria* e *Gmelina* no Brasil**. Campinas: Fundação Cargil, 1983. p.1-59.
- 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.
- SAUTTER, K. D.; SANTOS, H. R. Avaliação da estrutura da população da mesofauna edáfica, em diferentes regimes de reabilitação de um solo degradado pela mineração de xistos. **Agrárias**, v.13, n.1/2, p.31-34, 1994.

- SAUTTER, K. D; TANCK, B. C. B; DIONISÍO, J. A; SANTOS, H. R. dos. Estudo da população de oribatei (acari: cryptostigmata), collembola (insecta) e oligochaeta, em diferentes ambientes de um solo degradado pela mineração de xisto a céu aberto. **Agrárias**, v.13, n.1/2, p.171-174. 1994.
- SAUTTER, K. D; TREVISAN, E. Estudo da população de oribatei (acari: cryptostigmata), collembola (insecta) em três sítios distintos de acumulação orgânica sob povoamento de *Pinus taeda* L. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, v.13, n.1/2, p.167-169. 1994.
- SCHILENTER, R.E. & CLEVE, K. V. Relationships between CO₂ 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 (M. S) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SINHA, R. N. Mites of stored grain in western Canada - Ecology and methods of survey. **Proceedings of the Entomological Society of Manitoba**, v.20, p.19-33, 1964.

- SKAGGS, R. W.; KHAEEL, R. Infiltration. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MODELLING AGRICULTURAL FOREST AND RANGELANDS HYDROLOGY, Chicago, 1988. **St. Josph.** Michigan: American Society of Agricultural Engineers, 1988. p.1-9, 1988.
- SOLOMON, M. E. Tyroglyphid mites in stored products - Methods for the study of population density. **Annals of Applied Biology**, v.32, n.1, p.71-75, 1945.
- TEIXEIRA, L.B; SCHUBART, R. O. R. Mesofauna do solo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia Central. **BOLETIM DE PESQUISA EMBRAPA/ CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO ÚMIDO**. v.95, p.1-16, 1988.
- TERREN, M. Efectos del fuego controlado en la velocidad de infiltracion del agua en suelos forestales: un caso de estudio en la costa norte de California. **Investigacion Agraria**, v.2, n.2, p.173-184, 1993.
- 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.
- WEBER, M.G. Forest soil respiration after cutting and burning in immature aspen ecosystems. **Forest Ecology and Management**, v.31, p.1-14, 1990.
- WITKAMP; OLSON, J. Breakdown of confined and monconfined oak litter. **Oikos**, v.13, n.11, p.138-147, 1963.