

02155
MEN 27007

MARIA INÊS NOGUEIRA ALVARENGA

**PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DE UM LATOSSOLO
VERMELHO-ESCURO EM DIFERENTES ECOSISTEMAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Curso
de Doutorado em Agronomia, área de
concentração em Fitotecnia, sub-área
Silvicultura, para obtenção do título de
"Doutor".

Orientador

Prof. ANTÔNIO CLÁUDIO DAVIDE

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL^{Nº}

1996

FICHA CATALOGRÁFICA PREPARADA PELA SEÇÃO DE CATALOGAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO
DA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFLA

Alvarenga, Maria Inês Nogueira

Propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro em
diferentes ecossistemas / Maria Inês Nogueira Alvarenga. -- Lavras : UFLA, 1996.

211 p. : il.

Orientador : Antônio Cláudio Davide

Tese (Doutorado) - UFLA.

Bibliografia.

1 . Solo - Propriedade física - Propriedade química - Propriedade biológica. 2 .
Interrelação Solo x Vegetação de Cerrado - Pasto nativo - Pasto plantado - Cultura
anual - Reflorestamento. 3 . Ecossistema. 4 . Latossolo Vermelho-Escuro. 5 .
Micorriza. 6 . Degradação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD - 631.43

- 631.432

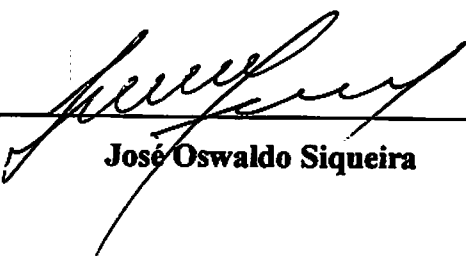
- 631.46

MARIA INÊS NOGUEIRA ALVARENGA

**PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DE UM LATOSSOLO
VERMELHO-ESCURO EM DIFERENTES ECOSISTEMAS**

**Tese apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do
Curso de Doutorado em Agronomia, área
de concentração em Fitotecnia, sub-área
Silvicultura, para obtenção do título
de "Doutor".**

APROVADA EM 23 DE DEZEMBRO DE 1996 :



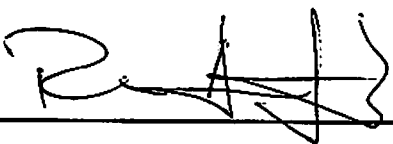
José Oswaldo Siqueira



Mozart Martins Ferreira



Edilson Batista de Oliveira



Rudi Arnon Seitz



**Antônio Cláudio Davide
(Orientador)**

À minha mãe Magali

e

ao meu pai Cyro (em memória)

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante.

À Universidade Federal de Lavras e à Pró-Reitoria de Pós-Graduação.

Ao Departamento de Agricultura pela oportunidade de realização do curso.

Aos Departamentos de Ciências Florestais e Ciência do Solo pelas oportunidades e infra-estruturas oferecidas.

À CAPES, FAPEMIG, PADCT / CNPq / FIAMB pelos recursos financeiros concedidos.

À Mannesmann FI-FL Florestal Ltda. pelo apoio logístico e análises laboratoriais realizadas.

Ao orientador Antônio Cláudio Davide pela oportunidade para execução deste trabalho e formação acadêmica.

Ao professor José Roberto Soares Scolforo pela confiança e oportunidades concedidas.

Aos professores Ary Teixeira de Oliveira-Filho, José Oswaldo Siqueira, Mozart Martins Ferreira pelas colaborações, sugestões e apoio para conclusão deste estudo.

Ao Edilson Batista de Oliveira e Antônio Nazareno Guimarães Mendes, pelas sugestões e apoio na elaboração das análises estatísticas

Ao professor Hécio Andrade pelas oportunidades e apoio recebidos.

Ao professor Vicente Gualberto pelo exemplo de força espiritual e de responsabilidade na transferência do saber.

Aos demais professores, a todos os funcionários com quem tive oportunidade de dividir esse tempo da minha vida.

Aos amigos pelo convívio, amizade, apoio emocional e carinho demonstrados em todos os momentos.

Aqueles que, de uma forma ou de outra, ajudaram no meu crescimento espiritual.

Aos meus familiares pela compreensão, amor e carinho em toda vida.

Enfim, agradeço a todos que ajudaram na conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	xi
SUMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REFERENCIAL TEÓRICO	04
2.1. Propriedades físicas do solo sob diferentes ecossistemas	04
2.2. Propriedades químicas do solo sob diferentes ecossistemas.....	13
2.3. Propriedades biológicas do solo sob diferentes ecossistemas.....	21
2.4. Alteração do solo em diferentes ecossistemas	29
3. MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1. O solo estudado	38
3.2. O clima da região	40
3.3. Os ecossistemas amostrados	40
3.3.1. Cerrado - CE	44
3.3.2. Pasto nativo - PN	44
3.3.3. Pasto plantado - PP	45
3.3.4. Cultura anual - CA	45
3.3.5. Floresta adulta de eucalipto - FA	45
3.3.6. Reforma com eucalipto - RE	46
3.4. Descrição do métodos de amostragem e análises laboratoriais	46
3.4.1. Necromassa	46

3.4.2. Material do solo	48
3.4.3. Delineamento experimental e análises estatísticas	54
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1. Propriedades físicas do LE em diferentes ecossistemas	57
4.1.1. Densidade do solo	57
4.1.2. Porosidade total, macro e microporosidade do solo	60
4.1.3. Argila dispersa em água e estabilidade de agregados	64
4.1.4. Umidade atual	68
4.2. Propriedades químicas do LE em diferentes ecossistemas	70
4.2.1. Carbono no solo	70
4.2.2. Fósforo no solo	71
4.2.3. Potássio no solo	72
4.2.4. Cálcio no solo	74
4.2.5. Magnésio no solo	75
4.2.6. Alumínio trocável, acidez potencial e saturação de alumínio	77
4.2.7. CTC efetiva e CTC a pH 7,0	80
4.2.8. Soma de bases e saturação por bases	81
4.2.9. Enxofre no solo	83
4.2.10. Micronutrientes no solo	83
4.3.. Composição química da necromassa de diferentes ecossistemas	87
4.3.1. Extrativos, lignina e holocelulose	87
4.3.2. Teores de macronutrientes na necromassa	88
4.3.3. Teores de micronutrientes na necromassa	89
4.4. Propriedades biológicas do LE em diferentes ecossistemas	91
4.4.1. Colonização micorrízica	91
4.4.2. Esporos no solo	92
4.4.3. Biomassa carbono	97
4.5. Alteração das propriedades do solo	100
4.5.1. Avaliação das propriedades físico-químicas e biológicas do solo	100
4.5.2. Avaliação das propriedades da necromassa	111
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS	116

6. CONCLUSÕES	118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
ANEXOS	136

LISTA DE TABELAS

TABELA

PÁGINA

- 01 - Frequência de ocorrência de (%) de espécies de fungos Glomales, densidade de esporos / espécie e índice médio de ocorrência, em 30 amostras coletadas em três épocas, de 0 a 40cm de profundidade, em cada ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto e RE, área de reforma) 94
- 02 - Coeficientes de similaridade (%) entre ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto e RE, área de reforma); em duas profundidades (0 a 20 e 20 a 40cm) 95
- 03 - Índices de riqueza e de diversidade quanto à ocorrência de fungo Glomales em seis ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto e RE, área de reforma); em duas profundidades 96
- 04 - Valores de carbono orgânico total no solo e da relação $C_{\text{microbiano}} / C_{\text{orgânico}}$ nos seis ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto e RE, área de reforma com eucalipto) 99

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
01 -	Croqui da área de estudos, com detalhamento da localização dos ecossistemas estudados (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento de eucalipto adulto e RE, área de reforma)	39
02 -	Biomassa carbono (ug/g solo), de seis ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento de eucalipto adulto e RE, área de reforma); coletadas em janeiro de 1996 de 0 a 20cm de profundidade. M'dias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste tukey ao nível de 5% de probabilidade	98
03 -	Alteração dos parâmetros físicos de um LEd, sob diferentes ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento de eucalipto adulto e RE, área de reforma)	101
04 -	Alteração dos parâmetros químicos de um LEd, sob diferentes ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento de eucalipto adulto e RE, área de reforma)	103
05 -	Alteração dos parâmetros químicos de um LEd, sob diferentes ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento de eucalipto adulto e RE, área de reforma)	104
06 -	Diagramas de ordenação dos parâmetros físicos e químicos do solo (a) e dos	

	ecossistemas analisados (b) : CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento de eucalipto adulto e RE, área de reforma; produzidos por análise de componentes principais, na profundidade de 0 a 20cm	106
07 -	Diagramas de ordenação dos parâmetros físicos e químicos do solo (a) e dos ecossistemas analisados (b) : CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento de eucalipto adulto e RE, área de reforma; produzidos por análise de componentes principais, na profundidade de 20 a 40cm	107
08 -	Teores de nutrientes na necromassa de diferentes comunidades vegetais (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1 e FA2, camadas superior e inferior da necromassa do reflorestamento de eucalipto adulto e RE, área de reforma)	112
09 -	Diagramas dos parâmetros de serapilheira (a) em relação aos ecossistemas (b) : CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1 e FA2, camadas superior e inferior da necromassa do reflorestamento de eucalipto adulto e RE, área de reforma; e em relação às épocas de amostragem (c); produzidos por análise de componentes principais	114

RESUMO

ALVARENGA, Maria Inês Nogueira. Propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes ecossistemas. Lavras : UFLA, 1996. 173 p. (Tese de Doutorado).*

O uso inadequado dos solos provoca o desencadeamento de uma série de impactos ambientais. Tanto sob o ponto de vista do uso para reflorestamento como agropecuária, observa-se uma alteração e, muitas vezes, uma degradação da qualidade ambiental devido, principalmente, à retirada da cobertura natural e excessiva mecanização. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a alteração dos parâmetros físicos, químicos e biológicos de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico sob vegetação de cerrado. Para isto foram coletadas amostras em cinco ecossistemas provenientes da alteração do cerrado original, quais sejam: pasto nativo (cerrado no qual as árvores de maior porte foram retiradas), pasto plantado de braquiária, cultura anual (2 cultivos por ano com rotação milho/sorgo para silagem), um reflorestamento de eucalipto com idade de 15 anos e área de reforma com 1 ano. As amostras de material de solo foram retiradas em duas profundidades (0 a 20 e 20 a 40 cm), em quatro épocas, sendo duas antes do período das chuvas (nov/93 e nov/94) e duas após o período das chuvas (jun/94 e jun/95). Foram tomadas amostras de necromassa para cada ecossistema e nas quatro épocas estudadas, sendo coletado todo o material vegetal depositado sobre o solo, correspondente a uma área de 50 x 50 cm. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial com cinco repetições. Foram determinados os macro e micronutrientes, os extrativos totais, a celulose e a lignina da necromassa. Para as amostras de material de solo, foram determinados os macro e micro nutrientes e o carbono do solo; os parâmetros físicos (densidade do solo, porosidade total macro e microporosidade, estabilidade de agregados em água, argila dispersa em água e umidade atual); os parâmetros biológicos (taxa de colonização, quantidade e qualidade de esporos por 50 g de solo, o índice de diversidade e o coeficiente de similaridade dos ecossistemas).

* Orientador: Prof. Antônio Cláudio Davide. Membros da Banca: José Oswaldo Siqueira; Mozart Martins Ferreira; Edilson Batista de Oliveira; Rudi Arno Seitz.

O ecossistema com cultura anual foi o que mais se diferenciou do ecossistema original de cerrado, sendo que os parâmetros que mais contribuíram para esta diferença foram: o K, o Ca, o Mg, o S, o P, a densidade do solo, a microporosidade, a porosidade total e a porcentagem de agregados >2mm. No que diz respeito aos parâmetros químicos, o solo com cultura anual apresentou os maiores teores. Entretanto, quanto aos parâmetros físicos a cultura anual, devido a mecanização excessiva, aumentou muito a microporosidade e a densidade do solo, o que implica em dificuldade para o desenvolvimento do sistema radicular e menor quantidade de água disponível. Os demais ecossistemas, em termos gerais, pouco se diferenciaram entre si, apesar de serem diferentes do cerrado, principalmente em relação aos teores de Fe, Al, H+Al, porosidade total e macroporosidade. De maneira geral observou-se que, entre os ecossistemas artificiais, aqueles que requerem manejo menos intensivo, são menos impactantes, notadamente o reflorestamento de eucalipto, que além de buscar nutrientes a grandes profundidades, a parte comercial quase não exporta nutrientes do solo, quando os cortes são feitos a grandes intervalos de tempo.

SUMMARY

PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF A DARK RED LATOSOL IN DIFFERENT ECOSYSTEMS.

The inadequate use of the soil promote the unchaining of a series of environmental impacts. The implementation of both, agriculture as well as reforestation, causes alterations and many times the degradation of the environment, due mainly to the destruction of the natural cover of the soil and the excessive use of machines. The objective of this work was to evaluate the alterations of some soil physical, chemical and biological parameters of a dystrophic dark red Latosol under Brazilian savanna vegetation. Five ecosystems originated of the alteration of the native savanna were also sampled. These systems were: native pasture (native savanna land from which the biggest trees were removed); implanted brachiaria pasture; annual crops (2 crops per year in a rotation of maize and sorghum for silage production); reforested land with adult trees (15 years old) and new reforestation with eucalyptus (1 year old). The soil samples were taken from two depths (0-20 cm and 20-40 cm) in four time, being two before the rainy season (Nov/93 and Nov/94) and two after the rainy period (Jun/94 and Jun/95). It was also collected litter samples for each ecosystem and sampling time, and then the vegetal material was deposited in the soil surface performing a square area of 50 cm per 50 cm. This study was arranged in a completely randomized statistical design with 5 replicates. The macro and micronutrients content, total extracts, cellulose and lignin of the litter samples were determined. In the soil samples the following analyses were carried out: macro and micronutrients, soil carbon, bulk density, total macro and microporosity, water agregates stability, water disperse clay , soil moisture content, micoryza colonization rate, amount and quality of spores per 50 g of soil, ecosystems diversity index and ecosystems similarity coefficient.

The higher difference from the original savanna was presented by the annual crop ecosystem and the most important contributions for this difference were given by K, Ca, Mg, S, P, bulk density, soil microporosity, total maro and microporosity and agreggates percentage >2mm.

In despite of the good results regarded to chemical parameters, it was found the higher nutrient contents in soil occupied with annual crop ecosystem. In the annual crop system, due to the intensive mechanisation, showed an increase in microporosity and bulk density and as a consequence decreasing the water availability and root development. In general, the other ecosystems showed few difference among themselves, although they were all different from the natural savanna ecosystem, specially about Fe, Al and H+Al content, total porosity and macroporosity. It was observed that among the artificial systems, those which require a less intensive management are the ones which cause less impact, notably the eucalyptus reforestation, which searches for nutrients in the deepest layers of the soil profile and exports small amounts of nutrients if large cutting intervals are kept.

1 - INTRODUÇÃO

Atualmente tem havido muito questionamento acerca da utilização dos solos, tendo sido observado que o uso inadequado dos mesmos, acarreta o desencadeamento de uma série de impactos ambientais, que poderiam ser evitados. Tanto sob o ponto de vista do uso para florestamento como para agropecuária, observa-se uma alteração e, na maioria das vezes, uma degradação da qualidade ambiental, devido principalmente à retirada da cobertura natural e excessiva mecanização.

No Brasil de maneira geral, a vegetação natural vem sendo substituída por culturas agrícolas, pastagens e espécies florestais de rápido crescimento, notadamente nas áreas sob vegetação de cerrado. Essa mudança na utilização do solo provoca um desequilíbrio no ecossistema e as propriedades intrínsecas da nova vegetação bem como o manejo adotado influenciarão os processos físico-químicos e biológicos do solo, modificando suas características e, muitas vezes, propiciando sua degradação.

Entre os processos degradativos mais significantes, pode-se citar a erosão, anaerobiose, compactação e encrostamento, depleção e desbalanço de nutrientes e a redução na biodiversidade do solo, ao contrário, os processos restaurativos são evidenciados pelo aumento na biodiversidade, na macroporosidade total, na reserva de nutrientes etc.

Muita polêmica existe a respeito dos reflorestamentos de grandes áreas com espécies exóticas (especialmente eucalipto), o que está relacionado ao fato de que essas espécies têm sido utilizadas na forma de plantações florestais homogêneas, ou monoculturas e, dessa forma, caracterizadas por apresentarem baixa diversidade ecológica, o que poderia resultar em instabilidade ou vulnerabilidade às mudanças ambientais, bem como ao ataque de

pragas e doenças. Todavia esse fenômeno ocorre em qualquer circunstância de monocultura ou uso intensivo agrícola de uma mesma área e, nesse caso, com o agravante da excessiva mecanização do solo. Cabe ainda ressaltar que existe uma duplicidade de valores quanto à característica "exótica", quando se compara essências florestais com culturas agrícolas; sendo normalmente aceito para o caso das grandes culturas no mundo (milho, trigo, café, cana-de-açúcar etc.), não se contestando o fato de que, também nesses casos, o solo sofre degradações físicas, químicas e biológicas, com o decorrer de sucessivas rotações, se não forem tomadas adequadas medidas de manejo.

As transformações provocadas pela instalação de cultivos homogêneos precisam ser avaliadas do ponto de vista ecológico. Portanto, o estudo do ecossistema é de fundamental importância principalmente no caso de florestas implantadas, constituindo-se num painel de controle para uma produção contínua e equilibrada, possibilitando a previsão de situações que poderiam ser críticas a médio e longo prazos, tanto em relação à produtividade como em relação às características do solo, fonte de nutrientes para as plantas.

Assim, pode-se considerar que cada ecossistema tem um potencial de sustentabilidade, de tal forma que seu funcionamento equilibrado varia para cada situação. Assim sendo, a utilização dos solos e, conseqüentemente, a conservação de suas características, que é a base para evitar sua degradação, deve ser calcada na sua aptidão de uso. Admitindo-se que um mesmo solo tem potencial para vários usos, a conservação de suas características fica na dependência do manejo de cada atividade implementada, de tal forma que se aliem produção econômica e preservação da qualidade ambiental, que só faz sentido quando observadas numa faixa de tempo mais ampla, longe dos objetivos imediatistas que predominam na concepção atual de produtividade.

Considerando-se que no local de estudos, são extensas as áreas de solos bastante homogêneos, originalmente sob vegetação de cerrado e que áreas significativas estão sendo utilizadas para florestamento visando abastecer indústrias ou estão ocupadas com pastagem (nativa ou plantada) para suprir, principalmente a pecuária de corte; propõe-se caracterizar as alterações físicas, químicas e biológicas condicionadas pelos diferentes usos de tais áreas.

Apesar de não se ter uma comparação englobando aspectos físico-químicos e biológicos, provenientes de diferentes condições de uso do solo, considera-se que a intensidade dos usos é diretamente proporcional às alterações nas suas propriedades. De forma

que a substituição de uma vegetação nativa de cerrado por um cultivo perene (reflorestamento ou pastagem), mesmo provocando poucas alterações nas propriedades físicas do solo em relação aos cultivos intensivos; no que diz respeito à ciclagem de nutrientes e à diversidade biológica, nas condições de dominância de uma determinada espécie de planta, provoca alterações nos componentes bioquímicos do sistema. Portanto uma análise conjunta das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, evidencia qual o uso provoca maior alteração, bem como, qual ou quais dessas propriedades mais contribui para essa alteração; possibilitando estabelecer relações entre diferentes usos do solo e a alteração ambiental. Esse estudo pretende:

- Avaliar alterações das propriedades físicas nos diferentes ecossistemas;
- Avaliar alterações das propriedades químicas nos diferentes ecossistemas;
- Avaliar alterações das propriedades biológicas nos diferentes ecossistemas;
- Determinar quais as propriedades que mais influenciaram na alteração dos ecossistemas;
- Determinar quais os ecossistemas mais alterados em relação ao cerrado;

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 - Propriedades físicas do solo sob diferentes ecossistemas

O solo, por ser um meio extremamente heterogêneo, apresenta características e comportamentos diversos, podendo manifestar interações complexas entre seus constituintes como resposta à diferentes técnicas de manejo (Moraes, 1984) e/ou variações ambientais.

Entre as propriedades do solo, aquelas relacionadas aos aspectos físicos são de extrema importância para o desenvolvimento das plantas, devido ao fato dos constituintes sólidos do solo interagirem com os fluídos, água e ar, essenciais às plantas (Ferreira, 1993). De maneira que, dependendo da forma com que esses constituintes se associam, a movimentação dos fluídos, ar e água no sistema poroso variará em função do tipo de solo e/ou das condições de manejo às quais é submetido. Assim sendo, o conhecimento das propriedades do solo e de suas implicações como sistema solo-água-plantas são básicos para o entendimento e conservação do ambiente.

A densidade do solo é uma propriedade física que reflete o arranjo das partículas do solo, que por sua vez define as características do sistema poroso; sendo um importante indicativo das condições de manejo (Ferreira, 1993) e, conseqüentemente, da porosidade, permeabilidade e capacidade de armazenamento de água pelo solo. A porosidade representa a porção do solo, em volume, não ocupada por sólidos, variando em função da textura e estrutura dos mesmos, sendo fundamental no estudo envolvendo armazenamento e movimento de água e gases no solo, no fluxo e retenção de calor, resistência mecânica dos solos e desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Ferreira, 1993). A estrutura do solo reflete a natureza de seus componentes primários e a extensão com que estes se agregam; determina a distribuição do tamanho de poros; a estabilidade de agregados; e, como o uso

afeta o fluxo de água e o potencial de erosão, o comportamento da fauna e microbiano, e a dinâmica de matéria orgânica (Strickland et al, 1988; Ferreira, 1993). A capacidade de retenção de água, propriedade do solo de atrair e reter água no estado líquido ou gasoso, é resultado da ação conjunta dos fatores apresentados anteriormente, entre outros; e caracteriza o solo como reservatório de água para as plantas e microrganismos.

O tipo de cobertura vegetal implica em distintos comportamentos no que diz respeito às propriedades físicas do solo; e, de acordo com Oliveira, Camargo e Jacomine (1992), a vegetação influi ativamente nos processos de formação dos solos, propiciando condições favoráveis às atividades biológicas e, conseqüentemente, dá origem à diferentes ecossistemas. Através do contato direto entre o sistema radicular e os colóides do solo, a vegetação é fundamental no processo de ciclagem de nutrientes; de forma que, nos solos pobres em reservas minerais devido, principalmente, ao processo de intemperismo, é a biomassa que contribui com a estocagem destes nutrientes, e quanto maior a biomassa, maior a quantidade de serapilheira formada bem como de nutrientes armazenados, e menor o tempo de reciclagem dos nutrientes (Golley et al, 1978). Além desses aspectos a cobertura vegetal atua na diminuição da amplitude térmica e na condição hídrica do solo, em função da sua estrutura e classe (Jorge,1985).

Comparando solos sob cobertura natural com solos reflorestados, solos sob pastoreio e sob cultivo com intensiva mecanização, observa-se um gradiente de alterações nas suas propriedades físicas, notadamente no que diz respeito a estrutura do solo, que pode ser medida através dos parâmetros de densidade, porosidade total, macro e microporosidade. Além desses aspectos ressalta-se o fato da cobertura do solo ser um importante agente no controle de erosão, tendo em vista que o efeito do impacto da gota de chuva é bem menor (se não inexistente) nos solos constantemente cobertos, do que em solos expostos. Sob o aspecto erosão acrescenta-se ainda que a excessiva mecanização favorece o escoamento superficial pela alteração da estrutura do solo.

Nas condições de estudo de Spera (1995), os solos sob mata apresentaram maiores porcentagens de terra fina, argila, argila dispersa em água; maior volume total dos poros, macroporosidade, microporosidade; maiores teores de matéria orgânica e maior diâmetro médio de agregados na camada superficial; sendo também mais profundos que os solos sob campo com conseqüente maior capacidade de armazenamento de água no perfil. Os solos sob

campo apresentaram maiores porcentagens de frações grosseiras (maiores que 2,00mm), maiores teores de areia total, maior densidade do solo e, conseqüentemente, menores teores de água disponível e menor capacidade de armazenamento de água.

Infere-se daí que a vegetação expressa diferentes ecossistemas e que o ecossistema de campo é mais restritivo que o de floresta. Entretanto, Medina e Grohmann (1966), citados por Batista e Couto (1992a), estudaram as correlações entre as características físicas dos solos e a ocorrência da vegetação de cerrado no Estado de São Paulo, concluindo que os solos sob cerrado estudados não apresentaram nenhuma característica física que pudesse ser considerada como responsável pelo aparecimento desse tipo de vegetação. Contudo, essa ausência de correlação não contradiz a afirmação de que a vegetação condiciona à formação de diferentes ecossistemas, além de contribuir para a afirmação de que a alteração de qualquer fator ambiental (leia-se aqui fator de formação do solo) favorece a formação de diferentes ecossistemas; ou seja, na medida em que varia a combinação do grau de alteração dos componentes ambientais, há uma variação na expressão final desses componentes (Alvarenga e Souza, 1995).

Muito embora o objetivo do preparo do solo seja alterar algumas de suas propriedades físicas, conferindo-lhe novas condições que favoreçam o crescimento e desenvolvimento das plantas, via de regra ele tem proporcionado deterioração dessas propriedades. Com isso muitos questionamentos têm sido feitos a respeito do uso intensivo dos maquinários agrícolas no preparo das áreas e suas implicações nas propriedades físicas dos solos. De acordo com Centurion e Demattê (1992), muitas vezes a produtividade é comprometida pelo excesso ou pela inadequação de práticas a que o solo é submetido, desde o seu preparo até a colheita da cultura que nele foi estabelecida. Dentre os fatores relacionados com o preparo do solo que podem causar modificações no perfil (Centurion e Demattê, 1992), destaca-se: a intensidade de revolvimento, tipo de equipamento, manejo de resíduos vegetais e condições de umidade do solo no momento do trabalho.

Os objetivos do manejo adequado do solo são assegurar boas produções, não limitadas pelos fatores do solo e garantir que para produzir não sejam provocadas mudanças no solo que impeçam a manutenção dessas produções. Segundo Greenland (1981), e Cardoso, Potter e Dedecek (1992), altas produções são obtidas quando as condições químicas, físicas e

biológicas do solo são ótimas. Atingidos esses pré-requisitos as produções ficam na dependência do clima e do potencial genético da cultura.

Mc Cornack et al (1982), citados por Cardoso, Potter e Dedecek (1992), identificaram profundidade de enraizamento, espessura da camada superficial do solo, capacidade de armazenamento de água e nutrientes, capacidade de infiltração, mecanização e teor de matéria orgânica, como as características mais importantes na determinação do potencial produtivo dos solos.

Zaque (1993), distinguiu cultivo para evitar compactação do solo, de cultivo para reduzir o encrostamento ou endurecimento do solo e concluiu que devem ser feitas mais pesquisas de práticas de cultivo para solos argilosos afetando diferentes tipos de culturas. O encrostamento ou endurecimento dos solos que envolve um entendimento das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, deve também receber mais atenção. Segundo esse mesmo autor, o cultivo é a operação ou prática feita para preparar a superfície do solo com o propósito de produção de uma cultura. Para determinados locais a escolha da prática de cultivo depende de um ou vários dos seguintes aspectos: fatores do solo, fatores do clima, fatores das culturas, fatores sócio-econômicos e outros. Cada um desses fatores pode ser controlado por causas específicas, como por exemplo os fatores do solo que incluem declive, erodibilidade, profundidade de enraizamento, textura, estrutura, conteúdo de matéria orgânica e mineralogia. Portanto, entre outros fatores, é de grande importância observar a frequência de cultivo, a profundidade de cultivo e os implementos usados nessas operações. De acordo com Rando (1981), apesar de haver um questionamento técnico da validade das operações de preparo da forma como estão sendo realizadas, a restrição do uso de máquinas e implementos agrícolas na preparação do terreno e na condução da cultura deve-se não somente ao desperdício de mão-de-obra e energia; mas, principalmente, à degradação dos solos, levando-os a um declínio gradual na produtividade.

As pesquisas sobre cultivos de efetiva conservação sem uma adequada interpretação das condições locais de solo e clima, limitam severamente seu potencial de aplicabilidade. Segundo Zaque (1993), a enxada de mão é o implemento usado no cultivo que mantém o solo produtivo. Entretanto, com a introdução de métodos de cultivo mais avançados, a frequência e o modo de cultivo devem considerar, continuamente, a natureza do solo, a cultura, o clima e a condição socio-econômica. Sendo, portanto, necessário entender o

limite crítico das propriedades do solo que são afetadas por diferentes usos da terra e práticas de manejo que influenciam a produtividade das culturas; isto é, há uma necessidade de se considerar os solos individuais e não generalizar informações.

Considerando que a infiltração da água reflete as condições físicas do solo, como estrutura, porosidade e ausência de camadas compactadas (Hillel, 1970; Baeumer e Bakernaus, 1973); num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, elas sofreram modificações acentuadas em função do preparo, conforme concluíram Centurion e Demattê (1992). Entretanto, de acordo com esses mesmos autores, embora o uso e manejo de uma área experimental, durante nove anos de cultivo, tenham provocado degradação das propriedades físicas do solo em relação ao sistema natural, os rendimentos obtidos em todos os tratamentos (convencional, superpreparo, preparo invertido, enxada rotativa, preparo reduzido e semeadura direta, com ou sem subsolagem) foram acima da média nacional, da ordem de 1,5 a 2,0 ton de milho/ha. O que sugere que o uso da tecnologia é indispensável para que novas áreas sejam incorporadas ao processo produtivo, notadamente naquelas sob vegetação de cerrado, onde a ocorrência desses solos é significativa.

Cardoso, Potter e Dedecek (1992), tomando por base cinco perfis de solo (PV e LE), descritos e amostrados em 1972, por ocasião do levantamento dos solos do Estado do Paraná, fizeram nova descrição e amostragem, traçando um histórico do uso agrícola das áreas até 1982. Observaram uma degradação acentuada dos solos logo após o seu uso agrícola, sendo que essa degradação apresentou uma tendência de diminuir e estabilizar na medida em que valores mínimos das propriedades físicas e químicas foram atingidos. A exploração agrícola desses solos afetou principalmente a espessura do horizonte A, o grau de flocculação das argilas e o teor de matéria orgânica, dentre as características avaliadas.

A incorporação de matéria orgânica na superfície do solo, geralmente, apresenta efeito mais significativo no desenvolvimento das culturas resultando em diminuição na densidade aparente, resistência à penetração e temperatura e aumento na umidade da superfície. Donnelly e Shawe (1986), avaliando o efeito da incorporação de “mulching” na compactação do solo, observaram que quando o mesmo era aplicado antes de induzir a compactação, as mudanças nas propriedades físicas e no crescimento do diâmetro de árvores eram mais moderadas. A adição pós-compactação não afetou a recuperação da densidade aparente nos dois primeiros anos após aplicação.

Domzal et al (1993), ao analisarem, as feições morfológicas e as características físicas e químicas de horizontes genéticos; em áreas com diferentes usos: floresta nativa; solo cultivado com baixo nível de mecanização; solo cultivado com intensiva mecanização há vários anos e solos utilizados para horticultura há vários anos; concluíram que o uso agrícola dos mesmos muda a estrutura e as propriedades físico-químicas do horizonte orgânico arável. Em clima úmido essas mudanças serão evidenciadas por: a) baixo pH, sendo o efeito mais forte com o aumento do nível de tecnologia e intensidade de uso; b) mudança na distribuição de substâncias húmicas no perfil, que está conectada com sua diminuição nos horizontes orgânicos comparado com os solos orgânicos de floresta; c) mudanças na estrutura das camadas superficiais consistindo na destruição da estrutura dos agregados ou formação de estrutura não agregada; d) formação de horizontes aráveis orgânicos profundos nas áreas de horticultura, com aumento no conteúdo de húmus em relação a solos aráveis típicos.

Com o desenvolvimento cada vez mais intensivo da pecuária em áreas de cerrado, torna-se importante saber até que ponto a compactação desses solos, provocada também pelos animais, afeta a capacidade de suporte das pastagens com gramíneas forrageiras. Em decorrência do uso e manejo inadequados desses solos, nota-se, frequentemente, que certas propriedades físicas tendem a deteriorar-se; sendo que a compactação tem sido a principal alteração observada (Silva, Novaes, Neves e Barros, 1992).

A atividade silvi-pastoril definida por Mc Queen (1976), citado por Silva, Garrido e Garrido (1986), “como uma associação integrada de árvores e pastagem em que a produção conjunta prevê uma renda líquida média maior do que a floresta ou pastagem” isoladas; permitirá um retorno do investimento mais cedo propiciando ao empresário maior tranquilidade no que se relaciona ao giro de capital. De forma que a exploração silvi-pastoril, sendo uma atividade na qual as mudanças de microclima e sua influência nos componentes do solo, umidade, vegetação e vida animal, podem requerer técnicas de manejo de pastagem diferentes das usuais.

Silva, Garrido e Garrido (1986), observaram que a *Brachiaria humidicola* apresentou maior produção de massa verde em três tipos de preparo do solo estudados, do que na ausência de preparo do solo. De maneira geral eles observaram que a falta de preparo do solo levou a produções reais baixas na braquiária e na grama missioneira.

Estudando o comportamento das características e propriedades físicas de um Latossolo Roxo distrófico (LRd) cultivado por dez anos com culturas anuais e sob cobertura natural de mata, Rando (1981) observou que a estrutura do solo foi mais vulnerável ao cultivo intensivo. Com o cultivo o horizonte superficial do solo teve redução na sua macroporosidade em 44% e na porosidade total em 11%, enquanto a microporosidade aumentou em 24%. Isto implica em uma menor infiltração da água no solo, que tem como principais conseqüências o aumento na erosão e dificuldade no aprofundamento do sistema radicular. O cultivo também aumentou a densidade de partículas devido a redução do conteúdo de matéria orgânica e, conseqüentemente, redução do índice de floculação.

Fernandes (1982), também estudando as propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd), fase cerrado, comparando áreas com seis anos de uso e declividade menor que 6%, selecionou como modalidades de uso rotação soja/trigo, café e uma gleba sob vegetação natural. Observou, na camada superior do solo, elevado decréscimo nos agregados maiores que 2,0 mm sob cultivo soja/trigo, quando comparado com café e vegetação natural de cerrado (testemunha). Em todos os tratamentos o equivalente de umidade foi ligeiramente mais alto para os primeiros 10,0cm, enquanto que para todas as profundidades analisadas houve um aumento na densidade aparente do solo sob soja/trigo, seguido do solo sob café. Entretanto, em nenhum caso o aumento da densidade aparente foi suficiente para comprometer o espaço radicular; que, de acordo com Archer e Smith (1972), os limites máximos tolerados da densidade aparente para solos argilosos é de $1,2 \text{ g/cm}^3$, sendo que solos com densidade aparente acima de $1,3 \text{ g/cm}^3$ apresentam sérias desvantagens quanto a permeabilidade e aeração.

Também estudando alterações físicas provocadas pelo manejo de LRd sob cerrado, Rosa Júnior; Silva e Costa (1988), separou glebas com vegetação natural e cultivo consecutivo soja/trigo de quatro e nove anos de idade. Observou que com o tempo houve uma formação de camadas compactadas na profundidade de 10,0 a 20,0cm causadas, possivelmente, pela mecanização intensa; provocando diminuição na porosidade total e nos macroporos, e aumento na porcentagem de microporos; conseqüentemente, havendo diminuição no tamanho dos agregados e alteração na retenção de umidade.

Moraes (1984) estudou um Latossolo Vermelho-Escuro em suas características e propriedades físicas, quando submetido a três anos de plantio convencional (1 aração mais 2

gradagens) e sob plantio direto, comparados ao solo original, sob cerrado. Os resultados indicaram aumento da densidade aparente e do teor de matéria orgânica em ambos os cultivos; diminuição na porosidade total e na estabilidade de agregados no plantio convencional; aumento do limite de liquidez e do índice de plasticidade no plantio direto. Os dados indicaram ainda que a influência dos sistemas de cultivo se manifestam no máximo até o horizonte A3 e sugerem um início no processo de compactação do solo.

Considerando que a função da floresta é de proteção, a plantação de *Eucalyptus sp* e *Pinus sp* deve resultar na melhoria das propriedades físicas do solo, como decorrência da ação benéfica em termos de incorporação de matéria orgânica, melhorando principalmente a estrutura, capacidade de armazenamento de água, infiltração, aeração. Siegli e Banerjee (1980), citados por Lima (1987), estudaram as diferentes condições de microagregação de solos sob plantações de diferentes espécies florestais e em solos agrícolas. Encontraram melhor agregação nas amostras de solos florestais. No que diz respeito ao diâmetro dos agregados maiores que 2,0 mm, o solo sob eucalipto mostrou ser melhor do que sob *Pinus*. Em condições de plantações florestais destinadas à produção de madeira industrial, sucessivas operações silviculturais (preparo da área, corte e retirada da madeira) podem conduzir a deterioração gradual das propriedades físicas do solo, decorrentes de sua compactação e alteração de sua densidade aparente; o que se trata de um efeito das operações associadas e não do gênero ou espécie de eucalipto.

Nas zonas de savana do Sudão, no oeste da África, é comum o uso da terra num ciclo de cultivo entre 5 a 15 anos, seguido de 20 a 40 anos de pousio, após queda dos rendimentos (Boukar e Fontainier, 1992). Entretanto, a diminuição do pousio e aumento da pressão de pastejo e da produção de carvão, tem levado a um processo de degradação da vegetação natural, com o aparecimento de vegetação típica de regiões mais áridas, adaptadas a solos degradados, enfatizando a tendência de aridificação das savanas. Por outro lado a flutuação e evolução das taxas de matéria orgânica, e as modificações do balanço de umidade são naturalmente lentos nos casos em que as savanas estão sujeitas a ciclos de cultivo e pousio adequados. Para reabilitar os solos dessas savanas degradadas, todos os tratamentos que levam a proteção do extrato lenhoso são benéficos: prevenção do fogo, redução da taxa de pastejo e no corte de árvores. Outra série de técnicas de usos consiste na limitação da superfície de escorrimento superficial maximizando a infiltração no solo.

As medidas para avaliação da capacidade produtiva do solo bem como a manutenção e o melhoramento desta, só terão efeito se o solo for considerado como parte do ecossistema, envolvendo em particular, observações sobre o clima e a vegetação (Alvarenga e Souza, 1995). E, partindo do pressuposto que todos os tipos de solos podem ser mais ou menos susceptíveis à degradação, dependendo da ótica de observação; ou seja, sob o ponto de vista de sua pedogênese (fatores intrínsecos) ou sob o ponto de vista do manejo adotado (fatores extrínsecos), fica evidenciada a necessidade do conhecimento das propriedades físicas do solo, como ferramenta essencial na avaliação da degradação dos ecossistemas.

De forma que o conhecimento qualitativo e/ou quantitativo da alteração dos parâmetros físicos do solo evidenciará os melhores indicadores de impacto no mesmo, quando forem comparados diferentes ecossistemas em relação a um ecossistema natural. Partindo desse pressuposto, infere-se então que quanto mais intensivo for o uso, maiores serão as diferenças nas propriedades do solo em relação às condições naturais.

2.2 - Propriedades químicas do solo sob diferentes ecossistemas

Em muitas áreas o cerrado natural foi substituído por reflorestamentos com espécies de rápido crescimento, principalmente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*; em função da falta de madeira para suprir a indústria, da distância das florestas naturais, do excelente potencial de produção destes gêneros, de material lenhoso para a indústria e da grande heterogeneidade das árvores tropicais.

Por outro lado, com a necessidade de se aumentar a produção de alimentos (vegetais e/ou animais), tem-se escolhido as áreas de cerrado como a melhor opção para a expansão da fronteira agrícola, tendo em vista as boas características físicas dos solos e a facilidade de mecanização, bem como a localização estratégica das vias de acesso, em relação aos grandes centros de consumo. Entretanto, tem sido observada uma alteração das propriedades desses solos, anteriormente sob cerrado, em função do manejo adotado; tanto no que diz respeito ao uso para produção de florestas energéticas, quanto para produção de alimentos (Resende, Ker e Bahia Filho, 1996).

Considerando que o solo é a base para uma agricultura sustentada, é necessário adotar práticas de manejo que conservem e/ou restaurem sua fertilidade a fim de manter a produtividade. De acordo com Dalal et al. (1991), o uso contínuo da terra para a produção de cereais, conduz a uma redução na fertilidade do solo, com conseqüente baixo rendimento e qualidade inferior de grãos. Por outro lado, embora em condições de floresta a absorção anual de nutrientes de um hectare de solo, corresponda a absorção de algumas culturas agrícolas, conforme Poggiani (1985), menos de um terço dos nutrientes absorvidos é imobilizado no caule lenhoso e na casca (parte comercial), enquanto o remanescente retorna ao solo como reserva nas folhas, ramos, frutos e raízes. De forma que, quando o solo de um talhão florestal apresenta boa fertilidade, as perdas anuais de nutrientes são relativamente pequenas; podendo ser substituídas pelo intemperismo do solo e "inputs" naturais; mas, quando as reservas minerais do solo são muito baixas, é necessária uma adubação, para manter a produtividade permanente do sistema.

Pode-se então inferir que o adequado manejo dos nutrientes do solo é tanto mais importante, quanto maior for a remoção desses do sistema ou quando a taxa de remoção excede a taxa natural de substituição. Assim, em condições naturais, a remoção é balanceada com a reposição natural, formando um ciclo fechado e equilibrado; mas, em condições artificiais, onde os

nutrientes são retirados do sistema na forma de produtos vegetais, a reposição (adubação) é tanto mais importante quanto mais exportadora for a atividade implantada.

A preocupação com os efeitos de monocultivos, notadamente do eucalipto, sobre os ecossistemas é uma constante, como tem sido observado nos vários estudos sobre o tema.

Entre as várias preocupações observadas nesses estudos Lima (1993), relaciona como principal, a verificação de possíveis alterações químicas que podem ocorrer como resultado da decomposição da necromassa de monoculturas florestais, onde são avaliadas algumas propriedades químicas do solo, tais como pH, atividade microbiológica, conteúdo de nutrientes, capacidade de troca de cátions, tipo de húmus etc, de forma comparativa entre plantações de eucalipto e de outras espécies florestais.

Nos ecossistemas florestais o fluxo de elementos minerais forma um ciclo entre o dossel florestal e o solo, o que explica o crescimento de vegetação exuberante sobre solos pobres. Os nutrientes são transferidos para o solo, principalmente através da queda das folhas e outras partes da planta, onde são subsequentemente lixiviados pela água das chuvas, após decomposição pelos microrganismos e levados ao alcance das raízes, sendo reabsorvidos para formar um ciclo fechado.

Realizando estudos com povoamentos de *Eucalyptus sp* na Índia, George (1979), citado por Arcova e Cicco (1987), estimou que na transferência de nutrientes pela precipitação com a água que atravessa o dossel florestal em comparação com o fluxo de nutrientes pela necromassa, 55% e 48% do total de K e Mg, respectivamente, retornam pela necromassa. Os mesmos autores citam Eaton et alii (1979), que registraram quantidade superior de K na água que passa pelas copas e troncos, do que na necromassa. De forma que esse processo pode ser mais efetivo do que a própria deposição de matéria orgânica na ciclagem biogeoquímica, em ecossistemas florestais.

Poggiani (1985), encontrou alta deposição de nutrientes por queda de folhas, sendo de nitrogênio no *Pinus* e de cálcio e magnésio no *Eucalyptus*. Entretanto, as duas espécies apresentaram baixa deposição de nutrientes na comparação com florestas naturais em áreas adjacentes. Estudando a distribuição mensal da queda de folhas em *E. saligna*, esse mesmo autor observou uma queda mais evidente durante o verão com altas temperaturas; entretanto, no *Pinus* o período de deposição de acículas mais intensivo está relacionado com os períodos secos, durante a primavera e o outono. Comparativamente, o eucalipto produz mais biomassa e, exceto para o nitrogênio (50,2 versus 155,6 kg/ha), acumula mais nutrientes que o *Pinus*. É importante observar que a biomassa de folhas + ramos representa somente 9 a 13% da biomassa total; entretanto,

incorpora cerca de 40% dos macronutrientes. A casca do *E. saligna* acumula 47% do total de cálcio, mas corresponde à cerca de somente 5% do total da biomassa.

O “input” atmosférico pode suprir ao redor do total do requerimento de fósforo, potássio, cálcio e magnésio para o crescimento anual de *P. caribaea*; entretanto, o suprimento de nutrientes pela atmosfera no *E. saligna* está abaixo do seu requerimento, principalmente se considerar a colheita total das árvores (Poggiani, 1985). Esse mesmo autor verificou que conteúdos de nutrientes muito baixos observados nos solos, em grandes áreas de cerrados, onde os reflorestamentos estão sendo mais intensivamente estabelecidos, não permite o crescimento normal das árvores, sendo necessária uma adequada adubação das plantas e a manutenção de um mínimo de matéria orgânica no solo para equilibrar a ciclagem mineral.

Uma vegetação pioneira em um substrato pobre depende do suprimento externo de nutrientes (intemperismo de minerais primários; deposição atmosférica; movimentação lateral de água do solo etc). O semelhante é geralmente verdadeiro para o incremento anual líquido em um amplo ecossistema ou em um sistema silvicultural; embora a absorção total bruta anual, da maioria dos nutrientes, por uma vegetação estabelecida seja principalmente da reciclagem; de forma que o processo de decomposição tem um importante papel na fertilidade do solo em termos de ciclagem de nutrientes e formação de matéria orgânica.

Assim, plantas crescendo em condições pobres em nutrientes não só investem muito em seu sistema radicular, como também tendem a maximizar a eficiência de uso dos mesmos. De acordo com Breemen (1995), elas podem também construir tecidos que não atraem herbívoros, através de altos conteúdos de lignina e metabólitos tóxicos secundários; bem como podem aumentar a quantidade de biomassa por unidade de nutrientes absorvidos, isto é, pela translocação de nutrientes antes da abscisão das folhas, aumentando a redistribuição nos sentidos folha-caule folha-raízes. Como os herbívoros não são atraídos, aumenta o volume de necromassa; além do que a necromassa resultante também tende a se decompor lentamente, produzindo material humificado altamente resistente. Assim, diminui o fluxo de nutrientes da necromassa para a solução, como consequência da diminuição da decomposição da matéria orgânica, reduzindo a disponibilidade de nutrientes. Nessas condições sobrevivem plantas que são adaptadas a situações de depleção de nutrientes, e que são mais eficientes em captar recursos do solo, como é o caso da vegetação de cerrado.

Em termos de ocupação de uma área ou de estágios sucessionais, as espécies diferem na sua eficiência em aproveitar os nutrientes do solo. Gonçalves et al. (1992) citam Gomes-Pompa e Vazquez-Yanes (1981), que enfatizam a importância das espécies pioneiras, que alteram o ambiente, basicamente em três diferentes formas: a) elas são responsáveis pela transferência de grande parte dos nutrientes disponíveis no solo para a biomassa, consistindo num dos mecanismos básicos do ecossistema para a conservação do seu estoque de nutrientes; b) dado o grande incremento das quantidades de matéria orgânica no solo, promovido pelas pioneiras, a estrutura do mesmo é melhorada consideravelmente, o que facilita o acesso aos nutrientes disponíveis no solo pelas raízes; c) há modificação microclimática, que reduz as flutuações térmicas e aumenta a umidade relativa atmosférica. Essas mudanças, desencadeadas no ambiente pelas espécies pioneiras, permitirão a instalação das espécies dos grupos seguintes da sucessão que, subsequentemente, irão ser responsáveis pela saída das árvores pioneiras da comunidade.

Pode-se então inferir que as espécies dos estágios iniciais da sucessão apresentam uma maior capacidade de absorção de nutrientes, relativamente às espécies dos estágios sucessionais subsequentes. Brown (1990), citado por Gonçalves et al. (1992), sugere que as espécies pioneiras têm maior eficiência nutricional para o fósforo do que as espécies clímax, sendo que em relação ao nitrogênio e cálcio as eficiências nutricionais são semelhantes às clímax.

Nos reflorestamentos com espécies florestais de rápido crescimento, como o eucalipto, em áreas de solos pobres, já que na maioria das vezes são feitas adubações apenas com fósforo e boro no plantio, observa-se que as mesmas são tão eficientes em absorver nutrientes quanto as espécies pioneiras. A melhoria da estruturação e a rápida cobertura do solo favorecem, com o desenvolvimento do sistema radicular, a exploração de um maior volume de solo. Com o início da queda de necromassa iniciam-se as trocas solo-planta-solo, colocando os nutrientes mais à superfície. Durante muito tempo podem não aparecer espécies no sub-bosque; mas, com o tempo, germinam do banco de sementes do solo ou são trazidas por processos de dispersão, espécies de outros estágios sucessionais, aproveitando as condições ambientais, proporcionadas pela presença do eucalipto. Desta forma, o eucalipto nessa fase não funciona mais como pioneira, mas como clímax dominante.

Odum (1975), salientou as vantagens da diversidade das espécies numa floresta, pois ela representa o valor de sobrevivência da comunidade, fator que consiste em maior estabilidade: quanto maior o número de espécies presentes, tanto maior as possibilidades de adaptação às

mudanças do ambiente. De acordo com o mesmo autor, conforme vai diminuindo a latitude, o gradiente térmico-úmido vai aumentando, e o número de espécies presentes nas diversas comunidades, igualmente aumenta até atingir um máximo nas florestas tropicais úmidas, nas quais é possível encontrar numa pequena superfície, mais espécies do que em toda floresta européia.

Um outro aspecto que influencia na diversidade de espécies de uma comunidade é a disponibilidade de nutrientes no solo. Goodland e Pollard (1973), citados por Batista e Couto (1992b), verificaram que o gradiente fisionômico da vegetação de cerrado corresponde a um gradiente de fertilidade do solo, sendo que a área basal medida em 40 lugares na região do Triângulo Mineiro correlacionou-se, ao nível de 0,1% de significância, com os teores de N-total, P-disponível e K-trocável, medidos nos solos dos mesmos locais. Para avaliar a influência dos fatores químicos do solo no desenvolvimento das espécies nativas mais importantes de uma comunidade de cerrado, Batista e Couto (1992b), demarcaram parcelas de 10 x 20m, onde foram identificadas as espécies vegetais e de onde foram retiradas amostras para determinação de parâmetros químicos do solo e parâmetros de desenvolvimento das espécies. Encontraram correlação linear simples entre as variáveis das espécies nativas e os fatores químicos do solo, sendo os mais influentes o potássio, o fósforo, soma de bases, boro e zinco; e entre as variáveis biométricas, as que melhor se correlacionaram com as propriedades químicas do solo foram altura média e diâmetro médio.

Rizzini (1963), comparando a composição química de um Latossolo Vermelho-Escuro sob mata e cerrado, observou que os teores de carbono, nitrogênio, pH e soma de bases do solo sob mata são mais elevados, tanto na superfície quanto em profundidade. As essências florestais apresentam um comportamento diferente das culturas agrícolas. Suas raízes, atingindo maiores profundidades, retiram das camadas inferiores os nutrientes que, juntamente com aqueles outros absorvidos por via não radicular, formam os tecidos das plantas que serão posteriormente incorporados às camadas superiores e fornecem material que constantemente é transformado em húmus por processos biológicos (Haag et al., 1978).

Apesar de existirem controvérsias a respeito do efeito dos reflorestamentos na melhoria da fertilidade dos solos, acredita-se que reflorestamentos bem manejados contribuem significativamente para a melhoria das propriedades químicas do solo.

Comparando solos com plantações de *P. equinata* com idade variando entre 30 e 35 anos, com os de área degradada e com vegetação de campo, Rolfe e Boggess (1973), citados por

Lopes, Garrido e Mello (1986), encontraram maiores teores de cálcio e magnésio trocáveis nas áreas reflorestadas, enquanto os teores de matéria orgânica e potássio trocável eram maiores nos locais degradados, não havendo diferença nos valores de pH. Concluíram que o reflorestamento com pináceas, além de resultar em considerável ganho econômico melhorou consideravelmente a fertilidade do solo.

Tosin (1977), constatou, através de análises químicas do solo, que a substituição da mata nativa por *Araucaria angustifolia* e, principalmente, por *Pinus elliottii*, provocou diminuição nos teores de matéria orgânica, cálcio, magnésio, potássio e no pH, enquanto o alumínio aumentou acentuadamente.

Comparando solos com povoamento de *Pinus taeda* (20 anos), *Eucalyptus citriodora* (24 anos) e terrenos sem cobertura florestal, em área de Podzólico Vermelho-Amarelo, Rocha Filho et al. (1978) e Haag et al (1978), mostraram que houve aumento nos teores de carbono, na acidez trocável e potencial, nas áreas reflorestadas, principalmente com eucalipto; enquanto o pH e os teores de nutrientes do solo foram menores ou iguais aos do terreno sem cobertura, com exceção do potássio, que se mostrou com teores mais elevados nas áreas cultivadas com eucalipto.

O uso de fertilizantes em reflorestamentos tem tido menos importância que na agricultura, pois o crescimento mais lento e as rotações longas resultam em pequena perda de nutrientes do ecossistema devido às operações florestais. Nesse caso o crescimento é mantido pela ciclagem de nutrientes e, em muitos casos, como já registrado por diversos autores, a cobertura arbórea aérea melhora os níveis de nutrientes do solo, através da acumulação do folheto na superfície (Delitti, 1984; Pagano, 1989; Poggiani, 1985; Evans, 1986; Timoni, 1990). Entretanto, segundo os mesmos autores, podem ocorrer taxas inadequadas de ciclagem dos nutrientes sobre solos pouco férteis; de tal forma que uma excessiva acumulação de folheto pode imobilizar, temporariamente, uma significativa proporção dos nutrientes trocáveis, afetando a produtividade florestal.

Outro aspecto que deve ser considerado na ciclagem de nutrientes está relacionado com a sazonalidade da queda de detritos que pode estar relacionada a diversos fatores, como: fotoperíodo, deficiência hídrica, condições climáticas, competição intercópulas etc. A importância desta queda continuada de necromassa é destacada por Krapfenbauer e Gasch (1989), citados por Brites et al (1992), como sendo, após a mineralização, a base da nutrição da floresta, já que a superfície do solo composta por detritos orgânicos é o traço mais distintivo de um solo florestal, além de contribuir grandemente para suas características particulares.

Pode ocorrer uma baixa restituição de determinado elemento mesmo que tenha sido retirado em maior quantidade pela planta. Neste caso, conforme Barros e Brandi (1975), há de se considerar a parte da planta, pois certos elementos são retidos em maior quantidade em uma parte do que em outra. Esses autores citam estudos que determinaram o teor de nutrientes das várias partes da árvore, onde se observa que os mesmos decrescem na ordem: folhas, galhos menores, galhos maiores e troncos. De forma que o retorno anual dos nutrientes ao solo, via folhagem, é maior do que a imobilização anual pelas partes lenhosas.

Além de existirem diferenças de retorno de nutrientes entre partes da planta, deve-se considerar diferenças existentes entre espécies, ressaltando ainda que a relevância dessa demanda por nutrientes depende da habilidade do solo em suprir nutrientes e que, a quantidade e taxas de decomposição da necromassa, variam também com as condições de ambiente.

Barros e Brandi (1975), desenvolveram um experimento em Viçosa-MG, com o objetivo de mostrar a eficiência da cutieira (*Joannesia principes* Vell), ipê-preto (*Zeyheria tuberculosa*) e *P. elliottii*, comparadas entre si e com o capim gordura (*Melinis minutiflora*), na recuperação de solos degradados. Eles observaram superioridade das espécies florestais sobre o capim gordura na recuperação do solo, exceto em relação ao potássio nos primeiros 20 cm de profundidade. Entre as espécies florestais o ipê-preto sobressaiu-se sob todos os aspectos, exceto quanto ao teor de magnésio, em que houve ligeira supremacia do *P. elliotti*. No cômputo geral as duas folhosas mostraram-se superiores à conífera.

O aumento da pressão de pastejo em ecossistemas florestais deteriora a vegetação de cobertura do solo e acelera a erosão, sendo a camada superficial do solo rica em matéria orgânica (reserva de nutrientes) lavada, levando à uma depleção na fertilidade. Esse problema ocorre em uma escala muito ampla já que a maioria das pastagens no Brasil são mal manejadas, notadamente na região do cerrado, onde a pecuária teve maior expansão.

Pastejo pesado, de acordo com Singh et al. (1995), diminui a infiltração devido a: 1) perda da cobertura vegetal e necromassa; 2) diminuição da porosidade como resultado da compactação do solo e conseqüente aumento no escoamento superficial; 3) aumento da exposição do solo. Além disso, a regeneração, tanto natural como artificial são também severamente prejudicadas com o pastejo excessivo. Esses autores observaram que com o pastejo pesado houve uma redução do carbono orgânico do solo de 38,4%; 36,5% na porosidade e 30,1% na capacidade de armazenamento de água, em relação a testemunha (*Cedrus deodara*). Em relação à quantidade de

necromassa o controle atingiu 7026,96 kg/ha/ano; enquanto na área pastejada a produção foi de 2108,09 kg/ha/ano. A concentração de nutrientes também foi maior no controle que apresentou mais 20,9% de nitrogênio, 60,0% de fósforo e 36,1% de potássio, que na área pastejada. As perdas anuais de solo, foram cerca de sete vezes maiores na área pastejada (1265,96 kg versus 185,60 kg no controle).

Com a perda de solo, perde-se nutrientes e matéria orgânica que é responsável pela reserva nutritiva e melhoria das condições físicas; além de perder-se também a obtenção da diversidade de plantas, através do banco de sementes do solo. Vários outros autores (Lepsch, 1980; Paula Souza e Paula Souza, 1981; Rando, 1981; Lepsch, Menk e Oliveira, 1994; entre outros) avaliaram as alterações da ciclagem de nutrientes sob diferentes sistemas de manejo, encontrando algumas variações de resultados o que, muitas vezes, foi função das variações pedogenéticas dos solos estudados. Mas em termos práticos Lopes; Garrido e Mello (1986), concluíram que as pináceas, como qualquer outra cultura agrícola acarretam em acidificação do solo, visto que a retirada constante de bases do solo, provoca o abaixamento do pH, devido ao aumento da acidez potencial e a liberação do alumínio trocável; necessitando portanto de 2,5 a 3,5 ton/ha de calcário para elevar o pH ao nível desejado, neutralizar o alumínio trocável e elevar a saturação de bases do solo a 60%; enquanto, nas condições de cerrado, 1,5 ton/ha de calcáreo fazem o mesmo efeito.

Opções de manejo para aumento ou manutenção da fertilidade do solo, segundo Dalal et al. (1991), incluem: aplicação anual de fertilizantes nitrogenados, cultivo mínimo para reduzir decomposição da matéria orgânica, pastagens com leguminosas. De forma que, quando ecossistemas naturais são alterados, quanto mais intensiva for sua utilização maior a necessidade de reposição de nutrientes via adubação química, para evitar a depleção da fertilidade do solo. Por outro lado, a utilização dessas áreas com atividades que requerem manejo menos intensivo, como reflorestamento com eucalipto, além de contribuir para menor exposição do solo aos efeitos da erosão, esgotam menos a fertilidade dos mesmos.

2.3 - Propriedades biológicas do solo sob diferentes ecossistemas

As propriedades biológicas do solo variam entre diferentes ecossistemas, tanto naturais quanto artificiais, sendo o conhecimento das mesmas, fundamental para comparação entre sistemas naturais e alterados, possibilitando uma avaliação dos efeitos provocados por diferentes usos de solos.

Com a atual conscientização da necessidade de preservação ambiental muita ênfase tem sido dada a aportes biotecnológicos aos sistemas agrícolas. Independente das especulações ao redor do tema, a biotecnologia contribui para aumentar a produtividade de solos extremamente intemperizados que, para entrarem no processo produtivo de forma rentável, necessitam grandes quantidades de insumos, notadamente calcário e fósforo, além das adubações convencionais.

Os microrganismos atuam sobre vários aspectos no ambiente. Eles liberam ácidos que decompõem minerais presentes nos solos e nas rochas, excretam sideróforos (quelantes de baixo peso molecular) que complexam íons metálicos e promovem reações de oxidação e redução de elementos químicos (Cardoso e Freitas, 1992; Eira, 1992). A matéria orgânica degradada pelos microrganismos favorece a manutenção de íons metálicos em solução e a mitigação de suas toxicidades, assim como a capacidade de intercâmbio iônico e retenção da água nos solos. Desta forma a comunidade microbiológica é o componente fundamental nas transformações que equilibram e sustentam ecossistemas naturais. Assim sendo, pode-se considerar que a sustentação natural das plantas, depende fundamentalmente do componente orgânico, particularmente da comunidade microbiológica (Barth, 1989).

Os microrganismos do solo têm papel preponderante no desenvolvimento das plantas; tanto de forma direta, em associações com suas raízes, quanto no que diz respeito ao seu papel como fornecedor de nutrientes pela decomposição da matéria orgânica adicionada ao solo, da qual é também um componente. A zona efetiva de absorção de muitas raízes é modificada, em diversas espécies lenhosas e herbáceas, pela ocorrência de micorrizas. O micélio destas forma uma bainha ao redor da raiz ou cresce dentro do tecido radicular, crescendo a hifa para dentro do solo aumentando a superfície de contato com o mesmo. Além disso, segundo Haag (1985), a vida absorviva das raízes micorrízicas é muito maior do que a vida das raízes não micorrízicas das regiões não suberificadas do sistema radicular.

Pritchett (1979) aponta para ecossistemas florestais, duas formas de ciclos de nutrientes, sendo um externo, chamado geoquímico que inclui as formas de transferências de nutrientes para dentro e para fora do ecossistema florestal; e, um interno ou biológico, que corresponde à ciclagem interna de nutrientes. Cabe enquadrar neste contexto também os agroecossistemas perenes e reflorestamentos e, algumas vezes, cultivos anuais em que os restos de cultura retornem ao solo. O ciclo biológico pode ainda ser dividido em ciclo biogeoquímico, que abrange a ciclagem de nutrientes entre o solo e a biomassa, e ciclo bioquímico que se refere à movimentação dos nutrientes dentro da própria árvore (Haag, 1985). Nesse contexto, a decomposição da necromassa é influenciada por suas características intrínsecas (composição química) e por uma complexa comunidade de fungos, bactérias e animais invertebrados. A macrofauna e alguns elementos da mesofauna (particularmente térmitas) apresentam padrões de distribuição que podem ser relacionados à taxa de desaparecimento da necromassa do piso florestal, mas grande parte dos seus elementos, e mais notadamente a microfauna, não apresenta padrões (Haag, 1985). Essa ausência de padrões atribuída à microfauna, está diretamente relacionada com a flutuação dessas populações provenientes de alterações ambientais, mesmo aquelas de pequena amplitude.

Dos vários organismos do solo que beneficiam as plantas, a maioria é conhecida como fungos micorrízicos. A morfologia das micorrizas varia entre espécies de plantas, e cada espécie tende a ter grupos característicos de fungos capazes de produzir micorrizas. Segundo Pritchett e Fisher (1987), a importância das associações micorrízicas foi primeiro notada, provavelmente, quando plantações de pinheiros, em várias partes do mundo não tiveram sucesso até que fungos micorrízicos adaptados foram introduzidos.

Os benefícios potenciais das micorrizas tem sido amplamente estudados, principalmente no que se refere à nutrição vegetal; a tolerância às condições adversas do ambiente; à conservação do solo e manutenção de ecossistemas naturais. A perda da produtividade do solo que segue a erosão, tem sido atribuída às mudanças adversas nas propriedades físicas e químicas. Entretanto, de acordo com Young (1980) e Lal (1984), como a atividade dos microrganismos é muito intensa na camada superficial do solo, um claro entendimento do impacto da erosão na produtividade do solo, requer um claro entendimento do impacto na população microbiana. Entretanto sua utilização prática ainda é restrita, devido à falta de conhecimentos básicos do funcionamento e da complexidade dessas associações, que envolvem a planta, o fungo e o solo, em íntima interação (Mendonça e Oliveira, 1996). De acordo com esses autores, o entendimento dessa complexidade

exige abordagem multidisciplinar de todos os componentes da simbiose e de suas interações; e, devido a ausência dessa abordagem, muitos programas de pesquisa e de exploração das micorrizas, para fins práticos, tem fracassado.

A ocorrência generalizada de micorriza assume grande importância na prática. Torna possível o crescimento de certas essências florestais nas áreas com baixa disponibilidade de nutrientes vegetais, cujo crescimento não se positivaria na ausência de micorriza. A extensão de tais benefícios em solos cultivados ainda está para ser estabelecida. Entretanto, o já comprovado aumento de eficiência na captação de nutrientes por meio de micorriza, com sua ocorrência generalizada, leva a admitir benefícios de considerável magnitude (Brady, 1983). Sem micorrizas a sobrevivência de importantes espécies florestais é afetada devido a alta competição entre comunidades biológicas que habitam os solos. Entretanto, a condição micorrizica é a regra e não exceção na natureza (Pritchett e Fischer, 1987; Siqueira e Franco, 1985), onde as raízes da maioria das plantas cultivadas e não cultivadas são infectadas com fungos micorrizicos.

De acordo com Perry e Amaranthus (1990), grosseiramente, 90% das espécies de plantas são capazes de formar micorrizas, havendo basicamente dois grupos de fungos micorrizicos; os que formam ectomicorrizas, nas quais as hifas se enrolam apertadamente ao redor das células da raiz, mas raramente penetram nelas; e as micorrizas arbusculares, em que as hifas do fungo penetram as células da raiz. As plantas endomicorrizicas são, muitas vezes, plantas perenes, incluindo, em particular, membros das famílias *Pinaceae*, *Fagaceae* e *Dipterocarpaceae*; e, poucas espécies de plantas como o *Alnus* spp e *Eucalyptus* spp, formam os dois tipos de micorrizas. Janos (1979); Perry e Amaranthus (1990), acreditam que as árvores do último estágio sucessional de muitas florestas tropicais são obrigatoriamente micorrizicas, enquanto árvores dos estágios iniciais de sucessão e em solos relativamente férteis, são facultativas.

Estudos feitos em várias partes do mundo mostram que as endomicorrizas arbusculares (MA) são bem mais abundantes que as ectomicorrizas; embora o reconhecimento das MA só seja possível com o auxílio do microscópio, porque não ocorrem modificações anatômicas resultantes da invasão das raízes pelo fungo, como acontece no caso das ectomicorrizas. Nos trópicos elas são cerca de dez vezes mais abundantes e ocorrem na maioria das espécies vegetais; inclusive várias espécies florestais, plantas de interesse agrônômico e pastoril, além de serem importantes para composição florística e a estabilidade dos ecossistemas naturais (Perry e Amaranthus, 1990; Fitter, 1991).

No que diz respeito à ocorrência de micorriza, quando da substituição da vegetação nativa, parece que há uma compensação pelo desenvolvimento de um maior número de espécies micorrízicas, potencialmente mais adaptadas. De acordo com Perry e Amaranthus (1990), a remoção da vegetação nativa através da abertura de clareiras, cultivos alternados ou superpastejo, tem levado a deterioração da capacidade produtiva, em vários ecossistemas no mundo, muitas vezes, acompanhada por alterações nas comunidades de plantas após abandono dessas áreas. Por outro lado, a derrubada de florestas tropicais provoca redução na abundância de espécies vegetais não micorrízicas e um aumento nas micorrízicas e densidade de esporos no solo, à medida que a sucessão procede, o que parece contribuir para a ocorrência generalizada dos MA nos solos dos trópicos (Siqueira e Franco, 1988).

Considerando que a maior intensidade de atividade biológica ocorre na camada superficial do solo, a exposição do mesmo aos processos erosivos, com remoção de material do solo devido ao uso e/ou manejo inadequados, provoca o seu empobrecimento. Habte (1989), estudou a influência de erosão simulada na abundância e atividade de população micorrízica em oxissolo, tendo observado que a densidade de esporos diminuiu com o aumento nos níveis de erosão simulada. Ele observou que a perda de superfície do solo acima de 7,5 cm foi geralmente associada com significativa diminuição no número total e efetivamente ativo de propágulos; enquanto a remoção abaixo de 7,5 cm estava associada com uma redução na abundância de propágulos sem efeito adverso na colonização.

Esse mesmo autor observou que, apesar da diminuição da extensão da colonização de fungos, com a remoção da superfície do solo acima de 7,5 cm, a colonização das raízes foi significativamente estimulada pela remoção da camada superficial do solo (7,5 cm), em todas as espécies hospedeiras. Considerando a importância do P na solução do solo para a máxima eficiência simbiótica (Habte e Manjunath, 1987), e que o mesmo foi removido com a erosão da camada superficial, é provável que a melhor colonização das raízes seja resultado da remoção de fatores bióticos antagônicos para os primeiros 7,5 cm de solo (zona de intensa atividade simbiótica, por isso diminuindo a intensidade de antagonismo biológico contra o fungo, e talvez também reduzindo o efeito de parasitas e patógenos em plantas hospedeiras).

Espera-se portanto, que em ambientes onde os processos de degradação do solo, como a erosão, são menos intensos, a atividade dos organismos seja maior. Siqueira; Colozzi Filho e Oliveira (1989) observaram uma alteração na colonização de ecossistemas naturais (cerrado e

pastagem nativa) que foi equivalente a 13% em média, enquanto para todos os agrossistemas estudados (culturas anuais e bienais, gramíneas forrageiras, culturas frutíferas, leguminosas forrageiras) foi superior a 38%. A densidade de esporos foi duas vezes superior nos agrossistemas em relação aos ecossistemas naturais, onde foram encontrados, em média, 19 espécies de fungos contra doze nos agrossistemas.

A influência dos organismos do solo no desenvolvimento das plantas é muito complexa, sendo normalmente segmentada para facilitar o entendimento dos aspectos ligados à decomposição da matéria orgânica e fornecimento de nutrientes para as plantas, como mencionado anteriormente. Mas tem também importância fundamental nos aspectos ligados à estruturação do solo e nas consequências daí advindas, tais como: melhor retenção de umidade, maior resistência à erosão, melhor desenvolvimento do sistema radicular, maior atividade microbiana, entre outros (Sanginga, Mulongoy e Swift, 1992).

A atividade biológica do solo varia com suas características extrínsecas e intrínsecas e, conseqüentemente, varia de região para região e com o manejo adotado. Avaliando o efeito de técnicas de cultivo, nas características do solo, Nicou, Charreau e Chopart (1993), observaram que arações repetidas aceleram a oxidação da matéria orgânica e a mineralização do húmus, modificando a atividade microbiana e os processos bioquímicos. Na região semi-árida do oeste da África observaram, por outro lado, pouca evidência da diminuição do húmus após repetidas arações, com um aumento na macroporosidade e no rendimento das culturas atribuídas, em parte, ao aumento da atividade biológica.

Apesar das controvérsias a respeito do efeito da mecanização dos solos nas suas propriedades, é de consenso geral que melhorando as condições de desenvolvimento dos microrganismos, melhoram as condições de desenvolvimento das plantas. De acordo com Sanginga, Mulongoy e Swift (1992), os organismos podem contribuir para as propriedades do solo de várias maneiras: melhorando e estabilizando o fornecimento de nutrientes para as plantas por associações simbióticas de fornecimento de nitrogênio e fósforo; estabilizando o ciclo de nutrientes promovendo uma imobilização temporária que inibe a perda do solo e operando em sincronia com a demanda das plantas; e, realçando a estrutura física e o regime de água do solo. E entre as técnicas de cultivo, esses autores recomendam aquelas que utilizem mecanização menos intensa e que mantenham cobertura vegetal contínua e crescimento em extensão de raízes perenes; favoreçam o retorno da necromassa para o solo; suportem uma maior diversidade de plantas e

assim aumentem o “input” de necromassa; minimizem a perturbação do solo e o uso de produtos químicos tóxicos.

Na avaliação qualitativa da ocorrência de fungos, observa-se uma variação das espécies de acordo com o ecossistema. Assim, considerando que existe uma preferência do fungo por determinada espécie hospedeira, nos ecossistemas naturais, onde a diversidade de espécies vegetais é maior, espera-se um maior número de espécies de fungos em comparação com ecossistemas artificiais, onde predomina determinada cultura. Portanto, comparando condições de vegetação nativa com monocultivos, através de índices de diversidade, pode-se determinar em quais situações ocorrem maior número de espécies e, assim, inferir as situações de maior alteração ambiental.

A alteração de ecossistemas naturais para exploração com atividades produtivas altera a microbiota do solo e, conseqüentemente as espécies de fungos micorrízicos vão refletir essas alterações como consequência da especificidade e das condições ambientais que favoreçam determinadas espécies. Considerando que essas alterações do ecossistema natural produzem diferentes comunidades ecológicas, a mensuração das alterações provocadas pelos diferentes usos (ecossistemas artificiais), pode ser avaliada através de estudos de diversidade de espécies que, de acordo com Krebs (1985), consiste na medição da riqueza da comunidade, através da contagem do número de espécies, e na medição da heterogeneidade da comunidade, que considera ao mesmo tempo o número de espécies e a abundância relativa das mesmas. Entretanto, esse mesmo autor chama a atenção para o fato de que o número de espécies contadas depende do tamanho da amostra, e que, em geral, as comunidades contêm, comparativamente, poucas espécies que são comuns e grande número de espécies que são raras. De forma que, ao se calcular índices de diversidade deve-se observar esses dois aspectos, sendo que os índices só serão válidos quando se tem certeza de que o número de espécies amostradas corresponde ao número de espécies esperadas para os diferentes ecossistemas.

Vários conceitos são apresentados como diversidade e, de acordo com Peet (1974), é de particular importância a riqueza de espécies ou o número de espécies da comunidade e a equitabilidade ou igualdade de importância com que os indivíduos estão distribuídos entre as espécies. Quando se conhece a relação espécie-abundância é possível estimar ambos riqueza e equitabilidade baseadas no conhecimento funcional da relação. Quando ambos, a relação fundamental espécie-abundância e o número de espécies do universo amostrado são

desconhecidas, nem a riqueza nem a equitabilidade podem ser estimadas. Então, um terceiro conceito chamado heterogeneidade, que combina medições de riqueza e equitabilidade, pode ser usado, que é um índice baseado na igualdade da distribuição de importância entre espécies.

De acordo com Brower e Zar (1984), a diversidade de espécies (ou heterogeneidade), é uma característica única para o nível de organização de uma comunidade biológica e uma expressão da estrutura da comunidade. De forma que uma comunidade tem uma alta diversidade se as espécies presentes são muitas e igualmente abundantes. Por outro lado, se a comunidade é composta de poucas espécies ou se poucas espécies são abundantes, a diversidade é baixa.

Considerando que cada índice tem diferentes características e que suas respostas para mudanças na estrutura das comunidades podem ser entendidas como base para seu uso, deve-se selecionar os índices que enfatizem aspectos de diversidade de maior interesse para mensuração.

Uma outra medida para comparação de ecossistemas é através da interpretação da similaridade de comunidades, que consiste na comparação de comunidades duas a duas, de forma que, quando se fixa uma das comunidades pode-se comparar o quanto as demais comunidades são similares ou não à comunidade fixada. Entre os índices de similaridade de comunidade, Brower e Zar (1984), apresentam o coeficiente de comunidade de Sorensen, também conhecido como quociente de similaridade, no qual os valores variam de zero (quando nenhuma espécie é comum a ambas comunidades) a um (quando todas as espécies são comuns a ambas as comunidades). Entretanto, deve-se tomar cuidado de verificar se amostragem reflete a real abundância de espécies das comunidades comparadas.

Outro aspecto que deve ser analisado na quantificação do efeito dos microrganismos na melhoria do solo para o desenvolvimento das plantas é a biomassa microbiana, definida como a parte viva da matéria orgânica do solo, excluindo-se as raízes de plantas e os grandes animais; que constitui o primeiro estágio do carbono dos resíduos em decomposição no solo (Jenkinson e Ladd, 1981; Siqueira, 1993; De-Polli e Guerra, 1996). A biomassa microbiana é importante sob três aspectos: a) por ser formada, em parte, por células vegetativas em plena atividade funcional, capazes de promover importantes alterações no sistema solo, atuando como catalizador para as transformações da matéria orgânica do solo; b) por sua grande quantidade (1 a 4% do carbono total do solo) e por ser o maior componente lábil da matéria orgânica do solo, torna-se um importante reservatório de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas (2 a 6% do N total, 2 a 5% do P total do solo); c) representa um indicador de grande sensibilidade para avaliar

as mudanças do solo, sendo influenciada pelas adubações, métodos de cultivo e condições edafoclimáticas (Siqueira, 1993). Conforme Carter (1986), a biomassa microbiana constitui ótimo índice para detectar alterações nas propriedades biológicas do solo, devido ao seu manejo .

O manejo do solo e de sua cobertura vegetal reflete-se em suas características físicas, químicas e biológicas. A calagem e a adubação mineral ou orgânica favorecem o desenvolvimento microbiano de forma direta, pelo aumento do pH e disponibilidade de nutrientes para as células dos microrganismos; e, de forma indireta, pela maior produção vegetal que acarreta um aumento da atividade rizosférica e dos resíduos adicionados ao solo, quando os restos de cultura são mantidos na área. De acordo com Cattelan e Vidor (1990a) e De-Polli e Guerra (1996), o manejo dos restos culturais e o grau de preparo do solo afetam sua temperatura, umidade, aeração e distribuição desses resíduos na camada arável. Tais práticas exercem grande influência sobre a biomassa e a atividade da população microbiana, que respondem de maneira muito mais rápida a essas alterações do que os parâmetros edáficos.

A modificação da biomassa do solo já foi constatada sob várias condições. A derrubada da mata tropical, seguida de queima da vegetação, promoveu queda inicial com posterior elevação no nível da biomassa microbiana do solo e uma nova distribuição ao longo do perfil (Cerri, Volkoff e Eduardo, 1985; Geraldles, Cerri e Feigl, 1995; De-Polli e Guerra, 1996). A cobertura do solo com pastagens permanentes proporcionou um nível de biomassa microbiana intermediário entre a mata tropical e lavouras manejadas convencionalmente (Pfenning, Eduardo e Cerri, 1992; De-Polli e Guerra, 1996).

Foi também observada uma maior sensibilidade da biomassa microbiana à mudanças iniciais do conteúdo de matéria orgânica do solo do que a determinação do carbono orgânico (Powlson, Brooks e Chritensen, 1987); e a relação $C_{\text{microbiano}} / C_{\text{orgânico}}$ é um índice confiável para descrever alterações em ecossistemas com interferência antrópica (Insan e Domsch, 1988). Portanto, de acordo com Wardle (1992) e De-Polli e Guerra (1996), as medidas baseadas na biomassa microbiana do solo, apresentam potencial de utilização como indicadores ecológicos do impacto das práticas de manejo agrícola.

2.4 - Alteração do solo em diferentes ecossistemas

A alteração de ecossistemas naturais ocorre na medida em que os mesmos vão sendo substituídos por cultivos voltados para fins industriais (madeira, carvão, celulose) ou produção de alimentos. Essa alteração provoca impactos no ambiente, advindos do manejo inadequado dos solos.

A premissa básica para se fazer o manejo adequado é verificar a aptidão de uso desses solos, sempre procurando não utilizá-los além da mesma. Entretanto, tanto pela falta de uma política agrícola efetiva, quanto pela desinformação da grande maioria dos produtores ou mesmo pela excessiva pressão de uso para produção de alimentos, tem-se observado muitas áreas, notadamente aquelas sob vegetação de cerrado, em crescente intensidade de alteração.

A degradação dessas áreas é um produto do distanciamento entre desenvolvimento sustentado e crescimento econômico. De acordo com Resende, Ker e Bahia Filho (1996), “do ponto de vista econômico o desenvolvimento (crescimento) raramente contempla a sustentabilidade”.

Conforme Weid (1996), o conceito de sustentabilidade tem sido redefinido nos últimos vinte anos e seu emprego generalizado desde a Conferência das Nações Unidas para a Ecologia e Desenvolvimento (UNCED) em 1992. Segundo esse autor, a expressão “sustentável” é um apêndice obrigatório das palavras desenvolvimento ou agricultura. É portanto necessário discutir o que se entende por sustentável e aplicar o conceito aos modelos agrícolas conhecidos.

O significado de desenvolvimento sustentado, normalmente, é enfatizado em determinado aspecto em função das preocupações, sensibilidade ou interesse de quem o define (Resende, Ker e Bahia Filho, 1996). A análise da sustentabilidade envolve portanto, aspectos variados : econômicos, sociais, ecológicos, tecnológicos e institucionais e se expressa em vários níveis, como uma propriedade, uma região, um país, o planeta etc (Weid, 1996).

A definição de Desenvolvimento Sustentado: “modelo de desenvolvimento que leva em consideração, além dos fatores econômicos, aqueles de caráter social e ecológico, assim como as disponibilidades dos recursos vivos e inanimados e as vantagens e os inconvenientes, a curto e a longo prazos, de outros tipos de ação”; de acordo com Resende, Ker e Bahia Filho (1996), “expressa as dificuldades práticas na busca em desenvolver-se preservando o ambiente (ecodesenvolvimento), assegurando a sobrevivência da humanidade”.

Sob a ótica da agricultura, entre os vários sistemas existentes, os mais extremos são a agricultura tradicional, onde o capital e o nível tecnológico são mínimos; e, o sistema agroquímico, com alto investimento de capital. De acordo com Weid (1996), enquanto a agricultura tradicional busca a máxima harmonização e a artificialização mínima do ambiente; o sistema agroquímico busca a máxima artificialização, que se caracteriza pela eliminação da biodiversidade visando a homogeneização do sistema e, conseqüentemente, facilitando o controle do ambiente.

Ainda de acordo com Weid (1996), do ponto de vista da eficiência agrônômica, o sistema agroquímico, superou todos que o antecederam, atingindo recordes de produtividade nos últimos 50 anos, embora os resultados não tenham sido homogêneos comparando-se os distintos ecossistemas em que foi implantado. Como esse sistema depende intrinsecamente do uso de recursos não renováveis, a questão de sustentabilidade está diretamente vinculada à durabilidade previsível desses recursos (petróleo para a produção de fertilizantes, pesticidas, combustível etc., e as próprias jazidas minerais). Por outro lado, a agricultura convencional requer baixo nível de consumo de insumos externos à propriedade, em conseqüência, ela depende pouco do aporte de energia externa, buscando adaptar-se o máximo possível ao meio ambiente; de forma que quanto mais heterogêneo ele for, mais diversificado será o sistema no tempo e no espaço.

Na preocupação com a metropolização, os cerrados dentro de programas mais bem elaborados de ocupação do território nacional, talvez possam vir a ser um dos ecossistemas mais importantes na atenuação da pressão social. Entretanto, segundo Resende, Ker e Bahia Filho (1996), quaisquer esforços para o ecodesenvolvimento terão pouca probabilidade de sucesso, se as necessidades locais, o complexo da interação homem-organismos-clima-solo, não forem considerados.

No contexto de desenvolvimento do Brasil, a facilidade de mecanização e a situação geográfica das áreas sob cerrado, contribuiu para uma adoção maciça do sistema agroquímico, como base para a implantação de extensas pastagens, monoculturas e reflorestamentos. Considerando ainda que o sistema agroquímico está vinculado à durabilidade dos recursos não renováveis, é importante procurar alternativas que visem a conservação dos mesmos. Assim, de acordo com Resende, Ker e Bahia Filho (1996), a busca da sustentabilidade "socio-ecológica" do processo de exploração agrícola dos cerrados, ou a busca de uma nova condição de equilíbrio, passa, necessariamente, pelo manejo adequado dos solos; estando implícito que as práticas

agrícolas adotadas, químicas e/ou físicas, sempre provocam alterações no ambiente de forma mais ou menos marcante.

Para se obter produções econômicas nos solos sob cerrados, é necessário aplicar adubos e corretivos, além de outras práticas de manejo. Essa fertilização, segundo Goedert e Lobato (1986); traz alterações químicas, principalmente na camada superficial do solo, favorecendo a eutrofização da mesma, mais especificamente nas áreas onde o manejo é mais intensivo.

Assim, em muitos casos, a prática da fertilização (adubos e corretivos), tem proporcionado substanciais melhorias químicas, principalmente na camada superficial, dos solos sob cerrado (Resende, Ker e Bahia Filho, 1996). Essa melhoria da disponibilidade de nutrientes no solo está diretamente relacionada ao incremento da fitomassa, tanto das plantas nativas quanto cultivadas que, após incorporação, podem até resultar em aumento ou manutenção de seus teores de matéria orgânica iniciais, a depender da atividade microbiana atuante na decomposição desses resíduos; o que significa dizer que a queda dos teores de matéria orgânica, com o uso agrícola, pode estar mais relacionada com a perda por erosão do que com a mineralização propriamente dita (Resende, Ker e Bahia Filho, 1996).

Por outro lado, a intensa mecanização, dos sistemas agrícolas adotados nas áreas sob cerrado, promovendo a alteração da estrutura, pode interferir nos mecanismos responsáveis pelo transporte de nutrientes no solo e, conseqüentemente, na sua disponibilidade. De forma que, sem condições físicas favoráveis, as melhorias químicas realizadas, terão seus efeitos comprometidos. Ou seja, enquanto o uso intensivo dos solos dessas áreas proporciona substanciais melhorias químicas, no que diz respeito às propriedades físicas, é evidente a degradação.

Há um consenso de que a mecanização agrícola é a causa mais importante do aumento da densidade do solo; todavia, outras variáveis também influenciam nesse aspecto. De acordo com Costa e Abrahão (1996), a viabilização de cultivos agrícolas em solos álicos e distróficos (situação predominante nos cerrados), depende da aplicação de calcário tanto para eliminar o alumínio, como para elevar a saturação de bases (Ca e Mg) a níveis desejáveis, conforme a cultura implantada. Os outros elementos essenciais são adicionados através da aplicação de fertilizantes, que apresentam diferentes graus de hidrólise ácida ou básica, buscando um novo equilíbrio, que depende de modificações químicas e físico-químicas.

A calagem, além do efeito químico, tem sido associada a alterações físicas do solo. De acordo com Rosa Júnior et al. (1988), um LRd, submetido ao cultivo por nove anos apresentou

aumento de densidade do solo, redução da porosidade e degradação da estrutura. Houve também redução no grau de floculação do solo, que foi associada a modificações promovidas pela calagem.

Jucksch et al. (1986), avaliaram o efeito de doses e fontes de cálcio na dispersão de argila. Ficou evidente a associação do fenômeno de dispersão à presença de Ca e Mg provenientes do carbonato. Com o uso de sulfato ou cloreto, não ocorreu a dispersão dos colóides. A adição de carbonatos de Ca e Mg promoveu a elevação do pH e o aumento de cargas negativas, alterando, assim, a dinâmica de dispersão e floculação de solo. De acordo com Costa e Abrahão (1996), com o aumento da argila dispersa em água, na camada que recebeu calagem, ela pode movimentar em profundidade, onde a presença do Al favorece a floculação, aumentando a densidade do solo.

Muitos estudos já foram conduzidos com o objetivo de comparar as alterações dos solos sob diferentes condições de manejo, no que diz respeito a alteração de suas características físicas ou químicas ou biológicas; entretanto, essas comparações, na maioria das vezes foram feitas para parâmetros físicos ou químicos ou biológicos individualmente, o que dificulta a visualização do conjunto, já que em termos de ecossistema, pela própria definição, os efeitos das alterações provocam reações em cadeia, alterando uma série de componentes do ambiente.

O funcionamento dos ecossistemas é um processo dinâmico que envolve aspectos que se manifestam a partir de estímulos ambientais de amplitudes extremas. É, portanto, essencial para o entendimento do funcionamento, bem como para a determinação da sustentabilidade de ecossistemas naturais e/ou manejados, observações por períodos de tempo extensos, a fim de que se possa avaliar o momento em que o potencial de produtividade varia como resposta a processos naturais ou de influência antrópica.

A mudança no potencial de produtividade dos ecossistemas pode ser influenciada por vários mecanismos, entre os quais Bormann e Sidle (1990), sugerem perdas e ganhos de nutrientes por longos períodos; efeitos da vegetação, animais e micróbios do solo, em suas propriedades físicas e químicas; potenciais efeitos negativos ou positivos advindos da perturbação do solo e mudanças climáticas. Para esses autores como os mecanismos não são independentes, é particularmente importante estudar esses processos de uma forma integrada.

Com o crescente aumento da população houve uma ampliação na economia, que se refletiu nos setores industriais e de alimentos, ampliando assim a exploração de novas áreas, o que tem transformado ecossistemas naturais em manejados. A partir do momento em que se passou a

introduzir espécies arbóreas exóticas de rápido crescimento, a opinião pública passou a questionar seus efeitos sobre os ecossistemas naturais, esquecendo-se que muitos dos cultivos agrícolas ou forrageiras, hoje amplamente disseminadas pelo território nacional, são também de origem exótica. De qualquer forma, pressionadas ou não pela opinião pública, vários estudos foram conduzidos no sentido de avaliar a intensidade das alterações de ecossistemas naturais, a partir de usos diversos.

A diminuição da cobertura vegetal natural como resultado da expansão agrícola, traz consequências importantes, entre as quais Viana (1990) cita a diminuição da diversidade biológica, o distúrbio do regime hidrológico das bacias hidrográficas, as mudanças climáticas, a degradação dos recursos naturais e a deterioração da qualidade de vida das populações "tradicionais". Qualquer diminuição da superfície de uma área florestada pode levar a uma diminuição exponencial do número de espécies e afetar a dinâmica de populações de plantas e animais, podendo comprometer a regeneração natural e, conseqüentemente, a sustentabilidade desses ecossistemas.

A substituição generalizada de formações naturais heterogêneas por monoculturas florestais introduzidas, iniciou no Brasil no começo do século, a partir do cultivo de espécies de rápido crescimento do gênero *Eucalyptus*, utilizadas para a produção de carvão, papel ou madeira. De acordo com Silva Júnior et al (1995), por volta de 1906 cerca de 4.000 ha estavam cobertos com espécies desse gênero. A rápida industrialização no início dos anos 70 favoreceu a expansão da área que chegou a 1.052.000 ha em 1973, sendo que as estimativas atuais indicam que cerca de 3.900.000 ha são atualmente cobertos por esse gênero. Tendo essa substituição indiscriminada provocado problemas como pestes e doenças, o acompanhamento das alterações ambientais ao longo do tempo, ou em plantios mais velhos, tem demonstrado que com o tempo o sub-bosque do eucalipto favorece o aparecimento de espécies nativas da região.

De acordo com esses autores, tem havido uma prioridade em restaurar áreas de vegetação nativa misturada com plantações de eucalipto, objetivando unir a proteção de fontes de água, resguardar a fauna local e providenciar fontes alternativas para controle de pestes com a criação de um local para seus predadores. Esses autores observaram que após 10 anos a presença de *E. grandis* não reduziu a diversidade de espécies na regeneração do sub-bosque além de ter favorecido o estabelecimento de uma comunidade jovem, característica de um avanço do estágio de sucessão. Concluíram que plantios de *E. grandis* podem providenciar um grau de sombra necessário para a regeneração de florestas de espécies naturais, parecendo que a não alelopatia do

E. grandis age como uma “berçário” de espécies arbóreas, tendo o papel que pode provavelmente ser tomado pela *Cecropia* spp e outras espécies pioneiras sob condição natural. De forma que, plantações de *E. grandis* podem assim ser um meio efetivo de promover a regeneração natural e recuperar formações vegetais naturais.

Kageyama, Blella e Palermo Júnior (1990), também sugerem que as técnicas de manejo para implantação de florestas devem ser voltadas para pesquisas mais básicas e mais aplicadas considerando não só os aspectos silviculturais das plantações, mas também com objetivo de fornecer serviços ambientais (evitar erosão, filtrar poluentes), restabelecer a dinâmica do ecossistema e da conservação genética das espécies. Sendo proposto para tal, o modelo de consórcio baseando-se na interpretação da sucessão secundária, separando-se as espécies arbóreas em grupos sucessionais distintos, como forma de orientar a associação de espécies nas plantações mistas.

Considerando que a formação de florestas mistas, através do consórcio, restabelece as funções ecológicas básicas às florestas plantadas (biodiversidade, reprodução das espécies, dinâmica sucessional do ecossistema); o plantio de espécies do gênero *Eucalyptus*, que após 10 anos produz sub-bosque bastante diversificado, pode ser considerado nessas condições, como tendo as funções ecológicas básicas restabelecidas ou, pelo menos, em processo de restabelecimento. De onde se infere que, com o tempo, o ecossistema, apesar de alterado, atinge um estágio de equilíbrio semelhante às condições naturais.

Outra atividade que tem reduzido em muito as áreas sob vegetação de cerrado, é a pecuária, principalmente de corte. A substituição de extensas áreas de cerrado por gramíneas forrageiras provoca uma alteração ambiental que, dependendo do manejo adotado, pode provocar a degradação do solo, com conseqüente queda na produtividade dessas pastagens. De acordo com Carvalho e Cruz Filho (1994), a redução na produção de forragem e também de seu valor nutritivo, mesmo em épocas do ano favoráveis ao crescimento das plantas, são os primeiros sinais do processo de degradação de pastagens, sendo posteriormente acompanhados pela diminuição da área de solo coberta com forrageiras e a redução do número de plantas novas provenientes da ressemeadura natural.

Alguns solos originalmente férteis perdem sua fertilidade naturalmente por efeito da erosão ou pelo manejo inadequado das pastagens, que é uma das principais causas de sua degradação, principalmente devido ao superpastejo que reduz o vigor das plantas, a sua capacidade de rebrota

e de produção de sementes. De acordo com Carvalho e Cruz Filho (1994), o superpastejo também reduz a quantidade de resíduo vegetal que retorna ao solo (forragem não consumida) para participar da reciclagem de nutrientes.

De forma que, a alteração de um ecossistema natural de cerrado para ecossistema artificial de pastagem, com um manejo inadequado pode provocar alterações drásticas nas características do solo.

O solo e particularmente a sua fertilidade, é considerado como o principal fator determinante do amplo e diverso gradiente fisionômico encontrado na vegetação do cerrado (Oliveira Filho, 1989; Lopes e Cox 1977). Goodland e Pollard (1973), citados por Oliveira Filho (1989), associaram as várias formas fisionômicas no cerrado do estado de Minas Gerais com a concentração da cátions trocáveis no solo, especialmente o conteúdo de alumínio. Entretanto, outros fatores ambientais também podem ser responsáveis pelo gradiente fisionômico do cerrado, entre os quais Gibbs et al (1983), fazendo um estudo qualitativo do cerrado do estado de São Paulo cita: efeito de queima localizada, exposição diferenciada à geada, diferenças de drenagem e perturbações antrópicas. E, segundo Oliveira Filho et (1989), embora poucos estudos quantitativos tenham sido conduzidos no cerrado, é provável que vários outros fatores ambientais possam estar associados com sua variação florística e fisionômica, entre os quais cita-se profundidade e textura do solo.

Considerando então que um grande número de fatores ambientais é responsável pela expressão florística e fisionômica do cerrado, a partir do momento em que essa vegetação é substituída por outra, da mesma forma, poderá haver alteração em alguns fatores ambientais como resposta a perturbação antrópica. Portanto, uma comparação entre ecossistemas naturais e alterados, considerando os vários parâmetros de solo, possibilita uma indicação dos usos que mais afastam o solo das condições naturais. De acordo com Van den Berg (1995), o simples levantamento de parâmetros químicos, físicos e biológicos de uma área fornece importantes informações das suas características atuais, quando são comparadas áreas com e sem influência das alterações antrópicas, mas não possibilita uma visualização abrangente para conclusões sobre quais os sistemas de manejo "prejudicam" mais o ambiente. Foi verificado por Vilela et al. (1993), que os programas de recuperação ambiental utilizando espécies nativas requerem subsídios baseados na investigação conjunta das comunidades vegetais e suas variáveis ambientais.

Em sua dissertação de mestrado, Van den Berg (1995) verificou que poucos trabalhos têm sido conduzidos no Brasil no sentido de se fazer avaliação conjunta de variáveis ambientais (físicas, químicas e biológicas) que melhor se correlacionam com ecossistemas alterados ou não por atividades antrópicas. Em sua revisão de literatura esse autor cita Bertoni et al. (1982) que, trabalhando na Reserva Estadual de Porto Ferreira-SP, verificou que havia diferenças na vegetação entre o trecho da floresta de terra firme e o trecho de floresta ciliar, mas não detalhou os fatores ambientais relacionados com essas diferenças. Batista e Couto (1992 a, b) trabalhando com 15 espécies florestais na Reserva Biológica de Mogi-Guaçu, verificaram que o crescimento destas foi influenciado por variáveis físicas (principalmente areia fina) e químicas do solo (soma de bases, P, B e K). Johnston (1992), nas florestas de Tonobuco, em Porto Rico, relacionou a vegetação às variáveis topográficas que estavam ligadas à umidade do solo e esta à movimentação do Ca e Mg, produzindo inclusive uma diferenciação em termos de pH. Outro autor que verificou correlação do mesmo tipo de vegetação com a topografia foi Basnet (1992). Em uma floresta seca no sudoeste de Madagascar, Sussman e Rokotozafy (1994), encontraram uma relação estreita entre espécies florestais e o ambiente, notadamente em relação a gradientes de umidade do solo refletido também em relação a topografia. Além dessas, outras variáveis ambientais como granulometria e/ou fertilidade do solo, também se relacionam com variações ambientais (Rando, 1981; Spera, 1995; Lima, 1993).

Considerando então que as características de solo são importantes na expressão da vegetação, numa situação em que o solo seja o mesmo, porém sob diferentes condições de manejo, compondo diferentes ecossistemas, ocorrerão alterações de suas características. Van den Berg (1995), estudando a variação da vegetação de uma Floresta Semidecídua, no entorno de Reservatório de Camargos, município de Itutinga, MG, verificou que a maior variação de vegetação estava relacionada com a posição topográfica, aumentando com o aumento de distância ao córrego, sendo a diferenciação estreitamente correlacionada com diferenças de umidade superficial e de propriedades químicas do solo, principalmente pH, P e Al. As diferenças entre ecossistemas de floresta e campo, também foram correlacionadas com umidade e propriedades químicas do solo; incluindo, neste caso, o Ca e a soma de bases que apresentaram um gradiente suave do campo até a margem do reservatório, e o K que apresentou maiores diferenças, provavelmente, como consequência do limite entre campo e floresta. De acordo com o autor, a umidade do solo é o principal fator que influencia a distribuição da vegetação, sendo as

propriedades químicas mais um produto do que uma causa da cobertura vegetal, embora possam tornar as diferenças na vegetação mais marcantes. Além dessas, outras variáveis ambientais não quantificadas também influenciam a vegetação, entre as quais, as diferenças de umidade nos diversos ecossistemas (McDougall e Kellman, 1992).

Assim observa-se que quando as variáveis ambientais (parâmetros físicos, químicos e biológicos) do solo são analisados em conjunto e correlacionados com diferentes ecossistemas, a visualização, bem como a ordem de influência dessas variáveis, é bem mais clara. A idéia de se utilizar técnicas estatísticas que permitam a ordenação de amostras em função de uma série de parâmetros, simultaneamente, permite uma análise conjunta dos fatores ambientais para verificação de suas correlações com diferentes ecossistemas (ou usos do solo).

De forma que, métodos estatísticos que permitam uma análise multidimensional de variáveis são os mais indicados nesses casos. Souza (1996), analisou a variância de parâmetros físico-químicos da água em função do uso do solo (agrícola ou sob floresta) em três microbacias, ordenando as variâncias através da análise de componentes principais (PCA), de acordo com Kent e Coker (1992). Ele observou que, praticamente 100% da variação dos dados foi explicada pela ordenação dos dados em dois eixos, de forma que, plotando os resultados em um gráfico bidimensional, as tendências de agrupamento de dados em quadrantes indicam as correlações entre variáveis e ambientes.

Esse tipo de agrupamento permite uma visualização conjunta de quais usos alteram mais o solo em relação às suas propriedades em condições naturais e quais são os parâmetros que mais contribuem para essa alteração.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O estudo constou do levantamento de dados por um período de dois anos, perfazendo um total de quatro épocas de amostragem, ou seja, duas antes do período chuvoso (novembro de 93 e de 94) e duas após o período chuvoso (junho de 94 e de 95), sendo denominados cronologicamente : época 1, época 2, época 3 e época 4.

Foi estudado um Latossolo Vermelho-Escuro (LE) sob diferentes usos: cerrado nativo (CE), reforma com eucalipto (RE), reflorestamento com eucalipto adulto (FA), pastagem plantada (PP), pastagem nativa (PN) e cultura anual (CA); compondo seis ambientes de estudo denominados de ecossistemas.

As áreas de estudo, exceto a cultura anual (CA), estão situadas no município de Curvelo, centro geográfico do estado de Minas Gerais, localizando-se na Fazenda Meleiros, de propriedade da Mannesmann Florestal e em seu entorno. A área com cultura anual localiza-se na propriedade do Sr. Belmiro Rocha, no município de Morro da Garça (ver figura 01). Em todos os ecossistemas estudados, foram sempre observadas a posição topográfica e as condições de insolação.

3.1 - O solo estudado

Foi descrito e amostrado um perfil (ver anexo 01) representante da classe de solo estudada, segundo critérios de Lemos e Santos (1984), com adaptações relativas à notação de horizontes preconizadas pela EMBRAPA/SNLCS (1988).

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, utilizando uma solução de NaOH 0,1N como dispersante químico e agitação a 12.000 rpm, segundo Day (1965). Para a argila dispersa em água, seguiu-se a metodologia descrita por Vettori (1969) e EMBRAPA (1979).

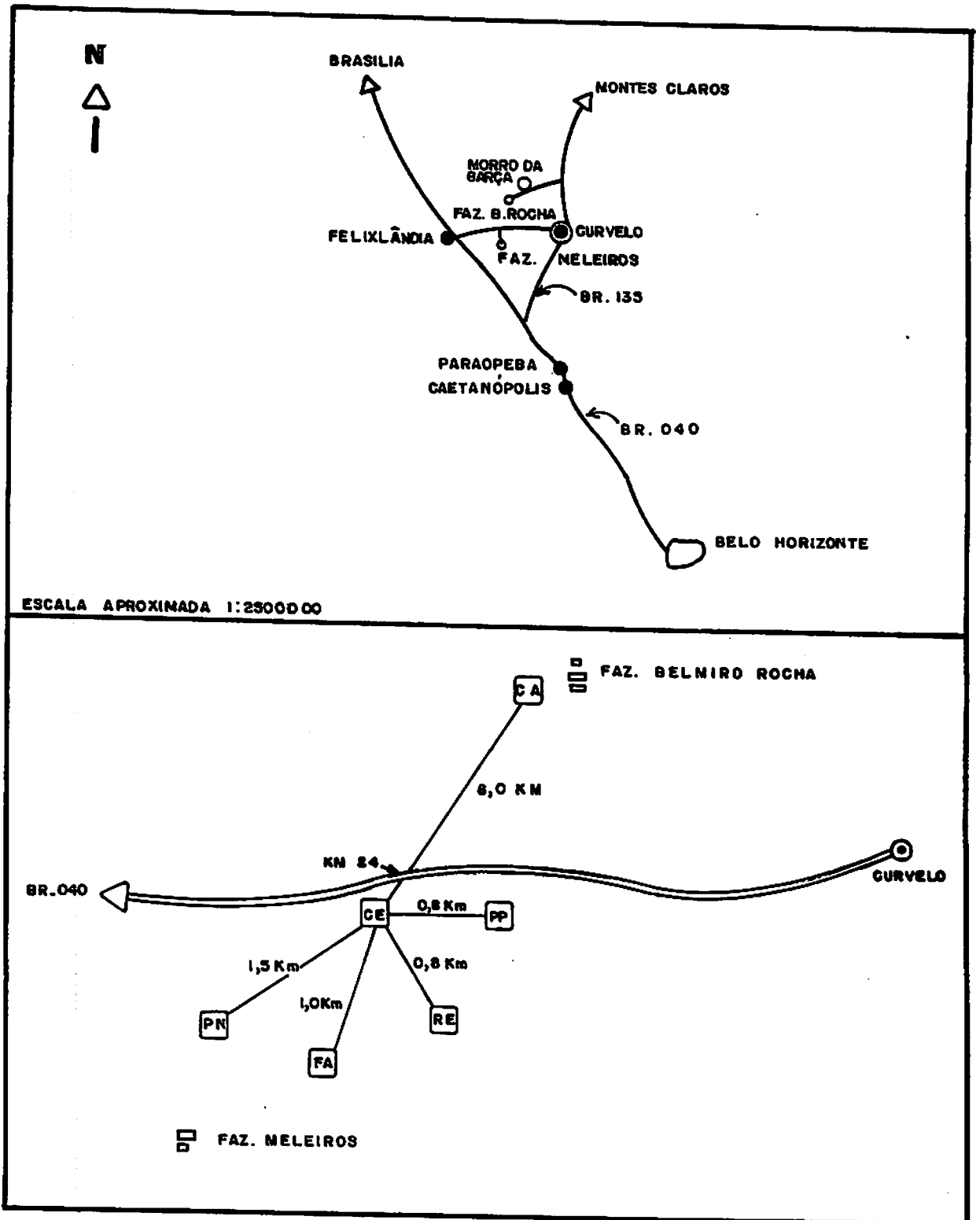


Figura 01. Croqui da área de estudos, com detalhamento da localização dos ecossistemas estudados (CE, cerrado nativo; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento de eucalipto adulto e RE, área de reforma com eucalipto).

A densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico e a densidade do solo em amostras com estrutura indeformada, coletadas com o amostrador de Uhland, de volume conhecido, conforme Blake (1965).

Na caracterização química o cálcio, o magnésio e o potássio trocáveis e o fósforo disponível foram extraídos utilizando-se o método da resina trocadora de íons (Raij et al., 1987). A acidez trocável (Al^{+3}) segundo a metodologia de Raij e Zullo (1977) e o carbono orgânico segundo EMBRAPA (1979).

O pH foi determinado potenciométricamente utilizando-se a relação 1:2,5 de solo:água.

Os óxidos do ataque sulfúrico (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 e P_2O_5) foram determinados após digestão com H_2SO_4 1:1, segundo método descrito por Vettori (1969), modificado pela EMBRAPA (1979).

3.2 - O clima da região

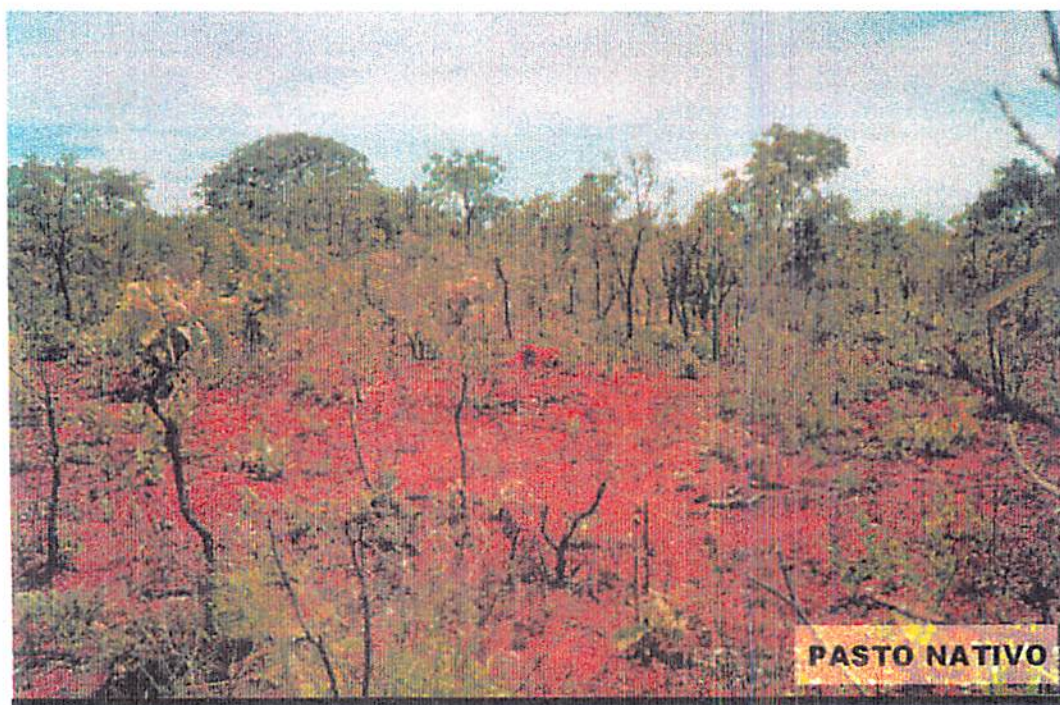
O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, enquadra no tipo AW, que corresponde ao clima tropical de savana, com inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio é superior a $18^{\circ}C$ e a precipitação do mês mais seco inferior a 60mm.

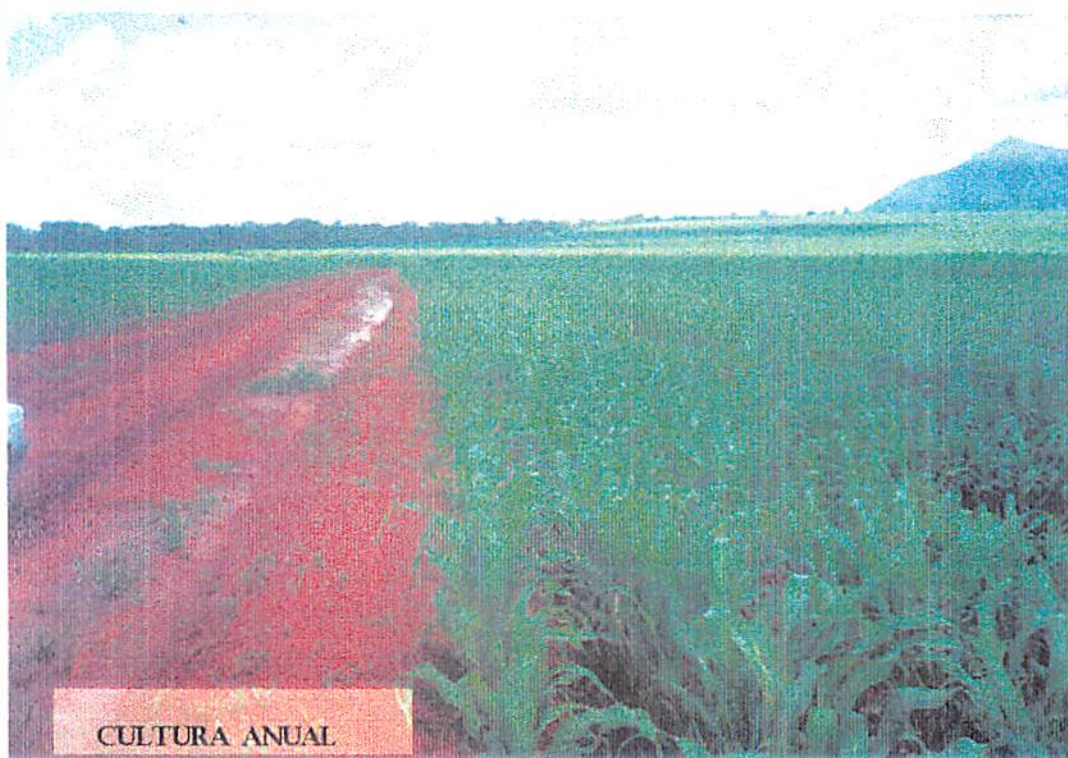
A altitude (610 a 620 metros), ameniza o clima da região, que se aproxima do tipo Cwa, que é um clima mesotérmico com verões quentes em que a temperatura média do mês mais quente é superior a $22^{\circ}C$ e a estação chuvosa ocorre no verão, sendo a temperatura média do mês mais frio inferior a $18^{\circ}C$. O balanço hídrico da estação climatológica de Curvelo, indica probabilidade de excedentes hídricos (300 a 400mm) desde princípios de dezembro até fim de março e deficiências hídricas acentuadas (150 a 200mm) de maio a setembro (Panoso et al., 1978).

Estão apresentados no anexo 02 os dados relativos ao número de dias de chuva/mês e a precipitação pluviométrica em mm de chuva/mês, no período de janeiro de 1986 a dezembro de 1995. Os dados foram coletados na Fazenda Meleiro, no município de Curvelo-MG e processados nos escritórios da Mannesmann FI-FL Florestal Ltda./CAPEF-Tutoramento Ambiental, sediada no município de Paraopeba-MG.

3.3 - Os Ecossistemas Amostrados

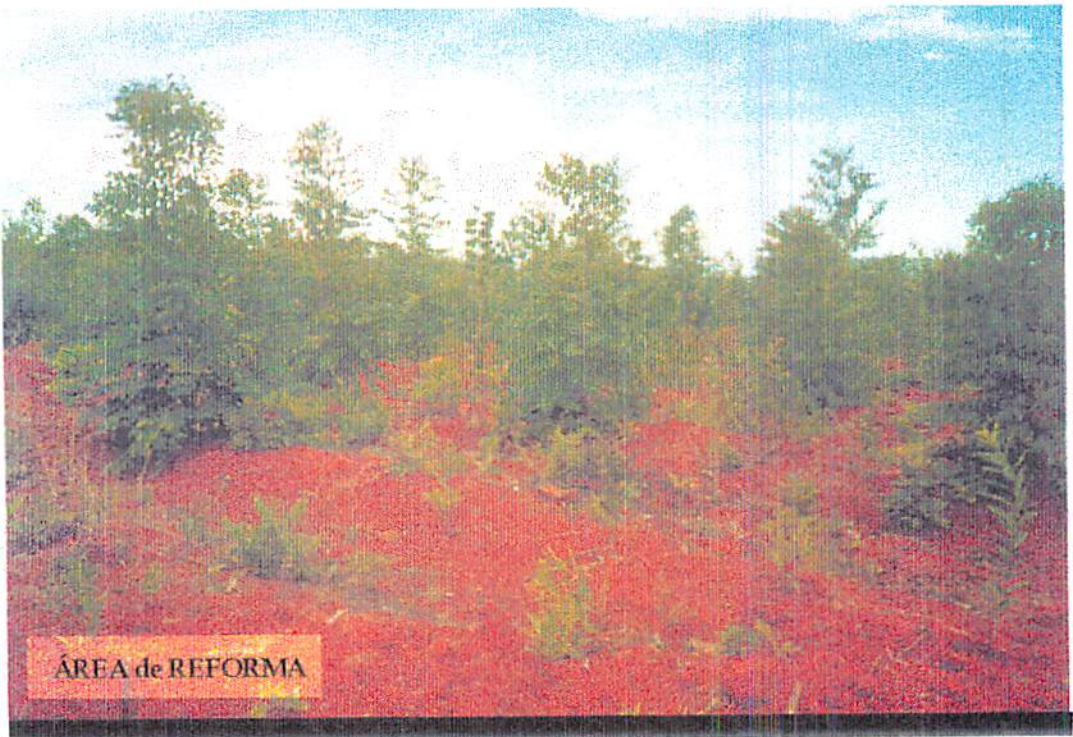
Toda área de estudo era originalmente coberta com vegetação de cerrado. Com a ocupação, a vegetação original foi sendo substituída para fins específicos, compondo os diferentes ecossistemas artificiais, aqui estudados.







FLORESTA ADULTA



ÁREA de REFORMA

3.3.1) Cerrado - CE:

O ecossistema natural de cerrado é o referencial utilizado para a avaliação das alterações das características físicas, químicas e biológicas do solo, advindas da implementação de diferentes usos, aqui considerados ecossistemas artificiais. Esse ecossistema corresponde à uma área preservada de cerrado localizada à esquerda do mata-burro de entrada da fazenda Meleiro e à cerca de 2 km do mesmo, do lado esquerdo do carreador que limita os talhões de eucalipto (figura 01).

A área de estudo corresponde a um cerrado típico. Nas áreas onde o cerrado mostra-se mais desenvolvido e menos devastado, podem ser observados dois estratos arbóreos: o primeiro entre 7-8m, e o segundo entre 3-5m; um terceiro estrato arbustivo e subarbustivo intermediário e um graminoso-herbáceo. As árvores mostram-se bem próximas umas das outras e suas copas se tocam (Panoso et al., 1978).

No estrato mais desenvolvido predominam: pau terra (*Qualea grandiflora* Mart.), carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum* Vog), pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), cinzeiro (*Vochysia tuncanorum* Mart.), faveiro (*Dimorphandra mollis* Benth), lixeira (*Curatella americana* L.), jacarandá (*Machaerium acutifolium* Vog.), paina do campo (*Bombax gracilipes* K. Schum), jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart ex Hayne), araticum (*Anona coriacea* Mart.), ipê do cerrado (*Tabebuia ochracea* (Cham) Standl.) etc.

O estrato arbustivo, com plantas entre 1 e 3 m de altura, é constituído principalmente de : caroba (*Sparattosperma leucanthum* (Vell.) Schum), cabelo de negro (*Cremastrus spectrum*, *Erythroxylum suberosum* St. Hil e *Erythroxylum campestre* St. Hil), marmelada (*Tocoyena brasiliensis* Mart), aroeirinha (*Schinus terembenthifolius* Raddi), murici (*Byrsonima basiloba* Juss.). Entre os subarbustos são frequentes: *Manihot tripartida* M. Arg., *Vernonia sp*, *Stylosanthes sp*, *Desmodium barbatum* Bent. etc.

O estrato graminoso herbáceo é representado por: capins finos (*Aristida sp*, *Bulbostylis paradoxa* (Spreng) Clark, *Scleria globosa*, *Rhodocalyx rotundifolius* W. Arg.), capim couro (*Axonopus brasiliensis* (Spreng) Kil, *Axonopus aureus* Beav.), além de *Eragrostis sp*, *Andropogum sp*, *Paspalum sp* etc.

3.3.2) Pasto Nativo - PN:

A área de pastagem natural se caracteriza por ter sido destituída de suas árvores de maior porte dando condições para aumento na densidade de gramíneas nativas e por passar por um processo de queima no final do período seco com o objetivo de estimular a emissão de brotações no início do período chuvoso. A capacidade de suporte de pastejo é baixa, estando essa área constantemente exposta aos efeitos da radiação solar e do impacto das gotas de chuva, devido ao excesso de pisoteio.

Entre as espécies vegetais remanescentes predominam aquelas de porte arbustivo e o estrato herbáceo gramíneo, conforme descrito para o ecossistema de cerrado.

3.3.3) Pasto Plantado - PP:

A pastagem foi formada há cerca de 10 anos, tendo o solo sofrido a retirada do cerrado natural com correntão, recebendo calagem e fosfatagem, incorporados com aração e gradagem. A espécie plantada é a *Brachiaria decumbens*, semeada a lanço. Atualmente, devido à excessiva pressão de pastejo, a pastagem encontra-se bastante degradada, com surgimento de brotações das espécies nativas do cerrado, sendo a mais comum o araticum (*Anona coriacea* Mart.).

3.3.4) Cultura Anual - CA:

Não foi encontrada uma área representativa com cultivo anual nas imediações da Fazenda Meleiros; optando-se então pela escolha de uma fazenda de propriedade do Sr. Belmiro Rocha, no município de Morro da Garça-MG, com condições solo, topografia e clima, similares às demais áreas estudadas, estando cultivada há cerca de 8 anos. O sistema de cultivo é o mecanizado, sofrendo o solo aração e gradagem antes do plantio. A primeira e a terceira coleta de amostras aconteceu posteriormente à colheita de sorgo forrageiro, e a segunda e a quarta posteriormente à colheita de milho. Em todas as épocas de coleta de amostras o solo se encontrava gradeado com os restos de cultura incorporados. Após a segunda amostragem o solo foi subsolado e recebeu calagem para elevar a saturação de bases a 70%.

A adubação recebida pela cultura do milho foi de 400 kg/ha de 4-14-8 + Zn, no plantio, e uma cobertura com 250 kg/ha de sulfato de amônia. A cultura do sorgo recebeu 300 kg/ha de 4-14-8 + Zn, no plantio, e uma cobertura com 200 kg/ha de sulfato de amônia.

3.3.5) Floresta Adulta de Eucalipto - FA:

O povoamento adulto de *Eucalyptus grandis*, com 15 anos no início das coletas, já se encontrava com densidade desigual, em função da rebrota heterogênea após o primeiro corte; observando-se nas clareiras grande reincidência das espécies nativas no sub-bosque (araticum, pau terra, barbatimão, faveira), bem como uma disseminação generalizada de gramíneas (*Eragrostis sp*, *Andropogum sp*, *Paspalum sp* etc.), sendo a área alugada como pastagem pelos proprietários vizinhos à Fazenda Meleiros. A área encontra-se com grande quantidade de galhos secos, devido a desrama natural da espécie.

3.3.6) Reforma com Eucalipto - RE:

Povoamento de *Eucalyptus camaldulensis*, que no início das coletas encontrava-se com um ano de idade. A área, após corte raso do povoamento de *E. grandis* anterior, foi preparada com grade bedding; sendo o plantio em cima do camalhão com adubação de cerca de 135 g /m² de superfosfato simples com 1,5% de boro. Inicialmente o solo encontrava-se bastante exposto, mas ao longo dos dois anos de coleta de dados observou-se, além do aporte de folhas e galhos secos, um aumento na incidência de gramíneas nativas, provavelmente pela germinação das sementes dormentes que se encontravam no banco de sementes do solo.

3.4 - Descrição dos Métodos de Amostragem e Análises Laboratoriais

3.4.1 - Necromassa

Após delimitar uma área de 1,0 ha foram feitas 05 amostragens, escolhendo sempre pontos que correspondessem ao padrão típico de cada ambiente estudado, utilizando um quadrado de madeira com área de 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m). Todo material contido dentro desse quadrado, acima da superfície do solo, foi coletado, devidamente etiquetado e levado para secar em estufa com circulação de ar forçada a mais ou menos 70 °C, até peso constante. Após obtenção de peso constante, as amostras foram moídas em moinho tipo wiley, acondicionadas em frascos de vidro com tampa plástica, devidamente etiquetadas, para determinação de extrativos totais, lignina e celulose e dos macro e micronutrientes.

O ecossistema cultura anual, onde plantou-se milho em rotação com sorgo, para produção de silagem, não apresentou deposição de material vegetal em nenhuma das épocas de amostragem, ocasiões em que o solo já se encontrava gradeado. Por outro lado, no reflorestamento adulto de

eucalipto, a camada de necromassa que recobria o solo era bastante espessa e diferenciada. De forma que a parte superficial, onde as estruturas das respectivas partes da planta eram facilmente reconhecidas, é aqui denominada FA1; a camada inferior onde o processo de decomposição era mais avançado, é denominada de FA2. Nos demais ecossistemas (CE, PN, PP e RE) a deposição de material vegetal foi uniforme.

- Métodos de análises laboratoriais:

Os teores de nutrientes foram determinados na matéria seca da necromassa, nos laboratórios do CAPEF-MANNESMANN, localizado no município de Paraopeba-MG.

Os extratos da matéria seca foram preparados de acordo com Hunter (1975). O teor de nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl modificado; fósforo e boro por colorimetria (azul de molibdênio e curcumina, respectivamente); o potássio por fotometria de chama; cálcio, magnésio, cobre, zinco, manganês e ferro por espectrofotometria de absorção atômica (Sarruge e Haag, 1974).

As porcentagens de extrativos, lignina e holocelulose foram determinadas de acordo com as metodologias descritas por Brito e Barrichelo (1985).

Várias análises aplicadas aos materiais ligno-celulósicos requerem remoção prévia dos extrativos presentes. Para tal é comum a seguinte sequência de extração: em álcool-tolueno, em álcool 96% e em água quente. Faz-se a remoção em solução de álcool-tolueno (um volume de álcool etílico 96% com dois volumes de benzeno) por um período de 6 a 8 horas; depois em água quente durante três horas.

$$\% E = P_1 / P \times 100$$

onde: %E = porcentagem dos produtos solúveis

P_1 = peso do extrato em gramas

P = peso inicial da amostra em gramas

Na mesma amostra determina-se a lignina pelo isolamento com ácidos fortes. A remoção de polissacarídeos do material ligno-celulósico, livre de extrativos, por hidrólise com ácido mineral concentrado deixa como resíduo a lignina. Nesse método, uma pequena parte da lignina solubiliza e a que permanece insolúvel, sofre mudanças drásticas, não exibindo mais as propriedades químicas da lignina original.

Lignina % = P - tara do papel de filtro x100 / 1000

onde: P = peso inicial da amostra em gramas

A porcentagem de holocelulose é determinada por diferença:

Holocelulose = 100 - %Extrativos - %Lignina

3.4.2 - Material do Solo

No centro da área onde foi coletada a necromassa (0,25 m²) em cada um dos 5 pontos de amostragem, coletou-se solo, perfazendo um volume de 20 x 20 x 20 cm (8000 cm³), em duas profundidades: 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Em cada época de amostragem foram feitas cinco repetições para cada profundidade e para cada um dos seis ecossistemas estudados. As amostras de solo coletadas no campo foram acondicionadas em sacos plásticos (10 kg), armazenadas em galpão à temperatura ambiente até chegarem ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras-UFLA, onde foram conservadas à temperatura de cerca de 5°C até serem processadas. A temperatura foi mantida utilizando geladeira comercial em condições de laboratório.

De cada amostra, após destorroamento manual e peneiragem, foram separadas todas as raízes. As raízes finas foram lavadas em água corrente e preservadas em frascos com F.A.A. (formalina 6%, ácido acético 27% e álcool 4,6%) para avaliação da colonização micorrízica. Após retirada das raízes separou-se uma porção de cerca de 300 cc de solo de cada amostra que foi conservada em geladeira numa temperatura de 5°C, até o processamento de laboratório, para extração de esporos/50g de solo e identificação das espécies de fungos micorrízicos em cada ambiente.

As amostras utilizadas para a determinação de biomassa de carbono do solo foram retiradas apenas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, e apenas em uma época, janeiro de 1996, com cinco repetições para cada um dos seis ecossistemas estudados.

Para a determinação dos teores de nutrientes (macro e micro), pH, Al³⁺, H⁺, % C orgânico e argila dispersa em água, as amostragens foram feitas com trado holandês em 5 pontos ao redor do local de coleta de necromassa, sendo que o material desses 5 pontos (separados por

profundidade) foi homogeneizado para compor 2 amostras com cerca de 1,0 kg de material de solo, acondicionados em sacos plástico devidamente etiquetados. Para o processamento, essas amostras foram postas a secar à sombra, homogeneizadas em gral de porcelana e passadas em peneiras de 2 mm de malha.

A determinação da estabilidade de agregados foi feita a partir de amostras de aproximadamente 500g formadas de torrões, e preservadas de modo a não quebra-los.

Para a determinação da umidade atual do solo, as amostras foram coletadas no ponto médio, em cada profundidade de amostragem, e acondicionadas em lata de alumínio vedada com fita gomada até processamento em laboratório.

Os demais parâmetros foram analisados a partir de monólitos de solo, com estrutura natural e que sofreram um mínimo de perturbação, sendo determinados a porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade do solo e de partícula.

- Métodos de análises laboratoriais:

a) - Colonização Micorrízica

A colonização micorrízica foi estimada em amostras de 1 g de raízes pelo método da placa quadriculada (Giovanetti e Mossi, 1980), empregando-se raízes clarificadas com KOH 10% e coradas com azul de trífano (Kormanik e McGraw, 1982; Phillips e Hayman, 1970).

b) - Esporos no Solo

Os esporos foram extraídos pelo método da peneiragem via úmida (Gerdemann e Nicolson, 1963) em uma amostra de 50 ml de solo e separados de fragmentos por centrifugação em água a 3000 rpm durante 3 minutos e, em sacarose 45%, a 2000 rpm por 2 minutos. Após extração os esporos foram transferidos para placas e contados com o auxílio de microscópio estereoscópio (40 vezes). Para a caracterização e identificação em nível de espécies, os esporos foram transferidos para lâminas microscópicas montadas em lactofenol, e cada lâmina foi observada em microscópio composto com aumento entre 400 e 1000 vezes, sendo a classificação taxnômica feita segundo as descrições originais (Schenck e Perez, 1987).

O número de esporos no solo, com sua respectiva identificação, foram utilizados para cálculos de diversidade e coeficiente de similaridade de ecossistemas, de acordo com Brower e Zar (1984), sendo calculados:

- Índice de riqueza de Margalef,

$$Da = (s-1) / \log_e (N)$$

onde: s = número de espécies

N = total de indivíduos

- Índice de diversidade de Shannon-Winer,

$$H' = -\sum p_i \log_e p_i; \text{ sendo } p_i = n_i / N$$

onde: n_i = espécies encontradas

N = número de indivíduos

c) - Biomassa Carbono

A biomassa carbono foi estimada pelo método da fumigação-incubação (Vance et al., 1987; Joergensen, 1995), adaptado; sendo a determinação do carbono feita em quatro etapas.

1ª etapa - extração: pesou-se 20 g de solo fresco para amostras fumigadas e não fumigadas. Acrescentou-se 50 ml de K_2SO_4 0,5M (pH ajustado entre 6,5 e 6,8). Agitou-se por 30 minutos a 220 rpm, e deixou-se decantar por 30 minutos. Após esse tempo filtrou-se o sobrenadante.

Observação 1: a metade das amostras foi fumigada com clorofórmio livre de álcool (purificação de clorofórmio conforme Vogel, 1951) e conservado em amileno. A fumigação foi feita em dessecadores possuindo, além das amostras de solo, um béquer com 1 ml de clorofórmio e paredes forradas por papel toalha úmido. Com uma bomba produziu-se vácuo no dessecador até que o clorofórmio borbulhasse. O conjunto foi deixado no escuro por 22 a 24 horas, à temperatura ambiente. Passado esse tempo os béquers com as amostras de solo foram transferidos para outro dessecador seco, sendo feitas aspirações sucessivas com bomba de vácuo até que todo o clorofórmio fosse eliminado.

Observação 2: Para todas as amostras analisadas foi determinada a umidade para correção do peso seco.

2ª etapa - determinação do carbono: após filtragem das amostras foram retiradas alíquotas de 8 ml do extrato, aos quais foram acrescentados 2 ml de K_2CrO_7 66,7 mM, 10 ml de H_2SO_4 (98%) e 5 ml de H_3PO_4 (88%). Para cada bateria de amostras fez-se 6 brancos. As amostras foram aquecidas em chapa por 3 minutos após levantar borbulha, com o auxílio de um condensador.

3ª etapa - titulação: após esfriar, adicionou-se 8 ml de água destilada e acrescentou-se 3 gotas de difenilamina (em meio ácido com H₂SO₄ concentrado). Titulou-se com sulfato ferroso amoniacal 33,3 mM.

4ª etapa - cálculo: o volume gasto na titulação foi transformado:

$$\frac{(Br - A) \times N \times 0,003 \times 50}{8 \times PS} \times 10^6 = \mu\text{g C. g}^{-1}$$

onde: Br = volume gasto para titular o branco (média de 6 brancos)

A = volume gasto para titular a amostra

N = normalidade exata do sulfato (0,4 ÷ leitura)

0,003 = meq do carbono

50 = volume do extrator

8 = volume da alíquota

PS = peso seco da amostra

A biomassa foi então determinada pela fórmula:

$$C_{mic} = (C_F - C_{NF}) \cdot Kc^{-1} = \mu\text{g C. g}^{-1} \text{ solo.}$$

onde: C_{mic} = carbono da biomassa microbiana do solo

C_F = carbono da amostra fumigada

C_{NF} = carbono da amostra não fumigada

Kc = 2,78 (fator de correção obtido por Sparling e West, 1988)

d) - Parâmetros químicos do solo

Nas amostras de solo foram realizadas as seguintes análises: pH; acidez potencial (H⁺¹ + Al⁺³); alumínio trocável (Al⁺³); bases trocáveis (Ca⁺² e Mg⁺²); potássio disponível (K⁺); fósforo disponível (P); enxofre (S- SO₄); micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês e zinco); CTC efetiva; CTC a pH 7,0; soma de bases (S); saturação de bases (V) e saturação de alumínio (m); carbono do solo (C).

As amostras de material do solo foram analisadas no laboratório de Fertilidade do solo do Departamento de Ciência do solo da UFLA, conforme metodologia descrita a seguir: pH em H₂O na relação 1:2,5 (solo: água); de acordo com o método proposto por McLean (1982). O alumínio trocável foi extraído com KCl 1N e analisado por titulometria com NaOH 0,025N (Barnhisel e Bertsch, 1982).

As bases trocáveis foram extraídas com KCl 1N e determinadas por titulometria com EDTA 0,025N (Lanyon e Heald, 1982). O fósforo e o potássio disponíveis foram obtidos com a solução extratora Mehlich I (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N) analisados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente (EMBRAPA, 1979).

O enxofre foi determinado por turbidimetria (Blanchar, Rehm e Caldwell, 1965). O teor de carbono do solo determinado segundo metodologia descrita por Defelipo e Ribeiro (1981).

O teor de boro disponível foi determinado por extração com água quente e analisado por fotocolorimetria (Reisenauer, Walsh e Hoefl, 1973). Os demais micronutrientes foram extraídos através da solução Mehlich I (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N) e analisados em espectrofotômetro de absorção atômica (Raij et al., 1987).

Os valores de CTC efetiva; CTC a pH 7,0; soma de bases; saturação de bases e saturação de alumínio foram obtidos de maneira indireta através dos valores de acidez potencial, bases trocáveis e alumínio trocável.

e) - Umidade Atual

A umidade atual do solo foi determinada pelo método que utiliza estufa a 105-110°C (Uhland, 1951). Foram coletadas amostras de solo com estrutura deformada e acondicionadas em latas de alumínio numeradas e de peso conhecido. Após pesagem do conjunto com solo úmido, colocou-se em estufa 105-110 °C, até obtenção de peso constante. O cálculo da porcentagem de umidade segue a expressão:

$$\% \text{ Umidade} = \frac{100 (\text{peso da amostra úmida} - \text{peso amostra seca a } 105^{\circ}\text{C})}{\text{peso da amostra seca a } 105^{\circ}\text{C}}$$

f) - Densidade de Partícula

A densidade de partícula (D_p), expressa em g.cm^{-3} , foi determinada pelo método do balão volumétrico com álcool etílico (EMBRAPA, 1979), e calculada a partir da expressão:

$$\text{Densidade de partícula (g.cm}^{-3}\text{)} = \frac{\text{peso da amostra seca a } 105^{\circ}\text{C}}{(50 - \text{volume de álcool gasto})}$$

g) - Argila Dispersa em Água

As amostras de terra fina seca o ar (T.F.S.A.) foram dispersadas mecanicamente com água destilada em copo metálico e o teor de argila determinado pelo densímetro de Bouyoucos, de acordo com EMBRAPA (1979).

h) - Densidade do Solo (g/cm^3)

Na determinação de densidade do solo (D_s), utilizou-se amostras indeformadas, retiradas pelo cilindro de Uhland, e secas em estufa a 105°C , para determinação do peso seco. A densidade foi então obtida pela razão entre o peso da amostra seca a 105°C - 110°C e o volume do cilindro (EMBRAPA, 1979).

i) - Porosidade Total (%)

O volume total de poros (VTP) foi calculado usando-se os volumes da densidade do solo (D_s) e densidade de partícula (D_p), através da equação proposta por Vomocel (1965):

$$\text{VTP \%} = (1 - D_s/D_p) \times 100$$

j) - Macro e Microporosidade do Solo

O método utilizado foi o descrito por Grohmann (1960) e Oliveira (1968), usando unidades de sucção, sendo as amostras com estrutura indeformada submetidas à tensão de - 0,006 MPa, para medir a porosidade capilar (microporosidade) e não capilar (macroporosidade). A porcentagem de água (expressa em volume) retida nas amostras, após equilíbrio, corresponderá à microporosidade do solo, e a macroporosidade será dada pela diferença entre a porosidade total e a capilar.

k) - Estabilidade de Agregados em Água

Adotou-se a técnica descrita por Kemper e Chepil (1965), que separa os agregados em função de seus diâmetros, usando um jogo de peneiras. A estabilidade dos agregados foi avaliada por peneiramento via úmida, por agitação mecânica com oscilação vertical dentro de recipientes com água (Yoder, 1936); obtendo-se agregados nas seguintes amplitudes de diâmetro: menor que 0,105 mm; 0,105 a 0,25 mm; 0,25 a 0,5 mm; 0,5 a 1,0 mm; 1,0 a 2,0 mm e maior que 2,0 mm.

A partir desses dados foi calculada a porcentagem de agregados maior que 2mm, como referencial de resistência a desestruturação.

3.4.3 - Delineamento Experimental e Análises Estatísticas

Para os parâmetros relativos à necromassa utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com seis ecossistemas, quatro épocas de avaliação e cinco repetições; correspondendo a um total de 120 amostras.

Para os parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo o delineamento foi o mesmo sendo avaliados os efeitos dos diferentes ecossistemas (CE, PN, PP, CA, FA e RE), os efeitos das épocas (Novembro/93, Junho/94; Novembro/94 e Junho/95) e, quando pertinente incluiu-se o efeito da profundidade (0 a 20 cm e 20 a 40 cm). Cada variável foi avaliada a partir de cinco repetições para cada ambiente, época e profundidade; perfazendo um total de 240 amostras.

As amostras de biomassa carbono foram coletadas apenas em uma época (janeiro de 1996), na profundidade de 0 a 20cm, nos seis ecossistemas e com cinco repetições; correspondendo a um total de 30 amostras.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Cochran e Bartlett e ao teste de Lilliefors; sendo posteriormente submetidos à análise de variância e teste de médias (Tukey a 5% de probabilidade) para comparação das médias de biomassa carbono, sendo as médias dos demais parâmetros comparados através de contrastes (Sarriés, Oliveira e Alves, 1992).

Para avaliação do efeito de épocas foram estudados os contrastes : E1, E2 vs E3, E4; E1 vs E2 e E3 vs E4. Os efeitos de ecossistemas para os parâmetros de solos foram avaliados através dos contrastes : CE vs PN, PP, CA, FA, RE; PP vs PN; FA vs RE; CE vs CA; FA vs RE e PN, PP vs FA, RE; e para os parâmetros de necromassa pelos contrastes : CE vs PN, PP, FA1, FA2, RE; PN vs PP; FA1 vs FA2; FA1, FA2 vs RE e PN, PP vs FA1, FA2, RE.

Os dados de contagem de esporos foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$ para processamento da análise estatística.

Os parâmetros químicos do solo foram correlacionados com parâmetros químicos da necromassa, pelo método de Pearson.

Com o objetivo de se relacionar as alterações dos parâmetros físico-químicos do solo com a alteração da sua cobertura natural (cerrado), foram comparados seis ecossistemas, para os quais procedeu-se uma análise dos componentes principais (PCA), utilizando-se o programa CANOCO (Ter Braak, 1986), para duas profundidades de amostragem (0 a 20 cm e 20 a 40 cm). O mesmo procedimento foi feito para os parâmetros da necromassa.

A análise ordenando os parâmetros físicos e químicos de solo objetiva sintetizar a variação multidimensional dos dados analisados em um diagrama, ordenando-os nos eixos, de acordo com suas similaridades em termos das variáveis utilizadas (Kent e Coker, 1992). Os parâmetros biológicos não entraram na análise multivariada, mas foram utilizados em termos de médias, para complementação na discussão dos aspectos ambientais que compõem a variação entre os ecossistemas estudados.

Para os parâmetros de amostras de necromassa, também foi avaliada a variação multidimensional dos dados analisados em diagrama através da ordenação em eixos, de acordo com a similaridade das variáveis utilizadas. Os ecossistemas estudados são os mesmos; mas, enquanto na cultura anual não foi encontrada deposição de material vegetal em nenhuma das épocas de amostragem, no reflorestamento de eucalipto adulto observou-se que a necromassa era constituída de duas camadas, nitidamente separadas; sendo a superior composta por estruturas vegetais facilmente reconhecidas, aqui representada por FA1 e a camada inferior, onde o material vegetal já se encontrava fragmentado e misturado com raízes e terra, representado por FA2. De forma que, também para a necromassa considerou-se seis diferentes ecossistemas.

Os parâmetros físicos selecionados para tratamento de agrupamento por análise multivariada foram: porosidade total (PoT); macroporosidade (MaP); microporosidade (MiP); densidade do solo (DS) e porcentagem de agregados maior que 2 mm ($Agr > 2$). Entre os parâmetros químicos do solo selecionou-se: carbono (C); hidrogênio + alumínio (H + Al); cálcio (Ca), magnésio (Mg); fósforo (P); potássio (K), enxofre (S); alumínio (Al); ferro (Fe) e zinco (Zn).

Em relação aos parâmetros da necromassa foram selecionados: extrativos totais (Extr); lignina (Lig); holocelulose (Hcel); nitrogênio (N); cálcio (Ca); magnésio (Mg); fósforo (P); potássio (K); ferro (Fe) e zinco (Zn).

As amostras (ecossistemas) e as variáveis (parâmetros físico-químicos do solo ou da necromassa) foram transformados em coordenadas (scores), que correspondem à sua projeção nos eixos de ordenação, ou autovetores (eigenvectors), representando o peso de cada parcela ou variável sobre o eixo, as quais podem ser vistas como equivalentes ao grau de correlação destas com o eixo em questão (Souza, 1996). O autovalor (eigenvalue), que é a soma ao quadrado dos "scores" de cada eixo, representa o maior grau de correlação possível de todas as parcelas ou variáveis com o eixo e dá uma indicação direta da contribuição relativa de cada eixo para a explicação da variância total dos dados (Ter Braak, 1987).

Para execução da PCA foram produzidas matrizes dos parâmetros físico-químicos do solo nas duas profundidades de amostragem e uma matriz dos parâmetros de necromassa. A partir de cada uma das três matrizes foram produzidos diagramas de ordenação dos parâmetros do solo e ecossistemas; e de parâmetros da necromassa com ecossistemas e com as épocas de amostragem. Nos diagramas a distribuição dos ecossistemas e das épocas são representados por pontos, que indicam sua correlação com os dois eixos; enquanto que os parâmetros do solo e da necromassa são representados por setas, indicando a direção do gradiente máximo dos mesmos, sendo o comprimento da seta proporcional à correlação do parâmetro com os eixos e à sua importância na explicação da variância projetada em cada eixo (Souza, 1996).

Um ponto qualquer plotado no diagrama (representando uma parcela de amostragem de um certo ecossistema) pode ser relacionado a cada seta (representando um parâmetro do solo ou da necromassa), através de uma perpendicular partindo da linha da seta até o referido ponto. A ordem na qual os pontos projetam-se na seta, da sua extremidade até a sua origem dá uma indicação dessa relação. Ecossistemas com sua projeção perpendicular próxima ou além da ponta da seta são mais positivamente correlacionados e influenciados pelo parâmetro em questão. Aquelas na extremidade oposta são influenciadas em menor grau. O ângulo de inclinação de cada seta com relação a cada eixo, indica quão estreitamente correlacionado está o parâmetro com esse eixo.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Propriedades físicas do Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes ecossistemas

4.1.1 - Densidade do Solo (Ds)

A análise de variância (anexo 03) mostra diferença significativa nos valores de densidade do solo entre ecossistemas, profundidades, épocas e para a interação profundidade x época. Os valores médios encontrados para esse parâmetro e os níveis de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar esses efeitos, estão apresentados nos anexos 06, 6a e 6b.

No que diz respeito aos ecossistemas (anexo 06) os contrastes ortogonais evidenciaram que os valores de Ds do CE e CA são significativamente maiores que dos demais ecossistemas; e ainda que na CA ($1,21 \text{ g.cm}^{-3}$) é maior que no CE ($1,08 \text{ g.cm}^{-3}$), sendo esse efeito observado em todas as épocas de amostragem. Observa-se também que a densidade do solo foi maior na profundidade de 0 a 20 cm; porém, apesar de estatisticamente significativa, a diferença apresentada não é relevante ($1,08 \text{ g.cm}^{-3}$ e $1,06 \text{ g.cm}^{-3}$).

No solo sob cultura anual, por estar submetido à mecanização intensiva (sistema de preparo convencional) com dois cultivos por ano, em rotação milho/sorgo para silagem, esperava-se um aumento no valor da densidade e diminuição da macroporosidade provocada pela quebra de agregados; sendo esses efeitos intensificados pela forma de colheita da cultura que pouco contribui para o aumento do teor de matéria orgânica no solo, a não ser pela decomposição das raízes, pós colheita. Comparando sistemas de preparo do solo Moraes (1984), observou que o cultivo convencional afetou a densidade do solo nos horizontes Ap e A3. Também Lowry et al (1970), Skidmore, Carstenson e Banbury (1975), Oliveira (1979) e Rando (1981), citados por Moraes (1984), atribuíram aumento na Ds por efeito da mecanização, sendo unânimes em opinar que o cultivo aumenta a densidade do solo tanto pela quebra da estrutura e diminuição da microporosidade, quanto pela compactação devido a passagem de veículos.

A mecanização pesada nas operações de campo por muitos anos leva a um aumento adicional na compactação das camadas arável e subsolo, bem como à deterioração da estrutura e propriedades físicas do solo. Esse efeito é mais acentuado em solos com um pequeno conteúdo de compostos húmicos do que solos ricos nesses compostos.

Em solos ricos em húmus quando, praticamente, somente a adubação mineral é usada, segundo Domzal et al (1993), há uma diminuição do conteúdo de húmus e deterioração dos compostos húmicos; fenômeno comumente definido como processo de degradação. Um outro importante fator que tem efeito degradativo em todas as propriedades dos solos é a compactação intensiva pelas máquinas de rodas e implementos de cultivo durante muitos anos seguidos, proporcionando um “amassamento” e conseqüente aumento na densidade da camada arável e subsolo e ocorrência de feições desconectadas, horizontalmente arranjadas na zona superficial (Soane et al., 1981; Domzal et al., 1993; Domzal, Glinski e Lipiec, 1991).

Nos demais ecossistemas a densidade do solo foi menor que aquela encontrada no cerrado nativo. Cunha et al. (1995), também encontraram maior Ds em solo cultivado com café do que sob mata. Jorge (1985), considera o maior adensamento do solo como sendo geralmente conseqüência de processos pedogenéticos e/ou à compactação oriunda do manejo, como no caso do excessivo pisoteio do gado bovino. O primeiro aspecto pode ser atribuído ao adensamento da camada superficial pelo impacto direto da gota de chuva sobre o solo pouco protegido (Brady, 1983), o segundo aspecto implica no potencial de compactação das patas de bovinos caminhando intermitentemente sobre a pastagem nativa (Bertoni, 1966). No caso do ecossistema de cerrado estudado, os dois aspectos podem ter contribuído para o valor de densidade encontrado ($1,08 \text{ g.cm}^{-3}$). Segundo Resende (1985) a expansão e a contração de todo material mais rico em argila, quando exposto a ciclos de umedecimento e secagem, acarretam o empacotamento das partículas; além do que o elevado teor de argila dispersa em água (anexo 10) também pode contribuir para o adensamento neste ecossistema.

O contraste que compara as áreas de pastagem (PN vs PP) só apresentou efeito significativa última época de amostragem, quando a PP apresentou valor de Ds de $1,05 \text{ g.cm}^{-3}$ e a PN $1,00 \text{ g.cm}^{-3}$ (anexo 06). Nos ecossistemas de pastagem natural e plantada, apesar do pisoteio constante, os menores valores de Ds ($1,03$ e $1,04 \text{ g.cm}^{-3}$, respectivamente) em relação ao cerrado ($1,08 \text{ g.cm}^{-3}$), provavelmente se devem ao grande volume e decomposição de raízes das gramíneas, aumentando a quantidade de matéria orgânica do solo.

Quando se compara os ecossistemas com eucalipto, observa-se que no reflorestamento adulto a D_s é significativamente maior que na área de reforma, sendo esse efeito mais acentuado na terceira época de amostragem ($1,09 \text{ g.cm}^{-3}$ vs $1,02 \text{ g.cm}^{-3}$). Para a área de reforma que apresentou menor densidade aparente entre todos os ecossistemas estudados ($1,02 \text{ g.cm}^{-3}$), infere-se que a incorporação dos restos da cultura de eucalipto anterior, associado ao preparo com subsolagem e “grade bedding”, tenham contribuído para esse valor encontrado. Centurion e Demattê (1992), encontraram efeito benéfico de subsolagem, a qual promove a quebra de camadas compactadas, principalmente próximo à superfície do solo, já que com exceção do ecossistema com cultura anual, em todos os outros o pisoteio pelo gado bovino pode ter contribuído para formação de camadas compactadas.

Também Benites e Ofori (1993), encontraram efeito benéfico da subsolagem no desenvolvimento das plantas, devido a descompactação do subsolo e alguma mistura com o solo da superfície, resultando em melhor drenagem e aprofundamento do sistema radicular.

No que diz respeito a épocas de amostragem (anexo 06) os contrastes ortogonais evidenciaram que houve diferença entre as duas primeiras e as duas últimas épocas de amostragem (E1,E2 vs E3,E4) independente de ecossistemas, sendo também observado no desdobramento da interação de ecossistema dentro de profundidade (anexo 6b), menor densidade na profundidade de 20 a 40cm; entretanto, apesar da diferença estatisticamente significativa, o valor não é relevante.

No anexo 6a observa-se o desdobramento do efeito de época dentro de ecossistemas nas duas profundidades e, de maneira geral, os valores de densidade são maiores na camada superficial do solo. Nas épocas 1 e 3 a CA apresentou aumento significativo na D_s em profundidade, provavelmente em função da menor umidade, que favoreceu a quebra dos agregados por ocasião do preparo, promovendo uma maior compactação.

De maneira geral, nenhum dos ecossistemas apresentou valores de D_s que pudessem prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular (maior valor $1,21 \text{ g.cm}^{-3}$ e o menor valor $1,02 \text{ g.cm}^{-3}$). De acordo com Veihmeyer e Hendrickson (1948), citados por Silva et al (1992), a capacidade das raízes penetrarem nas camadas compactadas varia de solo para solo e mesmo entre diferentes espécies de plantas. Quase sempre o valor da densidade limite, ou seja, a densidade acima da qual não há crescimento e aprofundamento das raízes situa-se em cerca de $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$ para solos argilosos. O tipo de raiz também deve ser levado em consideração no processo de penetração em solos compactados. Raízes pivotantes de grande diâmetro são menos eficientes na

penetração em solos com alta densidade aparente. Cintra e Mielniczuk (1983), observaram que as raízes de colza e tremoço penetram pouco em solos com densidade $1,3 \text{ g.cm}^{-3}$, enquanto as raízes de soja não penetram nessa condição. Fato semelhante foi observado por Edwards et al (1964) citado por Silva et al (1992), com milho, em que as raízes mais grossas só ocorriam entre os agregados e as médias e finas dentro deles. Em agregados com Ds de $1,8 \text{ g.cm}^{-3}$, não se verificaram raízes.

Sob o aspecto de alteração do solo, os dados indicam que apenas no ecossistema de cultura anual com sistema de preparo convencional, houve aumento na Ds em comparação com o ecossistema natural de cerrado; enquanto que os outros ecossistemas avaliados apresentaram valores mais baixos; de onde se infere que o uso desse solo para pastagem ou reflorestamento, contribuiu positivamente na manutenção da estrutura do solo, podendo significar benefícios ao ambiente.

4.1.2 - Porosidade Total, Macro e Microporosidade do Solo

A análise de variância (anexo 03) mostra diferença significativa para nos valores de volume total de poros, micro e macroporosidade entre ecossistemas, épocas de amostragem e para as interações ambiente x época e profundidade x época. Os valores médios encontrados para esses parâmetros e os níveis de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar esse efeitos, estão apresentados nos anexos 07, 7a, 7b, 08, 8a, 8b, 09, 9a e 9b.

Em relação aos ecossistemas (anexos 07, 08 e 09) os contrastes ortogonais mostram que o CE e a CA apresentaram valores significativamente menores de porosidade total e macroporosidade e maiores valores de microporosidade que os demais ecossistemas. Os contrastes que comparam o cerrado com a cultura anual, apresentam o mesmo padrão. O efeito da compactação pela excessiva mecanização fica evidenciado quando se compara com os maiores valores da porosidade total nos outros ecossistemas, estando de acordo com Buckman e Brady (1976); Rando (1981); Machado, Paula Souza e Brum (1981); Oliveira (1979); Moraes (1984) e Centurion e Demattê (1992), que encontraram menores valores de porosidade total em solos cultivados do que sem cultivo. Esses efeitos são consistentes para todas as épocas de amostragem.

O cultivo intensivo do solo provoca alteração de suas propriedades físicas, com conseqüente redução de porosidade total e macroporosidade, bem como aumento de

microporosidade (Laws e Evans, 1949; Machado, 1976; Machado e Brum, 1978; citados por Centurion e Demattê, 1992).

Vários fatores ligados ao manejo podem ser responsáveis pela modificação da porosidade do solo. Moraes (1984), embasou os resultados encontrados em suas pesquisas no fato de que o revolvimento aumenta a oxidação dos compostos orgânicos do solo, perdendo então a sua ação cimentante de agregados, que faz com que haja redução na porosidade como resultado da subdivisão de agregados maiores. Outro fator consiste no esmagamento e pulverização dos agregados pela ação física dos implementos, diminuindo assim a porosidade total do solo. Acrescenta-se ainda que o peso das máquinas e implementos agrícolas pode ocasionar uma diminuição na porosidade total do solo, caracterizando uma compactação.

Lima (1993), pesquisando as condições de estruturação e infiltração de água no solo sob cobertura de mata natural, reflorestamentos, revegetação, pastagens e culturas agrícolas, encontrou melhores condições para esses parâmetros nas coberturas com floresta natural e reflorestamento com eucalipto.

Spera (1995), comparando solos sob campo e sob mata, encontrou maior volume total de poros em condições de mata, atribuindo a maior porosidade à maior atividade biológica como agente de melhoria nas condições de agregação e estruturação.

De acordo com Centurion e Demattê (1992), a diminuição da porosidade total e macroporos, e aumento da microporosidade, observada em diferentes sistemas de preparo do solo em relação ao solo no seu estado natural (sob vegetação de cerrado), sugerem que existe uma tendência de degradação da estrutura do solo com o uso intensivo de mecanização agrícola. Esses mesmos autores observaram que as alterações ocorridas na estrutura do solo provocaram variações no rendimento de grão de milho; verificando que os mesmos rendimentos foram encontrados no sistema de semeadura direta embora não diferindo significativamente dos demais tratamentos: convencional, superpreparo, enxada rotativa, preparo reduzido, exceto do sistema de preparo invertido, que apresentou-se mais produtivo. Resultado semelhante foi encontrado por Seguy et al (1984), citados por Centurion e Demattê (1992), os quais sugerem que para áreas de cerrado o preparo deva ser invertido em relação ao convencional, diminuindo os efeitos maléficos da compactação.

Conforme Donnelly e Shane (1986), a compactação pode causar a redução na porosidade resultando em alterações em várias propriedades, incluindo densidade aparente (Froehlich, 1979),

capacidade de infiltração, nível de oxigenação, taxa de trocas gasosas (Grable, 1971) e nas propriedades térmicas do solo (Wills e Raney, 1971).

O contraste que compara os dois ecossistemas com eucalipto evidenciam diferença significativa para a porosidade total (anexo 07) que se apresenta maior no RE ($626,0 \text{ g.kg}^{-1}$) do que no FA ($609,5 \text{ g.kg}^{-1}$), sendo esse efeito significativo também na época 3.

Ao se observar os desdobramentos da interação ecossistema x época (anexos 07, 08, e 09), observa-se para todas as épocas um menor valor de porosidade total (VTP) para o ecossistema de cultura anual e uma tendência de igualar os valores de VTP para os demais ecossistemas, exceto no caso da área de reforma, que tanto para média de ambiente quanto para a interação ambiente x época, foi o ecossistema que apresentou maior porosidade total, o que se atribui conforme argumentado no item 4.1.1; à incorporação de restos de cultura de eucalipto anterior, associada ao preparo da área com subsolagem e “grade bedding”, plantio em camalhão, e ausência de mecanização, até ocasião do corte da madeira.

Em termos da degradação da estrutura do solo, o ecossistema de cultura anual (milho/sorgo para silagem) com mecanização intensiva, é o que apresentou efeito mais acentuado. O desdobramento da interação de ecossistemas dentro de profundidade e dentro de épocas (anexos 7b, 8b e 9b) apresentam as mesmas tendências gerais dos efeitos de ecossistemas e épocas; ou seja, as diferenças são significativas entre CE e CA e entre CE,CA vs PN,PP,FA,RE.

As mesmas tendências são observadas em relação a macroporosidade do solo (anexo 09). No ecossistema de cultura anual houve uma diminuição média de cerca de 90 g.kg^{-1} do total de macroporos em relação ao ecossistema natural. No que diz respeito a disponibilidade de água para as plantas, considerando o veranico na região dos cerrados, essa diminuição na macroporosidade pode ser prejudicial ao desenvolvimento do sistema radicular das culturas, tanto sob o aspecto da disponibilidade de água para as plantas quanto sob o aspecto da penetração das raízes, que fica mais difícil à medida que diminui a macroporosidade e, conseqüentemente, aumenta a densidade do solo.

Parker e Hamilton (1993), avaliando o efeito de diferentes sistemas de cultivo (cultivo convencional, cultivo reduzido, plantio direto e plantio direto sem pastejo), observaram relação entre a macroporosidade, carbono orgânico e estabilidade de agregados. Concluíram que o escoamento e a perda de sedimentos foi afetada mais pela destruição da macroporosidade devido ao cultivo, que mudanças no teor de carbono orgânico dos restos de cultura. Também verificaram

que para atingir um melhoramento desses solos usando “cultivos conservadores” é necessário um período de cultivo contínuo de pelo menos quatro anos quando se obtêm tendências significativas e consistentes, na redução do escoamento superficial e da perda de sedimentos, observadas nos tratamentos que adotaram perturbação mínima do solo comparado com o cultivo convencional.

Os demais contrastes estudados (PN,PP vs FA,RE e PN vs PP) não apresentaram diferenças significativas, de onde se infere que o uso desse solo para pastagem ou reflorestamento não altera significativamente a sua estrutura.

A microporosidade (anexos 08, 8a e 8b) apresentou tendência inversa à porosidade total e macroporosidade, sendo maior no ecossistema de cultura anual e menor nos demais ecossistemas que, mesmo nos desdobramentos da interação ecossistema x época e ecossistema x profundidade, não apresentaram diferenças significativas nas porcentagens de microporos. Na área sob cultivo anual o aumento da microporosidade pode ser atribuído à quebra de agregados, com diminuição da macroporosidade e conseqüente aumento da microporosidade, em concordância como os resultados encontrados por Oliveira (1979); Rando (1981); Moraes (1984).

Os contrastes que comparam o efeito da profundidade dentro de ecossistemas e dentro de época (anexos 7a, 8a e 9a) mostram algumas variações nesses padrões, mas em situações isoladas, de forma que não se considerou esses efeitos relevantes para a interpretação dos resultados.

Os parâmetros D_s e porosidade podem ser bastante modificados pelas atividades antrópicas induzidas ao solo, tais como desmatamento, mecanização, implantação de lavouras e outros, com reflexos diretos no teor de água disponível às plantas e ao armazenamento (Faria e Caramori, 1986; Spera, 1995).

Spera (1995), comparando solos sob mata com solos sob campo, verificou maior porcentagem de microporos sob mata. O parâmetro macroporosidade, que juntamente com a densidade do solo influencia a condutividade hidráulica saturada, também apresentou maiores porcentagens em solos sob mata; que em termos de porosidade total também apresentou maiores valores.

De maneira geral, observa-se que os parâmetros relacionados com a estrutura do solo são bastante sensíveis aos sistemas de manejo, refletindo essas alterações pelo aumento nos valores da microporosidade em conseqüência da diminuição da porosidade total e macroporosidade. Dessa forma, ao se comparar os diferentes ecossistemas, aqueles que apresentam maior macroporosidade são provavelmente mais bem drenados com menor risco de erosão, apresentam maior facilidade de

penetração do sistema radicular, apresentam maior condutividade hidráulica e maior disponibilidade de água para as plantas.

4.1.3. - Argila Dispersa em Água e Estabilidade de Agregados

A análise de variância (anexo 03) mostra diferença significativa para os valores de argila natural entre ecossistemas, profundidade, época e para a interação ambiente x época. A estabilidade de agregados em água apresenta efeito significativo para ecossistema, época, e para as interação ecossistema x profundidade, ecossistema x época e profundidade x época. Os valores médios encontrados para esses parâmetros e os níveis de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar esses efeitos estão apresentados nos anexos 10, 10a, 10b, 11, 11a e 11b.

Observa-se no anexo 10, que o ecossistema da cultura anual apresentou maior quantidade média de argila dispersa em água ($22,6 \text{ g.kg}^{-1}$), em comparação com o ecossistema de cerrado natural que apresentou valor médio inferior ($178,5 \text{ g.kg}^{-1}$), enquanto os demais ecossistemas apresentaram valores menores, em tendência decrescente, para floresta adulta ($156,8 \text{ g.kg}^{-1}$), pastagem plantada ($149,8 \text{ g.kg}^{-1}$), pastagem nativa ($126,0 \text{ g.kg}^{-1}$) e área de reforma ($114,8 \text{ g.kg}^{-1}$). Em relação ao desdobramento ecossistema dentro época a tendência foi a mesma. Em termos de profundidade os dados apresentam maiores valores de argila dispersa em água na camada de 0 a 20 cm ($176,2 \text{ g.kg}^{-1}$) do que de 20 a 40 cm ($139,9 \text{ g.kg}^{-1}$). Os contrastes ortogonais apresentaram efeito significativo para CE,CA vs PN,PP,FA,RE; CE vs CA e FA vs RE; indicando os ecossistemas mais suscetíveis a perdas de solo por erosão. O efeito de época não era esperado nessa situação, tendo sido atribuído à mudança de equipamento laboratorial. Os anexos 10a e 10b, onde estão apresentados os efeitos dos desdobramentos das interações de profundidades dentro de ecossistemas e dentro de época e os efeitos de dos ecossistemas dentro de época em cada profundidade, evidenciam esses resultados.

Esses dados discordam daqueles encontrados por Moraes (1984), que encontrou menores valores de argila dispersa em água (ADA) no horizonte Ap sob cultivo, onde provavelmente a matéria orgânica estaria agindo como agregante (Sanchez, 1976; Russel e Russel, 1968 e Primavesi, 1980); ou então, a calagem e adubação estariam fazendo a floculação das argilas através do cátion cálcio que, de acordo com Fassbender (1980), Medina (1972) e Primavesi (1980), é um agente floculante.

No entanto, Bayer, Gardner e Gardner (1972), questionaram o papel flocculante do cálcio para solos ácidos, estando mais coerentes com os resultados encontrados, sendo que justamente o ecossistema de cultura anual, com alta intensidade de mecanização, adubação e correção, foi o que apresentou maiores valores de argila dispersa em água. Os outros ecossistemas que não receberam calagem, inclusive o ecossistema natural de cerrado, apresentaram menores valores de ADA e, conseqüentemente, pode-se inferir que nestas condições a erosão hídrica é menos eficiente em carrear material do solo. Esses resultados levam a crer que nos ecossistemas onde não se aplica calcário, os óxidos de ferro e alumínio estariam agindo como agregantes; que de acordo com Bayer, Gardner e Gardner (1972), a interação das argilas silicatadas e colóides orgânicos é responsável pela agregação por formar complexos argila-matéria orgânica, já esses mesmos autores afirmam que o único grupo de solos onde não foi observada correlação entre matéria orgânica e agregação foi o dos oxissolos, onde os óxidos de ferro e alumínio são responsáveis pela formação de agregados. Como todos os ecossistemas têm como substrato o Latossolo Vermelho-Escuro argiloso essa é, provavelmente, a explicação mais coerente.

A estabilidade de agregados submetidos à agitação em água está apresentada nos anexos 11, 11a e 11b, em função da quantidade ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) de agregados $> 2\text{mm}$. Observa-se que o ecossistema natural de cerrado foi o que apresentou em média maior quantidade de agregados $> 2\text{mm}$ ($788,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), enquanto o ecossistema de cultura anual apresentou menor estabilidade de agregados ($369,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), corroborando com o maior valor de argila dispersa em água. Os ecossistemas de pastagem, com quantidade ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) de agregados $> 2\text{mm}$ menores que no cerrado, não apresentaram diferença significativa entre si (PN = $709,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ e PP = $692,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$). Os ecossistemas de eucalipto apresentaram, em média, afastamento nas quantidades de agregados $> 2\text{mm}$ em relação ao cerrado de $209,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ para o eucalipto adulto e de $314,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ para o eucalipto jovem. A mesma tendência foi observada no desdobramento das interações ambiente x época e ambiente x profundidade, apesar de não ter sido observado efeito significativo para profundidade.

Os resultados permitem as seguintes interpretações: quanto à distribuição de tamanho de agregados, houve uma diminuição do tamanho dos agregados, entre o ecossistema natural de cerrado, pastagens, reflorestamento e cultivo anual, estando de acordo com dados apresentados por Kiehl (1979), que também encontrou menores porcentagens de agregados maiores para a cultura de milho.

A agregação das partículas do solo é o resultado de ligações físicas pela raízes e hifas e interações físico-químicas entre a superfície das argilas silicatadas e grupos funcionais da matéria orgânica parcialmente decomposta. A agregação pode afetar a ciclagem de nutrientes pelo controle da predação microbiana e pela proteção da matéria orgânica da degradação microbiana (Strickland et al, 1988).

Embora não tenha sido observado efeito de profundidade de amostragem, Fonseca (1984), estudando alterações das características físicas, químicas e microbiológicas em um LVd textura muito argilosa e em relevo forte ondulado, verificou que os valores de estabilidade de agregados, considerados como um reflexo de um melhor estado de agregação, não variam com o tipo de cobertura vegetal mas com a profundidade; ocorrendo um depauperamento com o aumento da profundidade, indicando a influência da matéria orgânica, microrganismos, ação do sistema radicular, atividade biológica da microfauna, alternância de umedecimento e secagem nas camadas superficiais do solo, visto tratarem-se de ecossistemas não submetidos a mecanização. Também no caso do LEd argiloso estudado, os ecossistemas não mecanizados foram os que apresentaram maiores porcentagens de agregados maiores.

Spera (1995), encontrou agregados maiores em solos sob mata do que sob campo, ao que atribuiu a participação de maiores teores de matéria orgânica. Nas camadas subsuperficiais, onde os teores de matéria orgânica são menores, esse mesmo autor, encontrou menores diâmetros médios dos agregados, tanto sob mata quanto sob vegetação de campo. Esses resultados também podem ser explicados com base na afirmação de Baver, Gardner e Gardner (1972), já que o efeito da interação colóides orgânicos e argila é menor em profundidade.

De acordo com Lima (1990), o LE apresenta, em relação ao LV, teores mais elevados de óxidos de Fe livres totais. Esse parâmetro segundo Roth et al (1974) e Ronikens, Roth e Nelson (1977) e os teores de gibbsita, segundo Resende et al. (1995), são os principais responsáveis pela estrutura granular mais bem expressa e pela maior estabilidade das unidades estruturais, induzindo maior permeabilidade nesse solo (Lima, 1990).

A formação de agregados e sua estabilidade, de acordo com Cintra e Mielniczuk (1983), é determinada pelo suprimento contínuo de resíduos orgânicos (raízes, folhas e ramos) e sua decomposição no solo, pela atividade microbiana. Dessa forma, segundo esses mesmos autores, a consorciação de gramíneas que possuam seu sistema radicular absorvente e em constante

renovação e leguminosas que fixem nitrogênio, acelerando a decomposição, é o método mais eficiente para a estruturação do solo (Harris, Chesters e Allen, 1966).

Parcker e Hamilton (1993) e Greenland (1971), verificaram que a matéria orgânica do solo e a estabilidade de agregados melhora significativamente após, relativamente curtos, períodos de melhoria nas pastagens, reduzindo o escoamento superficial e a susceptibilidade à erosão. Benefícios similares foram observados em 1970, com a adoção de cultivos conservadores, particularmente, plantio direto. Trabalhos subsequentes mostraram que esses benefícios também ocorrem porque melhoram o conteúdo de matéria orgânica do solo e a estabilidade de agregados. Entretanto, Hamblin (1984) e Parcker e Hamilton (1993), sugeriram que tais melhoramentos podem ser lentos e pequenos em ambientes secos, como os da Austrália.

Ainda Parcker e Hamilton (1993), verificaram que a incorporação de restos com implementos de disco não melhoram significativamente o escoamento superficial e a perda de sedimentos, apesar dos significativos aumentos no carbono orgânico e estabilidade de agregados. Apesar das diferenças entre tratamentos de cultivo conservadores, as propriedades físicas foram mantidas ou melhoradas, comparadas com os métodos tradicionais envolvendo queima de restos e cultivo para controle de plantas daninhas. Neste tratamento, o escoamento superficial, a perda de sedimentos e a Ds aumentaram, enquanto o carbono orgânico e a estabilidade de agregados diminuíram.

De acordo com Shaimberg et al. (1992), solos que apresentam altas porcentagens de argila dispersa em água e conseqüentemente baixa estabilidade de agregados em água, quando expostos ao impacto das gotas de chuva, são particularmente sensíveis ao selamento na superfície, o que resulta em uma rápida queda na taxa de infiltração de água em solos expostos à chuva; que de acordo com Mc Intyre (1958), citado por Shaimberg et al. (1992), resulta em dois mecanismos: 1^o) uma desintegração física dos agregados e sua compactação, causada pelo impacto da gota de chuva e, 2^o) uma dispersão química das partículas de argila e sua movimentação para a região dos poros menores, onde precipitam e obstruem os canais dos poros. Esses mecanismos, por outro lado, são também responsáveis pelo aumento da microporosidade e densidade aparente do solo, como ocorreu no caso específico do ecossistema de cultura anual sobre um LEd textura argilosa estudado.

O bombardeamento de agregados úmidos com gotas de água de baixa energia causa desintegração de agregados (Shaimberg et al., 1992). Isto sugere que a quebra de agregados sob

baixa energia da água ocorre em função do umedecimento prévio e exposição à chuva; de forma que com o umedecimento dos agregados, a hidratação de cátions trocáveis e da superfície das argilas medidas em $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de solo, quebra as ligações entre os colóides do solo, favorecendo o selamento. A quebra de agregados tem papel importante na formação do selamento, mas é necessária uma maior profundidade de chuva para a formação do selamento do que para a quebra dos agregados, o que sugere que a dispersão físico-química das argilas que suplementa a extinção física dos agregados é o mecanismo determinante do selamento.

Apesar de não ter sido observado efeito significativo de profundidade, no desdobramento da interação época x profundidade, observa-se que no ano de 1994 (épocas 2 e 3), o solo estudado apresentou as menores quantidades ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) de agregados $>2\text{mm}$, em relação à nov/93 e jun/95, o que provavelmente se deve ao fato da chuva, neste ano, ter sido mais bem distribuída, contribuindo para o umedecimento dos agregados por um período mais longo de tempo (ver clima, item 3.2).

Para esse parâmetro, de maneira geral, pode-se considerar que os usos mais intensivos e mecanizados, em uma ou mais fases do processo produtivo, são os que mais contribuem para a desestruturação do solo. Sendo assim, pode-se inferir que nos ecossistemas de cultura anual, área de reforma e reflorestamento adulto de eucalipto, com as técnicas de manejo utilizadas (convencional), a retirada de cobertura vegetal deixando o solo exposto ao impacto das gotas de chuva, pode levar a grandes perdas de solo por erosão.

4.1.4 - Umidade Atual

A análise de variância dos dados de umidade atual está apresentada no anexo 03 e a comparação das médias dos tratamentos bem como os níveis de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar os efeitos dos tratamentos podem ser observada nos anexos 12, 12a e 12b.

Os contrastes que avaliam as diferenças de umidade atual em função de ecossistemas (anexo 12) apresentaram diferença significativa para CE,CA vs PN,PP,FA,RE e para as patagens (PN,PP) vs reflorestamentos (FA,RE). Os maiores teores de umidade foram observados na área de reforma de eucalipto ($292,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) e no reflorestamento adulto ($289,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$); o que se justifica no primeiro caso pela incorporação de matéria orgânica do cultivo anterior e no reflorestamento

adulto, devido a grande deposição de necromassa na superfície do solo, que contribui para conservar a umidade do mesmo.

Em relação às diferenças entre médias de ecossistemas e dos desdobramentos entre as interações de ecossistemas dentro de épocas, fica difícil explicar a variação da umidade, considerando que, nas coletas de 1993 e 1994, alguns ecossistemas foram amostrados durante a chuva ou com chuva na noite anterior. Sendo assim os teores de umidade variaram mais em função do tempo após a precipitação do que propriamente em função das características e propriedade do solo.

O efeito da profundidade de amostragem dentro de ecossistema em cada época (anexo 12a) evidencia que, de modo geral, a camada inferior apresenta maior umidade ($276,0 \text{ g.kg}^{-1}$ vs $268,2 \text{ g.kg}^{-1}$), sendo mais evidente para o PN, PP e RE. Esse comportamento provavelmente se deve ao fato da superfície do solo, nesses ecossistemas, estar exposta à radiação solar com consequente evaporação na camada superficial.

Donnelly e Shane (1986), avaliando o efeito de incorporação de restos de cultura nas propriedades físicas do solo, antes e após a compactação, verificaram que com a incorporação antes da compactação a umidade da superfície do solo foi significativamente maior nas parcelas compactadas do que na testemunha, mas não diferiu entre os tratamentos compactados. Houve um aumento na retenção de umidade nas parcelas compactadas, mais como resultado do aumento da porcentagem de microporos do que às expensas da drenagem dos macroporos. Segundo esses mesmos autores, em condições semelhantes, em parques florestais em Connecticut, também foi observado que a compactação aumenta a porcentagem de microporos; e, apesar de ter sido reportado que a incorporação de restos de culturas aumenta a retenção de umidade pela diminuição de evaporação superficial (Harris, 1988), isto não ocorreu nos estudos de Donnelly e Shane (1986), onde solos com incorporação de restos e compactados não apresentaram maior umidade que os solos compactados sem incorporação.

Considerando o que foi discutido a umidade gravimétrica não é um bom indicador de impacto no solo; porque é muito difícil encontrar situações homogêneas para comparação, além do que dependendo do tamanho da área estudada e do número de amostras é muito difícil executar todas as coletas com mesmo tempo após a precipitação.

4.2 - Propriedades químicas do Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes ecossistemas

4.2.1 - Carbono no Solo

O carbono do solo apresentou efeito significativo para ecossistemas, profundidades e épocas de amostragem e para interação entre ecossistemas x épocas de amostragem (anexo 04). Os valores médios encontrados para esse parâmetro e os níveis de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar esses efeitos, estão apresentados nos anexos 13, 13a e 13b.

Todos os contrastes comparando os teores de carbono nos diferentes ecossistemas (anexo 13) apresentaram efeito significativo. Comparando-se as médias dos teores de carbono nos diferentes ecossistemas observa-se que o cerrado mostrou os maiores teores de carbono e os menores teores foram encontrados no reflorestamento adulto e na área de reforma. Esses resultados discordam daqueles encontrados por Pacífico Homem (1961); Rocha Filho et al. (1978) e Haag, Rocha Filho e Oliveira (1978), que observaram acréscimo de carbono orgânico e matéria orgânica em solos reflorestados tanto com *Pinus* quanto com *Eucalyptus*.

Também não foi observada correlação significativa entre o carbono do solo com nenhum parâmetro químico da necromassa do reflorestamento adulto (anexo 47).

Em relação às épocas de avaliação (anexo 13), observa-se que todos os contrastes analisados apresentaram efeito significativo para teores de carbono no solo, o que também ocorreu para a PN e RE. No ecossistema de cerrado houve diferença significativa entre as duas primeiras épocas de avaliação em relação às duas últimas, onde os teores de carbono encontrados no solo foram menores. Comparando CE vs CA, observa-se que na CA os teores foram menores em todas as avaliações, indicando que o sistema de cultivo adotado não favorece a manutenção dos níveis de carbono no solo. Exceto no cerrado, nos demais ecossistemas observa-se diferenças entre épocas, com maiores teores de carbono no final do período chuvoso (junho). O que se justifica pelo fato de que a necromassa depositada na superfície do solo na época seca, em função das condições ótimas de umidade no período chuvoso, se decompõe elevando assim os teores de carbono.

No desdobramento do efeito de ecossistema dentro de épocas (anexo 13), observa-se que a diferença entre ecossistemas é mais evidente nas duas épocas de amostragem correspondentes ao final do período chuvoso (junho), observando-se a mesma tendência apresentada para as médias de ambiente; ou seja, os menores teores de carbono orgânico nas áreas de reflorestamento adulto,

reforma e pasto plantado. Nas áreas de pasto plantado e reflorestamento adulto, onde o pastejo é constante, os menores teores de carbono orgânico no solo são provavelmente devido à perda de matéria orgânica com o escoamento superficial, devido a compactação provocada pelo pisoteio dos animais. No caso da área de reforma, o solo está mais exposto e ainda não houve grande deposição de necromassa, de forma que a pequena quantidade depositada é rapidamente degradada, não havendo acúmulo o que reflete em baixos teores de carbono orgânico no solo.

Quanto ao efeito de profundidade (anexos 13a e 13b), os maiores teores de carbono orgânico foram detectados na camada superficial (0 a 20 cm), fato também observado por Rocha Filho et al. (1978). Com a deposição de necromassa na superfície e em função da maior densidade de raízes na camada superior do solo; após o processo de decomposição o carbono do solo fica mais concentrado nessa camada.

Singh, Bahar e Negi (1995), observaram redução de 38,4% do carbono orgânico em áreas florestadas com *Cedrus deodara*, sob pastejo intenso, responsabilizando o pisoteio excessivo pela compactação, diminuição na porosidade com conseqüente diminuição na infiltração e aumento no escoamento superficial, que tem como conseqüência perda de solo e matéria orgânica. Esses mesmos autores citam Henn (1977), que observou que uma mudança nos teores de matéria orgânica provoca também uma mudança nos conteúdos de nitrogênio, fósforo e potássio no solo.

4.2.2 - Fósforo no Solo

A análise estatística para fósforo no solo apresentou efeito significativo para ecossistemas e para as interações ecossistemas x épocas e profundidade de amostragem x épocas (anexo 04). Os valores médios encontrados para esse parâmetro, bem como os níveis de significância dos contrastes ortogonais, estudados para avaliar esses efeitos, estão apresentados nos anexos 14, 14a e 14b.

Comparando-se as médias dos teores de fósforo apresentados pelos diferentes ecossistemas, observa-se que a cultura anual se destacou dos demais (anexo 14). Considerando que os solos sob cerrado têm como característica baixos teores de fósforo, 92,1% das amostras avaliadas por Lopes (1983) apresentaram menos de 2 ppm de P; os maiores teores encontrados no ecossistema de cultura anual são provenientes da adubação fosfatada recomendada para o adequado desenvolvimento das culturas, que receberam 300 a 400 kg/ha de 4-14-8 por ocasião do plantio. Ao se analisar o desdobramento de ecossistemas dentro de épocas, observa-se o mesmo

comportamento; ou seja, que nos ecossistemas que não recebem fósforo via adubação química, os teores no solo são os mesmos do ecossistema natural do cerrado. Assim, pode-se então considerar que as espécies nativas de cerrado são adaptadas às condições de baixo fósforo disponível ou são eficientes em absorver o fósforo retido nos minerais de argila. No caso dos reflorestamentos que receberam cerca de 135g de superfosfato simples por m² apenas no plantio, pode-se considerar que como o sistema radicular atinge grandes profundidades, é eficiente em retirar o fósforo do solo, trazendo-o para a superfície através da reciclagem e, de certa forma, enriquecendo o solo. Entretanto, ao se verificar a possibilidade de enriquecimento da superfície do solo em fósforo, através da decomposição da necromassa, só foi observada correlação dos teores de P no solo com os parâmetros químicos da necromassa da área de reforma (anexos 44 a 49); sendo esse enriquecimento, mais provavelmente, devido ao efeito residual superfosfato simples aplicado por ocasião do plantio do eucalipto.

No caso da área de braquiária que recebeu fosfatagem por ocasião do plantio, observa-se que como não foi feita nenhuma adubação, com o pastejo constante não há reposição desse elemento no solo e, como consequência, a qualidade da pastagem é pior, como pode se constatar pelos baixos teores de P na necromassa desse ecossistema (item 4.3).

No desdobramento das interações dos efeitos de épocas e profundidades (anexos 14a e 14b), também se observa o mesmo comportamento, evidenciando que o aporte de P ao solo na CA é função das adubações, por ocasião do plantio.

Haag, Rocha Filho e Oliveira (1978), citam Newbold e Floate (1977), que estudando a ciclagem de nutrientes em florestas da Inglaterra, calcularam uma perda no solo de cerca de 1,3 kg P/ha/ano; dados esses contrastando com os apresentados por White e Harrison, que observaram, nas mesmas condições, um ganho de 0,11 kg/ha/ano. Entretanto, as médias dos teores de fósforo no solo dos ecossistemas analisados não apresentaram ganho nem perda de fósforo; sendo que para essa avaliação seria necessária também uma análise quantitativa da necromassa, para estimar a produção de biomassa e quantificar o total de P que é retirado da área.

4.2.3 - Potássio no Solo

A análise estatística para potássio no solo apresentou efeito significativo para ecossistemas, profundidades, épocas de amostragem e para as interações ecossistemas x profundidades, ecossistemas x épocas e épocas x profundidades, como pode ser observado no anexo 04. Os

valores médios encontrados para esse parâmetro, bem como os níveis de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar esses efeitos, estão apresentados nos anexos 15, 15a e 15b.

Comparando-se os contrastes e as respectivas médias dos teores de potássio no solo apresentados pelos diferentes ecossistemas (anexo 15), observa-se que a cultura anual apresentou os maiores teores, seguida pelo ecossistema natural de cerrado, não havendo diferença significativa entre os demais. Nos desdobramentos dos efeitos de ecossistemas dentro da época, observa-se a mesma tendência para todas as épocas estudadas.

Os maiores teores de potássio no ecossistema da cultura anual se justifica a partir do sistema de cultivo adotado, com dois cultivos por ano e adubação com fertilizantes concentrados, aumentando assim a concentração de potássio no solo. Por outro lado, o fato dos demais ecossistemas (PN, PP, FA e RE) apresentarem teores de potássio menores que o ecossistema natural de cerrado, se justifica pelo fato de que, no cerrado, o sistema está equilibrado. De forma que a saída desse elemento é compensada pela entrada, que provavelmente se deve à ciclagem da necromassa, não havendo exportação de biomassa, a não ser pelo pequeno consumo de gramíneas através do pastejo. Nas áreas de pastagens (nativa e/ou plantada) a perda de potássio no solo ocorre, provavelmente através da perda por erosão proveniente do excesso de pisoteio que expõe e compacta o solo; além do que é consumido com o pastejo.

Nas áreas reflorestadas a perda de potássio se dá por erosão, como no caso das pastagens, ou por imobilização pela cultura do eucalipto. Rocha Filho et al. (1978), observaram enriquecimento de potássio no solo cultivado com eucalipto, enquanto Lopes, Mello e Garrido (1983), observaram que a necromassa de cerrado promoveu maior enriquecimento de K no solo do que a necromassa de *Pinus*; ambos, sobre um Latossolo Vermelho-Escuro.

Lepsch (1980) concluiu que apesar dos solos estudados serem originalmente de fertilidade muito baixa, as florestas implantadas não tiveram o efeito de aumentar as quantidades de nutrientes e matéria orgânica dos horizontes minerais mais superficiais, havendo mesmo pequeno decréscimo de Ca, Mg e K.

Em relação às épocas de amostragem (anexo 15) observa-se nas duas primeiras amostragens (nov/93 e jun/94) maiores teores de potássio no solo, do que nas amostragens seguintes. Entretanto essa diferença não foi atribuída a nenhuma situação específica, a não ser efeito da variabilidade espacial.

Em relação à profundidade de amostragem (anexos 15a e 15b), observa-se uma maior concentração de K na camada superficial; e, no desdobramento de profundidades dentro de épocas, o comportamento se repete. Os maiores teores de potássio na superfície do solo, são provavelmente devidos a decomposição da necromassa e no caso dos ecossistemas aos quais atea-se fogo (pastagens), a queima do material orgânico libera cinza que é rica em potássio.

Em seu estudo com níveis de nutrientes no solo decorrentes da decomposição de resíduos de eucalipto, Costa et alii (1995), observaram que a deposição de resíduos não afetou os teores de nutrientes no perfil, exceto quanto ao potássio, tendo sido observado aumento significativo nas profundidades de 0 a 5 cm e 5 a 10 cm, quando as determinações foram feitas até cinco meses após o corte das árvores. Nas áreas onde as determinações foram feitas aos 12 e 24 meses após o corte das árvores, houve aumento dos teores de potássio até as profundidades 20 a 30 cm e 40 a 60 cm, respectivamente. Entretanto, nesse estudo não foi observada interação entre os diferentes ecossistemas e profundidades de amostragem.

4.2.4 - Cálcio no Solo

A análise estatística para cálcio no solo apresentou efeito significativo para ecossistemas, profundidades, épocas de amostragem e para as interações ecossistemas x épocas e profundidades x épocas, como pode ser observado no anexo 04. Nos anexos 16, 16a e 16b podem ser visualizados os valores médios encontrados para esse parâmetro, bem como os níveis de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar esses efeitos.

Comparando-se os contrastes e as respectivas médias dos teores de cálcio apresentadas pelos diferentes ecossistemas (anexo 16), observa-se que a cultura anual apresentou os maiores teores, seguida pelo ecossistema natural de cerrado, não havendo diferença significativa entre os demais. Nos desdobramentos dos efeitos de ecossistemas dentro de épocas, observa-se a mesma tendência para todas épocas estudadas.

Da mesma forma que para o potássio, os maiores teores de cálcio na cultura anual são esperados em função desse ecossistema apresentar cálcio como resíduo da calagem.

De acordo com Lopes (1983), 96% dos solos sob cerrado apresentam menos que $1,5 \text{ cmol Ca} \cdot \text{kg}^{-1}$ de solo, sendo considerados com baixos teores de cálcio trocável (CFSEMG, 1989). De forma que, exceto no ecossistema de cultura anual, os demais se apresentam com deficiência de cálcio. Considerando que o ecossistema natural de cerrado apresenta-se superior aos demais,

pode-se inferir que neste a ciclagem é mais equilibrada, enquanto que nos demais (PN, PP, FA e RE), houve uma perda de cálcio no perfil, que pode ser atribuída à exposição excessiva do solo por excesso de pisoteio, com conseqüente perda de solo por erosão, ou imobilização de cálcio nos tecidos das culturas; embora apenas a necromassa do PN tenha apresentado correlação positiva entre teores de cálcio na matéria seca e no solo (anexo 45).

De acordo com Poggiani (1985), do total de cálcio do solo absorvido pelo *Eucalyptus saligna*, 66,3% fica retido na planta e 33,64%, é retornado anualmente ao solo pela queda de folhas. De forma que, apesar de uma pequena porção de nutrientes ser imobilizado na parte comercial do eucalipto (tronco), enquanto a planta estiver viva, haverá sempre um déficit no solo, em função dos nutrientes acumulados principalmente na casca e folhas.

No entanto, Pacífico Homem (1961), citado por Rocha Filho et al. (1978), observou surpreendente melhoria nos teores de cálcio no solo cultivado com eucalipto, tendo atribuído o efeito à decomposição da necromassa. Lepsch (1980), citado por Lopes, Garrido e Mello (1986), ao contrário, observou decréscimo nos teores de cálcio no solo sob florestas implantadas. Paula Souza e Paula Souza (1981), concluíram após 12 anos de observação, que o reflorestamento promoveu a acidificação do solo diminuindo o pH, o teor de Ca + Mg e liberando Al trocável.

Ainda no anexo 16, observa-se que houve efeito de época de amostragem, sendo que terceira época (nov/94) foram determinados os maiores teores de cálcio em todos os ecossistemas, não havendo diferença entre as demais épocas. Da mesma forma que para os teores de potássio atribui-se essa diferença à uma provável maior decomposição da necromassa, já que nessa ocasião o ambiente encontrava-se com maior umidade (ver precipitação, anexo 02).

Avaliando o efeito das profundidades dentro de épocas e de ecossistemas, observa-se nos anexos 16a e 16b, que houve diferença significativa entre profundidades, sendo os maiores teores de cálcio foram sempre observados na camada superficial do solo, o que se atribui ao cálcio advindo da decomposição da matéria orgânica, bem como ao cálcio aplicado através da calagem no ecossistema de cultura anual.

4.2.5 - Magnésio no Solo

Pelo resumo da análise de variância apresentada no anexo 04, observa-se que os teores de magnésio apresentaram efeito significativo para ecossistemas, épocas, profundidades de amostragem e para as interações ecossistemas x profundidades e épocas x profundidades. Os

valores médios encontrados para esse parâmetro, bem como os níveis de significância dos contrastes ortogonais, estudados para avaliar esses efeitos, podem ser visualizados nos anexos 17, 17a e 17b.

Comparando as médias dos teores de magnésio apresentadas pelos diferentes ecossistemas (anexo 17), observa-se que a cultura anual apresentou os maiores valores, seguida pelo ecossistema natural de cerrado, não havendo diferença significativa entre os demais. Da mesma forma que para o potássio e o cálcio, os maiores teores determinados na cultura anual são atribuídos ao manejo adotado nesse ecossistema, sendo o magnésio, provavelmente, resíduo do calcário dolomítico.

Em relação à disponibilidade de magnésio, os solos sob cerrado são considerados deficientes. De acordo com Lopes (1983), os níveis sugeridos para interpretação de magnésio consideram que os solos com baixos teores apresentam valores menores ou iguais a $0,5 \text{ cmol.kg}^{-1}$, tendo observado que 90% das amostras analisadas eram consideradas com baixos teores de Mg trocável, exceto a cultura anual com $0,65 \text{ cmol Mg . kg}^{-1}$. Assim como o cálcio, os teores de magnésio no ecossistema natural de cerrado é maior que nos demais (PN, PP, FA e RE), provavelmente devido a uma ciclagem mais equilibrada e pouco pastejo. Ao contrário, nos ecossistemas de pastagem (nativa e plantada) e no área de reforma o solo está muito exposto, proporcionando intensa erosão, enquanto que no reflorestamento adulto, além do pastejo constante parte do magnésio do solo fica retido na planta. Outros autores encontraram menores teores de magnésio em solos originalmente pobres, que haviam sido reflorestados com espécies de crescimento rápido (Lepsch, 1980; Paula Souza e Paula Souza, 1981). Entretanto, Poggiani (1985), observou em área florestadas com *E. saligna*, que do total de magnésio absorvido, 44,3% ficava retido na planta e 55,7% retornava ao solo por queda de folhas. Em nenhum dos ecossistemas estudados observou-se correlação entre teores de magnésio no solo com teores de magnésio na necromassa (anexos 44 a 49).

No que diz respeito às épocas de aplicação, as diferenças nos teores de magnésio são provavelmente devidas à maior decomposição na época 3 em função da maior umidade (ver anexo 02).

No desdobramento da interação de ecossistemas dentro de profundidades (anexo 17b), observa-se que nas duas profundidades analisadas os maiores teores de magnésio foram encontrados na cultura anual, seguida pelo ecossistema de cerrado e demais ecossistemas

analisados; ou seja, apresentaram a mesma tendência das médias entre ecossistemas. Observa-se ainda que, mesmo nos ecossistemas que não apresentaram diferenças significativas entre profundidades, a tendência é sempre que se encontre maiores teores na camada superficial, o que se atribui à decomposição da matéria orgânica na superfície do solo e, no caso da cultura anual, ao resíduo magnesiano deixado pelo calcário dolomítico.

No desdobramento do efeito de profundidade dentro de época (anexo 17a), observa-se também que os maiores teores de magnésio foram determinados na camada superficial, exceto na última época de amostragem (jun/95), onde os valores de magnésio foram idênticos.

4.2.6 - Alumínio Trocável, Acidez Potencial e Saturação de Alumínio

Para os teores de alumínio trocável, conforme sintetizado no anexo 04, observa-se efeito significativo para ecossistemas, profundidades, épocas e para as interações ecossistemas x profundidades e ecossistemas x épocas de amostragem. Os valores médios determinados para esse parâmetro, bem como o nível de significância dos contrastes ortogonais, estudados para avaliar esses efeitos, estão apresentados nos anexos 18, 18a e 18b.

Em relação à acidez potencial ($H + Al$), observa-se no anexo 04 efeito significativo para ecossistemas, profundidades, épocas de amostragem e para as interações ecossistemas x profundidades, ecossistemas x épocas e profundidades x épocas. Nos anexos 19, 19a e 19b estão apresentados os valores médios determinados para esse parâmetro, bem como o nível de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar esses efeitos.

No que diz respeito à saturação de alumínio, observa-se efeitos significativos para os mesmos fatores e interações que se apresentaram significativas para alumínio trocável, além da interação entre profundidades x épocas de amostragem (anexo 04). Os valores médios determinados para esse parâmetro, e os níveis de significância dos contrastes ortogonais, estudados para avaliar esses efeitos, estão apresentados nos anexos 20, 20a e 20b.

Comparando as médias de ecossistemas, no que diz respeito aos valores de alumínio trocável e acidez potencial, observa-se pelos anexos 18 e 19, que para ambos os parâmetros a tendência foi a mesma; ou seja, os maiores valores foram encontrados no ecossistema de reflorestamento adulto, seguido pela área de reforma, cerrado nativo, cultura anual, pasto plantado e pasto nativo. Para o alumínio o desdobramento de ecossistemas dentro de épocas apresentou tendência idêntica (anexo 18). Rocha Filho et al. (1978) e Haag et al. (1978), também

encontraram aumento do carbono e da acidez de troca e potencial em áreas florestadas principalmente com eucalipto.

De maneira geral os solos originalmente sob cerrado têm como principal característica altos teores de alumínio trocável e acidez potencial. Lopes (1983), encontrou que 91% das 518 amostras de solos sob cerrado analisadas, apresentaram valores de alumínio trocável considerados de médio a alto ($0,25$ a $1,00$ $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) e que apenas 15% apresentavam valores altos (acima de $1,00$ $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$). De acordo com esse autor, o fato da maioria das amostras situar-se entre $0,25$ a $1,00$ $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, indica que apesar das condições de acidez desses solos, os valores absolutos de alumínio trocável não são extremamente altos. No entanto, como os valores de cálcio e magnésio são extremamente baixos e o potássio pouco contribui no balanço do complexo de troca catiônica, os valores relativos do alumínio trocável em relação às bases trocáveis, é importante no que concerne à competição pelos pontos de troca, ficando as bases mais sujeitas à lixiviação no solo.

Os maiores valores de alumínio, sob condições de floresta, adulta pode ser função da qualidade da necromassa depositada e, de acordo Barros e Brandi (1975), a taxa de liberação dos elementos químicos pela decomposição é variável, sendo a ordem de mobilidade crescente no sentido $\text{Fe} < \text{Al} < \text{S}; \text{O}_2 < \text{Mg} < \text{N} < \text{P} < \text{K}$, de forma que o alumínio fica retido no solo com maior facilidade do que as bases.

Rocha Filho et al. (1978) e Haag et al. (1978), observaram aumento de acidez de troca e potencial e de carbono nas áreas florestadas, principalmente com eucalipto, enquanto os valores de pH e os teores de nutrientes do solo eram menores ou iguais aos do terreno sem reflorestamento, com exceção do potássio que se mostrou superior nas áreas com eucalipto. Os dados encontrados nesse estudo apresentam a mesma tendência, exceto o potássio, que também se apresentou menor nos ecossistemas de eucalipto do que nas condições do ecossistema natural de cerrado. Estudos de solos sob reflorestamentos com *Pinus* também apresentaram aumento nos valores de alumínio trocável, conforme apresentado por Paula Souza e Paula Souza (1981).

As médias dos valores de acidez potencial (anexo 19) apresentam, da mesma forma que as médias dos teores de alumínio trocável, menores valores no ecossistema de pastagem nativa, o que se atribui a um processo intenso de degradação desse ecossistema, além do que nessa área coloca-se fogo todos os anos para estimular a brotação das gramíneas. Com o fogo, o teor de potássio

das cinzas aumenta o K trocável, de forma que o mesmo, pelo menos por ocasião das queimadas, pode competir com o alumínio pelos pontos de troca, deixando-o passível de sofrer lixiviação.

Em relação às épocas de amostragem (anexos 18 e 19) observa-se que a acidez potencial foi maior no início da seca (jun/94 e jun/95), o que se atribui ao efeito de acidificação pela decomposição da necromassa, liberando ácidos húmicos ao solo. No caso do alumínio trocável, apesar de ter havido efeito de época não se constatou a mesma tendência, sendo que apenas na 3ª época de coleta os teores de alumínio trocável no solo foram mais baixos.

Em relação à saturação de alumínio (anexo 20) observa-se também que o ecossistema de eucalipto adulto (FA) foi o que apresentou maiores valores ($> 610 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), confirmando a observação de que nesse ecossistema a disponibilidade de bases é também menor. Em relação ao ecossistema natural (CE), exceto no caso da cultura anual, todos os ecossistemas apresentaram maior saturação de alumínio, de onde se infere que o manejo adotado nesses ecossistemas tem favorecido a lixiviação das bases no perfil do solo, estando os pontos de troca saturados com alumínio. No caso da cultura anual, a menor saturação de alumínio é função da aplicação de calcário, que precipita o alumínio (Lopes, Silva e Guilherme, 1991). No desdobramento da interação de ecossistemas dentro de épocas, observa-se a mesma tendência.

A menor saturação de alumínio na 3ª época de amostragem (anexo 20) é proveniente das maiores concentrações de Ca, Mg e K, nessa época.

No desdobramento do efeito de profundidade dentro de ecossistemas, como pode ser observado nos anexos 18b, 19b e 20b, para esses três parâmetros analisados (acidez potencial, alumínio trocável e saturação por alumínio), os maiores valores foram determinados na camada superficial (0 a 20 cm), exceto para a cultura anual, onde os maiores valores foram determinados na profundidade de 20 a 40 cm. Nesse ecossistema a calagem na superfície precipitou o alumínio, de forma que os parâmetros a ele correlacionados apresentam-se menores na superfície.

Nos anexos 18a, 19a e 20a, observa-se o desdobramento da interação de profundidade dentro de épocas. Para a acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$), observa-se, mesmo quando não houve efeito significativo, uma tendência de maiores valores na camada superficial. No que diz respeito à saturação por alumínio a tendência é inversa, já que, apesar de se ter mais alumínio na superfície do solo do que em profundidade, os pontos de troca não estão saturados com alumínio, mas com outros cátions provenientes da calagem no ecossistema CA e/ou da decomposição da necromassa nos demais ecossistemas.

4.2.7 - CTC efetiva e CTC a pH 7,0

A CTC efetiva, que corresponde à soma dos cátions trocáveis (Al + Ca + Mg + K) extraídos por uma solução de sal neutro, foi muito baixa nas 518 amostras de solos sob vegetação de cerrado analisadas (Lopes, 1983), das quais 97% apresentaram menos que $4,0 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ e 84% foram inferiores a $2,0 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$. Estes níveis extremamente baixos refletem o alto grau de intemperismo desses solos, de maneira que, ao pH natural, existe muito pouca carga negativa o que, aliado ao baixo teor de bases, permite apenas uma pequena reserva de nutrientes para as plantas (Lopes e Guilherme, 1992). De forma que, apenas plantas pouco exigentes ou adaptadas às condições de baixo suprimento de nutrientes têm desenvolvimento satisfatório nesses solos, quando não é feita a correção da acidez e/ou aplicação de fertilizantes.

A CTC a pH 7,0 que corresponde a soma dos cátions trocáveis mais a soma de hidrogênio e alumínio (Ca + Mg + K + Al + H); ou seja, corresponde a soma das bases mais a acidez potencial, equivalendo ao total de cargas que o solo possui para reter cátions trocáveis quando todo o hidrogênio e alumínio são deslocados dos pontos de troca, não reflete a situação real do solo em condições naturais, sendo o valor da CTC efetiva um parâmetro mais realístico da situação do solo.

Como pode ser observado no anexo 04, tanto a CTC efetiva quanto a CTC a pH 7,0 apresentaram efeito significativo para ecossistemas, profundidades, épocas de amostragem e para as interações dos efeitos ecossistemas x profundidade, ecossistemas x épocas e profundidades x épocas. Nos anexos 21, 21a, 21b, 22, 22a e 22b, estão apresentados os valores médios determinados para esses parâmetros e os níveis de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar esses efeitos.

Comparando as médias dos ecossistemas (anexos 21 e 22) observa-se que, tanto a CTC efetiva quanto CTC a pH 7,0, apresentam a mesma tendência; ou seja, as médias dos ecossistemas diminuem no sentido: CA > CE > RE > FA > PP > PN. Os maiores valores encontrados no ecossistema de cultura anual são devidos ao efeito da calagem, que precipita o alumínio deixando os pontos de troca disponíveis para os cátions aplicados via calagem ou adubação.

Como foi visto no item anterior, a maior parte da CTC efetiva está ocupada por alumínio trocável, exceto no ecossistema de cultura anual ($m = 270,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$). De acordo com Lopes e Guilherme (1992), a produção da maioria das plantas sensíveis ao alumínio é diminuída em solos com mais de $200 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de saturação de alumínio. Assim, considerando que mesmo que os teores

de alumínio não sejam muito elevados, como a CTC efetiva é muito pequena, a saturação de alumínio acaba sendo alta nesses solos.

À diminuição dos valores de CTC nos demais ecossistemas corresponde um aumento na saturação de alumínio, de onde se infere que a disponibilidade de nutrientes nesses ecossistemas diminui. Os desdobramentos das interações de ecossistemas dentro de épocas, para ambos os parâmetros apresentam a mesma tendência.

Nos anexos 21b e 22b observa-se que, para ambos os parâmetros, os maiores valores correspondem à camada superficial, efeito que se repete no desdobramento de profundidades dentro de ecossistemas. A maior CTC na camada superficial, provavelmente ocorre devido a maior concentração de necromassa na superfície, contribuindo para aumentar o teor de matéria orgânica nessa camada e, conseqüentemente, aumentando a CTC (Lopes e Cox, 1977). De acordo com Lopes e Guilherme (1992), isto enfatiza a importância da calagem nestes solos para se atingir um adequado pH, no qual haverá uma apreciável dissociação dos grupamentos fenólicos e/ou carboxílicos da matéria orgânica, e/ou hidrólise dos óxidos, oxi-hidróxidos e hidróxidos de Fe e Al; componentes comuns na fração argila destes solos. Aumentando-se o pH o número de sítios negativos será aumentado, de forma que mais cátions podem ser adsorvidos.

No desdobramento de profundidades dentro de épocas, também os maiores valores foram determinados na camada superficial, para ambos os parâmetros (anexos 21a e 22a).

4.2.8 - Soma de Bases (S) e Saturação por Bases (V)

No anexo 04, o resumo da análise de variância mostra efeitos significativos para ecossistemas, profundidades, épocas de amostragem e para as interações ecossistemas x épocas e profundidades x épocas, para ambos os parâmetros. A soma de bases apresentou efeito significativo também para a interação ecossistemas x profundidades. Nos anexos 23, 23a, 23b, 24, 24a e 24b, estão apresentados os valores médios determinados para esses parâmetros e os níveis de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar esses efeitos.

Comparando as médias de ecossistemas e os respectivos contrastes (anexos 23 e 24), observa-se que apenas o ecossistema da cultura anual apresentou valores maiores que o ecossistema natural de cerrado, e que os menores valores foram apresentados pelo ecossistema de reflorestamento adulto, tanto para soma como para a saturação de bases. Esses valores estão

coerentes com aqueles relativos à saturação por alumínio; ou seja, onde foi maior a saturação por alumínio, a saturação por bases foi menor.

No caso do ecossistema CA a soma de bases foi maior que o ecossistema natural CE e, conseqüentemente, a saturação por bases também foi maior por efeito da calagem que, precipitando o alumínio, favoreceu a retenção de cálcio e magnésio nos pontos de troca. Em relação ao ecossistema FA, os menores valores, tanto para soma de bases quanto para saturação por bases, indicam que a maior parte dos pontos de troca estão ocupados por alumínio e/ou hidrogênio, provenientes da decomposição da necromassa, aumentando a concentração de ácidos húmicos no solo. Nos desdobramentos das interações entre ecossistemas dentro de épocas de amostragem, ambos os parâmetros apresentam a mesma tendência.

Comparando-se as médias de épocas de avaliação (anexos 23 e 24), observa-se que, em todos os ecossistemas, apenas a 3ª amostragem (nov/94), as médias de soma e saturação por bases foram maiores. O que se atribui a aplicação de calcário no ecossistema CA, em outubro desse mesmo ano e nos demais ecossistemas, em função da maior decomposição da necromassa, devido às condições de umidade mais adequadas.

Em relação a profundidades (anexos 23a e 24a), observa-se maiores valores na camada superficial; e no desdobramento de profundidades dentro de épocas, mesmo quando não houve efeito significativo, a tendência foi sempre a mesma, maior soma de bases e maior saturação por bases, na camada superficial do solo. Da mesma forma que discutido anteriormente, esses resultados são atribuídos à decomposição da necromassa que libera as bases na superfície do solo e/ou por diluição do efeito da calagem aplicada no ecossistema CA. Comparando as médias desses parâmetros fixando a profundidade de amostragem, observa-se que na 3ª coleta (nov/94) os valores foram maiores para ambos os parâmetros, confirmando o efeito da calagem (anexos 23b e 24b).

A soma de bases apresentou efeito significativo para a interação profundidades e ecossistemas, como pode ser observado nos anexos 23b e 24b. Fixando o ecossistema e variando a profundidade, observa-se que mesmo quando não houve efeito significativo, todos os ecossistemas apresentaram maior soma de bases na superfície. Fazendo uma comparação no sentido inverso, observa-se que para ambas as profundidades a tendência foi a mesma apresentada para as médias de ecossistemas, conforme já discutido no início desse item, com relação aos anexos 23 e 24.

4.2.9 - Enxofre no Solo

Os efeitos dos tratamentos apresentados como síntese da análise de variância no anexo 04, mostram efeito significativo para ecossistemas, profundidades, épocas de amostragem e para a interação ecossistemas x épocas. Os valores médios de enxofre e os níveis de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar esses efeitos estão apresentados nos anexos 25, 25a e 25b.

Comparando-se as médias dos ecossistemas e os respectivos contrastes (anexo 25) observa-se que os maiores teores de enxofre foram apresentados pelo ecossistema CA seguido pelo RE. No caso do CA, isto se justifica pela aplicação de sulfato de amônio em cobertura e, no caso do RE em função da aplicação de superfosfato simples que foi aplicado na área de reforma em questão. Nos demais ecossistemas, o enxofre provavelmente é proveniente da decomposição da necromassa, sendo o PN o que se apresentou com menos enxofre no solo.

Em relação a épocas, observa-se que apenas na 2ª amostragem os teores de enxofre foram maiores, entretanto, com um coeficiente de variação de 65,40%, não se pode fazer uma afirmação categórica para justificar essa diferença, atribuindo o efeito a uma mais intensa decomposição da necromassa nesta ocasião, já que o carbono no solo apresentou a mesma tendência (anexo 13).

Nos desdobramentos de ecossistemas dentro de épocas observa-se, em termos de tendência, o mesmo comportamento apresentado para ecossistemas (anexo 25).

No que diz respeito a profundidades de amostragem, como pode ser observado nos anexos 25a e 25b, os maiores teores de enxofre foram encontrados na camada superficial do solo. A decomposição da necromassa na superfície e/ou a aplicação de adubos com enxofre justificam os maiores teores na camada superficial do solo.

4.2.10 - Micronutrientes no Solo

A análise de variância para teores de ferro no solo apresentou efeito significativo para ecossistemas, profundidades, épocas; e para todas as interações como pode ser observado no anexo 04. Os valores médios dos teores de ferro e os respectivos níveis de significância dos contrastes ortogonais, estudados para avaliar esses efeitos, estão apresentados nos anexos 26, 26a e 26b.

No anexo 26 observa-se que o ecossistema RE foi o que apresentou maiores teores de ferro, seguido pelo CE, FA, PN, CA e PP. Quanto às épocas de amostragem os menores teores

de ferro foram determinados no final das épocas secas (novembro), enquanto os maiores teores foram encontrados no início das épocas secas (junho), quando provavelmente grande parte da necromassa estava decomposta, coincidindo com os maiores teores de carbono no solo.

No desdobramento da interação de ecossistema dentro de época, observa-se que enquanto em junho/94 os maiores teores foram encontrados no ecossistema de reforma, não havendo diferença entre os demais ecossistemas; em junho/95 foi o ecossistema natural de cerrado que apresentou os maiores teores de ferro. Nas coletas de novembro os ecossistemas não apresentaram nenhuma tendência, de forma que para cada época variou o ecossistema com maior teor de ferro.

No anexo 26b observa-se que os maiores teores de ferro foram encontrados na camada superficial do solo, e pelo desdobramento do efeito de profundidades dentro de ecossistema observa-se, mesmo no caso do ecossistema CA, onde não houve diferença significativa, que os maiores teores de ferro foram encontrados na camada superficial do solo (0 a 20cm).

No desdobramento da interação de profundidades dentro de época, os maiores teores de ferro também foram encontrados na camada superficial do solo (anexo 26a).

Como pode ser observado no anexo 04, o zinco só apresentou efeito significativo para épocas de amostragem e para a interação entre ecossistemas x épocas. Nos anexos 27, 27a e 27b, estão apresentados os valores médios dos teores de zinco e os respectivos níveis de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar esses efeitos. Em relação aos teores de micronutrientes no solo e na necromassa, o ecossistema FA, foi o que apresentou menos correlações significativas (anexos 44 a 49).

Comparando as médias de épocas de amostragem (anexo 27), observa-se que em novembro/94 (3ª coleta) os teores de zinco foram maiores. Considerando que foi aplicado calcário no solo em outubro/94, esperava-se, ao contrário, que por essa ocasião os teores de zinco fossem menores, já que por efeito da calagem os valores de pH teriam aumentado, diminuindo o zinco disponível no solo (Bohn, McNeal e O'Connor, 1985; Lopes, Silva e Guilherme, 1991).

As maiores concentrações de nutrientes na camada superficial do solo são esperadas, já que é onde ocorreram, em maior proporção, as atividades orgânicas. Lopes e Garrido (1986), compararam diferentes espécies de *Pinus* de diferentes idades com o cerrado natural; Rocha Filho et alii (1978) também avaliaram a contribuição do *Pinus* e do *Eucalyptus* para a concentração de

nutrientes no solo. Em ambos os estudos foi observado que sob *Pináceas* as concentrações de ferro (205,54 kg/ha) são bem maiores que sob cerrado (52,41 kg/ha) e que sob a manta do *P. taeda* a concentração de ferro é bem maior do que sob a manta do *E. citriodora*.

A análise de variância para manganês (anexo 04) apresentou efeito significativo para ecossistemas, profundidades, épocas de amostragem e para as interações ecossistemas x profundidades, ecossistemas x épocas e épocas x profundidades. Os valores médios dos teores de manganês e os respectivos níveis de significância dos contrastes ortogonais, estudados para avaliar esses efeitos, estão apresentados nos anexos 28, 28a e 28b.

Comparando-se as médias dos teores do manganês dos ecossistemas (anexo 28) observa-se uma maior concentração na cultura anual seguida pelo cerrado natural e pasto plantado. Rocha Filho et al. (1978), não encontraram diferenças nos teores de manganês em solos sob *Pináceas* ou sob eucalipto. Entretanto os menores valores de manganês nos ecossistemas de reflorestamento em relação ao CE, sugerem que houve exportação deste elemento com a retirada das árvores e/ou que o manganês está retido nos tecidos da planta. O ecossistema CA que apresentou maiores teores de manganês que o ecossistema natural, provavelmente por diferença na qualidade de matéria orgânica incorporada.

Os desdobramentos dos efeitos de ecossistemas dentro de épocas apresentam a mesma tendência. No que diz respeito ao efeito de época, assim como no caso do ferro, observa-se que as maiores concentrações de manganês ocorreram no início das épocas secas (junho/94 e junho/95), coincidentes com maiores concentrações de carbono no solo. Sugere-se portanto que nestas épocas, por efeito de grande atividade de microrganismos no solo, a decomposição da matéria orgânica e ausência de chuvas aumentou a concentração de manganês. No anexo 28b observa-se uma maior concentração de manganês na camada superficial do solo e, no desdobramento do efeito de profundidade dentro de ecossistema, a tendência é a mesma. Fixando a profundidade e comparando os ecossistemas observa-se a mesma tendência discutida para as médias de ecossistemas.

No desdobramento de profundidades dentro de época (anexo 28a) observa-se que a tendência geral é sempre uma maior concentração de manganês na camada superficial. Fixando a profundidade e comparando as médias de épocas observa-se como discutido anteriormente que as maiores concentrações de manganês ocorreram no início das épocas secas (junho/94 e junho/95).

As análises de variância para os parâmetros boro e cobre (anexo 04) apresentaram efeito significativo para ecossistemas, profundidades e épocas e para a interação ecossistemas x épocas. Estão apresentados nos anexos 29, 29a, 29b, 30, 30a e 30b, os valores médios determinados para esses parâmetros e os níveis de significância dos contrastes estudados para avaliar esses efeitos.

Comparando as médias de ecossistemas (anexo 29) para boro, observa-se maior concentração deste na cultura anual e menor concentração na floresta adulta, sendo que os demais ecossistemas não diferiram do cerrado nativo.

Lopes e Garrido (1986), estudando a concentração de nutrientes no solo sob diferentes espécies de *Pinus* e cerrado natural, não observaram diferenças significativas para os teores de boro. Comparando solo sob *Pinus* e *Eucalyptus*, Rocha Filho et al. (1978), também não observaram diferença dos teores de boro no solo. No ecossistema de cultura anual a maior concentração de boro é, provavelmente, função da aplicação deste nutriente no cultivo do milho e do sorgo forrageiro.

No desdobramento das interações de ambientes dentro de épocas, observa-se efeito significativo apenas no contraste que compara E1 vs E2, como pode ser observado no anexo 29. Entretanto a tendência apresentada para os diferentes ecossistemas, dentro de cada época, é diferente daquela apresentada para médias de ecossistemas. As médias de épocas mostram que apenas na época 3 (novembro/94) os teores de boro foram maiores.

As comparações das médias dos teores de boro no solo devem, entretanto, levar em consideração o alto coeficiente de variação apresentado na análise de variância.

Comparando as médias dos teores de cobre entre ecossistemas (anexo 30), observa-se que os maiores valores ocorreram na cultura anual e no cerrado. Também Lopes e Garrido (1986), observaram que a manta de cerrado concentra maiores teores de cobre, o que reflete na sua concentração no solo. Os valores encontrados para a cultura anual são, provavelmente, função de adubações com este nutriente.

No desdobramento de ecossistemas dentro de épocas observa-se a mesma tendência que para as médias de ecossistemas. Entre as médias de épocas observa-se que a época 3 (novembro/94) foi a que apresentou maior média.

Quanto à profundidade, tanto o boro quanto o cobre apresentaram maiores teores na camada superficial, provavelmente devido à maior concentração de matéria orgânica, como produto da decomposição da necromassa ou como resíduo de adubação (anexos 29a e 30a).

4.3 - Composição química da necromassa de diferentes ecossistemas

Os efeitos dos diferentes ecossistemas (CE, PN, PP, CA, FA e RE) e das quatro épocas de amostragem, bem como suas interações estão apresentadas resumidamente no anexo 05.

Para os parâmetros químicos da necromassa não houve coleta no ecossistema de cultura anual, pois em todas as épocas de amostragem o solo já se encontrava arado e gradeado, de forma que os restos das culturas tinham sido incorporados. Por outro lado, no ecossistema de reflorestamento adulto o solo sempre se apresentava coberto por duas camadas de material orgânico bastante diferenciadas. Na primeira camada (FA1) o material ainda não estava em processo de decomposição, percebendo-se nitidamente as folhas, galhos, estruturas florais. Na segunda camada (FA2) o material já tinha iniciado o processo de decomposição, sendo difícil separar as diferentes estruturas, além de se notar grande quantidade de raízes finas. De forma que essas camadas foram analisadas separadamente.

4.3.1 - Extrativos, Lignina e Holocelulose

No anexo 05, está apresentada resumidamente a análise de variância para as porcentagens de extrativos, lignina holocelulose; para os quais observa-se efeito significativo para ecossistemas, épocas de amostragem e para a interação ecossistemas x épocas. Os valores médios encontrados para esses parâmetros, bem como os níveis de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar esses efeitos estão apresentados, respectivamente, nos anexos 31, 32 e 33.

Comparando-se as médias de extrativos nos diferentes ecossistemas (anexo 31) observa-se que os maiores teores foram encontrados na camada superficial da necromassa de reflorestamento adulto (FA1), seguida pela área de reforma (RE). Em ambas as situações a necromassa era composta principalmente de galhos da desrama natural e folhas, o que justifica apresentarem teores semelhantes de extrativos. Todos contrastes que comparam os ecossistemas mostraram diferença significativa nos teores de extrativos, exceto as pastagens. Em relação as épocas, os contrastes não apresentaram efeito significativo apenas entre a primeira e a segunda amostragem.

No desdobramento da interação de ecossistemas dentro de época observa-se a mesma tendência das médias de ecossistemas. Os demais ecossistemas, PN, PP e FA2 (camada inferior da necromassa do reflorestamento adulto), apresentaram teores próximos aos encontrados no

ecossistema natural de cerrado, de onde se infere que sua decomposição ocorre em tempo semelhante.

As médias das porcentagens de lignina (anexo 32) entre ecossistemas, apresentaram tendência inversa, com menores teores na camada superficial do reflorestamento adulto (FA1), na área de reforma (RE) e no pasto plantado com braquiária (PP). Os maiores valores de lignina foram encontrados na camada inferior do reflorestamento adulto (FA2), no cerrado natural e na pastagem nativa. No desdobramento da interação de ecossistemas dentro de épocas observa-se a mesma tendência.

Entre épocas, o menor teor de lignina foi encontrado na segunda coleta, inversamente ao teor de extrativos que foi maior justamente nessa ocasião (junho/94).

As médias dos teores de holocelulose para ecossistemas, apresentadas no anexo 33, apresentaram as mesmas tendências que os teores de lignina.

Esses resultados estão de acordo com Breemen (1995), segundo o qual as plantas adaptadas a condições pobres em nutrientes, concentram lignina e/ou metabólitos tóxicos secundários em seus tecidos, de forma a não atrair herbívoros, além de aumentarem a quantidade de biomassa produzida por unidade de nutrientes absorvidos, promovendo a tranlocação dos nutrientes antes da abscisão das folhas. Assim aumenta o volume da necromassa que, pela decomposição mais lenta, permite um fluxo contínuo de nutrientes para as plantas.

4.3.2 - Teores de Macronutrientes na Necromassa

No anexo 05 estão apresentados os resumos das análises de variância para os macronutrientes da necromassa, observando-se efeito significativo para ecossistemas, épocas de coleta e para a interação entre ecossistemas x épocas. Os valores médios determinados para esses parâmetros e os níveis de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar esses efeitos encontram-se nos anexos 34 a 38.

Comparando as médias dos ecossistemas e os respectivos contrastes observa-se que a necromassa do ecossistema de cerrado apresentou maiores teores de N, P, K, Ca e Mg. Lopes, Mello e Garrido (1983), compararam teores de nutrientes na manta de florestamentos de *Pinus* e de cerrado, e observaram também maiores teores de nutrientes no cerrado, exceto o fósforo.

Poggiani (1985), estudando o padrão de ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais, quantificou a movimentação de N, P, K, Ca e Mg num talhão de *E. saligna* e

num talhão de *P. caribaea var. hondurensis*. Observou maior produção de biomassa e maior concentração de nutrientes (P, K, Ca e Mg) no eucalipto. A concentração de nitrogênio foi maior no *Pinus*.

Barros e Brandi (1975), compararam a deposição de nutrientes por espécies florestais e capim gordura em solos degradados. Eles observaram que as espécies florestais foram mais eficientes em retornar nutrientes ao solo que a gramínea, de onde se infere maior concentração de nutrientes na necromassa das essências florestais. Comparando os teores de nutrientes da necromassa do cerrado nativo com o pasto plantado, observa-se que os teores de N, P, K, Ca e Mg foram maiores na necromassa de cerrado.

Britez et al. (1992) estudaram a deposição estacional de necromassa em uma floresta mista de araucária em São Mateus do Sul-PR. A quantidade de nutrientes da necromassa comparando com a necromassa de eucalipto estudada por Poggiani (1985), foi maior para todos os nutrientes analisados (Kg/ha): N = 89,21 e 50,2; P = 5,7 e 4,6; K = 19,8 e 10,6; Ca = 62,6 e 59,5; Mg = 15,8 e 19,6. Apesar do teor de nutrientes da necromassa variar com o sítio e com a espécie, observa-se que nos ecossistemas com predominância de determinada espécie (reflorestamento de eucalipto e pastagem de braquiária), a concentração de nutrientes na necromassa é menor. Infere-se portanto que os ecossistemas mistos são mais adaptados, aproveitando melhor os nutrientes do solo, de forma que determinadas espécies são mais eficientes em absorver determinados nutrientes que outras, e assim a necromassa mista possibilita uma ciclagem mais equilibrada.

No que diz respeito a épocas de amostragem, observa-se uma tendência de maior concentração de nutrientes nas duas primeiras amostragens (novembro/93 e junho/94), como pode ser observado nos anexos 34 a 38, sendo mais evidente na 2ª amostragem (junho/94). Atribui-se esse efeito a uma possível maior exploração do solo pelo sistema radicular, já que no ano anterior a precipitação foi menor, de forma que as plantas tiveram que aprofundar o sistema radicular, trazendo para a superfície os nutrientes do subsolo.

O desdobramento do efeito de ecossistemas dentro de épocas para os macronutrientes apresenta a mesma tendência observada entre as médias de ecossistemas.

4.3.3 - Teores de Micronutrientes da Necromassa

No anexo 05 estão apresentados os resumos das análises de variância para os micronutrientes da necromassa (B, Fe, Cu, Zn e Mn), onde observa-se efeito significativo para

ecossistemas, épocas de amostragem e para a interação ecossistemas x épocas, para todos os micronutrientes, exceto o boro que não apresentou efeito significativo para a interação. Os valores médios para esses parâmetros e os níveis de significância dos contrastes ortogonais, estudados para avaliar esses efeitos, encontram-se nos anexos 39 a 43.

Comparando as médias dos micronutrientes entre ecossistemas observa-se maior concentração de boro, ferro e cobre na camada inferior da necromassa do reflorestamento adulto (FA2), sendo o zinco superior no área de reforma (RE) e o manganês superior na camada superior do reflorestamento adulto (FA1). De maneira geral a necromassa do pasto plantado (PP) foi a que apresentou menor concentração de micronutrientes.

Em relação à média de épocas observa-se também uma maior concentração em junho/94 (2ª coleta) para todos os micronutrientes analisados, exceto o ferro que se apresenta mais baixo nessa época de amostragem.

Na interação dos efeitos de ecossistemas dentro de épocas, observa-se a mesma tendência das médias de ecossistemas (tabela 4.12).

Em termos médios pode-se dizer que a necromassa dos reflorestamentos têm maior concentração de micronutrientes que a necromassa do ecossistema natural de cerrado. De onde se infere que, em termos de ciclagem de micronutrientes os reflorestamentos são mais eficientes, como pode ser observado também pelas correlações entre micronutrientes no solo e na necromassa dos reflorestamentos (anexos 47; 48 e 49); considerando ainda que na parte comercial do eucalipto a concentração de nutrientes é baixa, estando os mesmos concentrados principalmente nas folhas, a exportação do sistema é muito pequena, ficando o mesmo com o papel de trazer os nutrientes para a superfície do solo.

4.4 - Propriedades biológicas do Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes ecossistemas

4.4.1 - Colonização Micorrízica

A colonização apresentou efeito significativo para ecossistemas, épocas de amostragem e para interação ecossistemas x épocas (anexo 50). Os valores médios determinados para esse parâmetro bem como os níveis de significância dos contrastes ortogonais, estudados para avaliar esses efeitos, encontram-se nos anexos 51, 51a e 51b.

As maiores colonizações médias foram apresentadas pelo pasto plantado (PP), seguida pela cultura anual (CA), reflorestamento adulto (FA), área de reforma (RE), pasto nativo (PN) e cerrado nativo (CE). Avaliando o desdobramento para ecossistemas dentro de épocas (anexo 51), observa-se a mesma tendência apresentada para as médias de ecossistemas. Ou seja, uma tendência de maior taxa de colonização nos ecossistemas artificiais em relação aos naturais (cerrado e pasto nativo).

Esses resultados estão coerentes com aqueles apresentados por Siqueira et al (1989) que encontrou taxa de colonização para braquiária de 6 a 69% (33,5%), milho de 17 a 57% (35,8%), cerrado de 1 a 33% (13,6%), gramíneas de cerrado 13,0%; só discordando do eucalipto com 0 a 4% (2%) bem abaixo dos valores encontrados no ecossistema FA de 24,24% e RE de 17,98%. De acordo com esses autores o eucalipto não é um bom hospedeiro para fungos MA, de forma que esses resultados podem estar associados à presença de sub-bosque rico em gramíneas e espécies arbóreas de cerrado no reflorestamento adulto. Na área de reforma, a taxa de colonização pode estar associada com propágulos remanescentes do sub-bosque de gramíneas do plantio de eucalipto anterior (Jasper, Abbott e Robson, 1991).

Observa-se um aumento na colonização para todos os ecossistemas artificiais, quando comparados com os ecossistemas naturais de cerrado e pasto nativo, nas duas coletas que antecederam as chuvas (nov/93 e nov/94); sendo que nas amostragens de jun/94 e jun/95, os reflorestamentos adulto (FA) e reforma (RE), respectivamente, apresentaram baixa taxa de colonização. Em relação ao CE com 13,5% de colonização média, o PP aumentou a colonização em 148%; o ecossistema CA em 95%; o FA em 80% e o RE em 33%; o que sugere uma melhoria nas condições de simbiose que, de acordo com Siqueira, Colozzi Filho e Oliveira (1989), pode ser atribuído ao hábito de crescimento do sistema radicular, às adubações diferenciadas e/ou aos sistemas de manejo adotados nestes ecossistemas.

Considerando que os ecossistemas CA e RE receberam adubações fosfatadas e aumentaram a taxa de colonização em relação ao CE, pode-se inferir que a presença do fósforo é um dos fatores responsáveis por esses resultados. Rocha (1995) e Oliveira (1995), verificaram a importância do P na taxa de colonização de raízes de várias espécies florestais.

Em relação às épocas de amostragem observa-se que as colonizações foram maiores em novembro/93, e os contrastes que comparam os efeitos de épocas mostraram significância para as duas primeiras épocas em relação às duas últimas épocas de amostragem. Entretanto não foi observada uma justificativa clara para esse comportamento, já que não houve uma consistência nos dados para épocas antes e após as chuvas. Entretanto, de acordo com Cattelan e Vidor (1990a), a interação entre o manejo do solo e da cobertura vegetal com as variações climáticas durante as diferentes épocas do ano, principalmente em regiões subtropicais, onde as estações são bem definidas, faz com que ocorra uma flutuação sazonal no desenvolvimento microbiano, sendo mais evidente na camada superficial do solo, onde existem maiores oscilações na umidade e temperatura (Campbell e Biederbeek, 1976 e 1982). Sendo esses efeitos mais acentuados em solos cultivados com espécies anuais do que naqueles com espécies perenes (Nuernberg, Vidor e Stammel, 1984); o que foi também observado no ecossistema CA (anexo 51a), provavelmente devido ao maior aporte de nutrientes e maior variação na cobertura vegetal. Estudos de Guitton, Oliveira e Moreira (1995), também evidenciaram o efeito de sazonalidade na colonização micorrízica de espécies florestais da Amazônia.

4.4.2 - Esporos no Solo

A análise de variância (anexo 50) apresentou efeito significativo para ecossistemas, profundidades e para a interação ecossistemas x épocas de amostragem. Nos anexos 52, 52a e 52b estão apresentados os valores médios para esse parâmetro e os níveis de significância dos contrastes ortogonais estudados para avaliar esses efeitos.

A maior concentração de esporos foi observada na camada de 0 a 20 cm de profundidade com 7,62 esporos/50 g de solo contra 5,21 esporos/50 g de solo na camada de 20 a 40 cm (anexo 52a). Vários estudos demonstram que a concentração de esporos é maior na camada superficial devido a maior atividade biológica na mesma (Cattelan e Vidor, 1990a; Campbell e Biederbeek, 1976).

As médias para a interação ecossistemas x épocas estão apresentadas no anexo 52. O desdobramento dos efeitos de ecossistemas dentro de épocas de amostragem, apresentou como tendência, o maior número de esporos na cultura anual e o menor no cerrado nativo. O efeito de épocas de amostragem (E1 vs E2) pode ser atribuído, principalmente, às diferenças intrínsecas dos ecossistemas estudados.

Foram encontradas dez espécies de fungos Glomales (tabela 01) e , entre aquelas com gêneros não identificados, a *Scuttilosporo sp* foi representada por esporos de cor marrom clara, mais ou menos brilhante, de forma arredondada e 176 μ de diâmetro; *Glomus sp* com esporos de cor amarelo hialino, com hifa terminal bem curta e 107 μ de diâmetro e *Gigasporo sp* de cor amarela escura, com vacúolos grandes de 408 μ de diâmetro.

As espécies diferiram muito quanto a porcentagem de ocorrência nos diferentes ecossistemas (tabela 01). *Acaulospora spp* são considerados os FMA de maior abundância e diversidade em plantações de *Eucalyptus* (Zambolim e Siqueira., 1985). Entretanto, nesse estudo, exceto no reflorestamento adulto-FA e na área de reforma-RE, todas as espécies foram comuns a todos ecossistemas, sendo que a *A. scrobiculata* não ocorreu no FA nem no RE; *S. heterogama* e *G. etunicatum* não ocorreram no reflorestamento adulto.

A maior densidade média foi apresentada pela *E. colombiana*, comum a todos os ecossistemas, mas com maior porcentagem de ocorrência nos ecossistemas mais alterados, quais sejam CA (43%), FA (33%) e RE (30%). A menor densidade média foi apresentada pelo *S. heterogama*, 0,7 esporos/50 ml de solo porém com 23% de ocorrência no PN; seguida pelo *G. etunicatum*, com 1,0 esporo/50 ml, que não ocorreu no reflorestamento adulto e apresentou ocorrência mais baixa no área de reforma (3%).

O índice médio de ocorrência variou de 5% para o *A. scrobiculata* a 32% para o *G. occultum*. De maneira geral observa-se que as espécies de maior ocorrência nos ecossistemas naturais CE e PN são as mesmas (*Scuttilosporo sp* e *Glomus sp*), porém diferentes daquelas de maior ocorrência nos ecossistemas mais alterados (*E. colombiana*; *G. occultum* e *A. morowae*). Pode-se considerar que a *A. longula*, *G. occultum* e *Gigasporo sp* tem ocorrência relativamente comum a todos os ecossistemas. Siqueira, Colozzi Filho e Oliveira (1989), por outro lado, encontraram como espécies predominantes nos ecossistemas naturais de cerrado e gramíneas nativas a *A. morrowae*, *A. scrobiculata*, *G. pellucida*, *Gigaspora sp*, *G. diaphanum* e *E.*

colombiana; e nos agrossistemas de culturas anuais, onde encontraram em média 18 espécies, predominavam *A. morrowae*, *A. scrobiculata*, *G. etunicatum* e *Gigaspora* sp.

Tabela 01. Frequência de ocorrência (%) de espécies de fungos Glomales, densidade de esporos /espécie e índice médio de ocorrência,; em 30 amostras coletadas em três épocas, de 0 a 40 cm de profundidade, em cada ecossistema(CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto e RE, área de reforma).

Espécie	Ecossistema						Densidade média	Índice médio de ocorrência
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		
	-----% ocorrência-----						---n°/50ml---	-----%-----
<i>A. morrowae</i>	7	3	3	17	37	43	2,6	18
<i>A. scrobiculata</i>	7	10	7	7	0	0	1,2	5
<i>A. longula</i>	33	23	23	13	27	30	4,4	25
<i>S. heterogama</i>	3	23	3	7	0	3	0,7	6
<i>Scutillosporo sp</i>	40	47	13	33	3	17	2,4	26
<i>Glomus sp</i>	47	40	37	13	7	10	3,5	26
<i>G. occultum</i>	17	17	13	63	47	37	5,4	32
<i>G. etunicatum</i>	7	7	13	13	0	3	1,0	7
<i>E. colombiana</i>	3	7	10	43	33	30	7,3	21
<i>Gigaspora sp</i>	20	23	17	47	17	17	4,1	24
N° de Espécies	3	5	2	4	4	4		
Dominantes*								

* Espécies dominantes $\geq 50\%$ da ocorrência máxima.

Apesar de terem sido encontradas dez espécies de fungos no ecossistema de cerrado, Siqueira, Colozzi Filho e Oliveira (1989), encontraram dezenove espécies em cerrados naturais de várias regiões; devendo-se ter cautela nas extrapolações desses resultados, pois o número de amostras, pode não ter sido suficiente para recuperar as espécies de ocorrência mais rara. Por outro lado, nos ecossistemas de reflorestamento com eucalipto, o menor número de espécies encontradas sugere uma estabilidade dos ecossistemas artificiais quanto à presença de pequeno número de hospedeiros, ao contrário do que ocorre nos ecossistemas naturais. Outro aspecto que pode ser observado na tabela 01, é o número de espécies dominantes, que no reflorestamento adulto (FA), apesar do menor número de espécies, são quatro as espécies dominantes. O que confirma a maior especificidade nesse ecossistema.

O fato do ecossistema de cultura anual ter apresentado o mesmo número de espécies que os ecossistemas naturais também indica que muitas espécies não foram recuperadas nas amostragens feitas; já que, de acordo com Siqueira, Colozzi Filho e Oliveira (1989), a CA deveria apresentar menor número de espécies que o cerrado, que apresenta alta estabilidade, presença constante de hospedeiros e ausência de variações bruscas na fertilidade do solo, garantindo a sobrevivência de espécies de fungos com baixa capacidade de resistência a condições adversas.

Entretanto, as modificações em termos de ocorrência indicam que os ecossistemas artificiais alteram a população de fungos do solo, variando provavelmente em função da cultura e manejo do solo.

Os valores dos coeficientes de similaridade (tabela 02) também indicaram alterações dos ecossistemas de reflorestamento em relação aos demais, sendo o reflorestamento adulto (FA) o ecossistema que apresentou menor similaridade em relação aos demais, seguido pela área de reforma. Quando se compara os dois reflorestamentos observa-se que apresentam 83% de similaridade na camada de 0 a 20cm e 80% na camada de 20 a 40cm.

Tabela 02. Coeficientes de similaridade (%) entre ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto e RE, área de reforma); em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm).

Ecossistemas	PN		PP		CA		FA		RE	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
CE	95	67	89	71	95	88	57	77	75	78
PN	—	—	95	80	100	82	67	71	82	82
PP	—	—	—	—	95	75	71	46	88	75
CA	—	—	—	—	—	—	67	80	82	95
FA	—	—	—	—	—	—	—	—	83	80

No que diz respeito aos índices de riqueza e diversidade, os dados estão apresentados na tabela 03. Observa-se que os maiores índices de riqueza (Da) foram encontrados na camada superficial (0 a 20cm de profundidade) nos ecossistemas naturais (CE e PN), confirmando os dados apresentados por Siqueira, Colozzi Filho e Oliveira (1989), onde a maior riqueza é função da maior diversidade de hospedeiros e da alta estabilidade desses ecossistemas (as alterações são

praticamente devidas à sazonalidade climática). A cultura anual não apresentou diferença com a profundidade, provavelmente em função do sistema de preparo do solo (aração e gradagem) que provoca a mistura das duas camadas. No reflorestamento e adulto e área de reforma, observou-se maior riqueza em profundidade, o que se atribui a uma provável presença de fatores antagônicos bem como à presença de parasitas e patógenos na camada superficial.

Tabela 03. Índices de riqueza e de diversidade quanto à ocorrência de fungos Glomales em seis ecossistemas (CE, cerrado nativo; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA cultura anual; FA, reflorestamento adulto de eucalipto e RE, reforma com eucalipto) e em duas profundidades de amostragem.

Ecossistema	Profundidade (cm)	Índice de Riqueza - Da (Margalef)	Índice de Diversidade - H (Shannon-Winer)
CE	0 a 20	1,889	1,908
	20 a 40	1,674	1,725
PN	0 a 20	1,861	2,042
	20 a 40	1,799	1,637
PP	0 a 20	1,820	1,976
	20 a 40	1,716	1,517
CA	0 a 20	1,636	1,580
	20 a 40	1,636	1,721
FA	0 a 20	0,787	1,380
	20 a 40	1,144	1,238
RE	0 a 20	1,321	1,693
	20 a 40	1,896	1,896

O índice de diversidade de Shannon-Winer (H'), que avalia a heterogeneidade (considera simultaneamente o número e a abundância relativa das espécies) da comunidade, evidenciou que as menores heterogeneidades, na camada superficial do solo, foram observadas no reflorestamento adulto, seguido pela cultura anual e área de reforma; onde também se observou menor riqueza de espécies. Os maiores índices foram apresentados pelo pasto nativo, pasto plantado e cerrado com os respectivos valores decrescentes: 2,04; 1,97 e 1,90. O que indica que a distribuição dos indivíduos dentro das espécies, nestas comunidades, é menos equilibrada.

4.4.3 - Biomassa Carbono

A análise de variância (anexo 50) apresentou efeito altamente significativo entre ecossistemas, e as médias comparadas pelo teste Tukey (figura 02), evidenciam as diferenças entre os ecossistemas.

Os valores de biomassa carbono ($\mu\text{gC/g}$ solo) foram maiores no ecossistema de cerrado nativo (511,20) e cultura anual (405,12) e menores no pasto nativo (207,11), ficando os outros ecossistemas com valores intermediários.

Em relação ao cerrado nativo resultados concordam com aqueles apresentados por Cattelan e Vidor (1990a), mas no caso do pasto nativo os menores valores para biomassa carbono, com valores muito aquém daqueles encontrados pelos autores anteriormente citados ($615 \mu\text{gC/g}$ solo); provavelmente, deveram-se ao fato da vegetação esparsa deixar o solo muito exposto, propenso a atuação de fatores erosivos e também pelo efeito do fogo colocado no final do período de estiagem, visando estimular a brotação no início do período das águas.

A maior biomassa microbiana do cerrado nativo está de acordo Jenkinson e Powlson (1976) e Lynch e Panting (1980), citados por Cattelan e Vidor (1990a). Conforme Rovira (1978), as pastagens perenes sobretudo aquelas constituídas por gramíneas, demonstram um grande efeito rizosférico sobre os microrganismos, por seu sistema radicular muito denso de renovação intensa. Com base neste aspecto e, considerando o ecossistema PP e o FA com maciça presença de gramíneas no sub-bosque, esperava-se que os mesmos apresentassem maiores valores de biomassa carbono.

Gama Rodrigues et al (1995), encontraram maiores valores de biomassa carbono nos solos sob *Pinus* ($207,39 \mu\text{gC/g}$ solo) do que sob capoeira ($79,47 \mu\text{gC/g}$ solo). Nos ecossistemas de eucalipto estudados, FA e RE, os valores de biomassa carbono encontrados foram 364 e 378 $\mu\text{gC/g}$ de solo, respectivamente. Costa et al (1995), encontraram valores de biomassa carbono variando de 54 até 294 $\mu\text{gC/g}$ de solo e atribuíram os menores valores para o eucalipto em relação a outras culturas apresentadas na literatura, a uma possível presença de substâncias com atividade antimicrobiana encontradas na necromassa do eucalipto. De acordo com Siqueira et al. (1991) uma ampla variedade de compostos fenólicos derivados de plantas afetam os microrganismos. Esses efeitos variam desde auto-inibição de germinação até estímulos de crescimento; tendo sido estudados em conjunto com armazenamento de grãos, desenvolvimento de doenças de plantas e processos do solo entre os quais, a decomposição da matéria orgânica e, conseqüentemente, seu

efeito na mineralização de nutrientes, na nitrificação, fixação biológica de N_2 e absorção de nutrientes pelas plantas. Ainda de acordo com esses autores, os fenólicos encontrados no tegumento das sementes ou nos resíduos de plantas em decomposição exibem alta toxicidade microbiana; além do que as condições ácidas dos solo e a qualidade da matéria orgânica disponível à microbiota influem nos resultados.

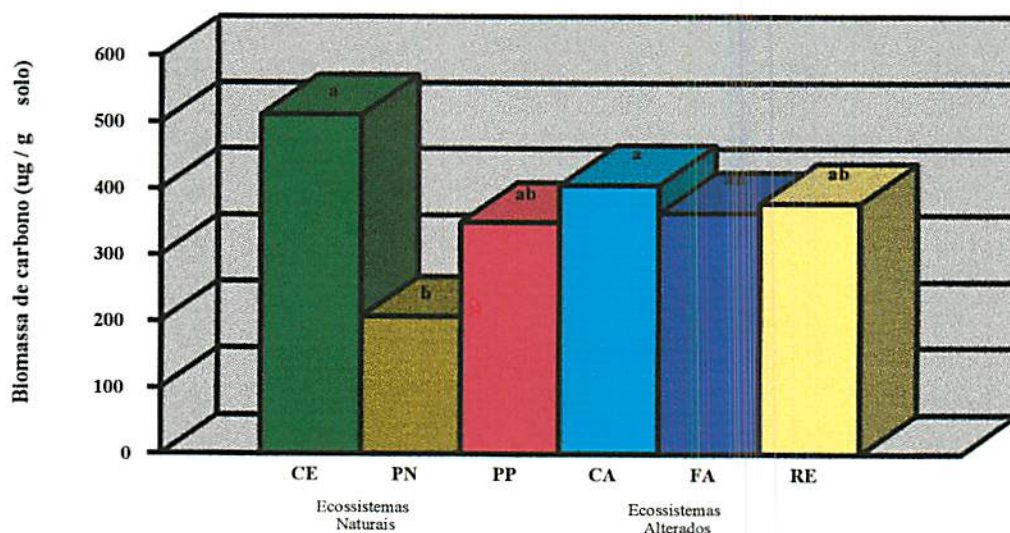


Figura 02. Biomassa carbono ($\mu\text{g C/g solo}$), de seis ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, Cultura anual; FA, reflorestamento de eucalipto adulto e RE, área de reforma); coletadas em janeiro de 1996 de 0 a 20cm de profundidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Além das características do solo e da necromassa, a exposição do solo à erosão diminui a biomassa. Fernandes e Cardoso (1995), comparando solos sob plantio convencional e plantio direto, observaram que no último os valores de matéria orgânica, P, Ca, Mg e biomassa foram maiores. O que pode explicar os menores valores para biomassa carbono no pasto nativo, onde o solo estava muito exposto a processos erosivos. Esses resultados estão de acordo com aqueles encontrados Habte (1989), que observou menor número de esporos no solo com o aumento da espessura da camada erodida e conseqüentemente uma menor biomassa microbiana.

A porcentagem de $C_{\text{microbiano}}$ em relação aos valores médios de $C_{\text{orgânico}}$ do solo (tabela 04) variaram de 3,08 no CE até 1,34 no PN; estando de acordo com com a porcentagem proposta por Jenkinson e Ladd (1981), que consideram normal que 1 a 4% do carbono total do solo

corresponda ao componente microbiano. Cattelan e vidor (1990b), em solos sujeitos a diferentes sistemas de cultivo, encontraram valores da relação $C_{\text{microbiano}} / C_{\text{orgânico}}$ entre 1 a 2%, estando abaixo dos ecossistemas estudados onde se observa que os valores da relação foram maiores que 2, exceto no PN que apresentou menores valores tanto para a relação quanto para os valores de $C_{\text{microbiano}}$ (figura 02) e $C_{\text{orgânico}}$ (tabela 04). No ecossistema CE ocorreu o inverso.

Tabela 04. Valores de carbono orgânico total no solo e da relação $C_{\text{microbiano}} / C_{\text{orgânico}}$ nos seis ecossistemas estudados (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, floresta de eucalipto adulto e RE, área de reforma com eucalipto).

Ecossistemas	CE	PN	PP	CA	FA	RE
$C_{\text{orgânico}}$ (mg/kg)	16600	15400	14700	14900	13100	14200
$C_{\text{microbiano}} / C_{\text{orgânico}}$ (%)	3,08	1,34	2,38	2,72	2,78	2,66

Considerando que a biomassa microbiana é um constituinte da matéria orgânica do solo de grande importância, principalmente devido a sua grande contribuição na nutrição das plantas (Jenkinson e Ladd, 1981), podendo ser definida como parte viva da matéria orgânica; é indicadora de parte da energia armazenada no ecossistema, servindo como reservatório de importantes nutrientes no solo como N, P e S (Marumoto, Anderson e Domsch, 1982). Portanto a quantificação da porcentagem de $C_{\text{microbiano}}$ em relação ao $C_{\text{orgânico}}$ permite acompanhar de forma mais rápida as perturbações sofridas pelo desequilíbrio ecológico e variações no total de matéria orgânica, devidas ao manejo do solo, pois reage com maior rapidez que os parâmetros físico-químicos (Alvarez et al.,1995; Andrade, Miyazama e Hamakawa, 1994; Cattelan e Vidor, 1990b; Powlson, Brooks e Christensen, 1987).

Pelos valores obtidos nesse estudo infere-se que todos os ecossistemas provocam alteração no equilíbrio ecológico do solo em relação ao ecossistema natural de cerrado que apresentou os maiores valores de biomassa carbono, carbono orgânico total e da relação $C_{\text{microbiano}} / C_{\text{orgânico}}$.

4.5 - Alteração das propriedades do solo

4.5.1 - Avaliação das propriedades físico-químicas e biológicas do solo

A análise dos parâmetros físicos do solo demonstrou, em geral, uma degradação de suas propriedades físicas, relacionadas à mecanização. Como pode ser observado na figura 03, a cultura anual (CA), foi o ecossistema mais alterado em relação ao cerrado nativo (CE); de onde se infere que o sistema de agricultura convencional (agroquímico), foi o que proporcionou maior degradação nas propriedades físicas do solo estudado. A alteração da estrutura, com sensível diminuição na macroporosidade (figura 03a), porosidade total (figura 03c), agregados > 2mm (figura 03d) e aumento na microporosidade (figura 03b) e na densidade do solo (figura 03e), provoca alteração no fluxo de água do solo, no fluxo de nutrientes, na atividade microbiana e, conseqüentemente, no desenvolvimento das culturas, além de facilitar o processo erosivo que se intensifica na medida em que a capacidade de infiltração diminui e o solo fica mais exposto ao impacto das gotas de chuva. Portanto, pode-se então afirmar que o sistema de agricultura estudado (convencional), em termos de propriedades físicas do solo não proporciona sustentabilidade.

Considerando que a exploração do cerrado nativo não traz retorno econômico capaz de promover melhoria do nível social, já que sua sustentabilidade só ocorre se sua ocupação for direcionada para um extrativismo controlado, de forma que a velocidade de exploração não ultrapasse a capacidade de reposição; a ocupação dessas áreas deve então considerar sistemas de exploração agrícola intermediários no que diz respeito à intensidade de mecanização. Na figura 03, nota-se que a degradação física foi menor quando a intensidade de mecanização foi intermediária.

No que diz respeito às propriedades químicas, nas condições naturais os solos sob cerrado não são capazes de promoverem produções economicamente compensadoras, pois suas propriedades químicas não favorecem o desenvolvimento da maioria das culturas comerciais, muito exigentes em nutrientes, que normalmente não são disponíveis nas condições naturais desses solos.

Assim, ao contrário do que ocorre com as propriedades físicas, observa-se nas figuras 04 e 05, substanciais aumentos nos teores de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das culturas bem como diminuição da acidez, no ecossistema cultura anual, quando comparado com os demais.

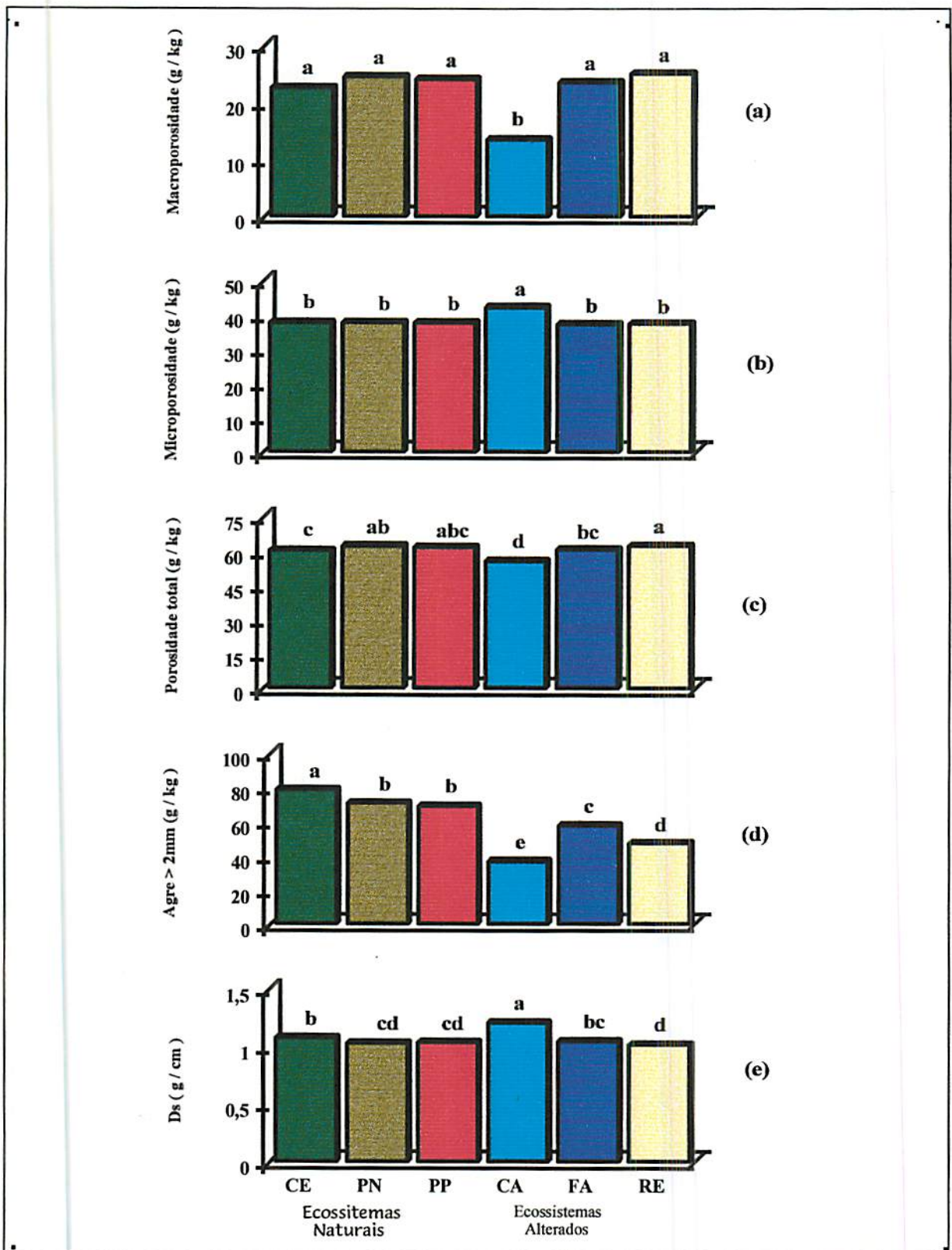


Figura 03. Alteração nos parâmetros físicos de um LED, sob diferentes usos (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento de eucalipto adulto e RE, reflorestamento novo).

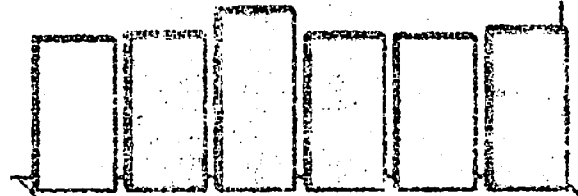


Figure 1

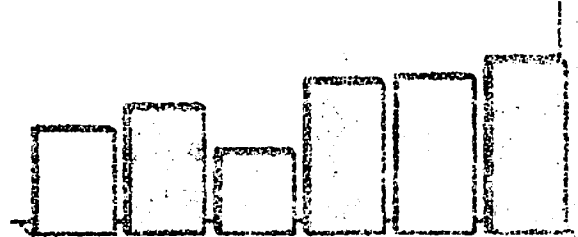


Figure 2

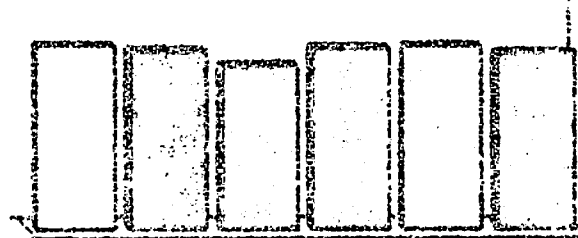


Figure 3

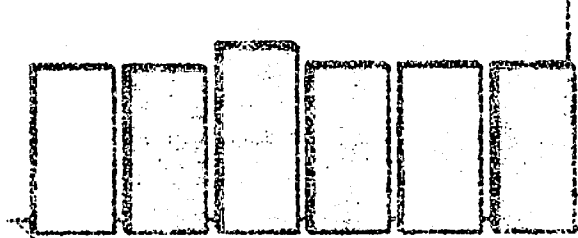


Figure 4

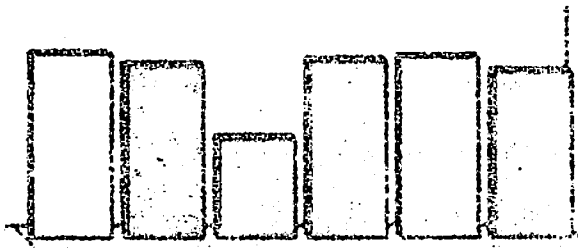


Figure 5

Apesar da menor disponibilidade de nutrientes, o cerrado nas condições naturais, foi o ecossistema que apresentou maior concentração de carbono no solo (figura 04a), que pode ser atribuído às menores alterações ambientais com consequente maior equilíbrio dinâmico entre os processos de decomposição e produção de necromassa. Esses resultados discordam de vários autores que encontraram maiores concentrações de carbono e matéria orgânica em solos reflorestados (ver tópico 4.2.1). Entretanto, de acordo com Breemen (1995) e Bargali, Singh e Singh (1993), os padrões de decomposição da necromassa dependem de vários fatores, de forma que plantas crescendo em condições pobres em nutrientes, além de investirem muito no desenvolvimento do sistema radicular também tendem a maximizar a eficiência de uso do mesmo, conforme discutido no tópico 4.3.1. E, nessas condições, contribuem para o aporte de carbono no solo.

Em relação aos teores de nutrientes, exceto para o enxofre e o boro (figuras 05c e 05e), todos os demais ecossistemas apresentaram menores concentrações que o CA e que o CE. O que demonstra que a ocupação dessas áreas com sistemas agrícolas que não acrescentem nutrientes de fontes externas também degradam as propriedades químicas desses solos; sendo o efeito mais evidente para o C, o Ca, o K, o Mn e na saturação por bases e por Al (figuras 04 e 05).

Assim, em termos de condições químicas em relação ao cerrado nativo, pode-se dizer que o ecossistema CA (sistema agroquímico) é o que promove mais sustentabilidade; e que os demais tem efeito degradativo na disponibilidade dos nutrientes essenciais.

As figuras 06 e 07 mostram a ordenação dos parâmetros físico-químicos do solo nos diagramas (a), e dos ecossistemas com as respectivas parcelas, nos diagramas (b), produzidos pela análise de componentes principais (PCA). Através da PCA definem-se os gradientes ambientais fundamentais e avalia-se a importância relativa das variáveis ambientais dentro do grupo de dados (Kent e Coker, 1992). A importância relativa dos gradientes ambientais e a intercorrelação entre os parâmetros físico-químicos são mostrados pelos diagramas (a) e (b) das figuras 06 e 07. O comprimento das setas é proporcional à sua importância. O ângulo entre uma determinada seta e cada eixo de ordenação representa um grau de correlação com o eixo (Souza, 1996).

Para a profundidade de solo de 0 a 20 cm, a PCA (figura 06) apresentou autovalores (eigenvalues) de 0,792 para o primeiro eixo e 0,137 para o segundo eixo, o que representa 79,2% e 92,9% (0,792 + 0,137) da variância total acumulada nos dois primeiros eixos; sendo a maior porcentagem de variação explicada pelo primeiro eixo. Dessa forma, pode-se desprezar os demais

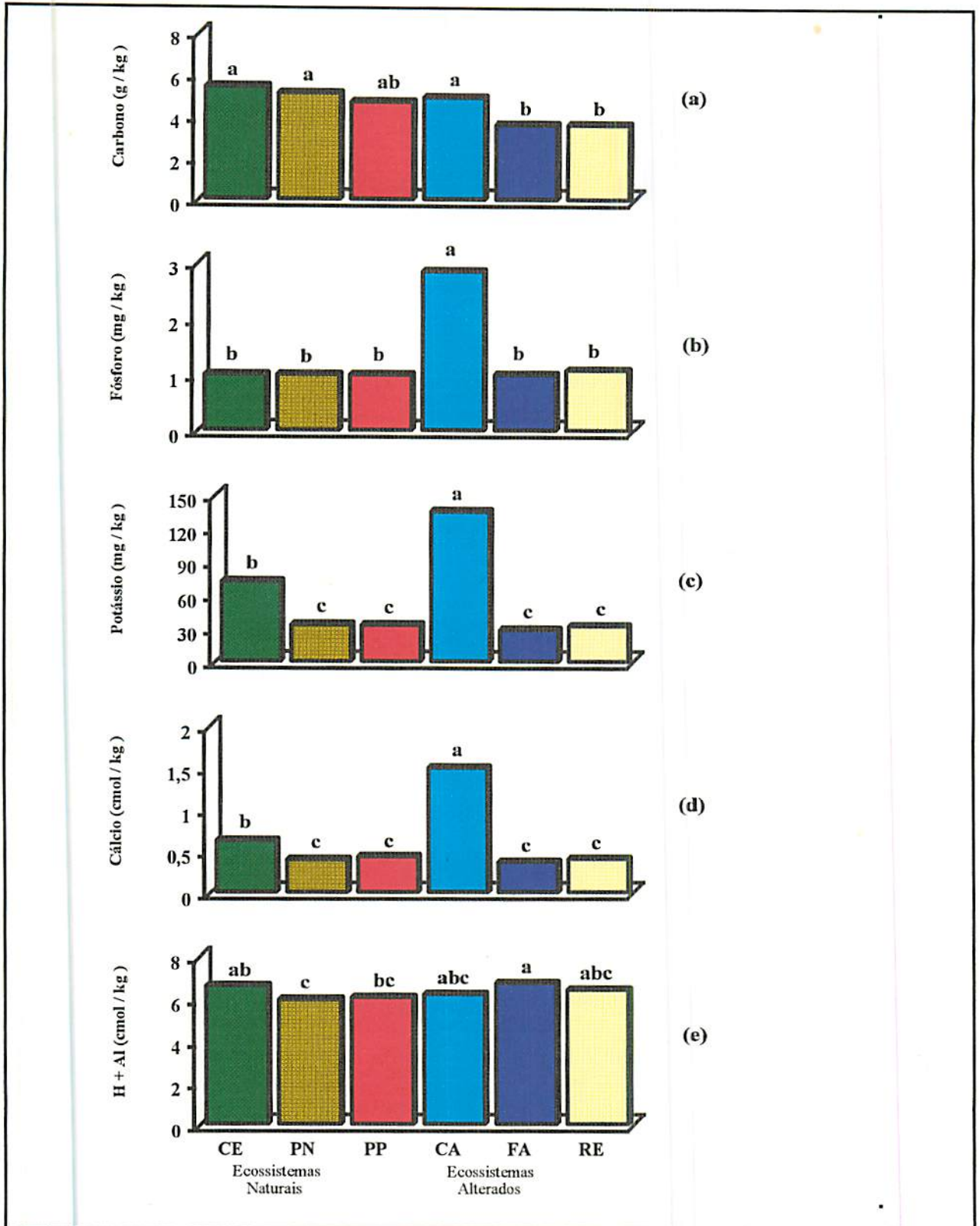


Figura 04. Alteração nos parâmetros químicos de um LED, sob diferentes usos (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento de eucalipto adulto e RE, reflorestamento novo).

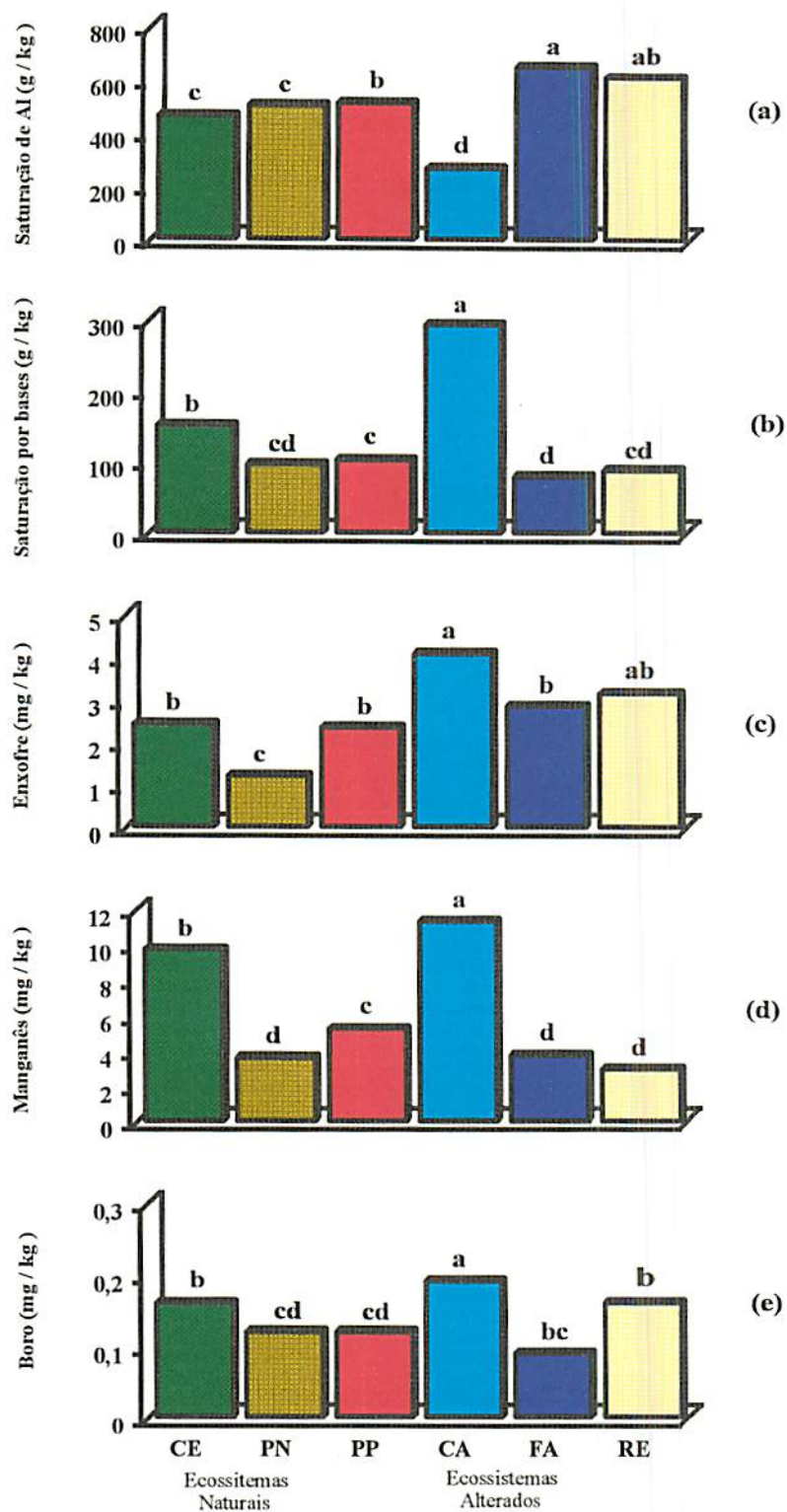


Figura 05. Alteração nos parâmetros químicos de um LED, sob diferentes usos (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento de eucalipto adulto e RE, reflorestamento novo).

eixos de ordenação, já que o gráfico bidimensional proporciona uma ordenação clara dos parâmetros físico-químicos do solo (Ter Braak, 1987). Os parâmetros físico-químicos mais significativos apresentados no diagrama (a), ou em outras palavras, mais fortemente correlacionados com o primeiro eixo de ordenação foram o potássio (K) com correlação igual a 1,0; o cálcio (Ca) com 0,78 de correlação; o magnésio (Mg) com 0,76; o enxofre (S) com 0,73; a densidade do solo (Ds) com 0,72 de correlação; o fósforo (P) com 0,60; a macroporosidade (MaP) com -0,58 e a porosidade total (PoT) com -0,54 de correlação. No segundo eixo, que apresentou variância desprezível em relação ao primeiro (13,7%); o parâmetro mais relevante foi a porcentagem de agregados >2mm (Agr >2) com -0,94 de correlação. Observa-se que no primeiro eixo os parâmetros químicos do solo apresentaram as maiores correlações; e que, em relação aos parâmetros físicos, a densidade do solo apresentou a maior correlação com o primeiro eixo, enquanto a porcentagem de agregados >2mm, apresentou maior correlação com o segundo.

Em relação aos ecossistemas apresentados no diagrama de ordenação (b) da figura 06, observa-se uma nítida tendência de agrupamento das parcelas da cultura anual (CA) no quadrante superior direito e do cerrado (CE) no quadrante inferior direito. Para os demais ecossistemas não se observa uma separação nítida, de onde se infere maior homogeneidade entre eles; apesar de haver uma tendência de separação da área de reforma (RE) com maior concentração de amostras no quadrante superior esquerdo. Observa-se ainda que os ecossistemas de reflorestamento adulto (FA) e as pastagens natural (PN) e plantada (PP), encontram-se relativamente próximas da região central do diagrama, indicando que os mesmos apresentaram menor correlação com os parâmetros físico-químicos de maior relevância.

O ecossistema cultura anual foi o que se posicionou mais à direita do diagrama, seguido pelo ecossistema de cerrado, que também se posicionou mais à direita, porém na parte inferior, o que indica que em ambos os casos os parâmetros identificados como os mais fortemente correlacionados com o primeiro eixo foram também os fatores que mais influenciaram o comportamento dos ecossistemas CA e CE. Enquanto o cálcio, magnésio, enxofre, densidade do solo e fósforo foram os parâmetros que apresentaram maior peso e correlação com a cultura anual; o potássio apresentou maior correlação com o cerrado. Como o ecossistema CA recebe calagem periodicamente, intensiva mecanização para preparo e cultivo, além das adubações de plantio, era de se esperar maiores correlações para esses parâmetros no ecossistema CA. Considerando que quanto maior a densidade do solo, maior o volume de microporos, pode-se

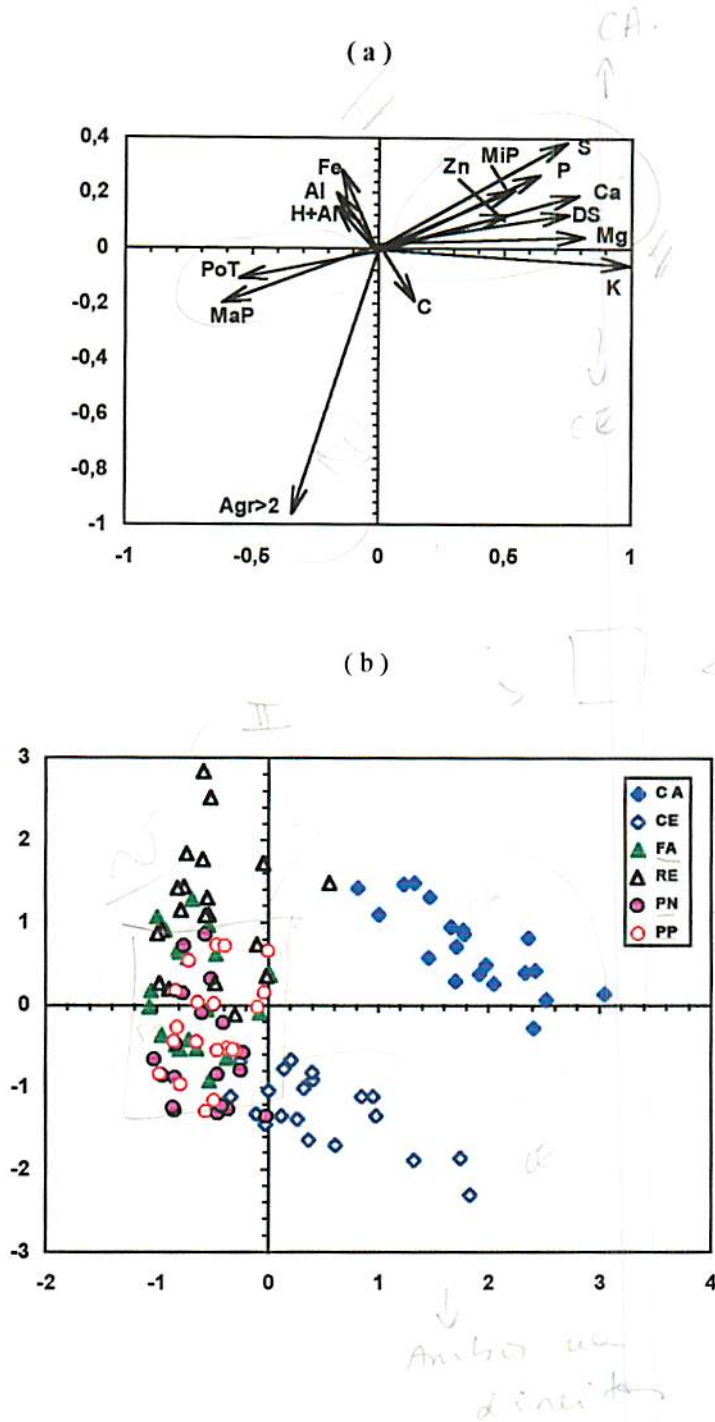


Figura 06. Diagrama de ordenação dos parâmetros físicos e químicos do solo (a) e dos ecossistemas analisados (b) : CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento de eucalipto adulto e RE, reflorestamento novo; produzidos por análise de componentes principais, na profundidade de 0 a 20 cm.

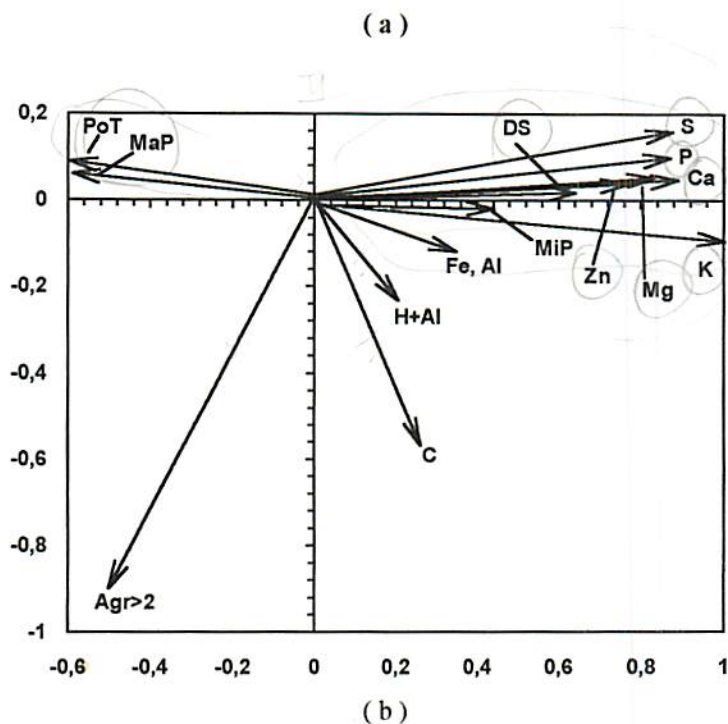


Figura 07. Diagrama de ordenação dos parâmetros físicos e químicos do solo (a) e dos ecossistemas analisados (b) : CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento de eucalipto adulto e RE, reflorestamento novo; produzidos por análise de componentes principais, na profundidade de 20 a 40 cm.

afirmar que o cultivo anual provocou maior compactação do solo, e que os ecossistemas de reflorestamento adulto (FA) e pastagens nativas (PN) e plantada (PP), provavelmente por apresentarem sistema radicular mais denso e, conseqüentemente, melhor estruturação, e por não receberem insumos, foram mais influenciados pelos parâmetros físicos do solo apresentando maior correlação com porosidade total (PoT), macroporosidade (MaP) e porcentagem de agregados maior que 2 mm ($Agr > 2$). Essa maior correlação com esses parâmetros físicos do solo sugere que esses ecossistemas estão menos susceptíveis aos mecanismos de erosão do solo, tanto por apresentarem uma melhor infiltração da água, quanto por apresentarem uma cobertura vegetal mais densa, evitando assim o impacto da gota de chuva sobre o solo e o escoamento superficial.

A área de reforma (RE) apresentou tendência diferenciada, provavelmente por ainda se apresentar com uma cobertura vegetal de baixa densidade, sem sub-bosque; bem como devido ao fato de nessa área, após a retirada da madeira, ter havido incorporação da necromassa do plantio anterior. O processo de decomposição de materiais diferenciados, favorece o aumento da acidez do solo (H + Al) que, conseqüentemente aumentaram o alumínio na solução do solo e o ferro, nesse ecossistema.

Para a profundidade de 20 a 40 cm, a PCA mostrada na figura 07, apresentou autovalores (eigenvalues) de 0,791 para o primeiro eixo e 0,135 para o segundo eixo, o que representa 79,1% e 92,6% da variância total acumulada nos dois primeiros eixos; sendo a maior porcentagem de variação explicada no primeiro eixo. Como os demais eixos juntos só explicariam 7,4% da variância total, e a visualização dos efeitos em gráfico bidimensional é mais clara, não é necessário utilizá-los para avaliação dos resultados da PCA (Ter Braak, 1987). De maneira geral os parâmetros físico-químicos do solo (diagrama - a) mais correlacionados com o primeiro eixo de ordenação, na profundidade de 20 a 40 cm, são os mesmos da profundidade 0 a 20 cm, quais sejam: o potássio com correlação igual a 1,0; o cálcio 0,87; o fósforo com 0,86; o enxofre com 0,85; o magnésio com 0,79; a densidade do solo 0,75; o zinco 0,62; a porosidade total -0,60 e a macroporosidade -0,59.

O segundo eixo apresentou 13,5% de variância, considerada desprezível em relação ao primeiro (79,1%); sendo os parâmetros mais relevantes a porcentagem de agregados >2mm (-0,87) e o carbono do solo (-0,55).

Em relação aos ecossistemas apresentados no diagrama de ordenação (b) da figura 07, observa-se um nítido agrupamento das parcelas da cultura anual (CA) do lado direito. Os demais

ecossistemas não apresentaram essa separação, concentrando-se do lado esquerdo do diagrama, apesar de que das 20 amostras do ecossistema de cerrado (CE), 8 permaneceram do lado direito. Portanto, os ecossistemas mais agrupados são mais homogêneos entre si, de onde se infere que, em relação ao cerrado nativo (CE) o ecossistema CA é o mais heterogêneo, nessa profundidade de amostragem. Entre os demais ecossistemas observa-se uma tendência dos reflorestamentos (FA e RE) concentrarem-se no quadrante superior esquerdo e das pastagens (PN e PP) no quadrante inferior esquerdo, mais próximo do cerrado. Observa-se ainda que os ecossistemas que se posicionam relativamente próximos da região central do diagrama, apresentam menor correlação com os parâmetros físico-químicos de maior relevância.

A cultura anual (CA) foi o ecossistema que se posicionou mais à direita do diagrama (b), indicando que os parâmetros (diagrama - a) mais correlacionados com o primeiro eixo (K, Ca, P, S, Mg, DS e Zn), foram também os fatores que mais tiveram influência no comportamento do ecossistema CA. Observa-se ainda que são os mesmos parâmetros que correlacionaram com a cultura anual na profundidade de 0 a 20 cm (figura 06, diagrama - a), de onde se infere que o sistema de manejo adotado no CA tem seu efeito verificado até essa profundidade. O cerrado nativo (CE) apresentou uma certa dispersão de amostras para o lado direito do diagrama (b), sendo que nessa profundidade de amostragem (20 a 40 cm) o teor de carbono, hidrogênio + alumínio, ferro, alumínio, carbono e agregados >2mm (figura 07, diagrama - a), apresentaram maior peso na correlação ao contrário do que ocorreu na profundidade de 0 a 20 cm, onde se observa pelo diagrama (a) da figura 06, que esses parâmetros, exceto o carbono apresentaram uma tendência de maior correlação com a área de reforma (RE). Nessa profundidade de amostragem não houve interferência da qualidade do material incorporado e nem da vegetação de sub-bosque, de forma que, no ecossistema CE esperava-se um maior teor de carbono nessa profundidade, porque como não houve influência antrópica o processo de decomposição do material orgânico depositado sobre o solo e/ou do sistema radicular, ocorreu proporcionalmente ao seu aporte, enquanto que no RE o processo de preparo do solo alterou a dinâmica natural de decomposição.

Pela maior concentração de amostras dos ecossistemas FA, RE, PN, PP e CE, no centro do diagrama, pode-se inferir que estes são mais homogêneos entre si e, conseqüentemente menos alterados em suas características em relação ao cerrado nativo, do que a cultura anual. Outro aspecto demonstrado pela observação conjunta dos diagramas (a) e (b) da figura 07, é que esses ecossistemas foram mais influenciados pelos parâmetros físicos do solo (porosidade total,

macroporosidade e estabilidade de agregados maior que 2 mm). Considerando que, em condições naturais esses solos são quimicamente pobres, os usos que favorecem a degradação das características físicas são mais desfavoráveis em termos de qualidade ambiental, já que a partir da degradação de sua estrutura, a possibilidade de se instalar o processo erosivo e as consequências daí advindas (perda de solo, assoreamento, perda de nutrientes) são mais prejudiciais do que os usos que, apesar de não alterarem as suas características químicas não o expõem a processos de erosão intensos. O fato de se observar esse efeito também na profundidade de 20 a 40 cm, sugere que o aproveitamento das áreas de cerrado para reflorestamento com espécies de rápido crescimento bem como para formação de pastagem, a fim de se colocar as mesmas no processo produtivo, visando aumentar o abastecimento de alimentos para a população crescente, é menos degradante que o cultivo agrícola convencional, que além de requerer uma aplicação maciça de insumos para atingir produtividade satisfatória, requer uma mecanização intensiva. Cabe ressaltar aqui que a idéia é comparar efeitos dos usos em áreas já desprovidas da vegetação natural de cerrado para redirecionamento do manejo das mesmas. O objetivo é colocá-las no processo produtivo com menor degradação da qualidade ambiental e não, promover a derrubada de novas áreas de cerrado. Isto implica em passar por um processo inicial de degradação para posteriormente entrar no processo produtivo. Além disso, perde-se a oportunidade de conhecimento desses ecossistemas, onde o uso descontrolado, como o que vem sendo feito, está levando ao seu desaparecimento.

Em termos de parâmetros biológicos, discutidos no item 4.4, a taxa de colonização média para ecossistemas (anexo 51) decresceu no sentido PP (33%), CA (26%), FA (24%), RE (18%), PN (14%) e CE (13%), não apresentando efeito de profundidade de amostragem. Os ecossistemas apresentaram comportamento diferenciado daqueles das figuras 06 e 07, ou seja, o ecossistema CA deveria se destacar dos demais. Entretanto, com o coeficiente de variação de 52%, é provável que, para esse parâmetro, a amostragem não tenha sido adequada. A análise de variância para número de esporos por 50g de solo, apresentou um coeficiente de variação de 30%, considerado aceitável para as condições de amostragem. Para esse parâmetro (anexo 52) foi observado efeito de profundidade de amostragem e as médias dos ecossistemas decresceram no sentido CA (16), FA (8), PN (6), RE (5), PP (4) e CE (4). Observa-se que para esse parâmetro a cultura anual se destacou dos demais, com maior número de esporos/50g de solo, efeito esse provavelmente devido a aplicação de corretivos e fertilizantes por ocasião dos cultivos,

favorecendo a multiplicação de fungos da ordem *Glomales*, conforme já discutido no capítulo anterior. Por outro lado, os demais ecossistemas apresentaram, em termos de tendência, quantidade de esporos, numericamente mais homogêneos, exceto a PP e o CE. Enquanto a CA apresentou número de esporos 100% maior que a FA, esse ecossistema foi 25% maior que a PN e 62% maior que a RE. O cerrado nativo e o pasto plantado apresentaram número de esporos 100% menor que o reflorestamento adulto. Em condições mais inóspitas (menor disponibilidade de nutrientes) a multiplicação é mais difícil, o que está de acordo com o menor número de espécies dominantes apresentado por esses ecossistemas (tabela 01).

4.5.2 - Avaliação das propriedades da necromassa

As espécies vegetais diferem na eficiência em aproveitar os nutrientes do solo na medida em que variam as suas necessidades específicas e sua capacidade de adaptação à condição de baixa disponibilidade de nutrientes. Essa diferença pode ser verificada na variação dos teores de nutrientes da necromassa.

Conforme pode ser observado na figura 08, e considerando que a cultura anual não entrou nessa análise, nota-se que a necromassa do cerrado foi a que apresentou os maiores teores de nutrientes (P, K, Ca e Mg), sendo os mesmos também encontrados mais disponíveis nos solos do ecossistema de cerrado (figuras 04 e 05), exceto para o boro que se apresentou em maior concentração na camada inferior da necromassa do reflorestamento de eucalipto adulto (FA2). Essa diferença está associada à grande diversidade de espécies no cerrado que, conseqüentemente, promove diferenças na qualidade da necromassa. Batista e Couto (1992), encontraram correlação linear simples entre a composição química das espécies nativas e os fatores químicos do solo, principalmente para o K, o P, a soma de bases, o B e o Zn. Nas condições desse estudo, também foi verificada correlação linear simples para alguns nutrientes no solo e na necromassa (ver anexos 44 a 49). Nos demais ecossistemas não se observou uma tendência constante como no caso do cerrado, o que se atribui à menor diversidade de espécies nos mesmos.

A figura 09 mostra a ordenação dos parâmetros da necromassa no diagrama (a), dos ecossistemas com as respectivas parcelas no diagrama (b) e das épocas de amostragem no diagrama (c), produzidos pela análise dos componentes principais (PCA). Através da PCA define-se os gradientes ambientais fundamentais e avalia-se a importância relativa das variáveis

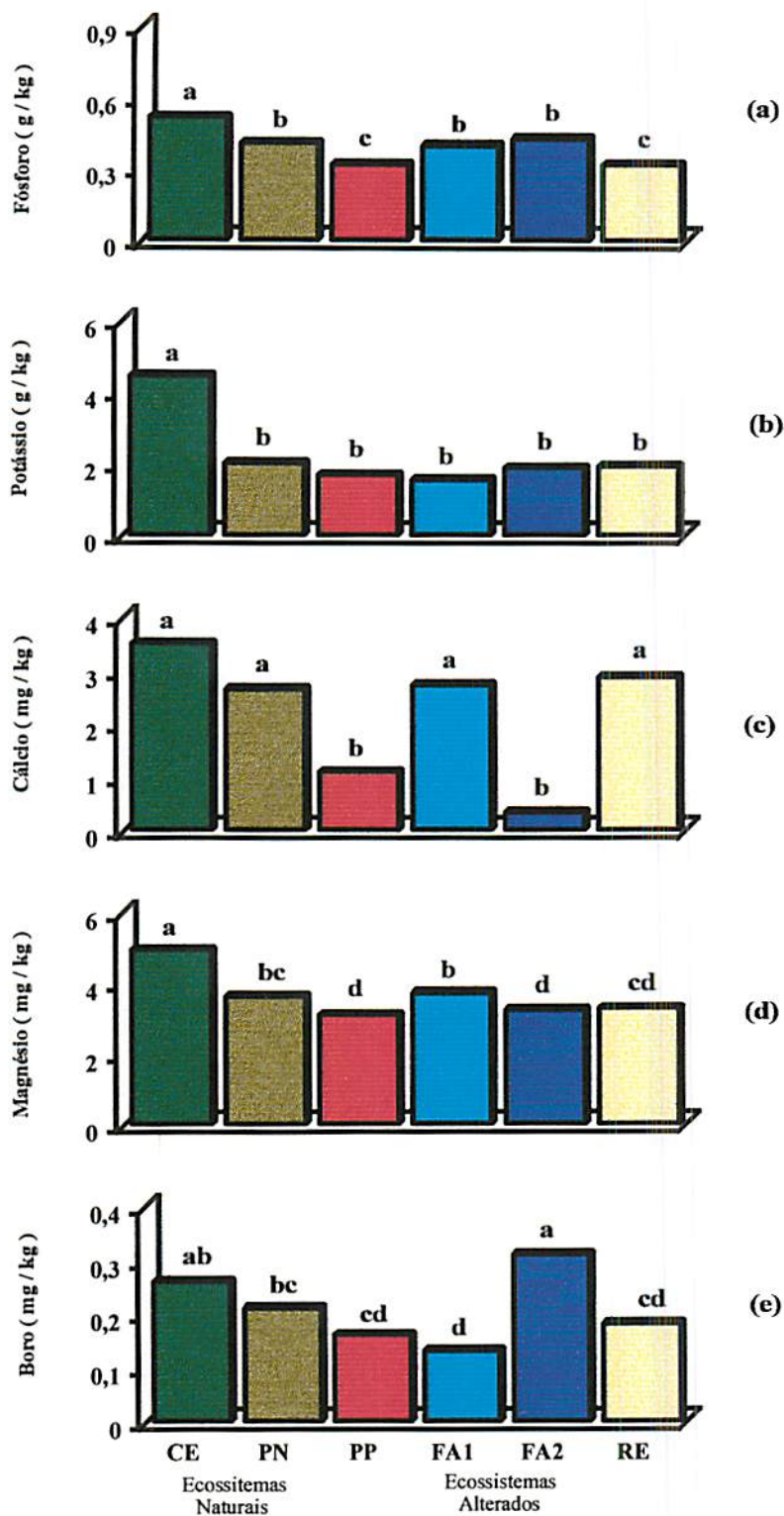


Figura 08. Teores de nutrientes na necromassa de diferentes comunidades vegetais (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1, camada superior da necromassa do reflorestamento de eucalipto adulto; FA2, camada inferior e RE, reflorestamento novo).

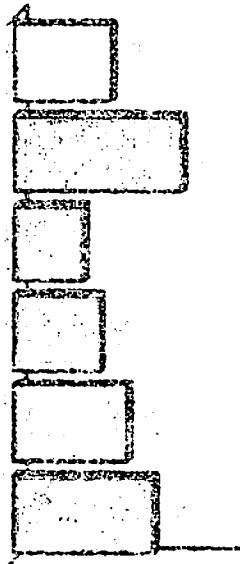


Figure 1

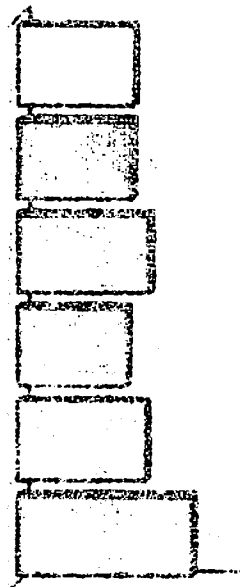


Figure 2

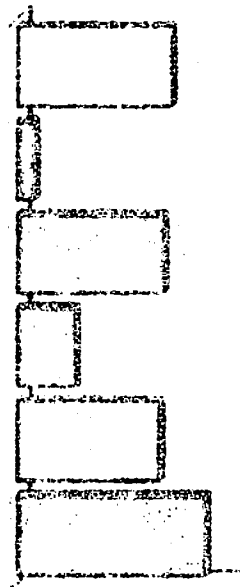


Figure 3

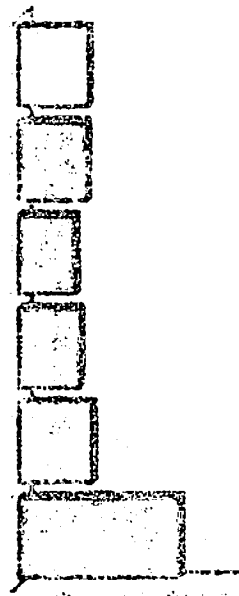


Figure 4

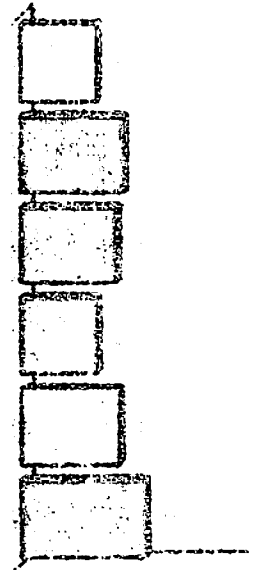


Figure 5

ambientais dentro do grupo de dados (Kent e Coker, 1992). Os gradientes ambientais e a importância relativa e intercorrelação entre os parâmetros da necromassa são mostrados pelo diagrama (a), onde se observa que o comprimento das setas é proporcional à sua importância. O ângulo entre uma determinada seta e cada eixo de ordenação representa seu grau de ordenação com o eixo (Souza, 1966).

Para a necromassa a análise dos componentes principais (PCA) apresentou autovalores (eigenvalues) de 0,841 para o primeiro eixo e de 0,142 para o segundo eixo, o que representa 84,1% e 98,3% da variância total acumulada nos dois primeiros eixos, sendo que 84,1% da variação é explicada no primeiro eixo.

De forma que o gráfico bidimensional, além de proporcionar uma ordenação clara dos parâmetros de necromassa, é suficiente para explicar quase que 100% da variação (Ter Braak, 1995). Os parâmetros mais fortemente correlacionados com o primeiro eixo de ordenação apresentados no diagrama (a), foram o zinco (Zn) com correlação igual a 1,0; o magnésio (Mg) com 0,78 de correlação; o cálcio (Ca) com 0,47; o nitrogênio (N) com 0,45 e o potássio (K) com 0,38 de correlação. No segundo eixo que apresentou variância bem menor (14,2%) que o primeiro (84,1%), os parâmetros mais significativos foram o ferro (Fe) com correlação igual 0,96; a holocelulose (Hcel) com 0,50 de correlação; a lignina (Lig) com 0,47 de correlação; extrativos totais (Extr) com -0,50 e o cálcio com -0,40 de correlação. Observa-se que, enquanto no primeiro eixo os parâmetros químicos da necromassa apresentaram maiores correlações, no segundo eixo foram os parâmetros relacionados com a estrutura da planta.

Em relação aos ecossistemas apresentados no diagrama (b) da figura 09, não se observa nenhuma tendência nítida de agrupamento individualizado de amostras de algum ecossistema, mas uma maior concentração de amostras próximas ao centro do diagrama, indicando que os mesmos apresentaram pouca coerência com os parâmetros mais relevantes. Infere-se daí que, independente das espécies vegetais que ocorrem nos diferentes ecossistemas, os produtos que retornam ao solo após sua decomposição não diferem o bastante para agrupá-los separadamente. Provavelmente, como nestes ecossistemas praticamente não há aplicação de insumos e nem mecanização (a não ser na implantação), o que ocorre em termos de nutrientes é mais

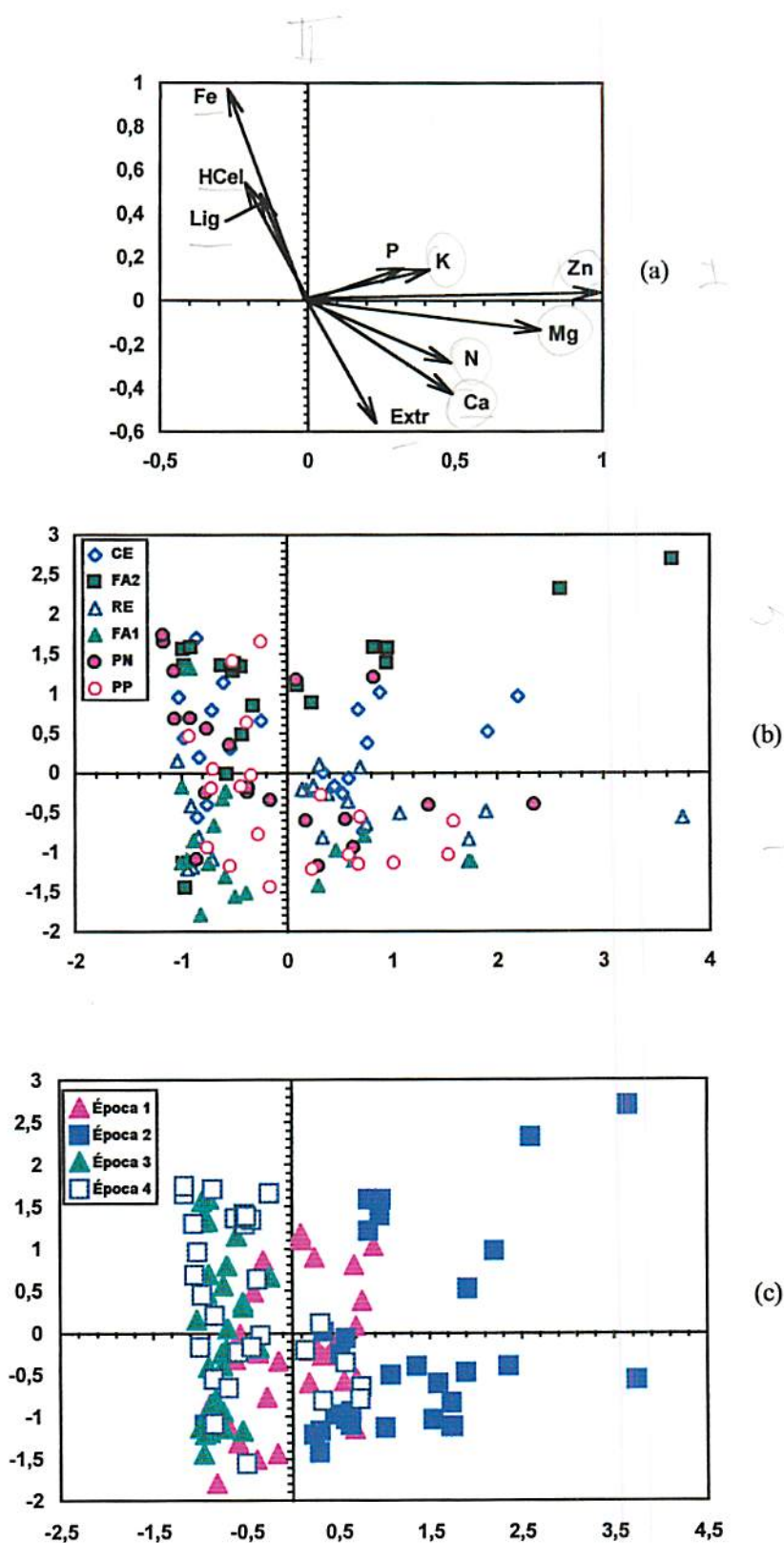


Figura 09. Diagrama de ordenação dos parâmetros da necromassa (a); dos ecossistemas analisados (b) : CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1, camada superior da necromassa do reflorestamento de eucalipto adulto e FA2, camada inferior; e, RE, reflorestamento novo; das épocas de amostragem (c); produzidos por análise de componentes principais.

função da ciclagem, já que as partes das plantas mais ricas em nutrientes não são retiradas do local. Note-se que não foi comparada a cultura anual, que não apresentou necromassa em nenhuma das épocas de coleta de amostras.

Em relação às épocas de amostragem apresentadas no diagrama de ordenação (c) da figura 09, observa-se uma nítida tendência de dispersão das amostras das época 2 (junho/94) para o lado direito do diagrama, enquanto que para as demais épocas não se observa essa tendência nítida, inferindo-se daí maior homogeneidade entre elas.

A época 2 (junho/94) posicionada à direita do diagrama indica que os parâmetros identificados como mais fortemente correlacionados com o primeiro eixo, foram também os fatores que mais influenciaram a composição da necromassa na época 2 (junho/94), quais sejam: Zn, Mg, Ca, N e K. Entretanto esperava-se que na época 4 (junho/95), o comportamento fosse semelhante, já que a queda de folhas deveria ser semelhante nessas duas épocas. Esse efeito provavelmente se deve ao fato de que, no ano de 1994 a menor precipitação antecipou queda de folhas, aumentando a quantidade de nutrientes no solo e, conseqüentemente, alterando a ciclagem dos mesmos, independentemente do ecossistema analisado, já que pelo diagrama (b) não se observa diferença entre eles.

5 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os resultados desse estudo evidenciaram que o ecossistema de cultura anual foi o que mais se diferenciou do ecossistema original de cerrado, sendo os parâmetros de maior contribuição para esta diferença o K, o Ca, o Mg, o S, o P, a densidade do solo e a microporosidade. No que diz respeito aos parâmetros químicos, a cultura anual apresentou os maiores teores; ou seja o solo apresentou maior fertilidade. Entretanto, em relação aos parâmetros físicos a cultura anual, devido a mecanização excessiva, aumentou muito a microporosidade e a densidade do solo, o que implica em dificuldade para o desenvolvimento do sistema radicular e menor quantidade de água disponível. Cabe resaltar que os sistemas de cultivo mínimo e/ou plantio direto, apesar de não terem sido abordados no contexto desse estudo, são comprovadamente mais eficientes em manter a estruturação e o teor de matéria orgânica do solo, concorrendo para uma menor degradação do ecossistema em relação ao sistema de cultivo convencional, mais amplamente adotado nas propriedades agrícolas não empresariais. Os demais ecossistemas, em termos gerais, pouco se diferenciaram entre si, apesar de serem diferentes do cerrado, principalmente no que diz respeito aos teores de Fe, Al, H+Al, porosidade total e macroporosidade.

De maneira geral observou-se que, entre os ecossistemas alterados, aqueles que requerem manejo menos intensivo, são menos impactantes, notadamente o reflorestamento de eucalipto, que além de buscar nutrientes a grandes profundidades, a parte comercial quase não exporta nutrientes do solo, quando os cortes são feitos a grandes intervalos de tempo; podendo-se considerar que o reflorestamento de eucalipto, com cortes espaçados, apresenta menor degradação física e química, proporcionando maior retorno econômico que o cerrado e maior sustentabilidade, a longo prazo, que cultura anual, no sistema convencional. Por outro lado, enquanto a sustentabilidade do cerrado, em condições naturais, é comprometida pela pressão socio-econômica, a sustentabilidade dos sistemas agroquímicos (cultura anual) convencionais tem sua durabilidade limitada pela

reserva dos recursos naturais não renováveis. Sob essa ótica, os sistemas intermediários (reflorestamento adulto e pasto plantado) são mais sustentáveis.

No tocante a indicadores de impactos no solo observou-se que alguns parâmetros são bastante sensíveis às alterações provocadas pelos diferentes manejos adotados, entre os quais a densidade do solo, a relação entre porosidade total e microporosidade, a estabilidade de agregados em água, os teores de carbono do solo, a soma e a saturação de bases no solo, a saturação por alumínio, os teores de micronutrientes (boro, manganês, zinco), o carbono microbiano e a relação carbono microbiano / carbono total do solo, a diversidade biológica do solo medida pela presença de fungos micorrízicos. Apesar desses parâmetros indicarem impactos nos ecossistemas, ainda é premente a necessidade de se estabelecer níveis que indiquem os limites, além dos quais, as alterações possam ser consideradas degradativas ou apenas modificações no equilíbrio dinâmico do ambiente.

6 - CONCLUSÕES

- Solos sob diferentes usos diferiram quanto as propriedades físicas, químicas e biológicas, em relação ao cerrado original, sendo estas alterações mais evidentes na camada superficial do solo.
- Agrossistemas que não receberam constante aporte externo de nutrientes, apresentaram propriedades químicas desfavoráveis em relação ao ecossistema original, sendo estes efeitos mais evidentes para o carbono, cálcio, potássio, manganês, boro, saturação por bases, alumínio trocável e saturação por alumínio.
- Na floresta de eucalipto adulto houve alterações nas propriedades químicas do solo, com aumento nos teores de cálcio, magnésio e boro; e nas propriedades biológicas, especificamente menor diversidade, maior colonização radicular e maior número de esporos dos fungos Glomales.
- Eucalipto com cortes espaçados em 15 anos e a pastagem plantada, apesar de alterarem as propriedades químicas do solo, apresentaram menor degradação física, proporcionando menor alteração da qualidade ambiental que os demais agrossistemas.
- A cultura anual foi o ecossistema que apresentou maior alteração em relação ao cerrado; sendo que sob os aspectos químicos houve aumento nos teores de nutrientes e diminuição do alumínio, maior biomassa carbono, maior colonização micorrízica, maior número de esporos. Em relação aos aspectos físicos foi o ecossistema com maior degradação da estrutura, apresentando aumento na densidade do solo e na microporosidade, e diminuição na porcentagem de agregados maior que 2mm de diâmetro.

- Baseando na análise de componentes principais verificou-se que os parâmetros do solo mais correlacionados com as alterações nos ecossistemas foram o potássio, o magnésio, o cálcio, o enxofre, a densidade do solo, a porosidade total, a macroporosidade e a porcentagem de agregados >2mm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, M. I. N.; SOUZA, J. A. de. **Atributos do solo e o impacto ambiental**. Lavras : ESAL / FAEPE, 1995. 140 p. (Curso de especialização por tutoria à distância em solos e meio ambiente).
- ALVAREZ, R.; DOAZ, R. A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O. J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from tree tillage systems. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 33, n.1, p. 17-28, Jan. 1995.
- ANDRADE, D. de S.; MIYAZAMA, M.; HAMAKAWA, P. J. Microrganismos amonificadores e nitrificadores. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. (ed). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília : EMBRAPA / SPI, 1994. p.355-367
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de. Fluxo de nutrientes através da precipitação, precipitação interna e escoamento pelo tronco em floresta natural secundária no Parque Estadual da Serra do Mar-Núcleo Cunha-SP. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, São Paulo, v.4 , n.1, p. 37-58, mar, 1987.
- ARCHER, J. R.; SMITH, P. D. The relation between bulk density, available water capacity, and air capacity of soils. *Journal of Soil Science*, London, v. 23, n 4, p. 475-480, 1972.
- BAEUMER, K.; BAKERMANS, W. A. P. Zero-tillage. *Advances in Agronomy*, New York, v. 28, p. 78-120, 1973.
- BARGALI, S. S.; SINGH, S. P.; SINGH, R. P. Patterns of weight loss and nutrient release from decomposing leaf litter in an age series of eucalypt plantation. *Soil Biological Biochemistry*, Great Britain, v. 25, n 12, p. 1732-1738, 1993.
- BARNHISEL, R.; BERTSCH, P. M. Aluminium In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D.R. **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. Part.2, 2. ed. Madison: ASA, 1982. pt.2, p.275-296.
- BARROS, N. F. de e BRANDI, R. M. Influência de 3 espécies florestais sobre a fertilidade de solo de pastagem em Viçosa - MG. *Viçosa, Brasil Florestal*, São Paulo: v. 6, n.21, p. 24-29, 1975.
- BARTH, R. C. Avaliação de recuperação de áreas mineradas no Brasil. In: *Sif - Sociedade de Investigação Florestal*. Viçosa : UFV, 1989. 41 p. (Boletim Técnico).
- BASNET, K. Effect of topography on the pattern of trees in a tanobuco (*Dacryoides excelsa*) dominated forest of Puerto Rico. *Biotropica*, St. Louis, v.24, n.1, p.31-42, 1992.

- BATISTA, E. A.; COUTO, H. T. Z. do. Influência de fatores físicos do solo sobre o desenvolvimento das espécies florestais mais importantes do cerrado da Reserva Biológica de Mogi-Guaçu. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo 1992. Anais... São Paulo : Instituto Florestal, 1992a. p. 318-323.
- BATISTA, E. A. e COUTO, H. F. Z. do. Influência de fatores químicos do solo sobre o desenvolvimento das espécies florestais mais importantes do cerrado da Reserva Biológica de Mogi-Guaçu. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo 1992. Anais... São Paulo : Instituto Florestal, 1992b. p. 324-329.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Soil physics**. 4. ed. New York: John Wiley, 1972. 498 p.
- BENITES, J. R.; OFORI, C. S. Crop production through conservation effective Village in the tropics. **Soil e Tillage Research**, Amsterdam, v.27, p. 9-33, 1993.
- BERTONI, J. Conservação do solo em pastagens. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9, São Paulo, 1965. Anais... São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1966. p.583-586.
- BERTONI, J. E.; STUBBLEBINE, W. H.; MARTINS F. R.; LEITÃO FILHO, H. F. Nota prévia: comparação fitossociológica das principais espécies de florestas de terra firme e de várzeas na Reserva Estadual de Porto Ferreira (SP). Anais do Congresso Nacional de Essências Nativas, Campos do Jordão, SP. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v.16A, p.563-571, 1982. (Edição especial).
- BLAKE, G. R. Particle density. In: BLACK, C. A., ed. **Methods of soil analysis**. Madison : American Society of Agronomy, 1965. v. 1, p.371-373.
- BLANCHAR, R. W.; REHM, G.; CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material digestion with nutric and percloria acid. **Soil Science Society Proceedings**, Madison, v. 29, n 1, p. 71-72, Jan. 1965.
- BOHN, H; Mc NEAL, B.; O'CONNOR, G. **Soil Chemistry**, 2. ed. New York : A Wiley-Interscience , 1985. 341 p.
- BORMANN, B. T.; SIDLE, R. C. Changes in productivity and distribution of nutrients in a chronosequence at glacier bay National Park, Alaska. **Journal of Ecology**, Washington, v.78, p.561-578, 1990.
- BOUKAR, L. S.; FONTAINIER, R. Degradation of Savanna soils and reduction of water available for the vegetation: the case of northern Cameroon Vertisols. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 72, p. 481-488, Nov, 1992.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1983. 647p.

- BREEMEN, N. von Nutrient cycling strategies. *Plant and Soil*, Netherlands, 168-169, p. 321-326, Jan/Fev, 1995
- BREMNER, J. M. e EDWARDS., H. P. Determination and isotopic ratio analyses of different forms of nitrogen on soils. I Aparatus and procedures for destilation and determination for amonium. *Soil Science Society American Proceedings*, Madison, v. 29, n. 5, p. 504-507, Sept, 1965.
- BRITEZ, R. M. de; REISSMAN, C. B.; SILVA, S. M. e SANTOS FILHO, A. dos. Reposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de araucária. São Mateus do Sul, Paraná. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo, 1992. *Anais...* São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 766-771.
- BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. *Química da madeira*. Piracicaba: ESALQ / USP, Curso de Engenharia Florestal. Centro Acadêmico Luiz de Queiroz. Departamento Editorial, Piracicaba, 1985. 126p. (Apostila).
- BROWER, J. E; ZAR, J. H. *Field & laboratory methods for general ecology*. 2. ed. Dubuque: Iowa, WCB - Wm C. Brown Publishers, 1984. 226 p.
- BURROWS, W. H. Sustaining productive pastures in the tropics. 1.1 An ecological perspective. *Tropical Grasslands*, Queensland, v.25, p.153-158, 1995.
- CAMPBELL, C. A.; BIEDERBEECK, V. O. Soil bacterial changes as affected by growing season weather conditions : a field and laboratory study. *Canadian Journal Soil Science*, Ottawa, v.56, p. 293-310, 1976.
- CAMPBELL, C. A.; BIEDERBEECK, V. O. Changes in mineral N and numbers of bacteria and actinomycetes during two years under wheat-follow in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal Soil Science*, Ottawa, v. 62, p. 125-137, 1982.
- CARDOSO, A.; POTTER, R. O.; DEDECEK, R. A. Estudo comparativo da degradação de solos pelo uso agrícola no noroeste do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.27, n.2, p. 349-353, Fev. 1992.
- CARDOSO, E. J. B. N. e FREITAS, S. S. A rizosfera. In: CARDOSO, E. J. B. N.; FSAI, S.M. e NEVES, M. C. P. *Microbiologia do Solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. Cap.4., p. 42-57
- CARTER, M. R. Microbial Biomass as an index for tillage - induced changes in soil biological properties. *Soil Tillage Research*, Amsterdam, v.7, p. 29-40, 1986.
- CARVALHO, M. M.; CRUZ FILHO, A. B. Estabelecimento de pastagens cultivadas em áreas de campo. In: CARVALHO, M. M.; EVANGELISTA, A. R.; CURI, N. *Desenvolvimento de pastagens na zona fisiográfica Campos das Vertentes*, MG. Lavras / Coronel Pacheco-MG: EMBRAPA, 1994. p.87-101

- CATTELAN, A. J. e VIDOR, C. Flutuações no biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, n.2, p. 133-142, maio/ago. 1990a.
- CATTELAN, A. J. e VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, n.2, p. 125-132, maio/ago. 1990b.
- CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I. Sistemas de preparo de solos de cerrado: efeitos nas propriedades físicas e no cultivo do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.27, n.2, p.315-324, fev., 1992.
- CERRI, C. C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B. P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em latossolo amarelo da Amazonia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, n.1, p.1-4, 1985.
- CINTRA, F. L. D. e MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solo com propriedades físicas degradadas. Campinas, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, p.197-201, 1983.
- CFSEMG.COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação*. Lavras, 1989. 176p.
- COSTA, M. D.; NOVAIS, R. F. de; BORGES, A. C.; BARROS, N. F. de; FONSECA, S. de. Biomassa microbiana e atividade biológica do solo decorrentes da decomposição de resíduos de eucalipto, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. *Resumos...* Viçosa, MG: SBCS, UFV, 1995. p. 474-475.
- COSTA, L. M. da; ABRAHÃO, W. A. P. Compactação e adensamento de solos relacionados às propriedades químicas, físicas e sedimentológicas. In : ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. *O solo nos grandes domínios morfo-climáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa : SBCS; UFV, DPS, 1996. p. 429-443
- CUNHA, G. de M.; FIGUEIREDO, M. de S.; SOUZA, C. M. de; CECON, P. R.; COSTA, L. M. da. Alterações físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, de encosta, cultivado com café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. *Resumos...* Viçosa, MG: SBCS, UFV, 1995. p. 1757-1758.
- DALAL, R. C.; STRONG, W. M.; WESTON, E. J.; GAFFNEY, J. Sustaining multiple production systems. 2. Soil fertility decline and restoration of cropping lands in sub-tropical Queensland. *Tropical Grasslands*, Queensland, v.25, p.173-180, 1991.
- DANIEL P.W.; HELMS, J. A.; BACKER, F. S.. *Princípios de silvicultura*. México, McGraw - Hill, 1982. 492 p.
- DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A., (ed.) *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.1, p.545-566.

- DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1981. 17p. (Boletim de Extensão, 29).
- DELLITTI, W. B. C. **Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de *P. elliottii* Engelm. var. *elliottii* (Moji-Guaçu - SP)**. São Paulo: J. B. USP, 1984. 298 p. (Tese de Doutorado).
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. **Biomassa microbiana : perspectivas para o uso e manejo do solo**. In : ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfo-climáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS / UFV/ DPS, 1996. p.551-564.
- DOMZAL, H.; GLINSKI, J.; LIPIEC, J. **Soil compaction resarch in Pland. Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 19, p. 99-109, 1991.
- DOMZAL, H.; HODARA, J.; SLOWÍNSKA - JURKIEWICZ, A.; TURSKI, R. **The effects of agricultural use on the structure and physical properties of three soil types**. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.27, p.365-382, 1993.
- DONNELLY, J. R.; SHANE, J. B. **Forest ecosystem responses to artificially induced soil compaction. I. Soil physical properties and tree diameter growth**. *Canadian Journal of Forest Research*, Canadá, v. 16, n. 4, p. 750-754, 1986.
- EIRA, A. F. **Solubilização microbiana de fosfatos**. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do Solo**. Campinas, 1992. Cap.18 p.243-255.
- EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. n.p.
- EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. Rio de Janeiro. Critérios para distinção de solos e de fases de unidade de mapeamento : normas em uso pelo SNLCS**. Rio de Janeiro, 1988. 67p. (Documento, 11).
- EVANS, J. **Plantation Forestry in the Tropics**. Oxford: PUB., Hog Kong, 1986. 472 p.
- FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H. **Caracterização físico-hídrica de um Latossolo Roxo destrófico do município de Londrina, PR**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.21, n.12, p. 1303-1311, dez. 1986.
- FASSBENDER, H. W. **Química de suelos**. Turrialba: Matilde de La Cruz, 1980. 398 p.
- FERNANDES, M. R. **Alterações em propriedades de um latossolo vermelho-amarelo distrófico, fase cerrado em decorrência da modalidade de uso e manejo**. Viçosa: UFV, 1982. 134p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)

- FERNANDES, S.A. P.; CARDOSO, C. J. B. N. Avaliação da biomassa microbiana e atividade de desidrogenase em diferentes sistemas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. Resumos... Viçosa: SBCS / UFV, 1995. p 490-491.
- FERREIRA, M. M. Física do solo. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 63 p. ✓
- FITTER, A. M. Cost and benefits of mycorrhizas: Implications for functioning under natural conditions. *Experientia*, Birkhauser Verlag, v.47, p.350-360, 1991.
- FONSECA, S. da. Propriedades físicas, químicas e microbiológicas de um LV sob eucalipto, mata natural e pastagem. Viçosa: UFV. 1984. 78 p (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). ✓
- FROEHLICH, H. A. soil compactation from logging equipment : effects on growth of young ponderosa pine. *Journal Soil Water Conservation*, Iowa, v. 34, p. 276-278, 1979.
- GAMA RODRIGUES, E. F. de G.; GAMA RODRIGUES, A. C. de G; MAZUR, N.; BARROS, N. F. de. Biomassa Microbiana de carbono e nitrogênio de solos sob diferentes coberturas vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. Resumos... Viçosa: SBCS / UFV, 1995. p. 471-473.
- GERALDES, A. P. A.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J. Biomassa microbiana de solo sob pastagem na Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, p.55-60, 1995. ✓
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogene especies extratect from soil by wetsieving and decanting. *Transaction British Mycological Society*, London, v.46, p.235-246, 1963.
- GIBBS, P. E.; LEITÃO FILHO, H. F.; SHEPARD, G. J. Floristic composition and community struture in area of cerrado in SE Brazil. *Flora*, Jena, v.173, p. 433-449, 1983.
- GIOVANETT, M.; MOSSI, B. An evaluation of techineques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, London, v. 84, p. 489-500, 1980.
- GOEDERT, W.; LOBATO, E. Agronomic considerations of modern agriculture on oxisols. In : INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP. CLASSIFICATION, CHARACTERIZATION AND UTILIZATION OF OXISOLOS, 8, BRAZIL, Proceedings... 1986. p.203-210
- GOLLEY, F. B.; Mc GINNIS, J. F. CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I.; DNEVER, M. Y. Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida. São Paulo: EDUSP, 1978. 250 p.
- GONÇALVES, J. L. de M.; KAGGEYAMA, P. Y.; FRÊXEDAS, V. M.; GONÇALVES, J. C.; GERES, W. L. de. Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, SÃO PAULO, 1992. Anais... São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 463-469.

- GRABLE, A. R. Effects of compactation on content and transmission of air in soils. In: **Compactation of agricultural soils**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, MI., 1971. p.154-164.
- GREENLAND, D. J. Changes in the nitrogen status and physical condition of soils under pastures, with special references to the maintenance of the fertility of Australian soils using for growing wheat. **Soil and Fertilizers**, v. 34, p. 237-251, 1971.
- GROHMANN, F. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.19, n.21, p.319-328, abr. 1960.
- GUITTON, T. L.; OLIVEIRA, L. A. de; MOREIRA, F. W.. de. Ocorrência de micorrizas VA em experimentos silviculturais de terra firme da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. Resumos... Viçosa: SBCS / UFV, 1995. p. 431-432.
- HAAG, P. H. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144 p.
- HAAG, H. P.; ROCHA FILHO, J. V. de C. e OLIVEIRA, G. D. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus* II. Contribuição das espécies de nutrientes na manta. **O Solo**, Piracicaba, v.70, n.2, p.28-31, jul / dez., 1978.
- HABTE, M. Impact of simulated erosive on the abundance and activity of indigenous vesicular-arbuscular mycorrhizal endophytes in the Oxissol. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v.7, n.3, p.164-167, Mar. 1989.
- HABTE, M.; MANJUNATH, A. Soil solution phosphorus status and mycorrhizal dependency in *Leucaena leucocephala*. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v. 53, p. 797-801, 1987.
- HAMBLIN, A. P. The effect of tillage on soil surface properties and the water balance of the xeralfic alfisol. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 4, p. 544-559, 1984.
- HARRIS, R. F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O. N. Dynamic of soil aggregation. **Advances in Agronomy**, New York, v. 18, p. 107-169, 1966.
- HILLEL, O. **Solo e água: fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970. 231 p.
- HUNTER, A. H. **Laboratory analysis of vegetal tissue samples**. Raleigh: International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program, N. C. S. U., 1975. 5p.
- INSAM, H.; DOMSCH, K. H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. **Microbial Ecology**, New York, v.15, p.177-188, 1988.

- JANOS, A. P. Tropical mycorrhizas nutrient cycles and plant growth. In: SUTTON, S. L. WHITMORE, T. C. e CHADWICK A. C. **Tropical rain forest: Ecology and management.** Oxford: Blackwel Scientific Publication, 1979. p. 327-345
- JASPER, D. A.; ABBOT, L. K.; ROBSON, A. D. The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soils from different vegetatin types. **New phytologist**, Australia, v. 118, p. 471-476, 1991.
- JENKINSON, E. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil measurement and turnoves. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (edit). **Soil Bioqhemistry**, NewYork, v. 5, p 415-471, 1981.
- JOERGENSEN, R. The fumigation extraction method. In: ALEF, K.; CACNIO, V. N. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry.** London: Academic Press, 1995. p.382-387.
- JOHNSTON, M. H. Soil-vegetation relationships in a tanobuco forest community in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. **Journal of Tropical Ecology**, Aberdeen, v.8, p.253-263, 1992.
- JORGE, J. A. **Física e manejo de solos tropicais.** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 328p.
- JUCKSCH, I.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; RIBEIRO, A. C.; SOPRANO, E. Efeito da calagem na dispersão de argila em Latossolo Vermelho-Escuro. **Revista Ceres**, Viçosa, v.33, n.189, p. 456-460, 1986.
- KAGEYAMA, P. Y.; BLELLA, L. C.; PALERMO JÚNIOR, A. Plantações mistas com espécies nativas com fim de proteção a reservatórios. CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Silvicultura & Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1990. p. 109-113
- KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: Black, C. A. ed. **Methods of soil analysys, physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling.** Madison: American Society of Agronomy, 1965. pt. 1, p.499-510.
- KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis, a practical approach.** London : Belhaven Press, 1992. 363 p.
- KIHEL, E, J. **Manual de edafologia.** São Paulo, Ceres: 1979. 272 p.
- KOEHLER, C. W.; REISSMANN, C. B. Macronutrientes retornados com a serrapilheira de *A. angust.folia* em função do sítio. CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo, 1992. p. 645-658
- KORMANIK, P. P.; Mc GRAW, A. C. Quantification of vesicular arbuscular mycorrhizalin plant roots. In: SCHENCKI, N. C. ed. **Methods and principals of Mycorrhizal Resarch**, St. Paul: American Phytopathological Society, 1982. p. 37-46
- KREBS, C. J. **Ecology** 3. ed. New York: Harper e Row, Publister, 1985. p. 513-542


- LAL, R. Soil erosion from tropical arable lands. *Advances Agronomy*, New York, v.37, p.183-248, 1984.
- LANYON, L. E.; HEALD, W. R. Magnesium, calcium and barium. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. *Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties*. 2. ed. Madison: ASA, 1982. pt.2, p.247-260.
- LEMONS, R. C.; SANTOS, R.D. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 2.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1984. 45p.
- LEPSCH, I. F. Influência do cultivo de *Eucalyptus* e *Pinus* nas propriedades químicas de solos sob cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 4, p. 103-107, 1980.
- LEPSCH, I. F.; MENK, J. R. F.; OLIVEIRA, J. B. Carbon storage and other properties of soils under agriculture and natural vegetation in São Paulo State, Brazil. *Soil Use and Management*, Oxford, v.10, p.34-42, 1994.
- LIMA, J. M. *Relação entre erosão, teor de ferro, parâmetros físicos e mineralógicos da região de Lavras (MG)*. Lavras: ESAL, 1987. 86p. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de plantas).
- LIMA J. M.; CURI, N.; RESENDE, M. e SANTANA, D. P. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade de latossolos. Campinas, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, p.85-90, 1990.
- LIMA, W. de P. *Impacto ambiental do eucalipto*. São Paulo: EDUSP, 1993, 301 p.
- LOPES, A. S. *Solos sob "cerrado". Caracterização, propriedades e manejo*. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1983. 162 p. el
- LOPES, A. S.; COX, F. R. Cerrado vegetation in Brazil, an edaphic gradient. *Agronomy Journal*, Madison, v.69, p. 828-831, Sept / Oct, 1977.
- LOPES A.S.; SILVA, M. de C.; GUILHERME, L. R. G. *Acidez do Solo e Calagem*. São Paulo: ANDA, 1991. 15 p. (Boletim Técnico, 1).
- LOPES A.S.; GUILHERME, L. R. G. *Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária*. São Paulo: ANDA, 1992. 60 p. (Boletim Técnico, 5).
- LOPES, M. I. M. S.; GARRIDO, M. A. de O. Teores de micronutrientes na manta orgânica de cerrado e de alguns povoamentos de *Pinus*. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 40, n.1, p. 53-61, Jun. 1986.
- LOPES, M. I. M. S.; MELO, F. de A. F de ; GARRIDO, M. A. de O. Influência do cultivo de *Pinus* sobre a manta orgânica e propriedades químicas de LE primitivamente sob vegetação de cerrado. I. Efeito sobre a quantidade e composição da manta. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, Piracicaba, v. 40, p. 423-436, 1983.

- LOPES, M I. M. S.; GARRIDO, M. A. O. e MELLO, F. A. F. Influência do cultivo de *Pinus* sobre algumas propriedades químicas de um solo de cerrado. **IPEF**, Piracicaba, v.40a, Dez. 1986. p.188-200.
- LOWRY, F. E. ; TAYLOR, H. M.; HUCK, M. G. Growth rate and yield of cotton as influenced by depth and bulk density of soil pans. **Soil Science of American Proceedings**, Madison, v. 34, p. 306-309, Mar. / Apr. 1970.
- MACHADO, J. A.; PAULA SOUZA, D. M. de; BRUM, A. C. R. de. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, n. 3, p. 187-189, Set. / Dez. 1981.
- McDOUGALL, A.; KELLMAN, M. The understory light regime and patterns of tree seedlings in tropical riparian forest patches. **Journal of Biogeography**, Tokio, v. 19, p.667-675, 1992.
- McLEAN, E. O. Soil pH and lime requirement. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. 2. ed. Madison: ASA, 1982. pt.2, p.199-223.
- MARUMOTTO, T.; ANDERSON, J. P. E.; DOMSEN, K. H. Mineralization of nutrients from soil microbial biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 14, p. 469-475, Apr. 1982.
- MAZURACK, A. P. Effects of gaseous phase on water stable aggregates. **Soil Science**, Maryland, v. 69, p. 135-148, Jan. / Jun. 1950.
- MEDINA, H. P. Constituição física. In: MONIZ, A. C. **Elementos de pedologia**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, p. 11-20, 1972.
- MENDONÇA, M. de M.; OLIVEIRA, V. L. de. Micorrizas no Brasil: Estado atual das Pesquisas e Prioridades. In : ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfo-climáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS, UFV, DPS, 1996. p. 525-549.
- MORAES, W. V. de. **Comportamento de características e propriedades de um Latossolo Vermelho-Escuro, submetido a diferentes sistemas de cultivo**. Lavras, ESAL, 1984. 107 p. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- NICOU, R.; CHARREAU, C. e CHOPART, J. I. Tillage and soil physical properties in semi-arid west Africa. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.27, p. 125-147, 1993.
- NUERNBERG, G. J.; VIDOR, C.; STAMMEL, J. G. Efeito de sucessões de culturas e tipos de adubação na densidade populacional e atividade microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, n.2, p.197-203, Maio / Ago. 1984.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. 2. ed., São Paulo: Livraria Pioneira, 1975. 201 p.

- OLIVEIRA, C. V. de. **Micorrização, compactação e fósforo no crescimento de leguminosas arbóreas em solo degradado.** Lavras: UFLA, 1995. 54 p. (Dissertação Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- OLIVEIRA, J. B. de; JACOMINE, P. K. T., CAMARGO, M. N. **Classes Gerais de Solos do Brasil.** Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.
- OLIVEIRA, L. B. de. Determinação da macro e microporosidade pela "em mesa de tensão" em amostras de solo com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.3, n.1, p. 197-200, 1968.
- OLIVEIRA, M. **Comportamento de características e propriedades físicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo sob condições de pasto natural e cultivado na região de Lavras, Minas Gerais.** Lavras: ESAL, 1979. 136p. (Tese de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. Composição florística e estrutura comunitária da floresta de galeria do córrego da Paciência, Cuiabá (MT). **Acta Botanica Brasilica**, Rio de Janeiro, v.3, p.91-112, 1989.
- PAGANO, S. N. Nutrientes minerais no follhedo produzido em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.49, n.3, p.641-647, 1989.
- PANOSO, L. A. et al. **Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos da área sob a influência do Reservatório de Três Marias.** Belo Horizonte: EPAMIG, 1978. p.236 (Boletim técnico SNLCS, 57).
- PARCKER, I. J.; HAMILTON, G. U. Soil physical and chemical changes due to tillage and their implications for erosion and productivity. **Amsterdam, Soil & Tillage Research, Amsterdam**, v.27, p.327-339, 1993.
- PAULA SOUZA, O. M. de; PAULA SOUZA, M. L. de Alterações provocadas pelo florestamento de *Pinus* sp na fertilidade de solos da região da Lapa, PR. **Revista Florestal**, Rio de Janeiro, v.12, n.2, p.36-52, 1981.
- PEET, R. K. The measurement of species diversity. **Animal Review of Ecology and Systematics**, 1974. p. 285-307
- PFENNING, L.; EDUARDO, B. de P.; CERRI, C. C. Os métodos de fumigação-incubação e fumigação-extração na estimativa da biomassa microbiana de solos da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.1, p.31-37, jan./abril 1992.
- PERRY, O. A.; AMARANTHUS, M. P. The plant-soil bootstrap: Microorganisms and reclamation of degraded ecosystems. In: J. J. BERGER (ed), **Environmental Restoration, Science and Strategies for Restoration the Earth.** Washington: Island Press, 1990. p. 94-102.

- PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, O. S. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transaction British Mycological Society**, London, v.55, p. 158-61, 1970.
- POGGIANI, F. Nutrient cycling in *Eucalyptus* and *Pinus* plantations ecosystems. Silvicultural implications. IPEF, Piracicaba, n.31, p. 33-40, dez. 1985.
- POWLSON, D. S.; BROOKS, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurements of soil microbial provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, n. 2, p. 159-164, Feb. 1987.
- PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel, 1980. 541 p.
- PRITCHETT, W. L. Tropical forest litterfall. I. Problems of data comparison. In: SUTTON, S. L., WHITMORE, T. C. e CHADWICK, A. C. **Tropical rain forest: Ecology and Management**. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1979. p. 267- 273
- PRITCHETT, W. L.; FISHER, F. R. **Properties and management of forest soils**. 2. ed., New York: John Wiley & Sons, 1987. 494p.
- RAIJ, B. van, QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGILIA, O. C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170 p.
- RAIJ, B. van; ZULLO, M. A. T. **Métodos de análise de solo**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1977. 16p. (IAC. Circular,63).
- RANDO, E. M. **Alterações nas características e propriedades físicas de um Latossolo Roxo Distrófico, ocasionadas pelo cultivo convencional**. Lavras, ESAL, 1981. 160p. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- REISENAUER, H. M.; WALSH, L. M.; HOEFT, R. G. Testing soils for sulfur, boron, molybdenum and chlorine. In: WALSH, L. M.; BEATON, J. D. (ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: SSSA, 1973. p.418-425.
- RESENDE, M. Aplicação de conhecimentos pedológicos à conservação dos solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, p.3-18, 1985.
- RESENDE, M.; CURL, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia : base para distinção de ambientes**. Viçosa : NEPUT, 1995. 304 p.
- RESENDE, M.; KER, J.; BAHIA FILHO, A. F. C. Desenvolvimento sustentado no cerrado. In : ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios**

- morfo-climáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado.** Viçosa: SBCS; UFV, DPS, 1996. p. 169-199
- RIZZINI, D. T. Análise florística das savanas centrais. A flora do cerrado. In: FERRI, M. G. (Coord.) SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO. Anais... São Paulo: Ed. USP, 1963. p. 125-177.
- ROCHA FILHO, J. V. de C. HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. e PITELLI, R. A. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus* I Distribuição no solo e na Manta. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba v. 35, p. 113-123, 1978.
- ROCHA, R. C. Desenvolvimento de espécies arbóreas com e sem micorrização transplantadas para solo degradado contendo doses crescentes de fósforo. Lavras: UFLA, 1995. 74 p. (Dissertação de Mestrado em solos e Nutrição de Plantas).
- RONIKENS, M. J. M.; ROTH, C. B.; NELSON, D. W. Erodibility of the select clay subsoils in relation to physical and chemical properties. Soil Science Society American Journal, Madison, v. 41, n. 5, p. 954-960, 1977.
- ROSA JÚNIOR, E. J.; SILVA, T. C. A.; COSTA, L. M. Efeito de sistemas e tempo de manejo sobre algumas características de um Latossolo Roxo Distrófico na município de Ponta Porã, MS. Revista Científica Cultural, Campo Grande, v.3, p.26-32, 1988. (Nº Especial).
- ROTH, C. B.; NELSON, D. W.; ROMKENS, M. J. M. Prediction of subsoil erodibility using chemical, mineralogical and physical parameters. Washington: Environmental Protection Agency, 1974. 111 p.
- ROVIRA, A. D. Microbiology of pasture soil and some effects of microorganisms on pasture plants. In : WILSON, J. R. (ed.). Plant relation in pastures. Melbourne: CSIRO, 1978. p.95-110.
- RUSSEL, J.; RUSSEL, E. W. Condiciones del suelo y crecimiento de las plantas. 4. ed. Madrid: Aguilar, 1968. 801 p.
- SANCHEZ, P. A. Properties and management of soils in the tropics. London: John Willey, 1976. 618p.
- SANGINGA, N.; MULONGOY, I.; SWIFT, M. J. Contribution of soil organisms to the sustainability and productivity cropping systems in the tropics. Agriculture Ecosystems and Environment, Amsterdam, v.41, p.135-152, 1992.
- SARRIÉS, G. A.; OLIVEIRA, J. C. V.; ALVES, M. C. SANESF, Piracicaba: CIAGRI, 1992. 80p. (Série Didática CIAGRI, 6).
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. Análises químicas em plantas. Piracicaba: ESALQ, 1974. 58p.

- SCHENCK, N.C.; PEREZ, Y. **Manual for the identification of VA Mycorrhizal fungi**. Gainesville: INVAM/University of Florida, 1987. 245 p.
- SHAIMBERG, I.; LEVY, G. J.; RENGASANY, P.; FREWKEL, H. Aggregate Stability and seal formation as affected by drops' impact energy and soil amendments. **Soil Science**, Baltimore, v.154, n.2, p.113-119, 1992.
- SILVA, G. P. ; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. e BARROS. N. F. de Respostas de espécies gramíneas forrageiras a camadas compactadas de solos. **Revista Ceres**, Viçosa, v.39, n.221, p.31- 43, 1992.
- SILVA JÚNIOR, M. C.; SCARANO, F. R.; CARDEL, F. de S. Regeneration of an Atlantic forest for nation in the undeiskorey of *Eucalyptus grandis* plantation in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Edinburg, v.11, p.147-152, 1995.
- SINGH, R. P.; BAHAR, N.; NEGI, D. V. Impact of grazing on soil erosion in forest ecosystems. **The Sudian Forestes**, New Delhi, v.121, n.8, p.717-720, Aug., 1995.
- SIQUEIRA, J. O. **Biologia do solo**. Lavras: ESAL / FAEPE, 1993. 230p. 
- SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI FILHO, A e OLIVEIRA, E. de. Ocorrência de MVA em agro e ecossistemas do estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.12, p.1499-1506, Dez. 1989.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotechnology do solo : fundamentos e perspectivas**. Lavras: MEC /ESAL /FAEPE / ABEAS, 1988. 235 p.
- SIQUEIRA, J. O.; NAIR, M. G.; HAMMERSCHMIDT, R.; SAFIR, G. R. Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Knoxville, v.10, n.1, p.63-121, 1991.
- SKIDMORE, E. L.; CARSTENSON, W. A.; BANBURY, E. E. Soil changes resulting from cropping. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.39, n.5, p.964-967, Set / Out, 1975.
- SOANE, B. D.; BLACKWELL, P. S.; DICKSON, J. W.; PAINTER, D. J. Compaction by agricultural vehicles - a review. II Compaction under tyres and other running gear. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.1, p.373-400, 1981.
- SOUZA, E. R. de. **Alterações físico-químicas no deflúvio de três sub-bacias hidrográficas decorrentes da atividade agrícola**. Lavras: UFLA, 1996. 91p. (Dissertação de Mestrado em Manejo Ambiental).
- SPERA, S. T. **Inter-relações entre propriedades físico-hídricos do solo e a ocorrência de vegetação de mata e campo adjacentes no Alto Rio Grande (MG)**. Lavras: UFLA, 1995. 78p. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

- STRICKLAND, T. C.; SOLLINS, P.; SCHIMEL, D. S.; KERLE, E. A. Aggregation and aggregate stability in forest and range soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.52, p.829-833, 1988.
- SUSSMAN, R. W.; RAKOTOZAFY, A. Plant diversity and structural analysis of a tropical dry forest in Southwestern Madagascar. *Biotropica*, St. Louis, v.26, n. 3, p. 241-254, 1994.
- TER BRAAK, C. J. F. Ordination. In: JONGMAN, R. H. G.; TER BRAAK, C. J. F.; VAN TONGEREN, O. F. R. (eds.). *Data analysis in community and landscape ecology*. Oxford: University Press, 1987. p.91-173.
- TER BRAAK, C. J. F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, Durham, v.67, p.1167-1179, 1986.
- TIMONI, J. L. *Ciclagem de nutrientes em talhão de Pinus kesiya Royle ex Gordon, com e sem desbaste no município de Itirapina*. Rio Claro: UNESP, 1990. 114p. (Tese de Doutorado).
- TOSIN, J. C. *Influência do Pinus elliottii, Engelm, da Araucária angustifolia (Bert.) O. KTZE e da mata nativa sobre a atividade da microflora do solo*. Curitiba: UFP / SCA, 1977. (Tese de Mestrado).
- UHLAND, R. E. Rapid method for determining soil mixture. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, v.15, p.391-393, 1951.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.19, n.6, p.703-707, June 1987.
- VAN DEN BERG, E. *Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e análise das correlações entre variáveis ambientais e a distribuição das espécies de porte arbóreo-arbustivo*. Lavras : UFLA, 1995. 73p. (Dissertação de Mestrado em Manejo Ambiental)
- VETTORI, L. *Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: EPFS, 1969. 34 p. (Boletim Técnico,7).
- VIANA, V. M. *Reflorestamento com espécies nativas : Idolatria ou racionalidade*. 1990.
- VILELA, E. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; GAVILANES, M. L.; CARVALHO, D. A. Espécies de matas ciliares com potencial para estudos de revegetação no Alto Rio Grande, Sul de Minas. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 17, n.2, p.117-128, 1993.
- VOGEL, A. I. *A text-book of practical organic chemistry including qualitative organic analysis*. 2. ed. London: Longmans Green, 1951. 174 p.

- VOMOCEL, J. A. Porosity. In: Black, C. A. ed. **Methods of soil analysis**. Madison: Wisc. American Society of Agronomy, 1965. Part 1. p. 299-314.
- WARDLE, D. A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biological Review**, Cambridge, v.67, p.321-358, 1992.
- WEID, J. M. von der. Conceitos de sustentabilidade e sua aplicação nos modelos de desenvolvimento agrícola. In : ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfo-climáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS; UFV, DPS, 1996. p. 353-366
- WILLS, W. O.; RANEY, W. A. Effect of compactation on content and transmission of heat in soils. In: **Compactation of agricultural soils**. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, 1971. p. 165-177.
- YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion classes. **Journal of American Society of Agronomy**, Washington, v.28, n.5, p.391-399, May, 1936.
- YOUNG, K. K. The impact of erosion on the productivity, of soils in the United States. In: DEBOUT, M.; GRABIELS, D. (eds). New York: Wiley, 1980. p. 295-303.
- ZAKE, G. Y. K. Tillage systems and soil properties in east Africa, **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.27, p.95-104, 1993.
- ZAMBOLIM, L.; SIQUEIRA, J. D. **Importância potencial das associações micorrízicas para a agricultura**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. 35p (EPAMIG- Documentos,26)

ANEXOS

Anexo 01. Classificação do solo, descrição do perfil e resultados analíticos do perfil estudado.

Classificação : LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO distrófico textura muito argilosa, relevo plano a suave ondulado, fase cerrado.

Situação, declive e cobertura vegetal : Trincheira aberta em área preservada de cerrado, localizada à esquerda da entrada da Fazenda Meleiros a cerca de 1000m do mata-burro da entrada. Ocorrem na área o tinguí, pau-terrinha, murici, pequi, macieira, sucupira, jacarandá etc.

Altitude : ± 700m

Material de origem : Relacionado com sedimentos provenientes da decomposição de rochas do Grupo Bambuí, principalmente ardósia.

Pedregosidade : Não pedregosa.

Rochosidade : Não rochosa.

Relevo local : Plano.

Relevo regional : Suave ondulado.

Drenagem : Acentuadamente drenado.

Vegetação primária : Cerrado.

Uso atual : Cerrado com pastoreio.

Observação : Pequena área preservada de cerrado, formando uma faixa entre a estrada de Curvelo em direção à Felixlândia (BR-259) e a plantação de eucalipto da Mannesmann.

A1 - 0 a 23 cm; vermelho-escuro (10 YR 3/6, úmido); muito argilosa; fraca pequena e média blocos sub-angulares; muitos poros pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana; raízes raras grossas, comuns finas e médias.

A3 - 23 a 52 cm; vermelho-escuro (10 YR 3/6, úmido); muito argilosa; fraca muito pequena granular e pequena blocos sub-angulares; muitos poros muito pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana; raízes comuns finas e médias.

AB - 52 a 85 cm; vermelho-escuro (10 YR 3/6, úmido); muito argilosa; fraca pequena granular e média blocos sub-angulares; muitos poros muito pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana; raízes poucas finas.

BA - 85 a 127 cm; vermelho-escuro (10 YR 3/6, úmido); muito argilosa; aspecto maciço poroso que se desfaz em muito pequena granular, pequena e média blocos sub-angulares; poucos poros pequenos e muitos poros muito pequenos; macio, muito friável muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana; raízes poucas finas. Obs. Aspecto de Bt.

B w - 127 a 180⁺ cm; vermelho-escuro (10 YR 3/6, úmido); muito argilosa; aspecto maciço poroso que se desfaz em muito pequena granular e blocos sub-angulares; poucos poros pequenos e muitos poros muito pequenos; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana; raízes poucas finas e raras médias.

Tabela 01. Parâmetros químicos do perfil do LEd, por horizonte amostrado.

PARÂMETRO	Horizonte	Horizonte	Horizonte	Horizonte	Horizonte
	A1	A3	AB	BA	Bw
Profundidade (cm)	0 a 23	23 a 52	52 a 85	85 a 127	127 a 180 ⁺
pH em água	4,1	4,3	4,4	4,8	4,8
P (mg.kg ⁻¹)	2	1	1	1	1
K (mg.kg ⁻¹)	56	31	19	17	19
Ca (cmol.kg ⁻¹)	1,7	0,6	0,6	0,6	0,5
Mg (cmol.kg ⁻¹)	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Al (cmol.kg ⁻¹)	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
H + Al (cmol.kg ⁻¹)	6,3	4,5	3,6	3,2	2,6
Na (cmol.kg ⁻¹)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Soma bases (cmol.kg ⁻¹)	2,2	0,9	0,9	0,9	0,8
t (cmol.kg ⁻¹)	3,0	1,5	1,3	1,1	0,9
T (cmol.kg ⁻¹)	8,5	5,4	4,5	4,1	3,4
m (g.kg ⁻¹)	270	400	320	190	120
V (g.kg ⁻¹)	260	170	190	210	230
Carbono (g.kg ⁻¹)	12	10	9	6	6
Matéria orgânica (g.kg ⁻¹)	21	17	16	9	9
SiO ₂ (g.kg ⁻¹)	203	200	211	207	207
Al ₂ O ₃ (g.kg ⁻¹)	337	348	352	348	357
Fe ₂ O ₃ (g.kg ⁻¹)	167	164	159	161	164
TiO ₂ (g.kg ⁻¹)	6,6	6,6	6,8	6,1	6,0
P ₂ O ₅ (g.kg ⁻¹)	0,6	0,5	0,5	0,5	0,46
Ki	1,02	0,98	1,02	1,01	0,99
Kr	0,78	0,75	0,79	0,78	0,76
Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	3,17	3,35	3,48	3,39	3,41

Tabela 02. Parâmetros físicos do LEd estudado, por horizonte amostrado.

PARÂMETRO	Horizonte A1	Horizonte A3	Horizonte AB	Horizonte BA	Horizonte Bw
Profundidade (cm)	0 a 23	23 a 52	52 a 85	85 a 127	127 a 180*
Arcia Grossa (g.kg ⁻¹)	70	50	30	20	20
Arcia Fina (g.kg ⁻¹)	50	50	30	20	20
Silte (g.kg ⁻¹)	180	120	130	150	160
Argila (g.kg ⁻¹)	700	780	810	810	790
g.kg ⁻¹ Agregados (7 a 2 mm)	600,0	565,6	546,4	591,6	517,6
(2 a 1 mm)	90,0	76,8	84,8	96,4	82,0
(1 a 0,5 mm)	86,0	86,4	81,6	77,6	83,6
(0,5 a 0,25 mm)	71,2	94,0	86,8	64,0	91,2
(0,25 a 0,105 mm)	55,6	88,0	92,4	77,6	116,4
(< 0,105 mm)	97,2	89,2	108,0	92,8	109,2
Argila dispersa em água (g.kg ⁻¹)	20	20	20	20	20
Índice de floculação (g.kg ⁻¹)	970	970	970	970	970
Densidade de partícula (g . cm ⁻³)	2,63	2,60	2,86	2,82	2,78
g.kg ⁻¹ Umidade (15 atm)	263,1	235,1	267,3	274,8	279,3
(10 atm)	0	0	0	0	0
(05 atm)	267,4	247,0	272,8	277,3	279,8
(01 atm)	288,2	288,3	295,5	294,3	299,5
(0,33 atm)	317,1	316,3	324,6	325,9	334,4
(0,10 atm)	343,4	339,9	355,7	350,3	355,1
(0,06 atm)	382,1	390,9	403,9	389,8	401,8
(0,04 atm)	412,5	441,8	460,1	485,5	486,0
(0,02 atm)	571,3	589,7	678,4	647,9	699,3

Anexo 02. Precipitação e número de dias de chuva na Fazenda Meleiro (MANNESMAN) no município de Curvelo-MG, no período de janeiro de 1986 até dezembro de 1995.

ANO	MÊSES												Total
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
----- Dias de Chuva -----													
1986	14,0	11,0	5,0	2,0	4,0	0,0	2,0	3,0	1,0	2,0	10,0	17,0	71,0
1987	21,0	6,0	6,0	6,0	2,0	2,0	1,0	0,0	6,0	4,0	10,0	2,0	66,0
1988	12,0	15,0	9,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	1,0	11,0	14,0	15,0	84,0
1989	9,0	12,0	10,0	1,0	1,0	4,0	2,0	1,0	4,0	6,0	18,0	15,0	83,0
1990	4,0	9,0	5,0	1,0	1,0	0,0	5,0	3,0	1,0	4,0	11,0	8,0	52,0
1991	21,0	16,0	12,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	5,0	11,0	12,0	86,0
1992	22,0	7,0	3,0	7,0	3,0	0,0	0,0	0,0	7,0	12,0	12,0	14,0	87,0
1993	10,0	14,0	5,0	7,0	2,0	1,0	0,0	0,0	5,0	4,0	5,0	17,0	70,0
1994	17,0	5,0	17,0	2,0	4,0	1,0	0,0	0,0	0,0	8,0	13,0	14,0	81,0
1995	9,0	12,0	10,0	7,0	4,0	0,0	0,0	0,0	1,0	8,0	14,0	22,0	87,0
----- Precipitação (mm) -----													
1986	284,4	207,7	66,5	51,0	60,5	0,0	30,0	42,0	4,0	7,0	154,0	247,0	1154,1
1987	264,0	26,0	78,0	161,0	7,0	14,0	5,0	0,0	38,6	113,0	179,0	39,5	925,1
1988	288,5	288,7	171,4	46,2	5,7	0,0	0,0	0,0	31,0	129,0	182,5	273,4	1416,5
1989	152,0	239,0	119,0	10,0	14,0	39,0	22,0	7,0	31,0	40,0	321,5	386,0	1380,0
1990	45,0	171,0	195,0	6,0	41,0	0,0	33,0	23,0	6,0	33,5	179,5	123,0	856,0
1991	577,0	295,5	151,0	58,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,0	59,0	189,0	232,0	1627,5
1992	491,0	216,0	145,0	59,0	26,0	0,0	0,0	0,0	39,0	181,0	204,4	211,4	1572,8
1993	173,0	217,5	98,2	154,2	21,2	11,0	0,0	0,0	13,4	10,8	63,2	281,4	1043,9
1994	234,8	67,1	309,5	11,8	9,0	26,0	0,0	0,0	0,0	57,5	215,5	229,0	1160,0
1995	120,0	162,5	188,0	63,5	48,0	0,0	0,0	0,0	24,5	124,0	243,7	459,2	1433,4
----- Médias de precipitação e dias de chuva -----													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Dias chuva	13,9	10,7	8,2	4,3	2,3	0,8	1,0	0,7	3,0	7,5	11,8	13,6	76,7
Precipitação	263,0	189,1	152,2	62,1	23,2	9,0	9,0	7,2	25,4	6,4	193,2	248,2	1257,0

ANEXO 03. Resumo da análise de variância (nível de significância) dos parâmetros físicos do solo, em função dos ecossistemas, profundidades e épocas de amostragem.

Causas da Variação	G.L.	Densidade do Solo	Volume Total de Poros	Microporosidade	Macroporosidade	Argila Dispersa em Água	Agregados > 2mm	Umidade Gravimétric
Ecossistema (Eco)	5	**	**	**	**	**	**	**
Profundidade (Prof)	1	**	ns	ns	ns	**	ns	ns
Época (Epo)	3	**	**	**	**	**	**	**
Eco x Prof	5	ns	ns	*	ns	ns	**	ns
Eco x Epo	15	ns	**	*	*	**	**	**
Prof x Epo	3	**	**	*	**	ns	**	**
Eco x Prof x Epo	15	ns	ns	ns	ns	ns	*	**
Resíduo	192	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
c.v. (%)		4,36	4,08	6,72	19,13	50,55	13,62	34,44
Média		1,07 (g/cm ³)	60,69 (%)	38,43 (%)	22,26 (%)	15,81 (%)	60,20 (%)	4,79 (%)

* ; ** = Significativo pelo teste de F ao nível de significância de 5% e 1%, respectivamente, de probabilidade.

ANEXO 04. Resumo da análise de variância (nível de significância) dos parâmetros químicos do solo, em função dos ecossistemas, profundidades e épocas de amostragem.

Causas da variação	G.L.	Carbono %	pH	Fósforo ppm	Potássio ppm	Cálcio mE/100cc	Magnésio mE/100cc	Alumínio mE/100cc	H + Al mE/100cc
Ecosistema (Eco)	5	**	**	**	**	**	**	**	**
Profundidade (Prof)	1	*	*	ns	**	**	**	**	**
Época (Epo)	3	**	ns	ns	**	**	**	**	**
Ecos.x Prof.	5	ns	ns	ns	**	ns	**	**	*
Ecos.xÉpo	15	*	**	*	**	**	ns	**	**
Prof.xÉpo	3	ns	ns	*	**	**	**	ns	*
Ecos.xProf.xÉpo	15	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Resíduo	192	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)		40.61	59.49	21.86	24.28	29.93	47.42	18.34	13.90
Média		0.46	0.48	1.32	55.57	0.62	0.27	0.89	6.32

*,**= significativo pelo teste de F ao nível de significância de 5% e 1%, respectivamente, de probabilidade.

ANEXO 04. Continuação...

S mE/100cc	"t" mE/100cc	T mE/100cc	"m" %	V %	Enxofre ppm	Zinco ppm	Ferro ppm	Manganês ppm	Boro ppm	Cobre ppm
**	**	**	**	**	**	ns	**	**	*	**
**	**	**	**	**	*	ns	**	**	**	**
**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
**	**	**	*	ns	ns	ns	**	*	ns	
**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	**
**	**	**	*	**	ns	ns	**	**	ns	ns
ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
25.42	02.23	9.57	14.16	26.08	65.40	64.83	18.36	30.22	102.55	19.39
1.04	1.92	6.98	51.30	13.49	2.68	43.14	24.78	6.08	0.14	1.21

*,**= significativo pelo teste de F ao nível de significância de 5% e 1%, respectivamente, de probabilidade.

ANEXO 05. Resumo da análise de variância (nível de significância) dos parâmetros químicos da necromassa em função dos ecossistemas e épocas de amostragem.

Causas da variação	G.L.	Extrativos %	Lignina %	Hclulose %	Nitrogênio mg/g	Fósforo mg/g	Potássio mg/g
Ecossistema (Eco)	5	**	**	**	**	**	**
Época (Epo)	3	**	**	**	**	**	**
Eco.x Epo	15	**	**	*	**	**	**
Resíduo	96	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)		31.13	10.23	6.92	22.89	13.56	30.89
Média		7.34	39.02	42.17	4.00	0.40	2.26

*,** Significativo pelo teste de F ao nível de significância de 5% e 1%, respectivamente, de probabilidade.

ANEXO 05. Continuação...

Magnésio mg/g	Boro ppm	Ferro ppm	Cobre ppm	Zinco ppm	Manganês ppm	Cálcio mg/g
**	**	**	**	**	**	**
**	**	**	**	**	**	**
**	n.s.	*	**	**	**	**
n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
10.81	36.52	34.94	39.92	31.14	24.65	49.29
3.64	0.21	53.23	65.71	103.94	286.30	2.20

*,** Significativo pelo teste de F ao nível de significância de 5% e 1%, respectivamente, de probabilidade.

Anexo 06. Médias de densidade do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas de amostragem (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
	g. cm ⁻³						
E1	1,07	1,03	1,05	1,22	1,06	1,04	1,08
E2	1,10	1,01	1,01	1,21	1,02	1,01	1,07
E3	1,09	1,07	1,04	1,21	1,09	1,02	1,09
E4	1,06	1,00	1,05	1,20	1,04	1,02	1,06
Média	1,08	1,03	1,04	1,21	1,05	1,02	
PROFUNDIDADES (cm)							
	g. cm ⁻³						
0 a 20	1,08	1,04	1,06	1,20	1,06	1,04	1,08
20 a 40	1,08	1,02	1,02	1,21	1,05	1,01	1,06
CONTRASTES							
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	0,78	0,16	<0,01	0,57	0,54	0,10	<0,01
Significância							
E1,E2 vs E3,E4	0,18	0,51	0,08	0,54	0,07	0,20	0,05
E1 vs E2	0,25	<0,01	0,88	0,55	0,02	0,92	<0,01
E3 vs E4	0,78	0,64	0,63	0,60	0,06	0,66	0,62
CONTRASTES							
	E1	E2	E3	E4	Média		
Significância							
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,56	0,78	0,94	0,54	0,61		
PN vs PP	0,29	1,00	0,16	0,02	0,29		
FA vs RE	0,63	0,70	<0,01	0,23	<0,01		

Anexo 6a. Médias de densidade do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
		g. cm ⁻³		
E1	CE	1,06	1,08	0,54
	PN	1,02	1,03	0,64
	PP	1,06	1,04	0,62
	CA	1,16	1,29	<0,01
	FA	1,06	1,06	0,83
	RE	1,06	1,02	0,17
	Média	1,07	1,09	0,20
E2	CE	1,10	1,09	0,55
	PN	1,02	1,01	0,64
	PP	1,04	0,99	0,07
	CA	1,23	1,19	0,12
	FA	1,03	1,01	0,55
	RE	1,02	1,01	0,73
	Média	1,07	1,05	0,03
E3	CE	1,09	1,09	0,83
	PN	1,09	1,06	0,65
	PP	1,06	1,03	0,25
	CA	1,20	1,22	0,55
	FA	1,09	1,10	0,78
	RE	1,04	1,00	0,15
	Média	1,09	1,08	0,68
E4	CE	1,08	1,05	0,62
	PN	1,02	0,97	0,07
	PP	1,08	1,01	0,02
	CA	1,23	1,16	0,02
	FA	1,06	1,03	0,65
	RE	1,02	1,02	0,83
	Média	1,08	1,04	<0,01
MEDIA GERAL		1,08	1,06	<0,01

Tabela 06b. Médias de densidade do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média g . cm ⁻³	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	1,06	1,02	1,06	1,16	1,06	1,06	1,07	1,08	1,03	1,04	1,29	1,06	1,02	1,08
E2	1,10	1,02	1,04	1,23	1,03	1,02	1,07	1,09	1,01	0,99	1,19	1,01	1,01	1,05
E3	1,09	1,09	1,06	1,20	1,09	1,04	1,09	1,09	1,06	1,03	1,22	1,10	1,00	1,08
E4	1,08	1,02	1,08	1,23	1,06	1,02	1,08	1,05	0,97	1,01	1,16	1,03	1,02	1,04
Média	1,08	1,04	1,06	1,21	1,06	1,04		1,08	1,02	1,02	1,21	1,05	1,01	
CONTRASTES							Significância							
E1,E2 vs E3,E4	0,10	1,00	0,54	0,01	0,30	0,15	0,72	0,78	0,65	0,09	<0,01	0,13	0,69	<0,01
E1 vs E2	0,78	0,03	0,51	0,62	0,31	0,51	0,30	0,17	<0,01	0,64	0,05	0,02	0,60	<0,01
E3 vs E4	0,92	0,10	0,63	0,66	0,20	0,74	0,06	0,64	0,74	0,70	0,03	0,16	0,77	0,55
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						Significância							
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,66	0,77	0,70	0,61	0,90		0,88	0,51	0,77	0,11	0,18			
PN vs PP	0,15	0,51	0,62	0,05	0,11		0,94	0,51	0,28	0,13	0,92			
FA vs RE	0,94	0,69	0,12	0,22	0,10		0,22	0,89	<0,01	0,64	0,01			

Anexo 07. Médias de porosidade total do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	602,4	604,1	606,2	554,9	606,2	610,2	597,3
E2	595,4	631,9	630,0	572,4	624,6	630,1	614,0
E3	606,3	623,2	632,2	562,9	591,9	642,2	609,8
E4	613,3	637,4	606,5	544,0	615,5	621,7	606,4
Média	604,3	624,1	618,7	558,6	609,5	626,0	
PROFUNDIDADES (cm)							
0 a 20	605,2	624,8	606,9	559,4	612,8	620,4	604,9
20 a 40	603,5	623,4	630,6	557,7	606,2	631,6	608,8
CONTRASTES							
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	0,83	0,86	<0,01	0,82	0,60	0,15	0,22
Significância							
E1,E2 vs E3,E4	0,53	0,01	0,03	0,11	0,10	0,07	<0,01
E1 vs E2	0,54	0,20	0,02	0,09	0,03	0,06	0,54
E3 vs E4	0,16	0,11	0,87	0,19	0,14	0,13	0,54
CONTRASTES							
	E1	E2	E3	E4	Média		
CE ,CA vs PN,PP,FA RE	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PN,PP vs FA,RE	0,70	0,65	0,17	0,67	0,64	0,64	
PN vs PP	0,84	0,86	0,58	<0,01	0,67	0,67	
FA vs RE	0,72	0,62	<0,01	0,58	<0,01	<0,01	

Anexo 7a. Médias de porosidade total do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
		g . kg ⁻¹		Significância
E1	CE	606,4	598,3	0,61
	PN	613,0	595,2	0,26
	PP	601,0	611,5	0,51
	CA	579,9	529,8	<0,01
	FA	607,5	604,9	0,86
	RE	612,2	608,1	0,79
	Média	603,3	591,3	0,06
E2	CE	597,7	593	0,76
	PN	631,7	632,0	0,98
	PP	610,9	649,1	0,02
	CA	566,7	578,2	0,53
	FA	631,3	617,8	0,60
	RE	618,8	641,4	0,15
	Média	609,5	618,6	0,15
E3	CE	607,3	605,4	0,90
	PN	623,9	622,6	0,93
	PP	635,1	629,3	0,71
	CA	564,9	561,0	0,80
	FA	597,8	586,0	0,54
	RE	632,1	652,4	0,19
	Média	610,2	609,4	0,90
E4	CE	609,2	617,3	0,61
	PN	630,7	644,0	0,60
	PP	580,6	632,5	<0,01
	CA	526,2	561,8	0,03
	FA	614,8	616,2	0,93
	RE	618,7	624,7	0,70
	Média	596,7	616,1	<0,01
MÉDIA GERAL		604,9	608,8	0,22

Tabela 07b. Médias de porosidade total do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média g . kg ⁻³	20 a 40 cm						
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
E1	606,4	613,0	601,0	579,9	607,5	612,2	603,3	598,3	595,2	611,5	529,6	604,9	608,1	591,3
E2	597,7	631,7	610,9	566,7	631,3	618,8	609,5	593,0	632,0	649,1	578,2	617,8	641,4	618,6
E3	607,3	623,9	635,1	564,9	597,8	632,1	610,2	605,4	622,6	629,3	561,0	586,0	652,4	609,4
E4	609,4	630,7	580,6	526,2	614,8	618,7	596,7	617,3	644,0	632,5	561,8	616,2	624,7	616,1
Média	605,2	624,8	606,9	559,4	612,8	620,4		603,5	623,4	630,6	557,7	606,2	631,6	
CONTRASTES	Significância													
E1,E2 vs E3,E4	0,59	0,23	0,54	0,59	0,13	0,68	0,66	0,73	0,02	0,02	<0,01	0,58	0,04	<0,01
E1 vs E2	0,90	0,67	<0,01	0,01	0,28	0,60	0,03	0,55	0,17	0,83	0,95	0,05	0,07	0,30
E3 vs E4	0,58	0,66	0,86	0,01	0,24	0,62	0,52	0,15	0,07	0,96	0,51	0,64	0,21	0,08
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância							Significância						
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	0,09	0,05	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	0,65	<0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA	0,11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,79	0,74	0,19	0,32	0,88			0,77	0,68	0,56	0,10	0,14		
PN vs PP	0,55	0,18	0,52	<0,01	0,02			0,30	0,28	0,67	0,53	0,63		
FA vs RE	0,76	0,57	0,03	0,80	0,66			0,83	0,13	<0,01	0,60	<0,01		

Anexo 08. Médias de microporosidade do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	385,2	388,3	398,3	432,6	391,8	397,8	399,0
E2	386,0	373,2	368,4	421,4	367,6	370,7	381,2
E3	366,6	374,6	383,8	433,0	398,2	379,3	389,2
E4	376,5	376,0	360,3	404,3	335,9	353,4	367,7
Média	378,6	378,0	377,7	422,8	373,4	375,3	
PROFUNDIDADES (cm)							
0 a 20	372,9	377,6	384,5	430,5	385,4	373,8	387,4
20 a 40	384,3	378,5	370,9	415,2	361,3	376,8	381,2
CONTRASTES							
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	0,16	0,91	0,09	0,06	<0,01	0,72	0,06
Significância							
E1,E2 vs E3,E4	0,94	0,19	<0,01	0,66	0,04	0,02	<0,01
E1 vs E2	0,60	0,90	0,04	0,01	<0,01	0,02	<0,01
E3 vs E4	0,08	0,51	0,16	0,31	0,12	0,03	<0,01
CONTRASTES							
	E1	E2	E3	E4	Média		
Significância							
CE, CA vs PN, PP, FA, RE	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01		
CE vs CA	0,04	<0,01	0,02	<0,01	<0,01		
PN, PP vs FA, RE	0,85	0,84	0,24	<0,01	0,61		
PN vs PP	0,61	0,68	0,57	0,17	0,95		
FA vs RE	0,61	0,78	0,10	0,13	0,74		

Anexo 8a. Médias de microporosidade do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
E1	CE	372,5	397,8	0,12
	PN	381,7	394,9	0,58
	PP	401,4	395,2	0,71
	CA	418,8	446,4	0,09
	FA	389,3	394,2	0,76
	RE	396,6	399,0	0,88
	Média	393,4	404,6	0,09
E2	CE	383,9	388,1	0,79
	PN	368,0	378,5	0,53
	PP	381,0	355,8	0,12
	CA	426,3	416,6	0,56
	FA	372,2	363,0	0,58
	RE	369,1	372,3	0,84
	Média	383,8	379,0	0,52
E3	CE	362,5	370,8	0,62
	PN	380,4	368,8	0,51
	PP	383,3	384,2	0,96
	CA	459,8	406,3	<0,01
	FA	407,9	388,5	0,23
	RE	382,2	376,4	0,72
	Média	396,0	382,5	0,04
E4	CE	372,7	380,3	0,64
	PN	380,4	371,6	0,60
	PP	372,1	348,4	0,14
	CA	417,2	391,5	0,11
	FA	372,1	299,7	<0,01
	RE	347,3	359,4	0,53
	Média	377,0	358,5	<0,01
MÉDIA GERAL		387,4	381,2	0,06

Tabela 08b. Médias de microporosidade do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média g . kg ⁻³	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	372,5	381,7	401,4	418,8	389,3	396,6	393,4	397,8	394,9	395,2	446,4	394,2	399,0	404,6
E2	383,9	368,0	381,0	426,3	372,2	369,1	383,4	388,1	378,5	355,8	416,6	363,0	372,3	379,0
E3	362,5	380,4	383,3	459,8	407,9	382,2	396,0	370,8	368,8	384,2	406,3	388,5	376,4	382,5
E4	372,7	380,4	372,1	417,2	372,1	347,3	377,0	380,3	371,6	348,4	391,5	299,7	359,4	358,5
Média	372,9	377,6	384,5	430,5	385,4	373,8		384,3	378,5	370,9	415,2	361,3	376,8	
CONTRASTES	Significância													
E1,E2 vs E3,E4	0,51	0,60	0,21	0,65	0,30	0,09	0,13	0,56	0,32	0,02	0,07	0,05	0,10	<0,01
E1 vs E2	0,54	1,00	0,50	<0,01	0,03	0,03	<0,01	0,57	0,86	0,03	0,63	<0,01	0,30	<0,01
E3 vs E4	0,64	0,64	0,24	0,17	0,57	0,12	0,69	0,13	0,15	0,57	<0,01	<0,01	0,12	<0,01
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância							Significância						
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	0,08	0,03	0,50	<0,01		
CE vs CA	0,74	<0,01	0,02	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	0,63	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,90	0,74	0,25	0,15	0,80			0,89	0,96	0,61	<0,01	0,67		
PN vs PP	0,23	0,57	0,85	0,62	0,59			0,98	0,16	0,65	0,15	0,64		
FA vs RE	0,66	0,84	0,11	0,13	0,15			0,77	0,57	0,53	<0,01	0,06		

Anexo 09. Médias de macroporosidade do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	217,2	215,8	207,9	122,3	214,7	212,3	198,4
E2	210,0	258,6	261,9	151,0	256,9	259,4	233,0
E3	239,7	248,7	248,4	129,9	193,7	262,9	220,5
E4	236,8	261,4	246,3	139,7	279,6	268,3	238,7
Média	225,9	246,1	241,1	135,7	236,2	250,7	
PROFUNDIDADES (cm)	g . kg ⁻¹						
0 a 20	232,1	247,2	222,6	128,9	227,6	246,6	217,5
20 a 40	219,7	245,0	259,7	142,6	244,9	258,4	227,8
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	0,64	0,86	<0,01	0,31	0,20	0,55	0,06
E1,E2 vs E3,E4	0,71	0,02	<0,01	0,13	0,03	0,01	<0,01
E1 vs E2	0,87	0,51	0,90	0,61	<0,01	0,77	0,02
E3 vs E4	0,06	0,18	0,64	0,89	0,95	0,03	0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
CE ,CA vs PN,PP,FA RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PN,PP vs FA,RE	0,89	0,87	0,13	0,13	0,98	0,98	
PN vs PP	0,68	0,86	0,99	0,57	0,61	0,61	
FA vs RE	0,90	0,90	<0,01	0,56	0,13	0,13	

Anexo 9a. Médias de macroporosidade do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2 Significância
		0 a 20	20 a 40	
E1	CE	233,9	200,5	0,21
	PN	231,3	200,2	0,25
	PP	199,5	216,2	0,54
	CA	161,1	83,5	<0,01
	FA	218,1	210,7	0,76
	RE	215,6	209,1	0,80
	Média	210,0	186,7	0,04
E2	CE	213,1	206,9	0,81
	PN	263,8	253,5	0,70
	PP	230,5	293,3	0,02
	CA	140,4	161,6	0,56
	FA	259,0	254,9	0,87
	RE	249,7	269,0	0,52
	Média	226,1	239,9	0,21
E3	CE	244,8	234,6	0,71
	PN	243,5	253,9	0,70
	PP	251,8	245,1	0,80
	CA	105,1	154,7	0,06
	FA	189,9	197,5	0,77
	RE	249,7	276,0	0,67
	Média	214,1	227,0	0,24
E4	CE	236,6	237,0	0,98
	PN	250,3	272,4	0,58
	PP	208,4	284,1	<0,01
	CA	109,0	140,4	0,02
	FA	242,7	316,5	<0,01
	RE	271,4	265,3	0,82
	Média	219,7	257,6	<0,01
MÉDIA GERAL		217,5	227,8	0,06

Tabela 09b. Médias de macroporosidade do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média g . kg ⁻³	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	233,9	231,3	199,5	161,1	218,8	215,6	210,0	200,5	200,2	216,2	83,5	210,7	209,1	186,7
E2	213,1	263,8	230,5	140,4	259,0	249,7	226,1	206,9	253,5	293,3	161,6	254,9	269,0	239,9
E3	244,8	243,5	251,8	105,1	189,9	249,7	214,1	234,6	253,9	245,1	154,7	197,5	276,0	227,0
E4	236,6	247,2	222,6	128,9	227,6	246,6	219,7	237,0	272,4	284,1	170,4	316,5	265,3	257,6
Média	232,1	247,2	222,6	128,9	227,6	246,6		219,7	245,0	259,7	142,5	244,9	254,8	
CONTRASTES	Significância													
E1,E2 vs E3,E4	0,55	0,23	0,25	0,55	0,13	0,20	0,14	0,81	0,05	<0,01	<0,01	0,10	0,03	<0,01
E1 vs E2	0,76	0,80	0,10	0,88	0,05	0,57	0,62	0,93	0,50	0,14	0,57	<0,01	0,69	<0,01
E3 vs E4	0,63	0,97	0,57	0,02	0,24	0,14	0,88	0,09	0,06	0,61	0,04	0,20	0,10	<0,01
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância							Significância						
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	0,09	<0,01	0,01	<0,01		
CE vs CA	0,26	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,92	0,71	0,14	0,14	0,81			0,93	0,56	0,51	0,52	0,79		
PN vs PP	0,24	0,22	0,76	0,12	0,06			0,56	0,14	0,74	0,67	0,28		
FA vs RE	0,90	0,73	0,03	0,29	0,16			0,95	0,61	<0,01	0,06	0,53		

Anexo 10. Médias de argila dispersa em água nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
	g . kg ⁻¹						
E1	133,0	134,0	110,0	106,0	122,0	66,0	118,3
E2	207,0	106,0	112,0	164,0	74,0	22,0	114,2
E3	128,0	115,0	85,0	170,0	64,0	52,0	102,3
E4	246,0	149,0	292,0	451,0	367,0	319,0	304,0
Média	178,5	126,0	149,8	227,6	156,8	114,8	
PROFUNDIDADES (cm)							
	g . kg ⁻¹						
0 a 20	192,0	130,5	171,0	246,5	190,5	127,0	176,2
20 a 40	165,0	124,5	128,5	199,0	123,0	102,5	139,9
CONTRASTES							
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	0,29	0,72	0,09	0,06	<0,01	0,67	<0,01
Significância							
E1,E2 vs E3,E4	0,04	0,56	0,95	0,10	0,18	0,22	0,87
E1 vs E2	<0,01	0,66	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,51	0,64	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
CONTRASTES							
	E1	E2	E3	E4	Média		
Significância							
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	0,54	0,23	0,24	<0,01	0,01		
CE vs CA	0,61	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,27	0,02	0,09	<0,01	0,86		
PN vs PP	0,51	0,86	0,59	<0,01	0,18		
FA vs RE	0,12	0,14	0,74	0,18	0,02		

Anexo 10a. Médias de argila natural do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
		g . kg ⁻¹		
E1	CE	188,0	78,0	0,03
	PN	148,0	120,0	0,59
	PP	144,0	76,0	0,18
	CA	122,0	90,0	0,54
	FA	194,0	50,0	<0,01
	RE	92,0	40,0	0,30
	Média	148,0	75,7	<0,01
E2	CE	224,0	190,0	0,51
	PN	110,0	102,0	0,87
	PP	152,0	72,0	0,11
	CA	224,0	104,0	0,02
	FA	104,0	44,0	0,24
	RE	40,0	4,0	0,52
	Média	142,3	86,0	<0,01
E3	CE	94,0	162,0	0,18
	PN	136,0	94,0	0,59
	PP	96,0	74,0	0,67
	CA	196,0	144,0	0,30
	FA	60,0	68,0	0,87
	RE	64,0	40,0	0,54
	Média	107,7	97,0	0,61
E4	CE	262,0	230,0	0,54
	PN	128,0	170,0	0,59
	PP	292,0	292,0	1,00
	CA	444,0	458,0	0,78
	FA	404,0	330,0	0,14
	RE	312,0	326,0	0,78
	Média	307,0	301,0	0,77
MEDIA GERAL		176,2	139,9	<0,01

Tabela 10b. Médias de argila dispersa em água nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média g . kg ⁻³	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	118,0	148,0	144,0	122,0	194,0	92,0	148,0	78,0	120,0	76,0	90,0	50,0	40,0	75,7
E2	224,0	110,0	152,0	224,0	104,0	40,0	142,3	190,0	102,0	72,0	104,0	44,0	4,0	86,0
E3	94,0	136,0	96,0	196,0	60,0	64,0	107,7	162,0	94,0	74,0	144,0	68,0	40,0	97,0
E4	262,0	128,0	292,0	444,0	404,0	312,0	307,0	230,0	170,0	292,0	458,0	330,0	326,0	301,0
Média	192,0	130,5	171,0	246,5	190,5	127,0		165,0	121,5	128,5	199,0	123,0	102,5	
CONTRASTES														
E1,E2 vs E3,E4	0,52	0,54	0,87	0,04	0,08	0,30	0,78	0,03	0,72	0,94	0,78	0,90	0,52	0,62
E1 vs E2	<0,01	0,87	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,18	0,13	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,56	0,93	0,20	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,08	0,56	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						Significância							
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	0,19	1,00	0,04	<0,01	0,03			0,81	0,09	0,72	<0,01	0,18		
CE vs CA	0,73	<0,01	0,07	0,02	<0,01			0,69	<0,01	<0,01	0,04	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,93	0,10	0,13	<0,01	0,66			0,14	0,08	0,59	<0,01	0,50		
PN vs PP	0,94	0,59	0,56	<0,01	0,11			0,61	0,56	0,70	0,02	0,78		
FA vs RE	0,04	0,20	0,94	0,07	0,01			0,84	0,56	0,59	0,93	0,58		

Anexo 11. Médias de agregados > 2mm no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	871,6	803,3	726,6	408,8	707,9	556,8	679,2
E2	802,8	671,4	667,6	370,4	497,2	392,1	566,9
E3	720,6	544,1	594,5	294,3	415,9	373,0	490,4
E4	758,9	817,9	779,4	402,5	694,2	574,9	671,3
Média	788,5	709,2	692,0	369,0	578,8	474,2	
PROFUNDIDADES (cm)							
0 a 20	805,2	735,6	668,4	361,2	620,3	439,9	604,1
20 a 40	771,8	628,8	715,7	376,8	537,4	514,5	599,8
CONTRASTES							
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	0,20	0,04	0,07	0,55	<0,01	<0,01	0,69
E1,E2 vs E3,E4	0,06	<0,01	0,10	0,30	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	0,28	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	<0,01	0,03	0,70	0,11	0,06	0,98	<0,01
CONTRASTES							
	E1	E2	E3	E4	Média		
CE, CA vs PN, PP, FA, RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
CE vs CA	<0,01	0,19	0,25	<0,01	<0,01	<0,01	
PN, PP vs FA, RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PN vs PP	0,04	0,91	0,17	0,30	0,65		
FA vs RE	<0,01	<0,01	0,24	<0,01	<0,01		

Anexo 11a. Médias de agregados do solo >2mm nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
E1	CE	828,6	914,5	0,10
	PN	834,0	772,6	0,24
	PP	719,9	733,4	0,79
	CA	381,2	436,3	0,29
	FA	703,7	712,1	0,87
	RE	484,3	629,3	<0,01
	Média	658,6	699,7	0,05
E2	CE	848,1	757,5	0,08
	PN	671,4	671,4	1,00
	PP	552,0	783,1	<0,01
	CA	372,0	368,8	0,95
	FA	554,2	440,4	0,03
	RE	346,0	438,2	0,07
	Média	557,3	576,6	0,63
E3	CE	754,0	687,2	0,20
	PN	610,1	487,2	0,01
	PP	680,2	508,8	<0,01
	CA	299,5	289,1	0,84
	FA	514,1	317,7	<0,01
	RE	386,5	359,5	0,61
	Média	540,7	440,1	<0,01
E4	CE	790,0	727,8	0,23
	PN	826,9	808,9	0,73
	PP	771,4	834,2	0,02
	CA	392,0	413,1	0,69
	FA	709,1	679,4	0,57
	RE	518,7	631,1	0,03
	Média	659,7	682,9	0,27
MÉDIA GERAL		604,1	599,8	0,69

Tabela 11b. Médias de agregados > 2mm nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média g . kg ⁻³	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	828,6	834,0	719,9	381,2	703,7	484,3	658,6	914,5	772,6	733,4	436,3	712,1	629,3	699,7
E2	848,1	671,4	552,0	372,0	554,2	346,0	557,3	757,5	671,4	783,1	368,8	440,3	438,2	576,6
E3	754,0	610,1	680,2	299,5	514,1	386,5	540,7	687,2	478,2	508,8	289,1	317,7	359,5	440,1
E4	790,0	826,9	721,4	392,0	709,1	518,7	659,7	727,8	808,9	834,2	413,1	679,4	631,1	682,9
Média	805,2	735,6	668,4	361,2	620,3	433,9		771,8	682,8	715,7	376,8	537,4	514,5	
CONTRASTES	Significância													
E1,E2 vs E3,E4	0,71	<0,01	<0,01	0,85	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,66	0,19	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	0,50	<0,01	0,57	0,07	<0,01	0,01	<0,01	0,56	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,07	0,65	0,08	0,59	0,64	0,31	0,61	<0,01	0,03	0,02	0,16	0,03	0,30	<0,01
	E1	E2	E3	E4	Média									
	Significância					Significância								
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CE vs CA	0,01	0,01	0,52	<0,01	0,05	0,25	0,53	0,02	<0,01	0,02				
PN,PP vs FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01				
PN vs PP	0,03	0,02	0,17	0,04	<0,01	0,54	0,03	0,56	0,59	0,20				
FA vs RE	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,11	0,96	0,57	0,64	0,62				

Anexo 12. Médias de umidade atual no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	221,7	208,7	211,0	266,6	232,2	240,9	230,2
E2	280,8	258,4	237,1	231,3	275,9	271,9	259,2
E3	337,5	322,7	327,7	322,8	386,3	396,8	349,0
E4	363,4	337,0	241,2	235,5	263,3	259,7	250,0
Média	275,8	256,7	254,2	264,0	289,4	292,3	
PROFUNDIDADES (cm)							
0 a 20	277,1	251,2	242,3	266,0	288,0	284,5	268,2
20 a 40	274,6	262,2	266,2	262,1	290,8	300,2	276,0
CONTRASTES							
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	0,54	<0,01	<0,01	0,66	0,52	<0,01	<0,01
Significância							
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CONTRASTES							
	E1	E2	E3	E4	Média		
Significância							
CE ,CA vs PN,PP,FA RE	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA	<0,01	0,18	<0,01	0,81	0,07		
PN,PP vs FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN vs PP	0,68	<0,01	0,60	0,52	0,60		
FA vs RE	0,13	0,51	0,07	0,55	0,32		

Anexo 12a. Médias de umidade atual do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
		g . kg ⁻¹		Significância
E1	CE	217,6	225,8	0,68
	PN	198,3	219,0	0,01
	PP	194,9	227,2	<0,01
	CA	295,0	238,3	<0,01
	FA	232,2	232,1	0,99
	RE	234,1	247,6	0,10
	Média	228,7	231,7	0,62
E2	CE	285,7	275,9	0,23
	PN	248,6	268,2	0,02
	PP	226,3	247,8	<0,01
	CA	223,3	239,3	0,05
	FA	278,5	273,4	0,55
	RE	266,7	277,0	0,21
	Média	254,8	263,6	<0,01
E3	CE	348,2	326,8	<0,01
	PN	331,9	313,6	0,03
	PP	322,8	332,6	0,23
	CA	329,8	315,7	0,08
	FA	377,1	395,5	0,02
	RE	385,0	408,7	<0,01
	Média	349,1	348,8	0,93
E4	CE	257,0	269,8	0,12
	PN	226,2	247,8	<0,01
	PP	225,2	257,1	<0,01
	CA	216,0	255,0	<0,01
	FA	264,1	262,5	0,84
	RE	252,1	267,3	0,06
	Média	240,1	259,9	<0,01
MÉDIA GERAL		268,2	276,0	<0,01

Tabela 12b. Médias de umidade atual no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	217,6	198,3	194,9	295,0	232,2	234,1	228,7	225,8	219,0	227,2	238,3	232,1	247,6	231,7
E2	285,7	248,6	226,3	223,3	278,5	266,7	254,8	275,9	268,2	247,8	239,3	273,4	277,0	263,6
E3	348,2	331,9	322,8	379,8	377,1	385,0	349,1	326,8	313,6	332,6	315,7	395,5	408,7	348,8
E4	257,0	226,2	225,2	216,0	264,1	252,1	240,1	269,8	247,8	257,1	255,0	262,5	267,3	259,9
Média	277,1	251,2	242,3	266,0	288,0	284,5		274,6	262,2	266,2	262,1	290,9	300,2	
CONTRASTES							Significância							
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,90	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						Significância							
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01			0,12	<0,01	0,17	0,07	<0,01		
CE vs CA	<0,01	0,92	<0,01	0,27	0,04			0,91	0,07	<0,01	0,53	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01		
PN vs PP	0,68	<0,01	0,27	0,90	0,03			0,32	0,01	0,02	0,26	0,68		
FA vs RE	0,81	0,15	0,66	0,14	0,60			0,06	0,66	0,11	0,56	0,02		

Anexo 13. Médias de carbono no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	15,7	15,7	14,4	15,3	13,5	12,4	14,5
E2	18,3	17,2	15,9	15,9	13,3	18,4	16,5
E3	15,9	13,1	13,7	13,5	12,0	12,0	13,4
E4	16,6	15,5	14,6	14,8	13,6	13,8	14,8
Média	16,6	15,4	14,7	14,9	13,1	14,2	
PROFUNDIDADES (cm)							
0 a 20	17,0	15,9	15,6	15,2	13,6	15,8	15,5
20 a 40	16,3	14,8	13,8	14,6	12,6	12,6	14,1
CONTRASTES							
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	0,18	0,03	<0,01	0,25	0,04	<0,01	<0,01
Significância							
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	0,03	0,03	0,62	0,77	<0,01	<0,01
E1 vs E2	0,31	<0,01	0,17	0,05	0,02	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,12	<0,01	0,05	<0,01	0,21	<0,01	<0,01
CONTRASTES							
	E1	E2	E3	E4	Média		
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	0,57	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
CE vs CA	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PN,PP vs FA,RE	<0,01	0,14	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PN vs PP	0,06	0,06	0,62	0,21	0,04		
FA vs RE	0,10	<0,01	1,00	0,77	<0,01		

Anexo 13a. Médias de carbono do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
E1		g . kg ⁻¹		Significância
	CE	18,0	13,4	<0,01
	PN	17,0	14,4	<0,01
	PP	15,2	13,6	0,10
	CA	15,8	14,8	0,30
	FA	14,4	12,6	0,06
	RE	13,6	11,2	0,01
	Média	15,7	13,3	<0,01
E2	CE	19,0	17,6	0,14
	PN	17,8	16,6	0,21
	PP	17,0	14,8	0,02
	CA	16,6	15,2	0,14
	FA	13,4	13,2	0,83
	RE	21,8	15,0	<0,01
	Média	17,6	15,4	<0,01
E3	CE	13,8	18,0	<0,01
	PN	13,2	13,0	0,83
	PP	15,6	11,8	<0,01
	CA	13,6	13,4	0,83
	FA	12,8	11,2	0,10
	RE	13,8	10,2	<0,01
	Média	13,8	12,9	0,03
E4	CE	17,0	16,2	0,59
	PN	15,6	15,4	0,83
	PP	14,4	14,8	0,68
	CA	14,6	15,0	0,70
	FA	13,8	13,4	0,68
	RE	13,8	13,8	1,00
	Média	14,9	14,8	0,79
MÉDIA GERAL		15,5	14,1	<0,01

Tabela 13b. Médias de teores de carbono no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média g . kg ⁻³	20 a 40 cm						
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
E1	18,0	17,0	15,2	15,8	14,4	13,6	15,7	13,4	14,4	13,6	14,8	12,6	11,2	13,3
E2	19,0	17,8	17,0	16,6	13,4	21,8	17,6	17,6	16,6	14,8	15,2	13,2	15,0	15,4
E3	13,8	13,2	15,6	13,6	12,8	13,8	13,8	18,0	13,0	11,8	13,4	11,2	10,2	12,9
E4	17,0	15,6	14,4	14,6	13,8	13,8	14,9	16,2	15,4	14,8	15,0	13,4	13,8	14,8
Média	17,0	15,9	15,6	15,2	13,6	15,8		16,3	14,8	13,8	14,6	12,6	12,6	
CONTRASTES							Significância							
E1,E2 vs E3,E4	0,30	0,59	0,06	0,59	0,30	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,21	0,68	0,54	<0,01	<0,01
E1 vs E2	<0,01	0,01	0,23	0,29	0,30	1,00	<0,01	0,06	0,01	<0,01	0,10	0,02	<0,01	<0,01
E3 vs E4	<0,01	<0,01	0,11	<0,01	0,62	<0,01	<0,01	0,02	0,06	0,20	0,24	0,62	0,10	0,06
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						Significância							
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	0,02	0,01	0,83	0,01	<0,01		0,14	0,01	<0,01	0,21	<0,01			
CE vs CA	<0,01	0,62	0,80	0,02	<0,01		0,05	0,01	<0,01	0,04	<0,01			
PN,PP vs FA,RE	<0,01	0,77	0,10	0,07	<0,01		<0,01	0,02	0,01	0,02	<0,01			
PN vs PP	0,06	0,59	0,01	0,23	0,51		0,59	0,06	0,21	0,57	0,02			
FA vs RE	0,59	<0,01	0,30	1,00	<0,01		0,14	0,06	0,30	0,68	0,91			

Anexo 14. Médias de teores de fósforo no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	1,00	1,00	1,00	2,80	1,00	1,00	1,30
E2	1,00	1,00	1,00	3,80	1,00	1,30	1,52
E3	1,00	1,00	1,00	3,20	1,00	1,00	1,37
E4	1,00	1,00	1,00	2,60	1,00	1,00	1,27
Média	1,00	1,00	1,00	3,10	1,00	1,08	
PROFUNDIDADES (cm)							
0 a 20	1,00	1,00	1,00	3,45	1,00	1,15	1,43
20 a 40	1,00	1,00	1,00	2,75	1,00	1,00	1,29
CONTRASTES							
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	1,00	1,00	1,00	<0,01	1,00	0,55	0,07
Significância							
E1,E2 vs E3,E4	1,00	1,00	1,00	<0,01	1,00	0,27	0,05
E1 vs E2	1,00	1,00	1,00	0,03	1,00	1,00	0,62
E3 vs E4	1,00	1,00	1,00	0,04	1,00	0,55	0,25
CONTRASTES							
	E1	E2	E3	E4	Média		
Significância							
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	1,00	0,55	1,00	1,00	0,70		
PN vs PP	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
FA vs RE	1,00	0,27	1,00	1,00	0,59		

Anexo 14a. Médias de teores de fósforo do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
mg . kg ⁻¹				
E1	CE	1,00	1,00	1,00
	PN	1,00	1,00	1,00
	PP	1,00	1,00	1,00
	CA	3,00	2,60	0,30
	FA	1,00	1,00	1,00
	RE	1,00	1,00	1,00
	Média	1,33	1,27	0,68
E2	CE	1,00	1,00	1,00
	PN	1,00	1,00	1,00
	PP	1,00	1,00	1,00
	CA	5,20	2,40	<0,01
	FA	1,00	1,00	1,00
	RE	1,60	1,00	0,12
	Média	1,80	1,23	<0,01
E3	CE	1,00	1,00	1,00
	PN	1,00	1,00	1,00
	PP	1,00	1,00	1,00
	CA	3,20	3,02	1,00
	FA	1,00	1,00	1,00
	RE	1,00	1,00	1,00
	Média	1,37	1,37	1,00
E4	CE	1,00	1,00	1,00
	PN	1,00	1,00	1,00
	PP	1,00	1,00	1,00
	CA	2,40	2,80	0,30
	FA	1,00	1,00	1,00
	RE	1,00	1,00	1,00
	Média	1,23	1,30	0,68
MEDIA GERAL				
		1,43	1,29	0,07

Tabela 14b. Médias de teores de fósforo no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média mg . kg ⁻³	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,3	1,0	1,0	1,0	2,6	1,0	1,0	1,3
E2	1,0	1,0	1,0	5,2	1,0	1,6	1,8	1,0	1,0	1,0	2,4	1,0	1,0	1,2
E3	1,0	1,0	1,0	3,2	1,0	1,0	1,4	1,0	1,0	1,0	3,2	1,0	1,0	1,4
E4	1,0	1,0	1,0	2,4	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	2,8	1,0	1,0	1,3
Média	1,0	1,0	1,0	3,4	1,0	1,2		1,0	1,0	1,0	2,8	1,0	1,0	
CONTRASTES							Significância							
E1,E2 vs E3,E4	1,00	1,00	1,00	<0,01	1,00	0,12	<0,01	1,00	1,00	1,00	0,61	1,00	1,00	0,83
E1 vs E2	1,00	1,00	1,00	0,04	1,00	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	0,68
E3 vs E4	1,00	1,00	1,00	<0,01	1,00	0,27	0,20	1,00	1,00	1,00	0,07	1,00	1,00	0,54
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						Significância							
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	1,00	0,27	1,00	1,00	0,59		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
PN vs PP	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
FA vs RE	1,00	0,12	1,00	1,00	0,55		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		

Anexo 15. Médias de teores de potássio no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	57,30	38,10	32,20	149,40	32,90	42,50	58,73
E2	93,30	36,90	39,20	143,20	27,60	33,00	62,20
E3	68,10	29,80	34,50	113,90	32,30	30,70	51,55
E4	67,50	28,70	25,80	134,40	20,70	21,60	49,78
Média	71,55	33,38	32,92	135,22	28,38	31,95	
PROFUNDIDADES (cm)		mg . kg ⁻¹					
0 a 20	88,45	40,00	41,20	140,00	33,30	37,75	63,45
20 a 40	54,65	26,75	24,65	130,45	23,45	26,15	47,68
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02	<0,01	<0,01
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	0,84	0,25	0,31	0,62	0,11	0,16
E1 vs E2	0,92	0,85	0,15	<0,01	0,05	0,13	0,52
E3 vs E4	0,08	0,05	0,19	<0,01	0,62	<0,01	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
CE ,CA vs PN,PP,FA RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PN,PP vs FA,RE	0,56	0,07	0,87	0,15	0,16	0,88	
PN vs PP	0,67	0,70	0,56	0,64	0,88	0,24	
FA vs RE	0,11	0,62	0,79	0,88	0,24		

Anexo 15a. Médias de teores de potássio do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
E1	CE	79,20	35,40	<0,01
	PN	46,60	29,60	0,05
	PP	45,00	19,40	<0,01
	CA	164,20	134,60	<0,01
	FA	44,80	21,00	<0,01
	RE	58,20	26,80	<0,01
	Média	73,00	44,47	<0,01
E2	CE	105,60	81,00	<0,01
	PN	45,20	28,60	0,05
	PP	50,60	27,80	<0,01
	CA	150,40	136,00	0,09
	FA	29,60	25,60	0,64
	RE	34,20	31,80	0,78
	Média	69,27	55,13	<0,01
E3	CE	95,80	40,40	<0,01
	PN	39,40	20,20	0,02
	PP	41,60	27,40	0,09
	CA	112,00	115,80	0,66
	FA	35,80	28,80	0,58
	RE	37,20	24,20	0,12
	Média	60,30	42,80	<0,01
E4	CE	73,20	61,80	0,18
	PN	28,80	28,60	0,98
	PP	27,60	24,00	0,68
	CA	133,40	135,40	0,81
	FA	23,00	18,40	0,60
	RE	21,40	21,80	0,96
	Média	51,23	48,33	0,59
MÉDIA GERAL		63,45	47,68	<0,01

Tabela 15b. Médias de teores de potássio no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média mg . kg ⁻³	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	79,2	46,6	45,0	164,0	44,8	58,2	73,0	35,4	29,6	19,4	134,6	21,0	26,8	44,5
E2	105,6	45,8	50,6	150,4	29,6	34,2	69,3	81,0	28,6	27,8	136,0	25,6	31,8	55,1
E3	95,8	39,4	41,6	112,0	35,8	37,2	60,3	40,4	20,2	27,4	115,8	28,8	24,2	42,8
E4	73,2	28,8	27,6	133,4	23,0	21,4	51,2	61,8	28,6	24,0	135,4	18,4	21,8	48,3
Média	88,4	40,0	41,2	140,0	33,3	37,8		54,6	26,8	24,6	130,4	23,4	26,2	
CONTRASTES	Significância													
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	0,86	0,52	0,10	0,07	<0,01	0,28	<0,01	0,90	0,67	0,86	0,60	0,57	<0,01
E1 vs E2	<0,01	0,21	0,10	0,01	0,13	0,06	<0,01	0,01	0,67	0,69	0,02	0,22	0,78	0,11
E3 vs E4	0,19	0,05	0,03	<0,01	0,20	<0,01	<0,01	0,24	0,56	0,73	0,11	0,96	0,30	0,08
	E1	E2	E3	E4	Média	Significância								
						E1	E2	E3	E4	Média	Significância			
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PN,PP vs FA,RE	0,65	<0,01	0,52	0,68	0,09	0,92	0,93	0,66	0,31	0,76	0,23	0,92	0,60	0,63
PN vs PP	0,85	0,54	0,79	0,88	0,78	0,50	0,52	0,60	0,60	0,63	0,50	0,52	0,60	0,69
FA vs RE	0,11	0,60	0,86	0,85	0,30									

Anexo 16. Médias de teores de cálcio no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média	
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		
E1	0,53	0,42	0,32	1,20	0,39	0,40	0,54	
E2	0,67	0,39	0,48	1,22	0,34	0,41	0,58	
E3	0,80	0,48	0,55	1,83	0,48	0,54	0,78	
E4	0,48	0,27	0,38	1,74	0,25	0,23	0,56	
Média	0,62	0,39	0,43	1,50	0,37	0,40		
PROFUNDIDADES (cm)		cmol . kg ⁻¹						
0 a 20	0,72	0,43	0,50	1,57	0,40	0,44	0,68	
20 a 40	0,52	0,35	0,36	1,42	0,32	0,34	0,56	
CONTRASTES		CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	<0,01	0,17	0,02	0,01	0,17	0,08	<0,01	
E1,E2 vs E3,E4	0,09	0,72	0,50	0,80	0,55	0,90	0,22	
E1 vs E2	<0,01	0,01	0,04	0,28	<0,01	<0,01	<0,01	
E3 vs E4	0,50	0,61	0,27	<0,01	1,00	0,73	<0,01	
CONTRASTES		E1	E2	E3	E4	Média		
CE ,CA vs PN,PP,FA RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,67	0,31	0,93	0,14	0,28			
PN vs PP	0,22	0,28	0,60	0,18	0,30			
FA vs RE	0,90	0,60	0,52	0,80	0,52			

Anexo 16a. Médias de teores de cálcio do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
		cmol . kg ⁻¹		Significância
E1	CE	0,64	0,42	0,06
	PN	0,48	0,36	0,31
	PP	0,38	0,26	0,31
	CA	1,20	1,20	1,00
	FA	0,48	0,30	0,12
	RE	0,48	0,32	0,17
	Média	0,61	0,48	<0,01
E2	CE	0,72	0,62	0,60
	PN	0,46	0,32	0,23
	PP	0,52	0,44	0,50
	CA	1,26	1,18	0,50
	FA	0,34	0,34	1,00
	RE	0,48	0,34	0,23
	Média	0,63	0,54	0,06
E3	CE	1,00	0,60	<0,01
	PN	0,54	0,42	0,31
	PP	0,70	0,40	0,01
	CA	2,17	1,54	<0,01
	FA	0,54	0,42	0,31
	RE	0,60	0,48	0,31
	Média	0,92	0,64	<0,01
E4	CE	0,50	0,46	0,73
	PN	0,24	0,30	0,61
	PP	0,40	0,36	0,73
	CA	1,70	1,78	0,50
	FA	0,26	0,24	0,86
	RE	0,22	0,24	0,86
	Média	0,55	0,56	0,83
MÉDIA GERAL		0,68	0,56	<0,01

Tabela 16b. Médias de teores de cálcio no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm							Média	20 a 40 cm							Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	CE		PN	PP	CA	FA	RE			
E1	0,64	0,48	0,38	1,20	0,48	0,48	0,61	0,42	0,36	0,26	1,20	0,30	0,32	0,48		
E2	0,72	0,46	0,52	1,26	0,34	0,48	0,63	0,62	0,32	0,44	1,18	0,34	0,34	0,54		
E3	1,00	0,54	0,70	2,12	0,54	0,60	0,92	0,60	0,42	0,40	1,54	0,42	0,48	0,64		
E4	0,50	0,24	0,40	1,70	0,26	0,22	0,55	0,46	0,30	0,36	1,78	0,24	0,24	0,56		
Média	0,72	0,43	0,50	1,57	0,40	0,44		0,52	0,35	0,36	1,42	0,32	0,34			
CONTRASTES	Significância							Significância								
E1,E2 vs E3,E4	0,50	0,86	0,23	0,61	0,23	1,00	0,68	0,08	0,73	0,12	0,86	0,73	0,86	0,18		
E1 vs E2	<0,01	0,01	0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,23	0,31	0,73	0,04	0,12	0,04	0,09		
E3 vs E4	0,60	0,66	0,22	<0,01	0,90	0,60	<0,01	0,90	0,80	0,72	<0,01	0,90	0,72	<0,01		
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média				
	Significância					Significância										
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01				
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01				
PN,PP vs FA,RE	0,55	0,66	0,55	0,66	0,66			1,00	0,63	0,63	0,28	0,59				
PN vs PP	0,60	0,61	0,17	0,17	0,23			0,60	0,31	0,86	0,61	0,79				
FA vs RE	1,00	0,23	0,61	0,73	0,50			0,86	1,00	0,61	1,00	0,73				

Anexo 17. Médias de teores de magnésio no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média	
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		
E1	0,44	0,15	0,11	0,58	0,13	0,13	0,26	
E2	0,30	0,15	0,22	0,65	0,11	0,16	0,26	
E3	0,43	0,17	0,24	0,79	0,19	0,24	0,34	
E4	0,19	0,10	0,12	0,60	0,10	0,10	0,20	
Média	0,34	0,14	0,17	0,65	0,13	0,16		
PROFUNDIDADES (cm)		cmol . kg ⁻¹						
0 a 20	0,46	0,16	0,22	0,71	0,13	0,19	0,31	
20 a 40	0,22	0,13	0,13	0,60	0,14	0,12	0,22	
CONTRASTES		CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	<0,01	0,54	0,03	<0,01	0,90	0,10	<0,01	
E1,E2 vs E3,E4	0,01	1,00	0,05	0,21	0,72	0,60	0,72	
E1 vs E2	<0,01	0,21	0,03	<0,01	0,11	0,01	<0,01	
E3 vs E4	0,13	0,71	0,71	0,06	0,54	0,54	0,51	
CONTRASTES		E1	E2	E3	E4	Média		
CE ,CA vs PN,PP,FA RE	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	1,00	0,21	0,80	0,80	0,54			
PN vs PP	0,51	0,21	0,21	0,72	0,30			
FA vs RE	1,00	0,62	0,62	1,00	0,62			

Anexo 17a. Médias de teores de magnésio do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
E1	CE	0,60	0,28	<0,01
	PN	0,18	0,12	0,54
	PP	0,12	0,10	0,80
	CA	0,68	0,48	0,01
	FA	0,14	0,12	0,80
	RE	0,16	0,10	0,54
	Média	0,31	0,20	<0,01
E2	CE	0,34	0,26	0,32
	PN	0,16	0,14	0,80
	PP	0,28	0,16	0,13
	CA	0,72	0,58	0,08
	FA	0,12	0,10	0,80
	RE	0,22	0,10	0,13
	Média	0,31	0,22	0,01
E3	CE	0,68	0,18	<0,01
	PN	0,18	0,16	0,80
	PP	0,34	0,14	0,01
	CA	0,88	0,70	0,02
	FA	0,16	0,22	0,54
	RE	0,28	0,20	0,32
	Média	0,42	0,27	<0,01
E4	CE	0,20	0,18	0,80
	PN	1,00	1,00	1,00
	PP	0,12	0,12	1,00
	CA	0,56	0,62	0,54
	FA	0,10	0,10	1,00
	RE	0,10	0,10	1,00
	Média	0,20	0,20	0,83
MEDIA GERAL		0,31	0,22	<0,01

Tabela 17b. Médias de teores de magnésio no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média cmol . kg ⁻³	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	0,60	0,18	0,12	0,68	0,14	0,16	0,31	0,28	0,12	0,10	0,48	0,12	0,10	0,20
E2	0,34	0,16	0,28	0,72	0,12	0,22	0,31	0,26	0,14	0,16	0,58	0,10	0,10	0,22
E3	0,68	0,18	0,34	0,88	0,16	0,28	0,42	0,18	0,16	0,14	0,70	0,22	0,20	0,27
E4	0,20	0,10	0,12	0,56	0,10	0,10	0,20	0,18	0,10	0,12	0,62	0,10	0,10	0,20
Média	0,46	0,16	0,22	0,71	0,13	0,19		0,22	0,13	0,13	0,60	0,14	0,12	
CONTRASTES	Significância													
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	0,80	0,04	0,62	0,80	0,54	0,83	0,80	0,80	0,54	0,21	0,80	1,00	0,52
E1 vs E2	<0,01	0,32	<0,01	<0,01	0,54	0,02	<0,01	1,00	0,54	0,80	0,32	0,13	0,21	0,05
E3 vs E4	0,60	0,60	0,60	0,72	1,00	1,00	0,94	0,11	1,00	1,00	0,02	0,62	0,62	0,31
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância							Significância						
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	0,32	<0,01	0,01	<0,01	<0,01			0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	1,00	0,62	0,51	0,85	0,62			1,00	0,62	0,29	0,85	1,00		
PN vs PP	0,54	0,13	0,04	0,80	0,13			0,80	0,80	0,80	0,80	1,00		
FA vs RE	0,80	0,21	0,13	1,00	0,13			0,80	1,00	0,80	1,00	0,80		

Anexo 18. Médias de teores de alumínio no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	0,87	0,59	0,96	1,27	1,00	0,93	0,94
E2	0,98	0,63	0,83	0,96	0,97	1,23	0,93
E3	0,77	0,56	0,71	0,64	1,00	0,84	0,75
E4	1,08	0,63	0,93	0,73	1,18	0,97	0,92
Média	0,92	0,60	0,86	0,90	1,04	0,99	
PROFUNDIDADES (cm)		cmol . kg ⁻¹					
0 a 20	0,94	0,64	0,98	0,84	1,18	1,13	0,95
20 a 40	0,92	0,56	0,73	0,96	0,90	0,86	0,82
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
	P1 vs P2	0,70	0,14	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
E1,E2 vs E3,E4	0,13	0,59	0,07	<0,01	0,68	<0,01	0,91
E1 vs E2	<0,01	0,66	<0,01	0,21	0,01	0,07	<0,01
E3 vs E4	1,00	0,77	0,14	<0,01	0,04	<0,01	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média	Significância	
	CE ,CA vs PN,PP,FA RE	<0,01	0,78	0,07	<0,01	0,50	
CE vs CA	<0,01	0,22	0,10	0,62	0,07		
PN,PP vs FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN vs PP	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01		
FA vs RE	0,66	<0,01	0,03	<0,01	0,21		

Anexo 18a. Médias de teores de alumínio do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
E1	CE	0,92	0,82	0,67
	PN	0,60	0,58	0,84
	PP	1,12	0,80	<0,01
	CA	1,22	1,32	0,67
	FA	1,20	0,80	<0,01
	RE	1,08	0,78	<0,01
	Média	1,02	0,85	<0,01
E2	CE	1,02	0,94	0,56
	PN	0,70	0,56	0,17
	PP	0,90	0,76	0,17
	CA	0,94	0,98	0,70
	FA	1,04	0,90	0,17
	RE	1,42	1,04	<0,01
	Média	1,00	0,86	<0,01
E3	CE	0,74	0,80	0,57
	PN	0,62	0,50	0,24
	PP	0,92	0,50	<0,01
	CA	0,44	0,84	<0,01
	FA	1,18	0,82	<0,01
	RE	1,04	0,64	<0,01
	Média	0,82	0,68	<0,01
E4	CE	1,06	1,10	0,70
	PN	0,64	0,62	0,84
	PP	1,00	0,86	0,17
	CA	0,74	0,72	0,84
	FA	1,30	1,06	0,02
	RE	0,98	0,96	0,84
	Média	0,95	0,89	0,11
MÉDIA GERAL		0,95	0,82	<0,01

Tabela 18b. Médias de teores de alumínio no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	0,92	0,60	1,12	1,22	1,20	1,08	1,02	0,82	0,58	0,80	1,32	0,80	0,78	0,85
E2	1,02	0,70	0,90	0,94	1,04	1,42	1,00	0,94	0,56	0,76	0,98	0,90	1,04	0,86
E3	0,74	0,62	0,92	0,44	1,18	1,04	0,82	0,80	0,50	0,50	0,84	0,82	0,64	0,68
E4	1,06	0,64	1,00	0,74	1,30	0,98	0,95	1,10	0,62	0,86	0,72	1,06	0,96	0,89
Média	0,94	0,64	0,98	0,84	1,18	1,13		0,92	0,56	0,73	0,96	0,90	0,86	
CONTRASTES	Significância													
E1,E2 vs E3,E4	0,67	0,67	0,03	<0,01	0,12	<0,01	0,64	0,24	0,84	0,70	<0,01	0,67	0,02	0,75
E1 vs E2	<0,01	0,84	0,56	<0,01	0,24	0,57	<0,01	<0,01	0,24	<0,01	0,24	0,02	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,66	0,78	0,50	<0,01	0,10	<0,01	<0,01	0,66	0,89	0,17	<0,01	0,21	0,13	0,02
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância													
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	0,56	<0,01	<0,01	0,05			<0,01	0,70	0,70	<0,01	0,67		
CE vs CA	0,27	0,59	<0,01	0,20	<0,01			<0,01	0,02	<0,01	0,59	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			0,17	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN vs PP	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01			0,03	0,05	1,00	0,02	<0,01		
FA vs RE	0,24	<0,01	0,17	<0,01	0,67			0,84	0,17	0,08	0,67	0,56		

Anexo 19. Médias de teores de hidrogênio+alumínio no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	6,01	5,69	5,67	6,90	6,17	5,98	6,07
E2	7,47	6,97	7,13	7,56	7,74	9,48	7,52
E3	4,93	4,66	4,95	4,52	5,75	5,46	5,04
E4	7,99	6,45	6,44	5,84	7,18	6,72	6,77
Média	6,60	5,94	6,05	6,20	6,71	6,91	
PROFUNDIDADES (cm)		cmol . kg ⁻¹					
0 a 20	6,92	6,19	6,37	6,08	7,20	7,52	6,71
20 a 40	6,28	5,70	5,72	6,34	6,22	6,30	6,09
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
	Significância						
P1 vs P2	<0,01	0,02	<0,01	0,20	<0,01	<0,01	<0,01
		Significância					
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,17	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						
CE ,CA vs PN,PP,FA RE	<0,01	0,74	0,16	<0,01	<0,01		
CE vs CA	<0,01	0,07	<0,01	0,22	1,00		
PN,PP vs FA,RE	0,05	<0,01	<0,01	0,01	<0,01		
PN vs PP	0,94	0,59	0,32	0,97	0,52		
FA vs RE	0,52	<0,01	0,32	0,11	0,16		

Anexo 19a. Médias de teores de hidrogênio + alumínio do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
		cmol . kg ⁻¹		Significância
E1	CE	6,54	5,48	0,01
	PN	5,76	5,62	0,73
	PP	6,04	5,30	0,07
	CA	5,76	7,04	0,50
	FA	6,94	5,40	<0,01
	RE	6,58	5,38	<0,01
	Média	6,44	5,70	<0,01
E2	CE	7,54	7,40	0,73
	PN	7,36	6,58	0,06
	PP	7,36	6,90	0,26
	CA	7,40	7,72	0,56
	FA	8,08	7,40	0,09
	RE	10,34	8,62	<0,01
	Média	8,01	7,44	<0,01
E3	CE	5,36	4,50	0,04
	PN	4,92	4,40	0,20
	PP	5,50	4,40	<0,01
	CA	4,22	4,82	0,14
	FA	6,58	4,92	<0,01
	RE	6,30	4,62	<0,01
	Média	5,48	4,61	0,02
E4	CE	8,26	7,72	0,19
	PN	6,72	6,18	0,19
	PP	6,58	6,30	0,50
	CA	5,92	5,76	0,70
	FA	7,18	7,18	1,00
	RE	6,86	6,58	0,50
	Média	6,92	6,62	0,07
MEDIA GERAL		6,71	6,09	<0,01

Tabela 19b. Médias de teores de hidrogênio + alumínio no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	6,54	5,76	6,04	6,76	6,94	6,58	6,44	5,48	5,62	5,30	7,04	5,40	5,38	5,70
E2	7,54	7,36	7,36	7,40	8,08	10,34	8,01	7,40	6,58	6,90	7,72	7,40	8,62	7,44
E3	5,36	4,92	5,50	4,22	6,58	6,30	5,48	4,50	4,40	4,40	4,82	4,92	4,62	4,61
E4	8,26	6,72	6,58	5,92	7,18	6,86	6,92	7,72	6,18	6,30	5,76	7,18	6,58	6,62
Média	5,92	6,19	6,37	6,08	7,20	7,52		6,28	5,70	5,72	6,34	6,22	6,30	
CONTRASTES														
E1,E2 vs E3,E4	0,02	<0,01	<0,01	0,12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,09	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,14	0,17	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,57	0,01	0,02	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,25	<0,01	0,01	<0,01	0,23	<0,01	<0,01
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						Significância							
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	0,60	0,73	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	0,56	0,56	<0,01	0,77			
CE vs CA	0,20	<0,01	<0,01	0,31	0,01		<0,01	0,53	0,76	0,52	0,01			
PN,PP vs FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	0,20	<0,01		0,80	<0,01	0,20	0,03	<0,01			
PN vs PP	0,50	1,00	0,15	0,73	0,62		0,56	0,56	1,00	0,77	0,88			
FA vs RE	0,62	<0,01	0,50	0,56	0,11		0,96	<0,01	0,53	0,14	0,72			

Anexo 20. Médias da saturação por alumínio no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	461,0	479,0	654,0	372,0	631,0	596,0	532,2
E2	452,0	504,0	520,0	303,0	651,0	651,0	513,5
E3	380,0	439,0	500,0	192,0	585,0	494,0	431,7
E4	563,0	595,0	623,0	215,0	743,0	709,0	574,7
Média	464,0	504,2	574,2	270,5	652,5	612,5	
PROFUNDIDADES (cm)		g . kg ⁻¹					
0 a 20	417,5	494,5	557,5	246,5	660,0	615,5	498,6
20 a 40	510,5	514,0	591,0	294,5	645,0	609,5	527,4
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	<0,01	0,60	0,14	0,04	0,52	0,79	<0,01
Significância							
E1,E2 vs E3,E4	0,78	0,55	<0,01	0,03	0,55	0,09	0,16
E1 vs E2	<0,01	<0,01	<0,01	0,51	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,52	0,27	0,27	<0,01	0,32	0,66	0,04
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
Significância							
CE ,CA vs PN,PP,FA RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PN,PP vs FA,RE	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PN vs PP	<0,01	0,63	0,06	0,61	<0,01	<0,01	
FA vs RE	0,28	1,00	<0,01	0,30	0,01	0,01	

Anexo 20a. Médias de saturação por alumínio do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
g . kg ⁻¹				
E1	CE	402,0	520,0	0,01
	PN	440,0	518,0	0,09
	PP	650,0	658,0	0,86
	CA	350,0	394,0	0,66
	FA	620,0	642,0	0,64
	RE	580,0	612,0	0,51
	Média	507,0	557,3	<0,01
E2	CE	436,0	468,0	0,51
	PN	484,0	524,0	0,61
	PP	500,0	540,0	0,61
	CA	288,0	318,0	0,52
	FA	660,0	642,0	0,70
	RE	638,0	664,0	0,58
	Média	501,0	526,0	0,18
E3	CE	286,0	474,0	<0,01
	PN	432,0	446,0	0,76
	PP	450,0	550,0	0,03
	CA	126,0	258,0	<0,01
	FA	608,0	562,0	0,32
	RE	522,0	466,0	0,22
	Média	404,0	459,3	<0,01
E4	CE	546,0	580,0	0,53
	PN	622,0	568,0	0,24
	PP	630,0	616,0	0,76
	CA	222,0	208,0	0,76
	FA	752,0	734,0	0,70
	RE	722,0	696,0	0,58
	Média	582,3	567,0	0,58
MÉDIA GERAL		498,6	527,4	<0,01

Tabela 20b. Médias de saturação por alumínio no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média g . kg ⁻³	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	402,0	440,0	650,0	350,0	620,0	580,0	507,0	520,0	518,0	658,0	394,0	642,0	612,0	557,3
E2	436,0	484,0	500,0	288,0	660,0	638,0	501,0	468,0	524,0	540,0	318,0	642,0	664,0	526,0
E3	286,0	432,0	450,0	126,0	608,0	522,0	404,0	474,0	446,0	550,0	258,0	562,0	466,0	459,3
E4	546,0	622,0	630,0	222,0	752,0	722,0	582,3	580,0	568,0	616,0	208,0	734,0	696,0	567,0
Média	417,5	494,5	557,5	246,5	660,0	615,5		510,5	514,0	591,0	294,5	645,0	609,5	
CONTRASTES	Significância													
E1,E2 vs E3,E4	0,53	0,66	<0,01	0,18	0,61	0,20	0,75	0,26	0,89	0,01	0,10	1,00	0,26	0,09
E1 vs E2	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,15	0,28	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,92	0,04	0,28	<0,01	0,22	0,69	0,58	0,31	0,67	0,63	<0,01	0,85	0,08	0,03
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância							Significância						
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	0,26	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PN,PP vs FA,RE	0,09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			0,23	<0,01	0,63	<0,01	<0,01	<0,01	
PN vs PP	<0,01	0,73	0,70	0,86	<0,01			<0,01	0,73	0,02	0,30	<0,01	<0,01	
FA vs RE	0,61	0,64	0,06	0,52	0,05			0,52	0,64	0,04	0,59	0,12		

Anexo 21. Médias da CTC efetiva no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	2,00	1,27	1,47	3,41	1,61	1,57	1,89
E2	2,19	1,27	1,65	3,19	1,52	1,90	1,95
E3	2,18	1,29	1,70	3,55	1,75	1,72	2,03
E4	1,93	1,12	1,52	3,41	1,57	1,39	1,82
Média	2,08	1,24	1,58	3,39	1,61	1,64	
PROFUNDIDADES (cm)							
0 a 20	2,34	1,34	1,81	3,46	1,81	1,88	2,11
20 a 40	1,82	1,13	1,36	3,32	1,42	1,42	1,74
CONTRASTES							
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01
Significância							
E1,E2 vs E3,E4	0,07	1,00	0,08	0,04	0,60	<0,01	0,13
E1 vs E2	0,02	0,10	0,08	0,18	0,09	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,60	0,61	0,51	0,02	0,20	0,02	0,82
CONTRASTES							
	E1	E2	E3	E4	Média		
CE, CA vs PN, PP, FA, RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN, PP vs FA, RE	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01		
PN vs PP	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
FA vs RE	0,71	<0,01	0,77	0,08	0,54		

Anexo 21a. Médias de CTC efetiva do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
E1	CE	2,38	1,62	<0,01
	PN	1,38	1,16	0,14
	PP	1,72	1,22	<0,01
	CA	3,50	3,32	0,23
	FA	1,94	1,28	<0,01
	RE	1,86	1,28	<0,01
	Média	2,13	1,65	<0,01
E2	CE	2,34	2,04	0,04
	PN	1,44	1,10	0,02
	PP	1,84	1,46	0,01
	CA	3,30	3,08	0,14
	FA	1,60	1,44	0,28
	RE	2,22	1,58	<0,01
	Média	2,12	1,78	<0,01
E3	CE	2,68	1,68	<0,01
	PN	1,44	1,14	0,04
	PP	2,06	1,34	<0,01
	CA	3,72	3,38	0,02
	FA	1,98	1,52	<0,01
	RE	2,04	1,40	<0,01
	Média	2,32	1,74	<0,01
E4	CE	1,94	1,92	0,89
	PN	1,12	1,12	1,00
	PP	1,62	1,42	0,18
	CA	3,34	3,48	0,65
	FA	1,72	1,42	0,04
	RE	1,38	1,40	0,89
	Média	1,85	1,79	0,67
MÉDIA GERAL		2,11	1,74	<0,01

Tabela 21b. Médias de CTC efetiva no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm							20 a 40 cm						
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
 cmol . kg ⁻³													
E1	2,38	1,38	1,72	3,50	1,94	1,86	2,13	1,62	1,16	1,22	3,32	1,28	1,28	1,65
E2	2,34	1,44	1,84	3,30	1,60	2,22	2,12	2,04	1,10	1,46	3,08	1,44	1,58	1,78
E3	2,68	1,44	2,06	3,72	1,98	2,04	2,32	1,68	1,14	1,34	3,38	1,52	1,40	1,74
E4	1,94	1,12	1,62	3,34	1,72	1,38	1,85	1,92	1,12	1,42	3,48	1,42	1,40	0,21
Média	2,34	1,34	1,81	3,47	1,81	1,88		1,82	1,12	1,42	3,48	1,42	1,40	
CONTRASTES Significância													
E1,E2 vs E3,E4	0,78	0,69	0,57	0,18	0,02	0,02	0,91	<0,01	0,69	0,10	0,10	0,28	0,04	0,02
E1 vs E2	<0,01	0,03	<0,01	0,01	0,08	<0,01	<0,01	0,10	0,89	0,60	0,51	0,51	1,00	0,58
E3 vs E4	0,64	0,22	0,58	0,22	0,54	<0,01	0,64	0,77	1,00	0,71	0,30	0,30	0,77	0,21
	E1	E2	E3	E4	Média									
 Significância Significância								
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PN,PP vs FA,RE	<0,01	0,01	0,01	0,09	<0,01	0,60	0,03	0,04	0,18	<0,01	0,69	0,02	0,18	0,04
PN vs PP	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,69	0,02	0,18	0,04	<0,01	0,60	0,03	0,04	0,18
FA vs RE	0,60	<0,01	0,69	0,02	0,61	1,00	0,65	0,57	0,89	1,00	0,60	0,03	0,04	0,18

Anexo 22. Médias da CTC a pH 7,0 no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
	cmol . kg ⁻¹						
E1	7,14	6,37	6,18	9,04	6,78	6,62	7,02
E2	8,68	7,61	7,95	9,79	8,29	10,15	8,74
E3	6,34	5,39	5,83	7,43	6,50	6,34	6,30
E4	8,84	6,82	7,03	8,52	7,57	7,14	7,65
Média	7,75	6,55	6,75	8,70	7,28	7,56	
PROFUNDIDADES (cm)	cmol . kg ⁻¹						
0 a 20	8,32	6,88	7,20	8,70	7,82	8,26	7,87
20 a 40	7,18	6,21	6,30	8,68	6,74	6,86	7,00
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	<0,01	<0,01	<0,01	0,92	<0,01	<0,01	<0,01
	Significância						
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,10	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	0,26	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,03	<0,01	<0,01	0,03	<0,01		
PN vs PP	0,51	0,23	0,16	0,54	0,15		
FA vs RE	0,58	<0,01	0,58	0,12	0,05		

Anexo 22a. Médias de CTC a pH 7,0 do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
		cmol . kg ⁻¹		
E1	CE	8,00	6,28	<0,01
	PN	6,54	6,20	0,60
	PP	6,64	5,72	0,02
	CA	9,04	9,04	1,00
	FA	7,68	5,88	<0,01
	RE	7,36	5,88	<0,01
	Média	7,54	6,50	<0,01
E2	CE	8,86	8,50	0,63
	PN	8,10	7,12	0,01
	PP	8,30	7,60	0,08
	CA	9,76	9,82	0,88
	FA	8,64	7,94	0,08
	RE	11,14	9,16	<0,01
	Média	9,13	8,36	<0,01
E3	CE	7,30	7,38	<0,01
	PN	5,74	5,04	0,08
	PP	6,64	5,02	<0,01
	CA	7,50	7,36	0,73
	FA	7,38	5,68	<0,01
	RE	7,30	5,38	<0,01
	Média	6,98	5,63	<0,01
E4	CE	9,14	8,54	0,13
	PN	7,16	6,48	0,08
	PP	7,20	6,86	0,60
	CA	8,52	8,52	1,00
	FA	7,60	7,54	0,88
	RE	7,26	7,02	0,55
	Média	7,81	7,49	0,05
MEDIA GERAL		7,87	7,00	<0,01

Tabela 22b. Médias de CTC a pH 7,0 no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	8,00	6,54	6,64	9,04	7,68	7,36	7,54	6,28	6,20	7,72	9,04	5,88	5,88	6,50
E2	8,86	8,10	8,30	9,76	8,64	11,14	9,13	8,50	7,12	7,60	9,82	7,94	9,16	8,36
E3	7,30	5,74	6,64	7,50	7,38	7,30	6,98	5,38	5,04	5,02	7,36	5,62	5,38	5,63
E4	9,14	7,16	7,20	8,52	7,60	7,26	7,81	8,54	6,48	6,86	8,52	7,54	7,02	7,49
Média	8,32	6,88	7,20	8,70	7,82	8,26		7,18	6,21	6,30	8,68	6,74	6,86	
CONTRASTES	Significância													
E1,E2 vs E3,E4	0,03	<0,01	<0,01	0,07	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	<0,01	<0,01	0,16	0,01	0,59	0,92	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,54	<0,01	0,05	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,12	<0,01	0,01	<0,01	0,24	<0,01	<0,01
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						Significância							
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	0,02	0,62	0,12	0,05		<0,01	<0,01	<0,01	0,96	<0,01			
CE vs CA	<0,01	0,28	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			
PN,PP vs FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	0,62	<0,01		0,77	<0,01	0,09	0,03	<0,01			
PN vs PP	0,80	0,62	0,02	0,92	0,12		0,23	0,23	0,96	0,66	0,66			
FA vs RE	0,57	<0,01	0,84	0,60	0,03		1,00	<0,01	0,55	0,19	0,57			

Anexo 23. Médias da soma de bases no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média	
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		
	cmol . kg ⁻¹							
E1	1,13	0,79	0,51	2,14	0,61	0,64	0,97	
E2	1,21	0,64	0,82	2,23	0,55	0,67	1,02	
E3	1,41	0,73	0,88	2,91	0,75	0,88	1,26	
E4	0,85	0,47	0,59	2,68	0,39	0,42	0,90	
Média	1,15	0,66	0,70	2,49	0,58	0,65		
PROFUNDIDADES (cm)	cmol . kg ⁻¹							
0 a 20	1,40	0,70	0,82	2,63	0,63	0,74	0,15	
20 a 40	0,90	0,62	0,58	2,35	0,52	0,56	0,92	
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média	
P1 vs P2	<0,01	0,63	<0,01	Significância		0,19	0,03	<0,01
E1,E2 vs E3,E4	0,51	0,20	<0,01	Significância		0,62	0,80	0,30
E1 vs E2	<0,01	0,03	0,01	0,55	0,62	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,64	0,17	0,59	0,05	<0,01	<0,01	0,95	0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média			
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Significância			
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PN,PP vs FA,RE	0,76	0,15	0,90	0,13	0,12	0,12	0,12	
PN vs PP	0,02	0,12	0,20	0,31	0,52	0,52	0,52	
FA vs RE	0,80	0,31	0,27	0,80	0,65	0,65	0,65	

Anexo 23a. Médias de soma de bases do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
		cmol . kg ⁻¹		
E1	CE	1,46	0,80	<0,01
	PN	0,78	0,80	0,90
	PP	0,60	0,42	0,28
	CA	2,28	2,00	0,09
	FA	0,74	0,48	0,12
	RE	0,78	0,50	0,09
	Média	0,11	0,83	<0,01
E2	CE	1,32	1,10	0,19
	PN	0,74	0,54	0,23
	PP	0,94	0,70	0,15
	CA	2,36	2,10	0,12
	FA	0,56	0,54	0,90
	RE	0,80	0,54	0,12
	Média	0,12	0,92	<0,01
E3	CE	1,94	0,88	<0,01
	PN	0,82	0,64	0,28
	PP	1,14	0,62	<0,01
	CA	3,28	2,54	<0,01
	FA	0,80	0,70	0,56
	RE	1,00	0,76	0,15
	Média	1,50	1,02	<0,01
E4	CE	0,88	0,82	0,72
	PN	0,44	0,50	0,72
	PP	0,62	0,56	0,72
	CA	2,60	2,70	0,66
	FA	0,42	0,36	0,72
	RE	0,40	0,44	0,81
	Média	0,89	0,91	0,84
MÉDIA GERAL		0,15	0,92	<0,01

Tabela 23b. Médias de soma de bases no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	1,46	0,78	0,60	2,28	0,74	0,78	1,11	0,80	0,80	0,42	2,00	0,48	0,50	0,83
E2	1,32	0,74	0,94	2,36	0,56	0,80	1,12	1,10	0,54	0,70	2,10	0,54	0,54	0,92
E3	1,94	0,82	1,14	3,28	0,80	1,00	1,50	0,88	0,64	0,62	2,54	0,70	0,76	1,02
E4	0,88	0,44	0,62	2,60	0,42	0,40	0,89	0,82	0,50	0,56	2,76	0,36	0,44	0,91
Média	1,40	0,70	0,82	2,63	0,63	0,74		0,90	0,62	0,58	2,35	0,52	0,56	
CONTRASTES	Significância													
E1,E2 vs E3,E4	0,59	0,81	0,04	0,64	0,28	0,90	0,84	0,07	0,12	0,09	0,56	0,72	0,81	0,20
E1 vs E2	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,72	0,59	0,72	0,19	0,04	0,05	0,08
E3 vs E4	0,86	0,27	0,64	<0,01	0,74	0,55	0,09	0,60	0,60	0,80	<0,01	0,86	0,51	0,06
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						Significância							
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,56	0,17	0,51	0,31	0,22		0,31	0,51	0,60	0,27	0,67			
PN vs PP	0,28	0,23	0,05	0,28	0,12		0,02	0,66	0,90	0,72	0,60			
FA vs RE	0,81	0,15	0,23	0,90	0,17		0,90	1,00	0,72	0,64	0,64			

Anexo 24. Médias da saturação por bases no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média	
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		
E1	153,0	104,0	83,0	238,0	87,0	95,0	126,7	
E2	140,0	82,0	99,0	229,0	63,0	64,0	112,8	
E3	214,0	134,0	147,0	389,0	115,0	137,0	189,3	
E4	95,0	64,0	90,0	317,0	52,0	56,0	110,7	
Média	150,5	96,0	102,2	293,2	79,2	88,0		
PROFUNDIDADES (cm)		g . kg ⁻¹						
0 a 20	172,5	103,0	114,0	309,5	80,0	90,5	144,9	
20 a 40	128,5	89,0	90,5	277,0	78,5	85,5	124,8	
CONTRASTES		CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2		<0,01	<0,01	0,03	Significância			<0,01
E1,E2 vs E3,E4		0,58	0,16	0,31	Significância			0,03
E1 vs E2		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4		0,52	0,60	0,05	<0,01	0,55	0,12	<0,01
CONTRASTES		E1	E2	E3	E4	Média		
CE,CA vs PN,PP,FA,RE		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE		0,82	0,02	0,19	0,10	<0,01		
PN vs PP		0,18	0,28	0,58	0,31	0,57		
FA vs RE		0,62	0,95	0,16	0,80	0,27		

Anexo 24a. Médias de saturação por bases do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
E1	CE	182,0	124,0	<0,01
	PN	118,0	90,0	0,21
	PP	92,0	74,0	0,58
	CA	252,0	224,0	0,21
	FA	96,0	78,0	0,58
	RE	106,0	84,0	0,68
	Média	141,0	112,3	<0,01
E2	CE	150,0	130,0	0,63
	PN	92,0	72,0	0,63
	PP	110,0	88,0	0,68
	CA	242,0	216,0	0,24
	FA	62,0	64,0	0,93
	RE	72,0	56,0	0,52
	Média	121,3	104,3	0,06
E3	CE	262,0	166,0	<0,01
	PN	144,0	124,0	0,63
	PP	172,0	122,0	0,02
	CA	434,0	344,0	<0,01
	FA	108,0	122,0	0,54
	RE	134,0	140,0	0,78
	Média	209,0	169,7	<0,01
E4	CE	96,0	94,0	0,93
	PN	58,0	70,0	0,60
	PP	82,0	78,0	0,85
	CA	310,0	324,0	0,54
	FA	54,0	50,0	0,85
	RE	50,0	62,0	0,60
	Média	108,3	113,0	0,61
MÉDIA GERAL		144,9	124,8	<0,01

Tabela 24b. Médias de saturação por bases no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média g . kg ⁻³	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	182,0	118,0	92,0	252,0	96,0	106,0	141,0	124,0	90,0	74,0	224,0	78,0	84,0	112,3
E2	150,0	92,0	110,0	242,0	62,0	72,0	121,3	130,0	72,0	88,0	216,0	64,0	56,0	104,3
E3	262,0	144,0	172,0	434,0	108,0	134,0	209,0	166,0	124,0	122,0	344,0	122,0	140,0	169,7
E4	96,0	58,0	82,0	310,0	54,0	50,0	108,3	94,0	70,0	78,0	324,0	50,0	62,0	113,0
Média	172,5	103,0	114,0	309,5	80,0	90,5		128,5	89,0	90,5	277,0	78,5	85,5	
CONTRASTES	Significância													
E1,E2 vs E3,E4	0,15	0,24	0,58	0,66	0,12	0,12	0,03	0,78	0,58	0,54	0,72	0,54	0,21	0,62
E1 vs E2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,05	0,63	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,59	0,80	0,10	<0,01	0,89	0,84	<0,01	0,84	0,31	0,23	<0,01	0,66	0,05	<0,01
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância							Significância						
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PN,PP vs FA,RE	0,80	0,03	0,02	0,25	<0,01			0,95	0,20	0,62	0,25	0,67		
PN vs PP	0,24	0,58	0,21	0,28	0,68			0,52	0,52	0,93	0,72	0,89		
FA vs RE	0,66	0,66	0,24	0,85	0,65			0,78	0,72	0,58	0,60	0,54		

Anexo 25. Médias de teores de enxofre no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média	
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		
E1	2,02	1,73	2,78	13,32	3,69	3,67	4,45	
E2	2,56	2,04	3,11	15,59	5,35	7,10	6,12	
E3	2,03	1,72	4,63	16,44	1,90	1,96	4,78	
E4	4,09	1,43	1,90	13,25	2,46	3,05	4,36	
Média	2,93	1,73	2,98	14,65	3,35	3,94		
PROFUNDIDADES (cm)		mg . kg ⁻¹						
0 a 20	3,39	1,75	3,01	15,48	3,92	4,55	5,35	
20 a 40	2,47	1,70	2,94	13,82	2,78	3,34	4,51	
CONTRASTES		CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	0,12	0,93	0,90	Significância			<0,01	<0,01
E1,E2 vs E3,E4	0,07	0,72	0,68	Significância			<0,01	<0,01
E1 vs E2	0,01	0,73	<0,01	<0,01	0,51	0,19	0,22	
E3 vs E4	0,66	0,61	0,66	0,52	<0,01	<0,01	<0,01	
CONTRASTES		E1	E2	E3	E4	Média		
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	<0,01	<0,01	0,04	0,06	<0,01	<0,01		
PN vs PP	0,52	0,20	<0,01	0,58	<0,01	<0,01		
FA vs RE	0,98	0,04	0,94	0,51	0,15			

Anexo 25a. Médias de teores de enxofre do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
E1	CE	1,96	2,09	0,92
	PN	2,36	1,10	0,29
	PP	2,84	1,71	0,66
	CA	14,77	11,88	0,02
	FA	4,67	2,71	0,10
	RE	4,25	3,09	0,67
	Média	5,14	3,76	<0,01
E2	CE	3,96	3,16	0,50
	PN	1,65	2,42	0,52
	PP	2,56	3,66	0,65
	CA	15,34	15,84	0,68
	FA	5,49	5,22	0,81
	RE	8,71	5,49	<0,01
Média	6,28	5,96	0,52	
E3	CE	2,64	1,42	0,30
	PN	1,90	1,55	0,77
	PP	4,17	5,09	0,55
	CA	18,31	14,56	<0,01
	FA	2,58	1,22	0,25
	RE	2,21	1,71	0,68
Média	5,30	4,26	0,03	
E4	CE	4,98	3,21	0,13
	PN	1,11	1,75	0,60
	PP	2,49	1,31	0,68
	CA	13,51	12,99	0,67
	FA	2,94	1,98	0,58
	RE	3,05	3,05	1,00
Média	4,68	4,05	0,19	
MÉDIA GERAL		5,35	4,51	<0,01

Tabela 25b. Médias de teores de enxofre no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média mg . kg ⁻³	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	1,96	2,36	2,84	14,77	4,67	4,25	5,14	2,09	1,10	1,71	11,88	2,71	3,09	3,76
E2	3,96	1,65	2,56	15,34	5,49	8,71	6,28	3,16	2,42	3,66	15,84	5,22	5,49	5,96
E3	2,64	1,90	4,17	18,31	2,58	2,21	5,30	1,42	1,55	5,09	14,56	1,22	1,71	4,26
E4	4,98	1,11	2,49	13,51	2,94	3,05	4,68	3,21	1,75	1,31	12,99	1,98	3,05	4,05
Média	3,39	1,75	3,01	15,48	3,92	4,55		2,47	1,70	2,94	13,82	2,78	3,34	
CONTRASTES	Significância													
E1,E2 vs E3,E4	0,09	0,56	0,80	0,64	0,50	<0,01	0,02	0,63	0,26	0,10	<0,01	0,03	0,04	<0,01
E1 vs E2	0,05	0,52	0,15	<0,01	0,76	0,51	0,20	0,13	0,86	<0,01	0,19	0,54	0,26	0,67
E3 vs E4	0,31	0,56	0,54	0,31	<0,01	<0,01	0,03	0,71	0,89	0,55	0,92	<0,01	0,02	0,04
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância							Significância						
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PN,PP vs FA,RE	0,03	<0,01	0,55	0,16	<0,01			0,07	<0,01	0,03	0,24	0,08		
PN vs PP	0,69	0,55	0,05	0,25	0,03			0,61	0,30	<0,01	0,71	0,04		
FA vs RE	0,72	<0,01	0,76	0,92	0,28			0,75	0,82	0,68	0,63	0,65		

Anexo 26. Médias de teores de ferro no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	17,60	19,06	12,87	17,95	16,33	11,95	15,96
E2	29,40	29,72	25,26	28,86	29,80	50,84	32,31
E3	26,00	22,52	20,37	18,16	27,90	27,39	23,72
E4	36,68	27,05	21,51	26,45	26,93	24,22	27,14
Média	27,42	24,59	20,00	22,86	25,24	28,60	
PROFUNDIDADES (cm)		mg . kg ⁻¹					
0 a 20	32,28	27,98	23,50	23,29	30,50	35,98	28,92
20 a 40	22,56	21,20	16,51	22,42	19,98	21,22	28,65
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	<0,01	<0,01	<0,01	0,55	<0,01	<0,01	<0,01
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	<0,01	0,03	0,58	<0,01	0,64	0,12	<0,01
E3 vs E4	<0,01	0,78	0,19	0,55	<0,01	<0,01	0,03
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
CE ,CA vs PN,PP,FA RE	0,86	0,79	<0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA	0,03	<0,01	0,05	<0,01	0,60		
PN,PP vs FA,RE	0,20	<0,01	<0,01	0,63	<0,01		
PN vs PP	<0,01	0,03	0,29	<0,01	<0,01		
FA vs RE	0,04	<0,01	0,80	0,18	<0,01		

Anexo 26a. Médias de teores de ferro do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
E1	CE	22,30	12,90	<0,01
	PN	22,76	15,36	0,01
	PP	15,50	10,24	0,07
	CA	19,20	16,70	0,61
	FA	21,66	11,00	<0,01
	RE	14,88	9,02	0,04
	Média	19,38	12,54	<0,01
E2	CE	31,26	27,54	0,20
	PN	33,22	26,22	0,02
	PP	27,98	22,54	0,06
	CA	29,66	28,06	0,59
	FA	32,28	27,32	0,08
	RE	64,68	37,00	<0,01
	Média	36,51	28,11	<0,01
E3	CE	35,38	16,62	<0,01
	PN	28,28	16,76	<0,01
	PP	27,12	13,62	<0,01
	CA	18,34	17,98	0,90
	FA	38,88	16,92	<0,01
	RE	38,78	16,00	<0,01
	Média	31,13	16,32	<0,01
E4	CE	40,20	33,16	0,02
	PN	27,64	26,46	0,68
	PP	23,38	19,64	0,19
	CA	25,96	26,94	0,73
	FA	29,20	24,66	0,11
	RE	25,60	22,84	0,66
	Média	28,66	25,62	<0,01
MÉDIA GERAL		28,92	28,65	<0,01

Tabela 26b. Médias de teores de ferro no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	22,30	22,76	15,50	19,20	21,66	14,88	19,38	12,90	15,36	10,24	16,70	11,00	9,02	12,54
E2	31,26	33,22	27,98	29,66	32,28	64,68	36,51	27,54	26,22	22,54	28,06	27,32	37,00	28,11
E3	35,38	28,28	27,12	18,34	38,88	38,78	31,13	16,62	16,76	13,62	17,98	16,92	16,00	16,32
E4	40,20	27,64	23,38	25,96	29,20	25,60	28,66	33,16	26,46	19,64	26,94	24,66	22,84	25,62
Média	32,28	27,98	23,50	23,29	30,50	35,98		22,56	21,20	16,51	22,42	19,98	21,22	
CONTRASTES	Significância													
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	0,09	0,82	0,19	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
E3 vs E4	<0,01	0,99	0,08	0,26	<0,01	<0,01	0,02	0,02	0,69	0,90	0,97	0,57	0,08	0,55
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						Significância							
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	0,28	0,56	<0,01	<0,01	<0,01		0,18	0,85	0,64	0,03	0,92			
CE vs CA	0,24	<0,01	<0,01	<0,01	0,05		0,05	0,79	0,59	<0,01	<0,01			
PN,PP vs FA,RE	0,68	<0,01	<0,01	0,64	<0,01		0,17	<0,01	0,54	0,73	0,08			
PN vs PP	0,01	0,07	0,69	0,14	<0,01		0,03	0,20	0,28	0,02	<0,01			
FA vs RE	0,02	<0,01	0,97	0,21	<0,01		0,50	<0,01	0,75	0,54	0,61			

Anexo 27. Médias de teores de zinco no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	0,53	0,50	0,43	0,79	0,45	0,39	0,52
E2	0,56	0,40	0,40	0,99	0,45	0,39	0,53
E3	0,54	0,29	0,29	0,74	0,45	0,72	0,50
E4	0,49	0,33	0,42	0,64	0,34	0,40	0,44
Média	0,53	0,38	0,38	0,79	0,42	0,48	
PROFUNDIDADES (cm)	mg . kg ⁻¹						
0 a 20	0,54	0,40	0,42	0,85	0,48	0,49	0,53
20 a 40	0,52	0,36	0,36	0,73	0,36	0,46	0,46
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	0,74	0,52	0,67	0,05	0,06	0,63	0,01
E1,E2 vs E3,E4	0,73	0,25	0,73	0,02	1,00	1,00	0,64
E1 vs E2	0,57	0,65	0,13	0,25	0,20	<0,01	0,05
E3 vs E4	0,63	0,02	0,67	<0,01	0,62	<0,01	0,04
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
CE, CA vs PN, PP, FA, RE	<0,01	<0,01	0,02	0,08	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN, PP vs FA, RE	0,53	0,74	<0,01	0,93	0,03		
PN vs PP	0,57	1,00	1,00	0,30	0,90		
FA vs RE	0,50	0,50	<0,01	0,50	0,23		

Anexo 27a. Médias de teores de zinco do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
		mg . kg ⁻¹		Significância
E1	CE	0,56	0,50	0,63
	PN	0,56	0,44	0,67
	PP	0,46	0,40	0,63
	CA	0,90	0,68	0,07
	FA	0,46	0,44	0,86
	RE	0,40	0,38	0,86
	Média	0,56	0,47	0,09
E2	CE	0,54	0,56	0,74
	PN	0,36	0,44	0,52
	PP	0,44	0,36	0,52
	CA	1,06	0,92	0,26
	FA	0,50	0,40	0,58
	RE	0,42	0,36	0,63
	Média	0,55	0,51	0,61
E3	CE	0,52	0,56	0,74
	PN	0,30	0,28	0,86
	PP	0,30	0,28	0,86
	CA	0,78	0,70	0,52
	FA	0,58	0,32	0,03
	RE	0,76	0,68	0,52
	Média	0,54	0,47	0,16
E4	CE	0,54	0,44	0,58
	PN	0,38	0,28	0,58
	PP	0,46	0,38	0,52
	CA	0,66	0,62	0,74
	FA	0,38	0,30	0,52
	RE	0,38	0,42	0,74
	Média	0,47	0,41	0,23
MÉDIA GERAL		0,53	0,46	0,01

Tabela 27b. Médias de teores de zinco no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	0,56	0,56	0,46	0,90	0,46	0,40	0,56	0,50	0,44	0,40	0,68	0,44	0,38	0,47
E2	0,54	0,36	0,44	1,06	0,50	0,42	0,55	0,58	0,44	0,36	0,92	0,40	0,36	0,51
E3	0,52	0,30	0,30	0,78	0,58	0,76	0,54	0,56	0,28	0,28	0,70	0,32	0,68	0,47
E4	0,54	0,38	0,46	0,66	0,38	0,38	0,47	0,44	0,28	0,38	0,62	0,30	0,42	0,41
Média	0,54	0,40	0,42	0,85	0,48	0,49		0,52	0,36	0,36	0,73	0,36	0,46	
CONTRASTES							Significância							
E1,E2 vs E3,E4	0,86	0,10	0,86	0,19	0,74	0,86	0,95	0,52	1,00	0,74	0,05	0,74	0,86	0,53
E1 vs E2	0,86	0,52	0,19	0,67	0,10	<0,01	0,14	0,67	1,00	0,58	0,52	0,86	0,03	0,21
E3 vs E4	0,81	0,17	0,57	<0,01	1,00	0,06	0,14	0,65	0,06	0,57	0,10	0,20	0,04	0,13
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância							Significância						
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	<0,01	0,03	0,67	<0,01			0,14	<0,01	0,26	0,14	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01			0,02	<0,01	<0,01	0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,64	0,50	<0,01	0,65	0,07			0,90	0,81	0,01	0,73	0,20		
PN vs PP	0,58	0,52	1,00	0,52	0,80			0,74	0,52	1,00	0,58	0,93		
FA vs RE	0,63	0,52	0,14	1,00	0,86			0,63	0,74	<0,01	0,67	0,12		

Anexo 28. Médias de teores de manganês no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto); nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média	
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		
E1	4,02	1,81	2,64	7,28	2,00	1,92	3,28	
E2	24,69	8,67	12,92	24,53	8,65	7,25	14,45	
E3	3,78	1,30	2,57	5,78	2,08	1,58	2,85	
E4	6,29	2,64	2,79	7,51	2,15	0,97	3,72	
Média	9,70	3,60	5,23	11,28	3,72	2,93		
PROFUNDIDADES (cm)		mg . kg ⁻¹						
0 a 20	11,18	4,03	6,48	12,40	4,02	3,84	6,99	
20 a 40	8,21	3,18	3,98	10,14	3,42	2,02	5,16	
CONTRASTES		CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	<0,01	0,14	<0,01	Significância		0,31	<0,01	<0,01
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	<0,01	<0,01	Significância		<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	<0,01	0,10	0,78	0,03	0,93	0,54	<0,01	<0,01
E3 vs E4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CONTRASTES		E1	E2	E3	E4	Média		
CE, CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	0,84	Significância		0,14	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,65	<0,01	0,85	0,04	<0,01	<0,01		
PN vs PP	0,31	<0,01	0,12	0,85	<0,01	<0,01		
FA vs RE	0,92	0,09	0,55	0,15	0,05			

Anexo 28a. Médias de teores de manganês do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
E1	CE	5,96	2,08	<0,01
	PN	2,54	1,08	0,21
	PP	3,74	1,54	0,06
	CA	9,04	5,52	<0,01
	FA	2,86	1,14	0,14
	RE	2,24	0,60	0,02
	Média	4,56	1,99	<0,01
E2	CE	25,88	23,50	0,04
	PN	9,10	8,24	0,53
	PP	15,10	10,74	<0,01
	CA	26,78	22,28	<0,01
	FA	8,56	8,74	0,87
	RE	8,96	5,54	<0,01
	Média	15,73	13,17	<0,01
E3	CE	6,18	1,38	<0,01
	PN	1,82	0,78	0,62
	PP	3,98	1,16	0,02
	CA	6,36	5,20	0,68
	FA	2,48	1,68	0,50
	RE	2,26	0,90	0,24
	Média	3,85	1,85	<0,01
E4	CE	6,70	5,88	0,51
	PN	2,66	2,62	0,97
	PP	3,08	2,50	0,62
	CA	7,44	7,58	0,90
	FA	2,16	2,14	0,98
	RE	0,90	1,04	0,90
	Média	3,82	3,63	0,68
MÉDIA GERAL		6,99	5,16	<0,01

Tabela 28b. Médias de teores de manganês no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	5,96	2,94	3,74	9,04	2,86	3,24	4,56	2,08	1,08	1,54	5,52	1,14	0,60	1,99
E2	25,88	9,10	15,10	26,78	8,56	8,96	15,73	23,50	8,24	10,74	22,28	8,74	5,54	13,73
E3	6,18	1,82	3,98	6,36	2,48	2,26	3,85	1,38	0,78	1,16	5,20	1,68	0,90	1,85
E4	6,70	2,66	3,08	7,44	2,16	0,90	3,82	5,88	2,62	2,50	7,58	2,14	1,04	3,63
Média	11,18	4,03	6,48	12,40	4,02	3,84		8,21	3,18	3,98	10,14	3,42	2,02	
CONTRASTES	Significância													
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	0,66	0,52	0,56	0,64	0,78	0,24	0,96	<0,01	0,12	0,25	0,04	0,70	0,90	<0,01
E3 vs E4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância							Significância						
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	0,56	0,87	0,53	0,03			<0,01	0,30	<0,01	0,14	<0,01		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,91	<0,01	0,53	0,10	<0,01			0,60	<0,01	0,70	0,24	0,04		
PN vs PP	0,30	<0,01	0,06	0,72	<0,01			0,70	0,03	0,74	0,91	0,16		
FA vs RE	0,74	0,73	0,84	0,28	0,76			0,65	<0,01	0,51	0,65	0,02		

Anexo 29. Médias de teores de boro no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	0,11	0,08	0,12	0,22	0,10	0,09	0,12
E2	0,17	0,05	0,06	0,11	0,05	0,30	0,12
E3	0,30	0,28	0,22	0,30	0,13	0,18	0,23
E4	0,07	0,06	0,09	0,14	0,07	0,06	0,08
Média	0,16	0,12	0,12	0,19	0,09	0,16	
PROFUNDIDADES (cm)		mg . kg ⁻¹					
0 a 20	0,18	0,14	0,14	0,20	0,10	0,22	0,16
20 a 40	0,14	0,09	0,11	0,18	0,07	0,10	0,11
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	0,63	0,19	0,53	0,61	0,55	<0,01	<0,01
E1,E2 vs E3,E4	0,62	0,62	0,59	0,10	0,55	<0,01	0,84
E1 vs E2	<0,01	<0,01	0,05	0,01	0,67	0,06	<0,01
E3 vs E4	0,66	0,03	0,15	0,27	0,62	0,07	0,07
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	0,10	0,62	0,90	0,28	0,61		
CE vs CA	0,08	0,54	0,01	0,60	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,90	<0,01	0,04	0,76	0,94		
PN vs PP	0,58	0,81	0,62	0,57	0,80		
FA vs RE	0,88	<0,01	0,55	0,87	0,03		

Anexo 29a. Médias de teores de boro do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
E1	CE	0,12	0,11	0,87
	PN	0,08	0,08	0,96
	PP	0,15	0,09	0,51
	CA	0,20	0,24	0,65
	FA	0,12	0,08	0,68
	RE	0,15	0,03	0,15
	Média	0,14	0,10	0,62
E2	CE	0,29	0,05	<0,01
	PN	0,07	0,03	0,69
	PP	0,07	0,06	0,95
	CA	0,12	0,11	0,95
	FA	0,06	0,04	0,89
	RE	0,43	0,17	<0,01
	Média	0,17	0,08	0,01
E3	CE	0,22	0,38	0,08
	PN	0,38	0,17	0,02
	PP	0,22	0,21	0,93
	CA	0,35	0,24	0,24
	FA	0,13	0,13	0,96
	RE	0,22	0,14	0,63
	Média	0,25	0,21	0,27
E4	CE	0,10	0,03	0,54
	PN	0,06	0,06	1,00
	PP	0,11	0,07	0,68
	CA	0,15	0,12	0,79
	FA	0,09	0,04	0,54
	RE	0,06	0,05	0,89
	Média	0,10	0,06	0,62
MÉDIA GERAL		0,16	0,11	<0,01

Tabela 29b. Médias de teores de boro no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média mg . kg ⁻³	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	0,12	0,08	0,15	0,20	0,12	0,15	0,14	0,11	0,08	0,09	0,24	0,08	0,03	0,10
E2	0,29	0,07	0,07	0,12	0,06	0,43	0,17	0,05	0,03	0,06	0,11	0,04	0,17	0,08
E3	0,22	0,38	0,22	0,35	0,13	0,22	0,25	0,38	0,17	0,21	0,24	0,13	0,14	0,21
E4	0,10	0,06	0,11	0,15	0,09	0,06	0,10	0,03	0,06	0,07	0,12	0,04	0,05	0,06
Média	0,18	0,14	0,14	0,20	0,10	0,22		0,14	0,09	0,11	0,18	0,07	0,10	
CONTRASTES							Significância							
E1,E2 vs E3,E4	0,06	0,89	0,63	0,63	0,50	<0,01	0,66	0,54	0,57	0,79	0,15	0,69	0,10	0,51
E1 vs E2	0,17	<0,01	0,22	0,03	0,69	0,09	<0,01	<0,01	0,19	0,12	0,19	0,67	0,66	<0,01
E3 vs E4	0,51	0,03	0,63	0,15	0,70	0,02	0,55	0,04	0,62	0,27	0,90	0,75	0,91	0,07
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância							Significância						
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	0,61	0,05	0,17	0,60	0,68			0,14	0,51	0,12	0,31	0,58		
CE vs CA	0,55	0,59	0,62	0,56	0,12			0,06	0,97	<0,01	0,68	0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,74	<0,01	0,05	0,92	0,61			0,62	0,67	0,67	0,74	0,68		
PN vs PP	0,55	1,00	0,09	0,54	0,87			0,98	0,74	0,66	0,84	0,62		
FA vs RE	0,69	<0,01	0,67	0,72	<0,01			0,56	0,15	0,91	0,89	0,60		

Anexo 30. Médias de teores de cobre no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	1,40	0,45	0,45	1,37	0,59	0,48	0,79
E2	1,78	0,83	1,07	2,01	1,12	1,55	1,39
E3	1,39	1,35	1,55	1,85	1,36	1,53	1,50
E4	2,06	0,68	0,97	1,62	0,81	0,69	1,14
Média	1,66	0,83	1,01	1,71	0,97	1,06	
PROFUNDIDADES (cm)							
0 a 20	1,78	0,91	1,12	1,78	1,04	1,18	1,30
20 a 40	1,54	0,74	0,90	1,64	0,90	0,94	1,11
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	<0,01	0,02	<0,01	0,05	0,06	<0,01	<0,01
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,07	<0,01	<0,01	0,55	<0,01	0,20	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	0,77	0,03	<0,01	<0,01	0,30		
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,25	<0,01	0,94	0,31	<0,01		
PN vs PP	1,00	0,02	0,05	<0,01	<0,01		
FA vs RE	0,30	<0,01	0,10	0,25	0,08		

Anexo 30a. Médias de teores de cobre do solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
		mg . kg ⁻¹		Significância
E1	CE	1,68	1,12	<0,01
	PN	0,62	0,28	0,02
	PP	0,60	0,30	0,04
	CA	1,48	1,26	0,14
	FA	0,66	0,52	0,65
	RE	0,58	0,38	0,18
	Média	0,94	0,64	<0,01
E2	CE	1,82	1,74	0,60
	PN	0,94	0,72	0,14
	PP	1,22	0,92	0,04
	CA	2,20	1,82	0,01
	FA	1,14	1,10	0,78
	RE	1,68	1,42	0,08
	Média	1,50	1,29	<0,01
E3	CE	1,48	1,30	0,22
	PN	1,38	1,32	0,69
	PP	1,62	1,48	0,65
	CA	1,82	1,88	0,69
	FA	1,54	1,18	0,02
	RE	1,52	1,54	0,89
	Média	1,56	1,45	0,07
E4	CE	2,12	2,00	0,58
	PN	0,70	0,66	0,78
	PP	1,02	0,92	0,51
	CA	1,64	1,60	0,78
	FA	0,82	0,80	0,89
	RE	0,96	0,42	<0,01
	Média	1,21	1,07	0,02
MEDIA GERAL		1,30	1,11	<0,01

Tabela 30b. Médias de teores de cobre no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	1,68	0,62	0,60	1,48	0,66	0,58	0,94	1,12	0,28	0,30	1,26	0,52	0,38	0,64
E2	1,82	0,94	1,22	2,20	1,14	1,68	1,50	1,74	0,72	0,92	1,82	1,10	1,42	1,29
E3	1,48	1,38	1,62	1,82	1,54	1,52	1,56	1,30	1,32	1,48	1,88	1,18	1,54	1,45
E4	2,12	0,70	1,02	1,64	0,82	0,96	1,21	2,00	0,66	0,92	1,60	0,80	0,42	1,07
Média	1,78	0,91	1,12	1,78	1,04	1,18		1,54	0,74	0,90	1,64	0,90	0,94	
CONTRASTES							Significância							
E1,E2 vs E3,E4	0,65	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	<0,01	<0,01	<0,01	0,22	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	0,01	<0,01	<0,01
E3 vs E4	0,64	0,01	<0,01	0,30	<0,01	0,30	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	0,05	0,08	0,55	<0,01
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						Significância							
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	0,18	0,01	0,02	<0,01	0,89		0,65	0,60	<0,01	<0,01	0,18			
CE vs CA	<0,01	<0,01	0,13	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01			
PN,PP vs FA,RE	0,92	<0,01	0,77	0,77	0,05		0,12	<0,01	0,70	0,08	0,07			
PN vs PP	0,89	0,06	0,10	0,03	<0,01		0,89	0,18	0,28	0,08	0,03			
FA vs RE	0,60	<0,01	0,89	0,65	0,05		0,65	0,03	0,02	0,01	0,60			

Anexo 31. Médias de teores de extrativos na necromassa dos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1 e FA2, camada superior e inferior, respectivamente, no reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas de amostragem (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	FA1	FA2	RE	
E1	57,0	36,2	40,9	135,0	41,5	33,6	57,4
E2	62,0	99,4	41,0	155,3	40,0	195,7	98,9
E3	44,2	40,5	42,2	145,6	29,1	120,4	70,3
E4	49,2	31,7	51,6	140,7	20,5	107,4	66,8
Média	53,1	52,0	43,9	144,2	32,8	114,3	
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
E1,E2 vs E3,E4	0,73	<0,01	0,99	0,16	0,91	<0,01	<0,01
E1 vs E2	0,73	0,55	0,53	0,74	0,56	0,63	0,56
E3 vs E4	0,21	<0,01	0,57	0,84	0,12	0,94	0,02
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
CE vs PN,PP,FA1,FA2,RE	0,97	<0,01	<0,01	0,06	<0,01		
PN vs PP	0,75	<0,01	0,90	0,17	0,27		
FA1 vs FA2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
FA1,FA2 vs RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA1,FA2,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		

Anexo 32. Médias de teores de lignina na necromassa dos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1 e FA2, camada superior e inferior, respectivamente, no reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas de amostragem (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	FA1	FA2	RE	
E1	414,7	475,0	266,5	340,3	471,9	364,3	390,5
E2	437,1	403,1	235,9	360,1	460,3	310,3	369,6
E3	440,5	366,2	300,7	303,4	475,1	405,3	396,5
E4	446,7	306,6	356,1	304,3	475,3	376,0	404,3
Média	435,0	400,1	292,0	371,2	470,7	364,2	
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
E1,E2 vs E3,E4	0,63	<0,01	0,22	0,57	0,65	0,03	0,04
E1 vs E2	<0,01	0,57	0,06	0,96	0,99	0,25	0,53
E3 vs E4	0,66	<0,01	<0,01	0,16	0,62	<0,01	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
CE vs PN,PP,FA1,FA2,RE	0,13	<0,01	<0,01	0,01	<0,01		
PN vs PP	<0,01	<0,01	0,02	0,24	<0,01		
FA1 vs FA2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
FA1,FA2 vs RE	0,04	<0,01	0,27	0,02	<0,01		
PN,PP vs FA1,FA2,RE	0,14	<0,01	<0,01	0,02	<0,01		

Anexo 33. Médias de teores de holocelulose na necromassa dos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1 e FA2, camada superior e inferior, respectivamente, no reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas de amostragem (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	FA1	FA2	RE	
	g . kg ⁻¹						
E1	447,1	437,0	437,4	367,3	470,1	463,5	437,1
E2	424,0	401,0	404,9	340,5	446,6	363,7	390,3
E3	432,4	442,6	430,3	374,0	461,6	420,1	429,5
E4	432,8	403,7	430,1	330,5	471,2	404,1	422,1
Média	434,0	436,2	427,6	355,0	462,4	414,0	
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
	Significância						
E1,E2 vs E3,E4	0,21	0,06	0,07	0,31	0,20	<0,01	<0,01
E1 vs E2	0,90	0,26	0,67	0,02	0,61	0,19	0,67
E3 vs E4	0,02	0,01	0,32	0,66	0,55	0,05	0,13
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						
CE vs PN,PP,FA1,FA2,RE	0,59	0,03	<0,01	0,62	0,03		
PN vs PP	0,90	0,06	<0,01	0,06	0,64		
FA1 vs FA2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
FA1,FA2 vs RE	<0,01	0,03	0,52	0,04	0,55		
PN,PP vs FA1,FA2,RE	0,77	0,15	0,11	<0,01	<0,01		

Anexo 34. Médias de teores de nitrogênio na necromassa dos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1 e FA2, camada superior e inferior, respectivamente, no reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas de amostragem (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	FA1	FA2	RE	
	mg . g ⁻¹						
E1	4,78	4,08	2,31	3,00	3,73	2,78	3,58
E2	7,03	7,05	4,20	7,28	4,63	5,90	6,01
E3	4,04	2,21	2,66	4,78	2,00	3,24	3,29
E4	4,25	1,84	2,21	5,02	2,86	2,51	3,12
Média	5,03	3,80	2,85	5,22	3,51	3,60	
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
	Significância						
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,12	<0,01	<0,01
E1 vs E2	0,72	0,54	0,56	0,69	0,92	0,20	0,54
E3 vs E4	<0,01	<0,01	0,05	0,12	<0,01	<0,01	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						
CE vs PN,PP,FA1,FA2,RE	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01		
PN vs PP	<0,01	<0,01	0,56	0,53	<0,01		
FA1 vs FA2	0,90	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
FA1,FA2 vs RE	0,05	0,91	0,28	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA1,FA2,RE	0,53	0,50	<0,01	<0,01	<0,01		

Anexo 35. Médias de teores de fósforo na necromassa dos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1 e FA2, camada superior e inferior, respectivamente, no reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas de amostragem (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	FA1	FA2	RE	
	mg . g ⁻¹						
E1	0,49	0,45	0,34	0,45	0,50	0,46	0,44
E2	0,58	0,53	0,35	0,44	0,51	0,34	0,46
E3	0,51	0,34	0,32	0,36	0,39	0,26	0,38
E4	0,50	0,29	0,27	0,34	0,32	0,23	0,32
Média	0,52	0,41	0,32	0,40	0,43	0,32	
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
	Significância						
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	0,02	0,77	0,77	0,77	<0,01	0,52
E1 vs E2	0,73	0,70	0,14	0,57	0,02	0,27	<0,01
E3 vs E4	0,23	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						
CE vs PN,PP,FA1,FA2,RE	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN vs PP	<0,01	<0,01	0,68	0,53	<0,01		
FA1 vs FA2	0,14	0,04	0,30	0,53	0,05		
FA1,FA2 vs RE	0,62	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA1,FA2,RE	<0,01	0,66	0,94	0,59	0,07		

Anexo 36. Médias de teores de potássio na necromassa dos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1 e FA2, camada superior e inferior, respectivamente, no reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas de amostragem (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	FA1	FA2	RE	
	mg . g ⁻¹						
E1	5,05	2,08	1,58	2,63	3,58	2,80	2,95
E2	6,50	3,50	2,15	1,93	2,00	2,53	3,10
E3	2,01	1,02	0,83	0,81	0,99	0,99	1,11
E4	4,25	1,53	2,18	0,86	1,01	1,42	1,88
Média	4,46	2,03	1,61	1,56	1,09	1,94	
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
	Significância						
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	<0,01	0,19	0,11	<0,01	0,54	0,59
E1 vs E2	<0,01	0,24	<0,01	0,91	0,96	0,67	<0,01
E3 vs E4	<0,01	<0,01	0,25	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						
CE vs PN,PP,FA1,FA2,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN vs PP	0,26	<0,01	0,68	0,14	0,12		
FA1 vs FA2	0,03	0,86	0,69	0,73	0,12		
FA1,FA2 vs RE	0,56	0,14	0,80	0,20	0,27		
PN,PP vs FA1,FA2,RE	<0,01	0,02	0,98	<0,01	0,66		

Anexo 37. Médias de teores de cálcio na necromassa dos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1 e FA2, camada superior e inferior, respectivamente, no reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas de amostragem (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	FA1	FA2	RE	
	mg . g ⁻¹						
E1	5,75	5,11	1,66	3,66	0,76	1,19	3,02
E2	4,46	4,54	1,67	3,85	0,31	6,54	3,56
E3	2,56	0,79	0,64	1,75	0,18	2,22	1,36
E4	1,26	0,17	0,40	1,66	0,90	1,52	0,85
Média	3,51	2,65	1,09	2,73	0,33	2,87	
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
	Significância						
E1,E2 vs E3,E4	0,06	0,59	0,98	0,79	0,53	<0,01	0,05
E1 vs E2	0,06	0,63	0,73	0,90	0,90	0,31	0,07
E3 vs E4	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,69	<0,01	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						
CE vs PN,PP,FA1,FA2,RE	<0,01	0,04	<0,01	0,64	<0,01		
PN vs PP	<0,01	<0,01	0,82	0,74	<0,01		
FA1 vs FA2	<0,01	<0,01	0,02	0,02	<0,01		
FA1,FA2 vs RE	0,08	<0,01	0,03	0,28	<0,01		
PN,PP vs FA1,FA2,RE	<0,01	0,30	0,13	0,07	0,64		

Anexo 38. Médias de teores de magnésio na necromassa dos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1 e FA2, camada superior e inferior, respectivamente, no reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas de amostragem (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	FA1	FA2	RE	
	mg . g ⁻¹						
E1	6,83	4,44	3,92	4,54	4,22	3,93	4,64
E2	8,51	7,70	6,40	7,30	6,85	7,18	7,32
E3	2,17	1,16	0,83	1,53	0,94	0,88	1,25
E4	2,20	1,14	1,19	1,47	0,92	1,11	1,34
Média	4,93	3,61	3,09	3,17	3,23	3,27	
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
	Significância						
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	0,89	0,94	0,15	0,80	0,91	0,66	0,60
E3 vs E4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						
CE vs PN,PP,FA1,FA2,RE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
PN vs PP	0,04	<0,01	0,19	0,84	<0,01		
FA1 vs FA2	0,19	0,07	0,02	0,03	<0,01		
FA1,FA2 vs RE	0,04	0,65	0,09	0,71	0,06		
PN,PP vs FA1,FA2,RE	0,76	0,72	0,54	1,00	0,51		

Anexo 39. Médias de teores de boro na necromassa dos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1 e FA2, camada superior e inferior, respectivamente, no reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas de amostragem (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	FA1	FA2	RE	
	mg . kg ⁻¹						
E1	0,17	0,16	0,12	0,12	0,24	0,18	0,16
E2	0,36	0,18	0,12	0,13	0,36	0,14	0,22
E3	0,23	0,19	0,18	0,13	0,30	0,17	0,20
E4	0,27	0,29	0,24	0,13	0,35	0,21	0,25
Média	0,26	0,21	0,16	0,13	0,31	0,18	
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
	Significância						
E1,E2 vs E3,E4	<0,01	0,71	0,93	0,83	<0,01	0,51	<0,01
E1 vs E2	0,61	0,05	0,18	0,97	0,28	0,32	0,01
E3 vs E4	0,68	0,04	0,01	0,77	0,57	0,60	0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						
CE vs PN,PP,FA1,FA2,RE	0,88	<0,01	0,64	0,51	<0,01		
PN vs PP	0,66	0,21	0,71	0,32	0,08		
FA1 vs FA2	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
FA1,FA2 vs RE	0,98	0,02	0,22	0,51	0,03		
PN,PP vs FA1,FA2,RE	0,24	0,05	0,63	0,31	0,20		

Anexo 40. Médias de teores de ferro na necromassa dos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1 e FA2, camada superior e inferior, respectivamente, no reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas de amostragem (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	FA1	FA2	RE	
	mg . kg ⁻¹						
E1	54,91	40,57	30,15	24,91	71,47	43,04	40,41
E2	50,90	36,40	20,63	20,21	90,37	21,82	40,05
E3	70,93	65,15	50,28	60,07	69,78	42,39	59,77
E4	74,75	84,54	75,90	44,62	92,24	40,65	68,78
Média	62,87	50,66	44,24	37,45	80,97	36,98	
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
	Significância						
E1,E2 vs E3,E4	0,74	0,31	0,57	0,69	0,11	0,07	0,26
E1 vs E2	0,75	0,10	0,03	0,19	0,06	0,88	0,06
E3 vs E4	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,99	0,28	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						
CE vs PN,PP,FA1,FA2,RE	0,22	0,15	0,14	0,56	0,02		
PN vs PP	0,12	0,18	0,21	0,53	0,02		
FA1 vs FA2	<0,01	<0,01	0,58	<0,01	<0,01		
FA1,FA2 vs RE	0,62	<0,01	0,03	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA1,FA2,RE	0,64	0,04	0,97	<0,01	0,92		

Anexo 41. Médias de teores de cobre na necromassa dos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1 e FA2, camada superior e inferior, respectivamente, no reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas de amostragem (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	FA1	FA2	RE	
	mg . kg ⁻¹						
E1	67,85	80,12	49,48	68,55	71,47	61,15	66,44
E2	95,11	65,57	75,61	99,48	218,90	77,37	105,34
E3	54,48	54,48	28,98	25,88	44,43	28,21	39,41
E4	56,78	57,48	61,62	28,89	46,84	58,37	51,66
Média	60,55	64,41	53,92	55,70	95,41	56,27	
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
	Significância						
E1,E2 vs E3,E4	0,10	0,61	0,11	0,06	<0,01	0,67	<0,01
E1 vs E2	0,88	0,85	0,05	0,85	0,88	0,07	0,07
E3 vs E4	0,03	0,15	0,14	<0,01	<0,01	0,03	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						
CE vs PN,PP,FA1,FA2,RE	0,89	0,66	0,16	0,64	0,60		
PN vs PP	0,06	0,55	0,12	0,80	0,21		
FA1 vs FA2	0,86	<0,01	0,27	0,28	<0,01		
FA1,FA2 vs RE	0,55	<0,01	0,64	0,15	<0,01		
PN,PP vs FA1,FA2,RE	0,83	<0,01	0,59	0,17	0,06		

Anexo 42. Médias de teores de zinco na necromassa dos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; FA1 e FA2, camada superior e inferior, respectivamente, no reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas de amostragem (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	FA1	FA2	RE	
	mg . kg ⁻¹						
E1	149,71	107,21	117,08	54,39	92,93	112,91	105,70
E2	176,54	173,81	164,75	150,26	227,04	233,72	187,67
E3	67,84	60,90	54,94	41,71	42,43	41,05	51,47
E4	46,01	37,23	80,66	57,48	74,31	129,82	70,92
Média	110,02	94,76	104,36	75,96	109,16	129,38	
CONTRASTES	CE	PN	PP	FA1	FA2	RE	Média
	Significância						
E1,E2 vs E3,E4	0,19	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	0,29	0,25	0,21	0,55	0,12	<0,01	0,02
E3 vs E4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						
CE vs PN,PP,FA1,FA2,RE	<0,01	0,59	0,22	0,06	0,64		
PN vs PP	0,64	0,67	0,77	0,03	0,65		
FA1 vs FA2	0,06	<0,01	0,97	0,58	<0,01		
FA1,FA2 vs RE	0,03	0,01	0,95	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA1,FA2,RE	0,05	0,01	0,22	0,03	0,57		

Anexo 44. Coeficientes de correlação linear simples (Pearson) entre os parâmetros químicos do solo, na profundidade de 0 a 20cm, e os parâmetros químicos da necromassa do ecossistema de cerrado.

SOLO	NECROMASSA DO CERRADO												
	Extr.	Lign.	Hcel.	N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Cu	Zn	Mn
Carbono	ns	ns	ns	ns	0,69**	ns	ns	0,67**	ns	ns	0,60*	0,66**	0,63**
pH H ₂ O	0,41*	ns	ns	ns	0,43*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K	0,43*	ns	ns	ns	0,44*	ns	0,45*	ns	0,44*	-0,44*	ns	ns	ns
Ca	ns	ns	ns	ns	-0,38*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mg	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,39*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Al	ns	ns	ns	ns	0,44*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
H + Al	ns	ns	ns	ns	0,54*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
S	ns	ns	ns	ns	-0,39*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
t	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T	ns	ns	ns	ns	0,49*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
m	ns	ns	ns	ns	0,38*	ns	-0,38*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V	ns	ns	ns	ns	-0,48*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SO ₄	ns	ns	ns	ns	0,44*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	-0,52**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fe	ns	0,54**	ns	ns	ns	ns	-0,63**	-0,56**	ns	0,39*	ns	-0,59**	-0,42*
Mn	ns	ns	ns	0,75**	0,46*	0,57**	ns	0,69**	ns	ns	0,74**	0,61**	0,40*
B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,89**	ns	ns	ns	ns
Cu	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns, * e ** = não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Extr., Lign., Hcel. = extrativos totais, lignina e holocelulose, respectivamente.

Anexo 45. Coeficientes de correlação linear simples (Pearson) entre os parâmetros químicos do solo, na profundidade de 0 a 20cm, e os parâmetros químicos da necromassa do ecossistema de pasto nativo.

SOLO	NECROMASSA DO PASTO NATIVO												
	Extr.	Lign.	Hcel.	N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Cu	Zn	Mn
Carbono	ns	0,45*	ns	0,62**	0,55**	0,70**	0,65**	0,72**	ns	ns	ns	0,65**	0,51*
pH H ₂ O	0,40*	ns	-0,65**	0,51*	0,46*	0,49*	0,51*	0,57**	ns	ns	0,51*	0,43*	ns
P	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K	ns	ns	ns	0,44*	0,61**	0,40*	0,59**	0,46*	ns	ns	ns	0,45*	ns
Ca	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,48*	ns	-0,56**	-0,42*	ns	ns	0,57**
Mg	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Al	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,43*	ns
H + Al	0,43*	ns	ns	0,44*	ns	0,70**	ns	0,57**	ns	ns	ns	0,51*	ns
S	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,50*	ns	-0,54**	-0,40*	ns	ns	ns
t	ns	ns	ns	ns	0,44*	ns	0,46*	ns	-0,46*	-0,39*	ns	0,47*	0,39*
T	0,50*	ns	ns	0,53**	0,47*	0,77**	ns	0,65**	ns	ns	ns	0,60**	ns
m	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,49*	ns	0,56**	0,39*	ns	ns	ns
V	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,46*	ns	ns	ns	ns
SO ₄	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	ns	0,66**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fe	0,41*	ns	ns	0,40*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,44*	ns	ns
Mn	0,63**	ns	-0,47*	0,81**	0,72**	0,87**	0,40*	0,87**	ns	-0,42*	ns	0,41*	ns
B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,74**	0,43*
Cu	ns	-0,39*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns, * e ** = não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.
Extr., Lign., Hcel. = extrativos totais, lignina e holocelulose, respectivamente.

Anexo 46. Coeficientes de correlação linear simples (Pearson) entre os parâmetros químicos do solo, na profundidade de 0 a 20cm, e os parâmetros químicos da necromassa do ecossistema de pasto plantado.

NECROMASSA DO PASTO PLANTADO													
SOLO	Extr.	Lign.	Hcel.	N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Cu	Zn	Mn
Carbono	ns	ns	ns	0,49*	ns	ns	0,50*	0,50*	ns	-0,47*	ns	0,39*	ns
pH H ₂ O	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,48*	ns	ns	ns	-0,42*
P	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K	ns	-0,40*	ns	0,46*	0,44*	ns	0,53**	0,57**	ns	-0,48*	ns	0,57**	0,57**
Ca	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mg	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Al	ns	ns	0,43*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
H + Al	ns	ns	ns	0,41*	ns	0,44*	ns	0,59**	ns	ns	0,43*	0,41*	ns
S	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
t	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T	ns	ns	ns	0,52**	ns	0,39*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
m	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,59**	ns	ns	0,41*	0,40*	ns
V	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SO ₄	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,39*	ns	-0,50*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fe	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	ns	ns	-0,55**	0,70**	ns	ns	0,52**	0,77**	-0,40*	-0,56**	0,57**	0,75**	ns
B	-0,45*	ns	0,45*	ns	ns	-0,57**	ns	-0,48*	ns	ns	-0,65**	-0,48*	ns
Cu	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns, * e ** = não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.
Extr., Lign., Hcel. = extrativos totais, lignina e holocelulose, respectivamente.

Anexo 47. Coeficientes de correlação linear simples (Pearson) entre os parâmetros químicos do solo, na profundidade de 0 a 20cm, e os parâmetros químicos da necromassa I do ecossistema reflorestamento adulto.

NECROMASSA I DO REFLORESTAMENTO ADULTO													
SOLO	Extr.	Lign.	Hcel.	N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Cu	Zn	Mn
Carbono	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
pH H ₂ O	ns	ns	ns	0,42*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K	ns	ns	0,46*	ns	0,38*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,40*
Ca	ns	ns	0,39*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mg	ns	ns	0,45*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Al	-0,45*	ns	ns	-0,42*	ns	ns	-0,40*	-0,38*	0,50*	ns	ns	-0,38*	-0,47*
H + Al	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,41*	0,54**	ns	ns	0,44*	0,49*	ns
S	ns	ns	0,48*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
t	ns	ns	0,52**	-0,47*	ns	ns	ns	ns	0,39*	ns	ns	-0,47*	ns
T	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,43*	0,56**	ns	ns	0,47*	0,44*	ns
m	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V	ns	ns	0,44*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SO ₄	ns	ns	ns	ns	0,62**	0,46*	0,42*	0,55**	ns	-0,38*	0,45*	0,43*	ns
Zn	ns	0,45*	0,40*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fe	ns	0,69**	ns	ns	ns	-0,48*	-0,40*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	ns	ns	ns	0,75**	0,47*	ns	0,61*	0,86**	ns	-0,43*	0,63**	0,91**	ns
B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	ns	0,43*	0,41*	ns	ns	-0,52**	ns	ns	0,41*	ns	ns	ns	ns

ns, * e ** = não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Extr., Lign., Hcel. = extrativos totais, lignina e holocelulose, respectivamente.

Anexo 48. Coeficientes de correlação linear simples (Pearson) entre os parâmetros químicos do solo, na profundidade de 0 a 20cm, e os parâmetros químicos da necromassa 2 do ecossistema reflorestamento adulto.

NECROMASSA 2 DO REFLORESTAMENTO ADULTO													
SOLO	Extr.	Lign.	Hcel.	N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Cu	Zn	Mn
Carbono	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
pH H ₂ O	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,39*	ns	ns	ns	ns
P	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K	0,42*	ns	ns	0,54**	0,48*	ns	ns	ns	-0,55**	ns	ns	ns	0,51*
Ca	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,40*	ns	ns	ns	ns
Mg	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Al	ns	ns	ns	-0,43*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
H + Al	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,51*	0,42*	ns	0,68**	0,62*	ns
S	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,44*	ns	ns	ns	ns
t	ns	ns	ns	-0,40*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T	ns	ns	ns	ns	0,42*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
m	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,54*	ns	ns	0,69*	0,59*	ns
V	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SO ₄	0,66**	ns	-0,65**	0,56**	0,67**	0,41*	0,46*	0,57**	-0,47*	ns	ns	ns	ns
Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,40*
Fe	ns	ns	-0,41*	ns	ns	-0,50*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,42*	ns	-0,47*	0,60**	0,59**	ns	ns	0,85**	0,42*	ns	0,87**	0,86**	ns
B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	ns	ns	ns	ns	ns	-0,54**	-0,42*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns, * e ** = não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.
Extr., Lign., Hcel. = extrativos totais, lignina e holocelulose, respectivamente.

Anexo 49. Coeficientes de correlação linear simples (Pearson) entre os parâmetros químicos do solo, na profundidade de 0 a 20cm, e os parâmetros químicos da necromassa da área de reforma.

NECROMASSA DA AREA DE REFORMA													
SOLO	Extr.	Lign.	Hcel.	N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Cu	Zn	Mn
Carbono	ns	-0,52**	ns	0,49*	ns	ns	0,48*	0,64**	ns	-0,41*	ns	0,48*	0,52**
pH H ₂ O	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,41*	0,43*
P	ns	-0,39**	ns	0,46*	ns	ns	0,40*	0,60**	ns	ns	ns	0,40*	0,49*
K	ns	ns	0,41*	ns	0,61**	0,52**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,39*
Ca	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,51*	ns	ns	ns	ns
Mg	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Al	ns	-0,38*	ns	0,45*	ns	0,47*	0,44*	0,63**	ns	ns	ns	ns	0,53**
H + Al	0,57**	-0,68**	-0,55**	0,71**	ns	0,42*	0,71**	0,80**	ns	-0,54**	0,41*	0,66**	0,77**
S	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,45*	ns	ns	ns	ns
t	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,42*	0,47*	-0,49*	ns	ns	ns	ns
T	0,59**	-0,68**	-0,52**	0,72**	ns	0,42*	0,73**	0,81**	ns	-0,55**	ns	0,62**	0,77**
m	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,49*	ns
SO ₄	0,49*	-0,77**	-0,51*	0,74**	ns	0,57**	0,71**	0,87**	ns	-0,52**	0,52**	0,69**	0,68**
Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,45*	ns	ns
Fe	0,73**	-0,46*	-0,61**	0,72**	ns	ns	0,73**	0,54**	-0,42*	-0,57**	ns	0,38*	0,79**
Mn	0,58**	-0,75**	-0,46*	0,75**	ns	0,56**	0,79**	0,89**	-0,46*	-0,61**	ns	0,62**	0,69**
B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,41*	0,51*	ns	-0,40*	ns	ns	0,51*
Cu	0,84**	ns	-0,66**	0,66**	-0,44*	ns	0,70**	ns	-0,52**	-0,46*	ns	ns	0,73**

ns, * e ** = não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Extr., Lign., Hcel. = extrativos totais, lignina e holocelulose, respectivamente.

Anexo 50. Resumo da análise de variância (nível de significância) dos parâmetros biológicos do solo, em função dos ecossistemas, profundidades e épocas de amostragem.

Causas da Variação	G.L.	Taxa de Colonização (%)	G.L.	Número de Esporos / 50g solo	Causas da Variação	G.L.	Biomassa Carbono (µg / g solo)
Ecosistema	5	**	5	**	Ecosistema	5	**
Profundidade	1	ns	1	**	Resíduo	24	ns
Época	3	**	2	*			
Ecos. x Prof.	5	ns	5	ns			
Eco. x Época	15	**	2	*			
Prof. x Época	3	ns	2	ns			
Ecos. x Prof. x Épo	15	ns	10	ns			
Resíduo	192	ns	152	ns			
c.v. (%)		52,61		30,30			27,06
Média		21,68		2,62			369,15

*, ** = Significativo pelo teste de F ao nível de significância de 5% e 1%, respectivamente, de probabilidade.

Anexo 51. Médias de colonização de raízes nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	23,96	23,14	42,80	37,93	44,23	31,28	33,89
E2	12,19	12,34	36,49	21,38	10,04	17,16	18,27
E3	11,78	8,62	22,17	29,40	22,60	14,85	18,24
E4	6,16	13,36	32,62	17,06	20,09	8,63	16,32
Média	13,52	14,36	33,52	26,44	24,24	17,98	
PROFUNDIDADES (cm)	%						
0 a 20	14,85	14,96	35,12	24,32	28,51	17,40	22,53
20 a 40	12,19	13,76	31,92	28,56	19,97	18,56	20,83
CONTRASTES	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	0,53	0,74	0,62	0,24	0,02	0,75	0,25
E1,E2 vs E3,ES	0,02	0,03	0,22	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
E1 vs E2	0,27	0,64	0,04	0,02	0,63	0,22	0,64
E3 vs E4	0,01	0,06	<0,01	0,07	0,11	<0,01	<0,01
CONTRASTES	E1	E2	E3	E4	Média		
CE,CA vs PN,PP,FA RE	<0,01	0,07	<0,01	0,03	<0,01		
CE vs CA	0,16	0,52	0,26	0,02	0,10		
PN,PP vs FA,RE	0,18	<0,01	0,64	0,02	0,11		
PN vs PP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
FA vs RE	0,01	0,16	0,13	0,02	0,01		

Anexo 51a. Médias de colonização de raízes nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
E1	CE	28,52	19,40	0,20
	PN	19,43	26,84	0,31
	PP	49,10	36,50	0,08
	CA	38,68	37,18	0,83
	FA	46,85	41,62	0,52
	RE	30,41	32,16	0,80
	Média	35,50	32,28	0,28
E2	CE	14,49	9,88	0,53
	PN	14,32	10,35	0,59
	PP	29,12	43,87	0,04
	CA	13,12	29,65	0,02
	FA	12,49	7,59	0,50
	RE	18,57	15,75	0,70
	Média	17,02	19,52	0,60
E3	CE	10,51	13,04	0,73
	PN	9,96	7,28	0,71
	PP	27,68	16,66	0,12
	CA	28,47	30,34	0,79
	FA	28,25	16,95	0,12
	RE	11,90	17,79	0,58
	Média	19,46	17,01	0,59
E4	CE	5,87	6,44	0,94
	PN	16,15	10,58	0,55
	PP	34,59	30,65	0,59
	CA	17,02	17,09	0,99
	FA	26,44	13,73	0,08
	RE	8,71	8,55	0,98
	Média	18,13	14,51	0,22
MÉDIA GERAL		22,53	20,83	0,25

Tabela 51b. Médias de colonização de raízes no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, nov/93; E2, jun/94; E3, nov/94 e E4, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média %	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
E1	28,52	19,43	49,10	38,68	46,85	30,41	35,50	19,40	26,84	36,50	37,18	41,62	32,16	32,28
E2	14,49	14,32	29,12	13,12	12,49	18,57	17,02	9,88	10,35	43,87	29,65	7,59	15,75	19,52
E3	10,51	9,96	27,68	28,47	28,25	11,90	19,46	13,04	7,28	16,66	30,34	16,95	17,79	17,01
E4	5,87	16,15	34,59	17,02	26,44	8,71	18,13	6,44	10,58	30,65	17,09	13,73	8,55	14,51
Média	14,85	14,96	35,12	24,32	28,51	17,40		12,19	13,76	31,92	28,56	19,97	18,56	
CONTRASTES							Significância							
E1,E2 vs E3,E4	0,06	0,51	<0,01	<0,01	<0,01	0,10	<0,01	0,19	0,02	0,31	0,30	<0,01	0,02	<0,01
E1 vs E2	0,53	0,60	0,66	0,11	0,80	0,66	0,66	0,64	0,65	0,05	0,06	0,66	0,20	0,60
E3 vs E4	<0,01	0,54	0,12	0,54	0,65	<0,01	<0,01	0,66	0,06	<0,01	0,06	0,07	0,03	<0,01
	E1	E2	E3	E4	Média			E1	E2	E3	E4	Média		
	Significância						Significância							
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	0,16	0,84	0,01	0,12	<0,01		0,01	<0,01	0,02	0,14	<0,01			
CE vs CA	0,53	0,28	0,99	0,02	0,04		0,17	0,93	0,11	0,64	0,76			
PN,PP vs FA,RE	0,60	0,22	0,80	0,12	0,58		0,31	<0,01	0,29	0,06	0,16			
PN vs PP	<0,01	0,04	0,01	0,01	<0,01		0,18	<0,01	0,19	<0,01	<0,01			
FA vs RE	0,02	0,60	0,02	0,02	<0,01		0,19	0,26	0,90	0,52	0,70			

Anexo 52. Médias de esporos no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto) nas três épocas (E1, jun/94; E2, nov/94 e E3, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	ECOSSISTEMAS						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	
	Esporos / 50 ml						
E1	3,69	5,59	3,70	23,88	7,93	5,46	7,38
E2	2,69	5,53	4,95	8,51	11,90	5,11	6,15
E3	4,30	5,46	2,54	16,25	3,76	4,83	5,62
Média	3,53	5,52	3,67	15,59	7,51	5,13	
PROFUNDIDADES (cm)							
	Esporos / 50 ml						
0 a 20	4,09	7,18	5,00	17,01	9,12	6,00	7,62
20 a 40	3,00	4,07	2,53	14,22	6,04	4,32	5,21
CONTRASTES							
	CE	PN	PP	CA	FA	RE	Média
P1 vs P2	0,66	0,02	0,03	0,21	0,05	0,21	<0,01
Significância							
E1 vs E2, E3	0,24	0,96	0,08	<0,01	<0,01	0,86	0,54
E2 vs E3	0,84	0,95	0,97	<0,01	0,71	0,73	0,02
CONTRASTES							
	E1	E2	E3	Média			
CE, CA vs PN, PP, FA, RE	Significância						
CE vs CA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			
PN, PP vs FA, RE	<0,01	0,19	<0,01	<0,01			
PN vs PP	0,09	0,02	0,70	0,01			
FA vs RE	0,22	0,73	0,04	0,04			
	0,18	<0,01	0,51	0,02			

Anexo 52a. Médias de esporos no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, reforma com eucalipto), nas três épocas (E1, jun/94; E2, nov/94 e E3, jun/95), nas duas profundidades de amostragem (P1, 0 a 20; P2, 20 a 40 cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCA	ECOSSISTEMA	PROFUNDIDADE (cm)		CONTRASTE P1 vs P2
		0 a 20	20 a 40	
		Esporos / 50 ml		Significância
E1	CE	4,43	3,00	0,52
	PN	7,41	4,00	0,15
	PP	5,83	2,00	0,05
	CA	29,30	19,00	0,03
	FA	10,10	6,00	0,14
	RE	10,40	2,00	<0,01
	Média	10,14	5,04	<0,01
E2	CE	2,71	2,66	0,98
	PN	8,30	3,28	0,04
	PP	6,59	3,53	0,18
	CA	7,41	9,69	0,56
	FA	14,93	9,20	0,09
	RE	4,70	5,54	0,72
	Média	7,00	5,33	0,10
E3	CE	5,33	3,36	0,64
	PN	5,93	5,00	0,70
	PP	2,94	2,16	0,65
	CA	17,84	14,73	0,56
	FA	4,00	3,53	0,89
	RE	3,77	6,00	0,68
	Média	5,98	5,26	0,53
MÉDIA GERAL		7,62	5,21	<0,01

Tabela 52b. Médias de esporos no solo nos ecossistemas (CE, cerrado; PN, pasto nativo; PP, pasto plantado; CA, cultura anual; FA, reflorestamento adulto; RE, área de reforma) nas quatro épocas (E1, jun/94; E2, nov/94 e E3, jun/95); nas duas profundidades de amostragem (0-20 e 20-40cm) e os níveis de significância dos contrastes analisados.

ÉPOCAS	0 a 20 cm						Média	20 a 40 cm						Média
	CE	PN	PP	CA	FA	RE		CE	PN	PP	CA	FA	RE	
Esporos / 50 ml														
E1	4,43	7,41	5,83	29,30	10,10	10,40	10,14	3,00	4,00	2,00	19,00	6,00	2,00	5,04
E2	2,71	8,30	6,59	7,41	14,93	4,70	7,01	2,66	3,28	3,53	9,69	9,20	5,54	5,34
E3	5,33	5,93	2,94	17,84	4,00	3,77	5,98	3,36	5,00	2,16	14,73	3,53	6,00	5,26
Média	4,09	7,18	5,00	17,01	9,12	6,00		3,36	5,00	2,16	14,73	3,53	6,00	
CONTRASTES														
Significância														
E1 vs E2,E3	0,20	0,62	0,09	<0,01	<0,01	0,66	0,67	0,70	0,58	0,56	0,14	0,02	0,84	0,94
E2 vs E3	0,78	0,88	0,55	<0,01	0,59	<0,01	<0,01	1,00	0,95	0,58	0,04	0,98	0,03	0,75
	E1	E2	E3	Média					E1	E2	E3	Média		
Significância														
CE,CA vs PN,PP,FA,RE	<0,01	0,04	<0,01	<0,01					<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
CE vs CA	<0,01	0,03	<0,01	<0,01					<0,01	0,73	<0,01	<0,01		
PN,PP vs FA,RE	0,07	0,60	0,77	0,18					0,54	0,02	0,60	0,03		
PN vs PP	0,55	0,54	0,16	0,13					0,27	0,89	0,14	0,16		
FA vs RE	0,92	<0,01	0,91	0,05					0,04	0,17	0,27	0,20		