

02261

MFN 26983

JEFERSON ANTÔNIO DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS
DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE BAUXITA EM
POÇOS DE CALDAS (MG)**

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

Orientador:

Prof. Antônio Claudio Davide

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1997

**Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação
da Biblioteca Central da UFLA**

Souza, Jeferson Antônio de
Avaliação das estratégias de recuperação de áreas
degradadas pela mineração de bauxita em Poços de Caldas
(MG) / Jeferson Antônio de Souza. -- Lavras : UFLA, 1996.

Orientador: Antônio Claudio Davide.
Tese (Doutorado) - UFLA.
Bibliografia.

1. Área degradada. 2. Recuperação. 3. Bauxita. 4. Mineração.
5. Degradação. 6. Meio ambiente. 7. Poços de Caldas.
9. Impacto ambiental. 10. Solo. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD-631.4
-634.95

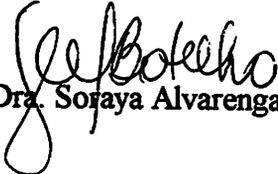
JEFERSON ANTÔNIO DE SOUZA

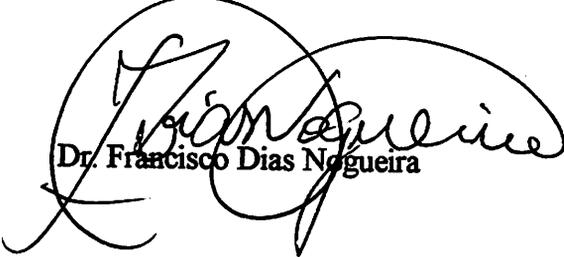
**AVALIAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS
DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE BAUXITA EM
POÇOS DE CALDAS (MG)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em: 09 de janeiro de 1997


Prof. Dr. Mozart Martins Ferreira


Prof. Dra. Soraya Alvarenga Botelho


Dr. Francisco Dias Nogueira


Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães


Prof. Dr. Antônio Cláudio Davide
Orientador

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo fortalecimento nas horas difíceis.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pelas bolsas concedidas para a realização do curso.

À ALCOA Alumínio S.A., Poços de Caldas, pela oportunidade de realização deste trabalho e pelo financiamento parcial do mesmo.

À Universidade Federal de Lavras, através dos Departamentos de Fitotecnia, Ciências Florestais e Solos que, através de seus professores permitiram e contribuíram pela realização do curso de doutorado.

Aos diretores da EPAMIG Gabriel Ferreira Bartholo e Reginaldo Amaral pela liberação para conclusão do curso.

Ao professor Maurício de Souza pelo empenho e amizade, no início do curso.

Ao professor Antônio Cláudio Davide, pela orientação.

Aos professores José Osvaldo Siqueira, Mozart Martins Ferreira, Fabiano Ribeiro do Vale, Nilton Curi e Antônio Cláudio Davide pelas sugestões e direcionamento deste trabalho.

Ao geólogo Don Duane Williams, diretor da ALCOA, pelo apoio e receptividade durante os trabalhos de campo, e ao Engenheiro Agrônomo Clayton Arthur Ferreira de Moraes, pelos primeiros contatos e definição deste trabalho.

Aos engenheiros Fernando, Zanata, Charles e ao Técnico Eduardo, bem como aos motoristas Chicão, Samuel e Divino, juntamente com a equipe de campo da ALCOA e, ao Sr. Manoel (mateiro) pelo auxílio prestado na coleta dos dados de campo e identificação das espécies vegetais.

Ao gerente da Fazenda Experimental de Caldas - EPAMIG, técnico agrícola Nilton, pelo apoio durante a fase de coleta dos dados de campo.

Aos demais colegas da EPAMIG do Centro Regional de Pesquisa do Sul de Minas, em Lavras, especialmente, Enilson Abraão, Adelson, Cardoso, Rozane, Josélia e Valdete, pelas colaborações e amizade.

Ao Rubens, acadêmico do curso de Engenharia Florestal, pelo auxílio durante a realização do levantamento florístico, ao professor Natalino Calegário, pela metodologia e sugestões, ao professor Ary Teixeira de Oliveira Filho e ao laboratorista José Carlos, pela identificação das espécies florestais.

Ao colega Eduardo Wandenberg, pelo auxílio na realização da análise dos componentes principais.

À colega de curso e amiga Maria Inês Nogueira Alvarenga, pelo apoio, amizade e lealdade, durante a realização do curso.

Aos colegas do Laboratório de Solos e de Sementes Florestais pela atenção e ajuda.

À Antônio Machado Rezende e Itamar Ferreira de Souza pela versão para o inglês.

Ao Marcinho, da biblioteca, pelo auxílio prestado na organização das referências bibliográficas.

À minha mãe e ao João Nogueira, pela acolhida, dedicação, tolerância e carinho, durante o período de curso.

BIOGRAFIA

Jeferson Antônio de Souza, filho de Antônio Evangelista de Souza e Dulce Silveira de Souza, nasceu no município de Ibituruna (MG) em 06 de fevereiro de 1956.

Concluiu o primeiro e segundo graus no Colégio Nossa Senhora Aparecida, Lavras (MG). Em 1976 ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), atual Universidade Federal de Lavras (UFLA), graduando-se em agronomia em dezembro de 1979. De fevereiro de 1980 a fevereiro de 1983, trabalhou no Instituto de Terras do Amazonas (ITERAM), em Manaus (AM). De março de 1983 a setembro de 1985, fez o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, na Escola Superior de Agricultura de Lavras. De junho de 1985 a julho de 1989, trabalhou como pesquisador na EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), em Janaúba (MG). De abril de 1988 a agosto de 1989, trabalhou como consultor ambiental na ENGERIO Engenharia e Consultoria S.A., Rio de Janeiro (RJ). De agosto de 1989 a maio de 1992, atuou como profissional autônomo em consultoria ambiental nas firmas: PARANAGUÁ Engenharia e Consultoria Ltda; GEOTÉCNICA S.A.; PAC Engenharia Ltda; PLANAVE S.A. Estudos e Projetos de Engenharia; Escritório Técnico H. Lisboa da Cunha Ltda e ENGERIO Engenharia e Consultoria S.A., no Rio de Janeiro e, EPAMIG, em Belo Horizonte. Em março de 1992, iniciou o curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, na Escola Superior de Agricultura de Lavras. Em maio de 1992, ingressou novamente na EPAMIG, como pesquisador no Centro Regional de Pesquisa do Rio Doce e Jequitinhonha, com sede em Governador Valadares e, em julho de 1996, foi transferido para o Centro Regional de Pesquisa do Triângulo e Alto Paranaíba, em Uberaba.

Em janeiro de 1997, concluiu o curso de doutorado em Agronomia, na Universidade Federal de Lavras.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Gênese, Ocorrência e Características Gerais da Bauxita.....	3
2.2 Processo de Mineração da Bauxita e seus Impactos Ambientais.....	4
2.2.1 Impactos no solo.....	5
2.2.2 Impactos na paisagem- visual.....	6
2.3 Estratégias de Recuperação de Áreas Degradadas.....	6
2.4 Aspectos Físicos e Químicos dos Solos Degradados.....	8
2.5 Aspectos Microbiológicos dos Solos Submetidos à Recuperação.....	10
2.6 Ciclagem de Nutrientes em Áreas Recuperadas.....	13
2.7 Estudos Fitossociológicos.....	16
2.7.1 Diversidade florística.....	16
2.7.2 Estimativa da Estrutura Horizontal.....	17
2.8 Regeneração Natural.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Área de Estudo.....	20
3.2 Caracterização das Áreas Experimentais.....	21
3.3 Caracterização Morfológica, Física, Química e Micorrízica das Áreas.....	28
3.4 Ciclagem de Nutrientes.....	30
3.4.1 Coleta e caracterização química da serapilheira ou folheto.....	30

3.4.2 Coleta e caracterização química do “litter”.....	31
3.5 Análise da Cobertura vegetal.....	32
3.5.1 Estudo florístico dos componentes arbóreos com CAP>10 cm.....	32
3.5.2.1 Identificação das espécies.....	32
3.5.2.2 Parâmetros fitossociológicos.....	33
3.5.2 Regeneração Natural.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Caracterização Morfológica, Física , Química e Micorrízica das Áreas.....	35
4.1.1 Características Morfológicas das Áreas.....	35
4.1.2 Características Físicas dos Solos Estudados.....	36
4.1.3 Características químicas dos solos.....	40
4.1.3.1 Retiro Branco.....	40
4.1.3.2 Santa Rosália.....	42
4.1.4 Infestação micorrízica.....	47
4.1.4.1 Diversidade.....	47
4.1.4.2 Frequência de fungos versus fertilidade do solo.....	50
4.1.4.3 Estudo comparativo.....	52
4.1.5 Ciclagem de nutrientes.....	54
4.1.5.1 Produção de folheto (ou serapilheira) e litter.....	54
4.1.5.2 Retorno de nutrientes ao solo.....	62
4.2 Caracterização da Vegetação.....	67
5 CONCLUSÕES.....	93
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Valores médios (4 repetições) dos parâmetros físicos dos solos do Retiro Branco.....	37
TABELA 2	Valores médios (4 repetições) dos parâmetros físicos dos solos de Santa Rosália.....	39
TABELA 3	Valores médios (4 repetições) das características químicas, nas camadas 0-20 a 20-40 cm, dos solos do Retiro Branco.....	41
TABELA 4	Valores médios (4 repetições) das características químicas, nas camadas 0-20 e 20-40 cm dos solos de Santa Rosália.....	43
TABELA 5	Principais parâmetros responsáveis pelas variações dos resultados nas áreas estudadas, segundo método dos componentes principais.....	46
TABELA 6	Taxa de colonização micorrízica (TCM), média de quatro repetições, número total de esporos e espécies de fungos, média de três repetições, das áreas estudadas.....	47
TABELA 7	Níveis de significância segundo teste não paramétrico de Mann-Whitney para parâmetros microbiológicos das áreas estudadas.....	53
TABELA 8	Valores médios mensais (4 repetições), quantidade acumulada durante 12 meses e média mensal de produção de folhede nas áreas do Retiro Branco.....	55
TABELA 9	Valores médios mensais (4 repetições), quantidade acumulada durante 12 meses e média mensal de produção de folhede nas áreas de Santa Rosália.....	56
TABELA 10	Peso da matéria seca de folhede (acumulado durante 12 meses) e de litter (t/ha) e coeficiente de decomposição das áreas do Retiro Branco e de Santa Rosália.....	60
TABELA 11	Resultados da análise química do folhede (kg/ha), média de quatro repetições), nas áreas do Retiro Branco.....	63
TABELA 12	Resultados da análise química do litter (kg/ha), média de quatro repetições), nas áreas do Retiro Branco.....	63
TABELA 13	Resultados da análise química do folhede (kg/ha), média de quatro repetições), nas áreas de Santa Rosália.....	64

TABELA 14	Resultados da análise química do litter (kg/ha), média de quatro repetições), nas áreas de Santa Rosália.....	65
TABELA 15	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área RB1, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	69
TABELA 16	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área RB1, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	70
TABELA 17	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área RB2, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	72
TABELA 18	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área RB2, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	72
TABELA 19	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área RB4, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	74
TABELA 20	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área RB4, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	74
TABELA 21	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área RB5, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	76
TABELA 22	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR1, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	77
TABELA 23	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR1, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	79
TABELA 24	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR2, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	80
TABELA 25	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR2, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	81
TABELA 26	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR3, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	82

TABELA 27	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR3, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	83
TABELA 28	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR4, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	84
TABELA 29	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR4, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	85
TABELA 30	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR5, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	87
TABELA 31	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR5, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	87
TABELA 32	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR6, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	89
TABELA 33	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR6, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	89
TABELA 34	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR7, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	91
TABELA 35	Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR7, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI).....	92

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Distribuição espacial das amostras e componentes 1, 2 e 3 para fungos micorrízicos e parâmetros químicos do solo.....	51
-----------------	--	-----------

RESUMO

SOUZA, Jeferson Antônio de. **Avaliação das estratégias de recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita em Poços de Caldas (MG)**. Lavras, UFLA, 1997. 104. (Tese - Doutorado em Fitotecnia)*

Este estudo foi realizado em áreas onde a ALCOA Alumínio S/A explora bauxita e, que desde 1978 tem adotado diferentes procedimentos para recuperação destas áreas, sem contudo, se fazer uma avaliação técnica. Para estes estudos, foram selecionadas cinco áreas no local denominado Retiro Branco e sete em Santa Rosália, sendo que em cada um, selecionou-se uma área como testemunha. Observou-se que nas áreas de mata nativa, o sistema radicular atingia 80 cm de profundidade, enquanto nas áreas mineradas este ficava restrito aos 20 cm superficiais. Nas áreas mineradas detectou-se a presença de camadas compactadas em diferentes profundidades, além de fragmentos de rocha no perfil. Os valores de densidade (D_s e D_p) nem sempre foram menores nas áreas de mata nativa na camada 0-20 cm. Nestas áreas a água disponível foi maior que nas áreas recuperadas. Todos os procedimentos contribuíram para uma melhoria da fertilidade do solo, os quais foram também eficientes em recuperar a diversidade biológica das áreas. De todos os procedimentos, o plantio de bracatinga (*Mimosa scabrella*) foi o mais eficiente em recuperar a microbiologia do solo. A produção de serapilheira na área com eucalipto sobrepujou as demais áreas, sendo que das onze áreas estudadas apenas três apresentaram menores produções anuais que as testemunhas. Foram encontradas três seqüências de níveis de nutrientes na serapilheira, quais sejam: $Ca > N > K > Mg > P$; $Ca > N > Mg > K > P$; e $N > Ca > K > Mg > P$. As maiores quantidades de nutrientes na serapilheira foram: 361,04 kg/ha de N; 22,95 kg/ha de P; 65,73 kg/ha de K; 544,73 kg/ha de Ca e 74,19 kg/ha de Mg. Apenas em duas áreas foram plantadas um quantidade maior de mudas que aquela existente na mata natural. Nos procedimentos mais recentes, com menos de cinco anos, a regeneração natural foi maior que nas áreas mais antigas sugerindo uma evolução no processo de recuperação das áreas mineradas.

*Orientador: Antônio Cláudio Davide. Membros da Banca: Mozart M. Ferreira, Soraya A. Botelho, Francisco D. Nogueira, Paulo T. G. Guimarães.

ABSTRACT

EVALUATION STRATEGIES OF RECOVERY MINED AREAS BY BAUXITE EXPLORATION IN POÇOS DE CALDAS (MG).

This study was carried out in areas belonging to “ALCOA Alumínio S.A.” located at Poços de Caldas, State of Minas Gerais, Brazil, that explores bauxite mine. Since 1978 they have adopted different procedures to recover the area without any technical evaluation. In this study, five and seven areas were selected in sites called “Retiro Branco” and “Santa Rosália” respectively, and a control area for each of these sites. It was observed that in native forest the root system reached 80 cm deep, while in mined areas only 20 cm deep. Compaction layers were observed in mined areas at different deep and also rock fragments along the profile. The density values (D_s and D_p) were not always smaller in nature forest at 20 cm deep layer. All the procedures contributed to improve of soil fertility and were efficient in recovering the biological diversity of these areas. Among the procedures the most efficient was “bracatinga” (*Mimosa scabrella*) cultivation. The litter production in the area planted with eucalipt was greater than other areas. Among the eleven studied areas only three presented lower annual yields in relation to the control. Three sequences of nutrient levels of litter were found: $Ca > N > K > Mg > P$; $Ca > N > Mg > K > P$ and $N > Ca > K > Mg > P$. The greater amount of nutrients in the litter were: 361,04 kg/ha of N; 22,95 kg/ha of P; 65,73 kg/ha of K; 544,73 kg/ha of Ca and 74,19 kg/ha of Mg. Only in two areas were planted a greater number of seedlings than the native forest. In recent procedures, with less than five years, the natural regeneration were greater than the old ones, suggesting one evaluation on the process of recovering mined areas.

1. INTRODUÇÃO

A região de Poços de Caldas (MG) é formada de rochas alcalinas vulcânicas, as quais pela sua alteração, dão origem à bauxita, um minério de alumínio explorado pela Companhia Geral de Minas, subsidiária da ALCOA Alumínio S/A.

Desde 1970, a Alcoa explora as jazidas espalhadas pela parte setentrional do planalto de Poços de Caldas, nas mais diversas condições topográficas. A partir de 1978, a Empresa vem trabalhando na recuperação das áreas mineradas, visando harmonizar a recuperação destas com a paisagem natural da região, mesmo antes da obrigação imposta pela Constituição de 1988. O minério ocorre na camada sub-superficial, variando de 2 a 15 metros de espessura sendo coberta por uma camada de solo raso, de 0,50 m de profundidade em média. Para a exploração, esta camada de solo tem que ser retirada. Por esta razão, a mineração de bauxita, dentre as atividades degradadoras do ambiente, é uma das que mais alteram a superfície terrestre, pois o processo de exploração requer o revolvimento e a retirada das camadas superficiais do solo para se atingir o minério.

A mineração implica na alteração das condições ambientais tanto interna quanto externamente, causando impactos diretos no solo, no subsolo, na vegetação, na paisagem, no ar, na água e na fauna. Destes, o impacto visual causado pela destruição da paisagem é o que mais chama atenção, no entanto, todos os impactos são de grande importância, podendo, em certas situações, atingir proporções tais que, muitas vezes torna algumas áreas totalmente inaproveitáveis, física ou economicamente. Além das operações de lavra, o intenso tráfego de máquinas e veículos transportadores do minério compactam o solo, tanto no local de extração como nas redondezas. Após o término destas operações, todo o material restante é retornado ao local de origem, havendo, quase sempre, uma inversão das camadas pela mistura desse material.

Esse, muitas vezes, não oferece condições para o estabelecimento e desenvolvimento da vegetação, necessitando a aplicação de medidas mitigadoras para eliminar ou reduzir as condições adversas deixadas pela mineração. Muitas vezes, estas medidas não são suficientes para devolver à área impactada, condições mínimas para o desenvolvimento das espécies plantadas, resultando num retardamento da recomposição vegetal. Com isso, pode ocorrer um aceleração da erosão e, conseqüentemente, intensificação da degradação da área.

Através da implantação de vários tipos de cobertura vegetal, tem-se procurado dar aos locais minerados, condições que permitam o equilíbrio ambiental. Contudo, até a presente data, não foi realizada uma avaliação das medidas adotadas pela Empresa, no sentido de direcionar as práticas que mais contribuam para a regeneração do ambiente. Assim sendo, foi realizado este estudo do estado da arte da recuperação das áreas degradadas pela mineração, visando, principalmente:

- Caracterizar as alterações das propriedades físicas, químicas e microbiológicas dos diferentes ecossistemas gerados pelas práticas de recuperação.
- Avaliar as alterações da qualidade ambiental através da determinação quantitativa e qualitativa da biomassa retornada ao solo pela serapilheira.
- Caracterizar as alterações ecológicas no ecossistema, após recuperação, através da determinação de parâmetros florísticos e fitossociológicos e de regeneração natural.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gênese, Ocorrência e Características Gerais da Bauxita

A bauxita, é um minério cujos componentes principais são os hidratos de alumínio (Danza-Érrico e Horta, 1977), sendo o resíduo resultante do profundo intemperismo de rochas alumino-silicáticas. Sua gênese está ligada aos processos de enriquecimento supérgeno, oriundos de alterações das rochas alcalinas onde é baixa a relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Negreiros, 1979). Esta relação Si:Al, nas jazidas de Poços de Caldas, situa-se em torno de 2,6 (para rochas graníticas é da ordem de 3,8), de acordo com Danza-Érrico (1985). Este mesmo autor cita que, os fatores condicio-nadores da gênese da bauxita são:

- Alta inclinação dos taludes permitindo a percolação da água que, associando-se ao pH entre 6 e 9, existente quando ocorre a alteração das rochas, possibilita a solubilização da sílica e fixação do alumínio;
- Profunda intemperização das rochas alcalinas devido aos altos índices pluviométricos (em torno de 1.600 mm/ano e temperatura média anual de 19°C, em Poços de Caldas);
- Rejuvenescimento da drenagem facilitando a intemperização e proporcionando um novo ciclo de bauxitização.

Em Poços de Caldas, ocorrem dois tipos de jazidas de bauxita: as jazidas de serra e as jazidas de campo (Brasil, 1979). A formação da bauxita diretamente a partir da rocha alcalina (foiaíto, tinguaito ou fonolito) foi desde cedo reconhecida e atualmente é admitida como o principal processo envolvido na gênese dos depósitos de serra. Nas jazidas de campo, no entanto, onde o minério bauxítico ocorre quase sempre envolto numa massa argilosa, os hidróxidos de alumínio, nesse caso, resultam da dessilicatização das argilas. Esta é tida como uma origem

indireta preconizada por diversos autores. Almeida (1977) concorda com a possibilidade da origem direta da bauxita de campo, e acredita que a formação da faixa argilosa se deve aos fatores de ordem topográfica relacionando-se à evolução das condições locais de drenagem que levaria à alteração da rocha em argilas.

Do ponto de vista químico e físico a bauxita possui características variadas. Seu aspecto físico varia enormemente, podendo se apresentar na forma de rocha maciça, granular e terrosa, o que dificulta a descoberta das jazidas e a determinação com precisão de sua qualidade. Estas diferentes formas, certamente influem na estruturação do solo formado, sendo comum, numa análise de um perfil de solo, observar camadas com estruturas diferentes, que variam desde a completa falta de estrutura até camadas bem estruturadas, em diferentes posições e profundidades. Suas cores são variáveis do branco ao quase preto (estas, ricas em matéria orgânica), passando pelo vermelho, rosa, amarelo, lilás e roxo. Quimicamente, a bauxita varia, principalmente, quanto aos teores de sílica e de alumínio. Estas alterações da composição química refletem diretamente no solo influenciando, principalmente, o pH e a disponibilidade do teor de nutrientes.

2.2 Processo de Mineração da Bauxita e seus Impactos Ambientais

A mineração é uma das atividades antrópicas que mais contribuem para alteração da superfície terrestre. O processo de mineração envolve a construção de estradas de acesso à mina e a remoção da cobertura vegetal e da camada superficial do solo, assim como de todo o solo que se encontra acima da rocha a ser explorada. A camada superficial, normalmente mais rica em nutrientes, matéria orgânica e microrganismos, é retirada e armazenada, sob alguns cuidados (Williams, Bugin e Reis, 1990), para posteriormente ser utilizada na recuperação da área, como fonte de nutrientes, micro e macrofauna e sementes diversas, acelerando o processo de revegetação. Já a camada de solo abaixo desta é retirada e deixada em local próximo para, posteriormente, ser utilizada para preencher as grandes cavidades deixadas pela retirada da bauxita. Após estas operações, começa-se a lavra do minério propriamente dita, quando a rocha matriz é retirada quase que completamente. Finalizado o processo de extração e carregamento do minério, procede-se a recuperação da área, começando-se pela recolocação do solo retirado, para recompor a topografia e, posteriormente, pela recolocação da camada superficial armazenada,

além das práticas de descompactação e correção da fertilidade do solo. Só então, é realizada a recomposição vegetal da área.

Dada a forma como tem que ser realizada, a extração do minério provoca grandes alterações ambientais. Tais alterações ou impactos chegam a atingir proporções consideráveis, muitas vezes inviabilizando outros usos do solo pelas alterações físicas e pelo alto custo na sua recuperação. Dentro do tema em questão, objeto deste estudo, destacam-se os impactos no solo e na paisagem.

2.2.1 Impactos no solo

A extração de bauxita é feita a céu aberto, sendo o processo de lavra, quase que totalmente mecânico, utilizando-se de tratores e retroescavadeiras ou pás carregadeiras que alteram fortemente as características químicas, físicas e biológicas do solo, causando impactos de alto grau. Estas alterações decorrem-se não somente do processo de lavra, mas de todas as operações que antecedem ou que sucedem à retirada do minério. Portanto, os impactos diretos no solo e no subsolo são causados pelas escavações, pelos depósitos de materiais estéreis e rejeitos, pelas estradas de acesso, pela imposição de superfícies diferentes do relevo original e pela eliminação de picos e serras.

Segundo Griffith (1980), a única maneira de se mitigar os impactos no solo, causados pela mineração, é através do restabelecimento de uma cobertura vegetal perene sobre o local minerado. Isto porque o processo de sucessão é lento enquanto que a erosão é imediata e acelerada.

Pelas alterações impostas às características físicas, químicas e biológicas do solo, o processo de revegetação é dificultado, sobretudo, em decorrência de um ou mais dos problemas, tais como: níveis tóxicos de metais; altas concentrações de sais solúveis; valores extremos de pH; deficiências nutricionais; baixa taxa de infiltração de água; altas temperaturas na superfície, baixa capacidade de troca de cátions dos solos; atividade biológica restrita; e, baixa retenção de água (Barth, 1986 e Iglesias, 1987, citados por Silva, 1993; Williams, Bugin e Reis, 1990; e Fox 1994. Esses fatores contribuem para a degradação do solo, que, segundo Oliveira (1995), ocasionam várias conseqüências como a compactação do solo, encrostamento, baixa capacidade de infiltração

de água, problemas relacionados à aeração, erosão acelerada, perda de fertilidade natural do solo e alterações nas populações microbiológicas do solo.

2.2.2 Impacto na paisagem- visual

O processo de mineração proporciona uma desfiguração do terreno e uma completa alteração da paisagem. Essas alterações da superfície manifestam-se mais obviamente no aspecto estético, pelos elementos visuais da linha, forma, textura, escala, complexidade e cor que compõem a paisagem. Consequentemente, causam impactos topográficos, edáficos, vegetativos e hídricos na área de influência direta do empreendimento.

O reapeçoamento do terreno, a drenagem e o plantio de espécies vegetais constituem medidas que minimizam estes impactos.

2.3 Estratégias de Recuperação de Áreas Degradadas

As estratégias de recuperação de áreas degradadas pela mineração, de maneira geral, são baseados no plantio de espécies adaptadas a condições adversas e na recuperação do substrato (solo) para plantio de espécies menos adaptadas, geralmente espécies nativas regionais (o plantio homogêneo de espécies exóticas somente é recomendado para exploração comercial).

O processo de recuperação de áreas degradadas ainda é incipiente, tendo-se até o momento, pouco conhecimento das exigências nutricionais das espécies. Este fato dificulta muito a primeira opção (plantio de espécies adaptadas), o que tem levado muitas empresas a optar pela segunda. Além disso, pouco se conhece da interação dos fatores químicos, físicos e biológicos reinantes nas áreas em recuperação. Com isso, obtem-se um “falso” sucesso nos primeiros 5 anos, quando a planta ainda encontra na cova de plantio condições favoráveis para seu desenvolvimento. Com o esgotamento dos nutrientes colocados na cova pela adubação de plantio, as plantas começam a apresentar uma redução no desenvolvimento, pois as raízes não conseguem explorar o solo fora da cova de acordo com sua exigência em água e nutrientes. O espelhamento das covas, principalmente, quando estas são abertas com brocas, constitui-se numa barreira física às raízes após o esgotamento das reservas nutricionais.

Quando se fala em recuperar solos degradados, considera-se, áreas em que o mau uso e/ou o uso destas como áreas de empréstimo as colocou em um estado de degradação tal que, a fixação da vegetação é muito lenta ou muitas vezes impedida e, dentre os vários tipos de áreas degradadas maior atenção deve ser dada aquelas originadas pela retirada da cobertura vegetal, principalmente florestal (Alvarenga e Souza, 1995). A reabilitação de terras degradadas é uma forma especial de sucessão caracterizada pela intervenção humana e com gasto de energia. A reabilitação de ecossistemas degradados envolve ações muitas vezes dispendiosas, Brown e Lugo (1994).

De qualquer forma, existem atividades que degradam por retirar a camada (ou camadas) superficial(ais) do solo e as atividades que, embora não a(s) remova(m), esgotam o solo nutricionalmente não proporcionando uma revegetação natural. Assim, Brown e Lugo (1994) resumem em três as estratégias para a recuperação de áreas degradadas; ou seja, reabilitação através da eliminação dos agentes que causam baixo impacto (ocorre quando a sucessão, sem a intervenção humana, é muito lenta); reabilitação de terras de plantio (quando há necessidade de medidas como aração, gradagem, adubação e correção do solo); reabilitação de terras degradadas por gerência do homem - mineração por exemplo (são necessários grandes esforços para a reabilitação como recompor a topografia, a hidrologia, as condições edáficas e o material biótico).

Bradshaw (1983) considera dois os processos de regeneração de ecossistemas degradados, isto é, processo natural e processo artificial. No processo natural ocorre inicialmente uma colonização e, posteriormente, um desenvolvimento do ecossistema. A colonização ocorre, segundo esse autor, levando alguma vantagem sobre aquela que ocorreu durante a glaciação ou atividade vulcânica, porque o solo, embora depauperado, já pode funcionar como um esqueleto para o desenvolvimento das comunidades pioneiras. Assim, nas terras abandonadas (degradadas) o que ocorre é: uma imigração de espécies (apenas aquelas com poder apropriado de dispersão conseguem alcançar estes locais degradados); uma primeira seleção das espécies adaptadas (dadas as condições inóspitas do local apenas poucas espécies conseguem sobreviver nestas condições "especiais"); uma segunda seleção (apenas as adaptadas que conseguem evoluir sua adaptação e permanecem no sistema); e um crescimento lento (forma-se uma flora muito distintiva, eliminando-se aquela que não tolera competição. Há na verdade uma outra seleção). Após a seleção, uma grande variedade de espécies tomam conta do local, promovendo, aos poucos, alterações nas

características físicas, químicas e biológicas do solo. Gradativamente são adicionados nutrientes pela reciclagem continuando o processo sucessional, que, embora extremamente lento consegue recompor o ecossistema.

2.4 Aspectos físicos e químicos dos solos degradados

Um aspecto de grande importância a ser considerado na recuperação de áreas degradadas pela mineração relaciona-se com as características físicas dos solos. De acordo com Silva e Ribeiro (1992), mesmo com o uso de fertilizantes, variedades adaptadas e controle de pragas e doenças, boas produtividades não serão atingidas se houver degradação das características físicas do solo. (Em áreas mineradas, o tráfego intenso de máquinas e veículos durante todo o processo de exploração altera estas características, ^{na} principalmente, pela compactação do solo.) Segundo Manfredini, Pavodese e Oliveira (1984), a estrutura do solo desempenha um papel fundamental nas relações entre as fases sólida, líquida e gasosa, com marcada influência nos processos pedogenéticos e potencialidade agrícola. Sendo muito dinâmica, (a estrutura pode ser alterada em resposta a mudanças nas atividades biológicas causadas pelas práticas de manejo do solo, refletindo em aumentos nos valores de densidade do solo, evidenciando sua compactação e, uma diminuição da porosidade e redução da infiltração.)

É sabido que valores baixos de densidade do solo indicam boas condições para o manejo do solo e desenvolvimento das culturas. No entanto, Baruqui (1983) comenta que, não há uma escala determinando os limites de classes de densidade baixa, média ou alta para os solos, uma vez que o tipo de pedomaterial que o compõe pode alterar os valores da densidade (Ds). (Para se fazer uma avaliação, deve-se comparar os valores obtidos para Ds das áreas em questão com outros de áreas comprovadamente não compactadas estabelecendo, para cada caso, as classes de densidade.) De maneira geral, teores maiores de matéria orgânica contribuem para diminuir os valores de Ds, enquanto a compactação causa seu aumento. Portanto, os valores de Ds poderão ser alterados pelo manejo adotado em função da disposição das partículas do solo.

(O volume de poros do solo, segundo Camargo (1983), é uma propriedade inversamente relacionada com a compactação, uma vez que esta influencia na aeração do solo, causando uma diminuição da porosidade e redução na difusão de oxigênio.) Vieira (1985) observou que uma diminuição da macroporosidade ocasiona um aumento na microporosidade, fato que levou Stolf

(1987), citado por Thurler (1989) a considerar a macroporosidade como fator indicativo de compactação do solo.

No contexto de recuperação de áreas degradadas, pouco se conhece sobre as diferentes limitações químicas dos solos uma vez que estes, quando submetidos à recuperação, muitas vezes são constituídos de material retornado da mineração (como no caso da exploração de xisto pirobetuminoso e bauxita). Suas características e/ou propriedades são altamente dependentes do tipo do material extraído. De maneira geral, ^{(No geral,} os solos minerados são de baixa fertilidade, suscetíveis à erosão e com níveis elevados de elementos minerais tóxicos (alguns com minerais pesados ou radioativos). Entretanto, o baixo nível de fertilidade destes solos, ao que tudo indica, é um fator de pequena relevância, uma vez que sempre é feita uma correção da fertilidade, pelo menos na cova. Além do mais, as espécies leguminosas, quando inoculadas e adubadas, são eficientes em fixar nitrogênio, devolvendo ao solo o folheto que, ao se decompor adiciona consideráveis quantidades de nutrientes. (Segundo Franco *et al.* (1992), modelos de recuperação de solos degradados devem-se basear em tecnologias que promovam não apenas a utilização de espécies de rápido crescimento, mas, também, que sejam capazes de melhorar o solo por meio do aporte de matéria orgânica.) Montagnini e Sancho (1990) citados por Dias, Franco e Campello (1994), comentam que esta melhoria se faz tanto pela deposição de material vegetal como pela ciclagem de nutrientes. Portanto, além de formar uma cobertura vegetal protetora do solo, também facilita o estabelecimento de outras espécies vegetais mais exigentes em nutrientes. Porém, num sítio degradado onde as características químicas não foram melhoradas, estas podem definir o tipo de vegetação existente. A esse respeito, em um levantamento realizado em aproximadamente 12.000 ha de superfícies mineradas que permaneceram sem recuperação até 1981, em Oklahoma (EUA), e que revegetaram-se naturalmente, Johnson, Gibson e Risser (1982), verificaram, em algumas minas selecionadas, o desenvolvimento de 2 grupos de vegetação: um grupo de biomassa mais rala com valores pH do solo ácido e altos teores de Fe, Mn e Zn; e outro grupo de biomassa mais rica em espécies onde o valor de pH do solo era relativamente mais alto, os solos mais argilosos e com teores de N e Ca altos. Nos locais abandonados mais recentemente a vegetação era ainda esparsa e o solo não desenvolvido.

⇒ Embora as características químicas sejam um fator limitante ao desenvolvimento vegetal nas áreas degradadas, sobretudo com relação ao N, P e matéria orgânica, é um parâmetro de mais fácil correção que as características físicas indesejáveis. A esse respeito, Santos Filho *et al.* (1987),

citados por Paim (1995), estudando as principais características que influenciavam o crescimento em altura do pinheiro no estado do Paraná, não encontraram correlação com as propriedades químicas do solo, porém verificaram correlação com a disponibilidade de água. Portanto, mais importante que a simples correção da fertilidade dos solos minerados estão as práticas de manejo que visam aumentar a porosidade total e a matéria orgânica do solo.

2.5 Aspectos Microbiológicos dos Solos Submetidos à Recuperação

O manejo do solo e de sua cobertura vegetal reflete-se em suas características biológicas (além das físicas e químicas). A calagem e adubação mineral ou orgânica favorecem o desenvolvimento microbiano de forma direta, pelo aumento do pH e da 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.

Nas áreas mineradas, a redução da aeração do solo, principalmente pela compactação, limita as trocas gasosas entre o solo e atmosfera dificultando ou impedindo o desenvolvimento microbiano. Num programa de recuperação, essa condição indesejável terá que ser rompida através de medidas que favoreçam a proliferação dos microrganismos.

Smeltzer, Bergdahl e Donnely (1986), em um estudo para avaliar os efeitos da compactação na dinâmica de microrganismos do solo verificaram que as populações de fungos, bactérias, nematóides e artrópodes foram significativamente mais elevadas no tratamento controle (sem compactação) e menores nos tratamentos submetidos à compactação. Por outro lado, verificaram uma maior colônia de *Fusarium*, um fungo com muitas espécies patogênicas de plantas, nos tratamentos com compactação (alta densidade do solo e resistência à penetração das raízes e com pouca matéria orgânica). Estes fungos raramente foram isolados nos tratamentos controle.

Um solo não degradado é um ambiente favorável aos microrganismos, os quais constituem a sua microbiota que é representada por componentes da microfauna, bactérias, fungos, actinomicetos e algas. Os animais microscópicos do solo representados principalmente pelos nematoides, protozoários e rotíferos, são muito abundantes e também de grande importância na cadeia trófica e para o equilíbrio biológico do solo. Com a degradação, ocorre redução nas

populações microbianas que, como consequência, provoca diminuição a níveis insatisfatórios de importantes processos no solo (Siqueira, 1993). |

De acordo com Curi *et al.* (1993), os organismos que habitam o solo são responsáveis direta ou indiretamente por processos microbiológicos e bioquímicos diversos, todos de grande importância para os ecossistemas agrícolas e florestais. Em suma, tais processos podem ser resumidos em ciclagem de nutrientes, decomposição e mineralização da matéria orgânica. Maschio *et al.* (1992) fizeram um estudo comparativo de solos sob mata nativa, sob reflorestamento com bracatinga (*Mimosa scabrella*), com eucalipto (*Eucalyptus viminalis*) e com pinheiro (*Pinus taeda*) e solos desnudos, submetidos aos processos subsequentes de mineração de xisto pirobetuminoso e recomposição (exceto o solo de mata). Os autores verificaram que o florestamento do solo com bracatinga foi o mais eficiente, recuperando 83,33% dos componentes da diversidade original, que foram perdidos durante a sequência degradação-recomposição. As modificações a nível de fertilidade, que ocorrem no solo sob bracatinga, deslocaram o equilíbrio microbiológico original, com prevalência de *Paecilomyces*, *Chaetomium* e *Gongronella*, em direção a um novo equilíbrio com predominância de *Trichoderma*, *Fusarium* e *Mucor*, dentro de um aparente processo sucessional paralelo ao da vegetação. No florestamento com eucalipto não houve perda, pelo contrário, houve acréscimo de uma nova espécie às demais.

A fixação biológica de nitrogênio tem grande importância na recuperação de áreas degradadas. Muitas espécies arbóreas leguminosas e não leguminosas realizam este processo. As leguminosas fixadoras são infectadas por um grupo de bactérias conhecidas por "rizóbio", formando nódulos nas raízes. Para a formação do nódulo, o rizóbio quando não presente no solo, tem que ser introduzido através da inoculação. Segundo Siqueira e Franco (1988), a inoculação deve ser efetuada usando as quantidades de inoculante e sementes indicadas. A inoculação com rizóbio tem por finalidade colocar, junto à semente uma população de rizóbio específico e comprovadamente capaz de nodular a planta formando uma simbiose eficiente.

Vários fatores como a temperatura, umidade, aeração e pH do solo, podem limitar a fixação biológica de N₂ nas leguminosas reduzindo ou até impedindo a nodulação. A capacidade de fixar N₂ atmosférico confere vantagens competitivas aos ambientes onde este elemento é limitante, como acontece nas áreas degradadas. De acordo com Curi *et al.* (1993), os estresses do solo não se limitam à disponibilidade de material com alta relação C/N e aos problemas de antagonismo microbiano. Pela sua capacidade de fixar N, as leguminosas são importantes nos

ecossistemas florestais nativos e também para a regeneração de matas em áreas degradadas, pois além da baixa exigência em N elas produzem matéria orgânica rica nesse elemento, melhorando assim as condições biológicas e a fertilidade do solo (Franco *et al.*, 1992).

Com referência à micorrização, Siqueira e Franco (1988) esclarecem que micorrizas não são fungos, não são raízes ou quaisquer associações entre fungos e raízes, mas sim associações mutualistas entre raízes e certos grupos de fungos do solo. A planta através de sua capacidade de realizar fotossíntese, fornece energia e carbono ao fungo, enquanto este absorve nutrientes minerais do solo e os transfere à planta, garantindo assim a sobrevivência de ambos os simbioses.

Relacionando-se às micorrizas, as ecto e as endomicorrizas são as mais importantes. Segundo Siqueira e Franco (1988), as ectomicorrizas causam alterações nas raízes podendo ser observadas à vista desarmada, enquanto que as endomicorrizas, por não causarem tal alteração visual, necessitam de corantes especiais para serem detectadas. Contudo, as ectomicorrizas, mais facilmente visualizadas, tem sua ocorrência limitada a determinados grupos de plantas e ecossistemas; por outro lado, as endomicorrizas, que só podem ser detectadas através de observações microscópicas de segmentos de raízes, mesmo naquelas com elevada taxa de colonização, são de ocorrência generalizada.

De acordo com Siqueira e Franco (1988) as micorrizas são influenciadas por fatores inerentes à planta, ao fungo e ao ambiente (solo e clima). Dentre os fatores de solo pode-se citar a disponibilidade de nutrientes, a reação do solo, a concentração de elementos metálicos, a umidade, a aeração e a textura do solo, microbiota e fauna, temperatura e sistemas de manejo. Os fatores relacionados à planta são as espécie, as variedades e cultivares, o estado nutricional, a idade, a presença de compostos fungistáticos ou alelopáticos, desfolha, pastejo, poda e aplicação de fitohormônios. Quanto aos fatores climáticos, a intensidade luminosa, a temperatura e a quantidade e distribuição das chuvas atuam sobre as micorrizas.

Num ambiente degradado, é possível identificar muitos desses fatores limitantes, sendo, muitas vezes indispensável adotar medidas que retornem as condições naturais ou que, pelo menos, favoreçam a colonização da área pelos microrganismos.

2.6 Ciclagem de Nutrientes em Áreas Recuperadas

serapilheira p. 9

A importância em se fazer a determinação do teor de litter, bem como de sua composição química, é se ter uma idéia da taxa ou coeficiente de decomposição dos resíduos orgânicos depositados periodicamente pela espécie e da quantidade de elementos nutrientes que estão sendo colocados no sistema via reciclagem de nutrientes.

O coeficiente de decomposição depende das condições edáficas, da cobertura vegetal, do clima e do tipo de material (teor de fibra). Já a quantidade adicionada de nutrientes, varia em função das exigências nutricionais das espécies e de sua translocação para partes da planta de vida mais curta, como folhas, flores e frutos. Portanto, é uma ferramenta indispensável em um programa de recomposição vegetal de áreas degradadas.

A importância em se avaliar a produção de folheto diz respeito a dois aspectos fundamentais no contexto de recuperação de áreas degradadas: primeiramente, quanto a quantidade de material depositado nas quatro épocas do ano, proporcionando um aumento do teor de matéria orgânica no solo. Esta adição será mais lenta ou mais rápida em função do tipo de material depositado (mais ou menos rico em lignina) e das condições ambientais locais (microclima), ou seja, depende diretamente da taxa de decomposição. Inicialmente, o interesse se resume em proporcionar um maior acúmulo de material orgânico no solo, o que melhoraria as condições físicas, químicas e microbiológicas do solo degradado. Em segundo lugar, a queda de folheto tem relação direta com o fornecimento de grande parte dos nutrientes retirados pelas plantas, ou seja, do retorno de nutrientes ao solo através da decomposição do folheto.

Dada a importância do folheto ou serapilheira na recuperação de áreas degradadas, muitos trabalhos tem sido conduzidos sobre a produção de serapilheira (Britez *et al.* (1992), Koehler e Reissmann (1992), Koehler, Soares e Reissmann (1990), Teixeira *et al.* (1992), Merguro, Vinueza e Delitti (1979), Morellato-Fonzar (1987), Pagano (1989), e Gisler (1995), dentre outros.

O processo de recuperação de áreas degradadas, visa não somente o rápido recobrimento do solo, como também a manutenção do solo coberto e o equilíbrio ecológico das espécies através do processo de ciclagem de nutrientes. Esta, é um processo que possibilita retornar ao solo parte dos nutrientes retirados por uma planta, através da queda de folhas e outras partes que posteriormente são mineralizadas, liberando elementos essenciais para a vegetação.

Nas áreas mineradas, o teor de matéria orgânica e nutrientes na camada superficial é baixo ou inexistente. A aplicação de serapilheira na superfície do solo para acelerar o processo de revegetação dessas áreas tem sido uma prática adotada pelas empresas mineradoras. De acordo com Golley *et al.* (1978), a serapilheira inclui folhas, caules, ramos, frutos, flores e outras partes da planta, bem como restos de animais e material fecal. Uma vez feita a serapilheira, ela sofre um processo de decomposição com a liberação eventual dos elementos minerais que compõem os tecidos orgânicos. Nas florestas tropicais úmidas as folhas e as partes florais podem começar o processo de desdobramento quando ainda na planta, e a decomposição, com exceção das madeiras muito resistentes, se processa rapidamente na superfície do solo. A velocidade com que se dá a queda de material e a decomposição podem ser determinadas através da coleta do que cai em coletores apropriados e pelo isolamento do material caído no chão, reexaminando-o periodicamente.

O uso da matéria orgânica, na agricultura é ainda uma prática comum na moderna horticultura e jardinagem. Segundo Facelli e Pickett (1991) citados por Gisler (1995), a serapilheira pode ser usada para diminuir a infestação de pragas, para impedir o congelamento do solo, para reduzir a evaporação ou para prevenir a erosão do solo. De acordo com esses autores, esta altera o ambiente físico e químico direta e indiretamente. Sua decomposição, pode liberar nutrientes e substâncias fitotóxicas para o solo. As mudanças produzidas pela serapilheira também alteram a atividade dos decompositores, resultando em um efeito indireto no ambiente químico. Acumulada no solo intercepta a luz sombreando as sementes e plantas reduzindo a sua amplitude térmica e, por conseguinte, evitando a evaporação. Por outro lado, ela pode diminuir a disponibilidade de água quando retém uma parte da água da chuva e, criar uma barreira física para plântulas e para a emergência de sementes.

No processo de revegetação de um ambiente desfavorável, como as áreas mineradas, a colocação de serapilheira retirada de uma mata circunvizinha constitui um habitat muito favorável ao desenvolvimento de plantas invasoras, desejáveis no processo sucessional. Assim, o tipo de sucessão vegetal que ocorrerá terá características mais próximas à de uma sucessão secundária do que de uma primária, embora o subsolo tenha sido exposto e alterado, tornando o substrato praticamente inerte e, o homem, através das práticas adotadas tornou artificialmente o substrato menos primitivo à reocupação da vegetação. O conhecimento da interação solo-serapilheira é a

chave para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas e elaboração de um manejo adequado das áreas a recuperar, Gisler (1995).

Muitos trabalhos têm sido conduzidos sobre a produção e decomposição da serapilheira. Em uma floresta de *Araucaria angustifolia*, em São Mateus do Sul (PR), Brites *et al.* (1992) encontraram uma produção total de serapilheira em torno de 5,5 t/ha/ano sendo que a maior deposição ocorreu no período da primavera. Foram depositados ao solo florestal, pela serapilheira, cerca de 90 kg/ha de N; 60 de Ca; 30 de K; 16 de Mg e 6 kg/ha de P. Em Lapa (PR), Koehler e Reissmann (1992) encontraram quantidades menores, tanto da serapilheira produzida como dos nutrientes adicionados, numa avaliação de 15 anos, em uma floresta de *Araucaria angustifolia*. Foram depositados aproximadamente 4,6 t/ha/ano de serapilheira e os macronutrientes reciclados na seguinte ordem: Ca>N>Mg>K>P. Em Ponta Grossa (PR), numa floresta de *Pinus taeda*, Koehler, Soares e Reissmann (1990) encontraram quantidades depositadas de serapilheira variando de 6,7 a 8,4 t/ha/ano sendo a maior quantidade depositada no outono. Quantidades aproximadas a essas (cerca de 7,2 t/ha) foram encontradas por Teixeira *et al.* (1992) na Reserva Biológica do Instituto de Botânica de São Paulo em uma Floresta Pluvial Atlântica. Alguns autores estudaram a produção de serapilheira em matas mesófilas semidecíduas, dentre os quais, Merguro, Vinueza e Delitti (1979), em mata secundária em São Paulo, onde a produção foi de 9,4 t/ha/ano; Morellato-Fonzar (1992), em Jundiá (SP), obteve 8,3 t/ha/ano; Pagano (1989) em Rio Claro (SP), 8,5 t/ha/ano; e Gisler (1995), trabalhando com mata perturbada e não perturbada pela mineração em Poços de Caldas (MG), obteve produção de: 8,5 t/ha/ano em mata do Retiro Branco não perturbada, 6,2 e 7,1 t/ha/ano no ano de 1990 e 1991, respectivamente, para a mata não perturbada de Santa Rosália, e 5,7 t/ha/ano em mata perturbada (Santa Rosália). Este autor comenta ainda que, Bray e Gorham (1964) afirmam que a quantidade prevista de serapilheira produzida para regiões de latitude 21° S é 8,0 t/ha.

A serapilheira é produzida através da queda do folhêdo (folhas, caules, galhos, flores, frutos e sementes), que após sua mineralização pelos microrganismos fornece nutrientes que são assimilados pelas plantas, promovendo uma reciclagem da matéria no sistema solo-planta. Assim sendo, a serapilheira é a etapa de retorno da matéria orgânica, dos seus elementos minerais (essenciais ou não) e das partes aéreas das plantas para a superfície do solo. Por se constituir de uma diversidade de tipos de matéria orgânica, a quantidade e a natureza da serapilheira desempenham um importante papel na formação e manutenção da fertilidade do solo. Isto é

especialmente válido para solos muito intemperizados (Spain, 1984 citado por Gisler, 1995). A queda de folhas é causada pela sua senescência resultante de processos ligados à fisiologia de cada espécie, ou por estímulos ambientais como fotoperíodo, temperatura, estresse hídrico, etc. Portanto, no aspecto de recuperação de áreas degradadas, a quantidade de serapilheira depositada mensalmente deve ser analisada tendo em vista as variações do ambiente, principalmente em relação à precipitação pluviométrica e à temperatura. Outros fatores que alteram a queda de folheto em uma determinada área é a topografia e a altitude, além de fatores edáficos e fitossociológicos. Áreas mais altas sofrem mais as oscilações climáticas por situarem em local menos protegidos dos ventos.

2.7 Estudos Fitossociológicos

2.7.1 Diversidade Florística

A importância da determinação da diversidade florística se resume na avaliação da metodologia de recuperação dos locais degradados, que sofreram distúrbios pelas atividades humanas. Segundo Carpanezzi *et al.* (1990), um ecossistema degradado é aquele que teve eliminado, juntamente com a vegetação, os seus meios de regeneração biótica, como banco de sementes, banco de plântulas, chuvas de sementes e rebrota. Esse ecossistema apresenta, portanto, baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento. Por outro lado, esses autores consideram ecossistema perturbado, aquele que sofreu distúrbio mas manteve meios de regeneração biótica (o que dificilmente acontece num local minerado). Assim sendo, a ação humana não é obrigatória mas auxilia na recuperação de ecossistemas perturbados, uma vez que a natureza pode se encarregar da tarefa. Enquanto o processo de regeneração natural é lento, a ação dos processos de degradação é rápida, muitas vezes impedindo a recuperação da área submetida a degradação pelo homem. A condição original de um ecossistema inclui tanto seus componentes (plantas, animais e fatores bióticos) como seus serviços ou funções (papel hidrológico, estético, etc). A recuperação de um ecossistema não deve ser confundida com ações superficialmente similares que visam outros fins, como a produção florestal em terrenos profundamente alterados.

A diversidade florística, também conhecida como heterogeneidade florística, é uma expressão da estrutura da comunidade ou de sua organização biológica (Brower e Zar, 1977). De acordo com esses autores, a diversidade florística tem sido utilizada por muitos ecologistas como um índice de maturidade da comunidade de plantas, sobre a premissa de que uma comunidade se torna mais complexa e mais estável à medida que se torna mais madura. Desta forma, uma comunidade com baixo número de espécies apresenta baixo número de diversidade. Por outro lado, quando a diversidade é alta, significa que há uma alta complexidade da interação dos indivíduos.

2.7.2 Estimativa da Estrutura Horizontal

Lamprecht (1964), inclui a estimativa de parâmetros populacionais relativos à densidade ou abundância, dominância e frequência, nas suas formas absoluta e relativa. Estas estimativas proporcionam o cálculo do “Índice do Valor de Importância, que é uma expressão obtida pela soma dos três parâmetros.

A análise da estrutura horizontal inclui: a estimativa dos parâmetros densidade ou abundância, que é o número de plantas de cada espécie na composição florística do povoamento; dominância, definida como a medida da projeção do corpo da planta no solo; frequência, que mede a distribuição de cada espécie, em termos percentuais, sobre a área; índice do valor de importância, que é a combinação, em uma única expressão, desses três dados estruturais; e índice do valor de cobertura, que, também em uma única expressão, é dado pela soma dos valores relativos da densidade e da dominância.

2.8 Regeneração Natural

Segundo Sheiran et al. (s.d.), citados por Lorenzo (1991), a estrutura e a função de comunidades naturais são inevitavelmente alteradas pelas operações de mineração, as quais causam impactos quase sempre irreversíveis sobre essas comunidades, ao ponto de chegar a destruí-las algumas vezes. Assim sendo, o trabalho de recuperação destas áreas envolve um manejo artificial do processo de sucessão e aceleração do padrão pelo qual a comunidade retorna ao estágio de clímax.

Para uma recuperação mais rápida do solo, da vegetação e da paisagem de uma área minerada, é indispensável a sua revegetação, o que demanda o conhecimento sobre as espécies que podem desenvolver-se normalmente nessas áreas alteradas. A mineração, com o agravante da retirada da cobertura vegetal, promovem alterações muito profundas no substrato e, sobre esse subsolo exposto, ocorreria a sucessão primária. No entanto, a instalação de uma cobertura vegetal suficiente para impedir a atuação dos processos erosivos é extremamente lenta enquanto a erosão evolui rapidamente. Daí, o homem, por imposição da Lei, ou por consciência própria, utiliza de estratégias que visam acelerar o desenvolvimento vegetal, devolvendo a essas áreas a camada superficial original, adicionando matéria orgânica, adubos químicos e corretivos promovendo, assim, melhoria das propriedades físicas e químicas do solo e, como num campo agrícola abandonado, o tipo de sucessão ecológica que aí ocorre é o secundário. De acordo com Grime (1983), no processo de recolonização de um ambiente perturbado, a vegetação está sujeita às mudanças temporais tanto na composição de espécies como na importância relativa dos tipos de vida existentes.

O termo regeneração natural tem um significado muito amplo, pois abrange todos os métodos empregados pelas plantas na produção de seus estádios juvenis. Por isso, segundo Fatubarim (1987), o fenômeno da regeneração natural é de suma importância na manutenção da estabilidade numérica e de uma estável estrutura de idade das espécies de plantas nas comunidades.

Finol (1971) define o termo regeneração natural como sendo todos os descendentes das plantas arbóreas que se encontram entre 10 cm de altura até o limite de diâmetro estabelecido no levantamento estrutural. A regeneração natural é dividida por Rollet (1978) em dois conceitos: um estático, em que a regeneração natural significa o número de indivíduos de cada espécie na categoria de tamanho inferior; e um dinâmico, em que esta significa o processo natural de estabelecimento da regeneração. Para Poggiani (1989), o processo evolutivo da vegetação até a formação de uma floresta semelhante à primitiva, após o desmatamento parcial ou total de uma área, recebe o nome de regeneração natural, sendo que esse processo pode durar de 50 a 100 anos, nos trópicos.

Os ecossistemas naturais diferem amplamente daqueles modificados pelo homem. Nos primeiros, existe uma grande diversidade de espécies, interligadas numa série de complexos relacionamentos. Quando a área é alterada, a superfície é invadida por espécies colonizadoras, e

estas fornecem sombra, nutrientes e “litter” para outras espécies se estabelecerem e iniciarem o processo da comunidade por meio de estágios sucessivos, até alcançarem a condição de clímax (Ford e Langkamp, 1987).

A maior parte da flora de invasoras nos trópicos, segundo Kellman (1980) citado por Gisler (1995), é formada por espécies indígenas e cosmopolitas e, no Brasil (Garcia, 1988), são inúmeras as listas de espécies de plantas infestantes das diferentes culturas, principalmente nas regiões sul e sudeste. Lorenzo (1991), Lorenzo *et al.* (1994) e Gisler (1995), trabalhando em áreas mineradas pela Alcoa, em Poços de Caldas, encontraram como espécies mais comuns, *Clethra scabra*, *Eupatorium vautherianum*, *Byrsonia variabilis* e *Miconia theaezeans*.

Referindo-se às espécies lenhosas, Lorenzo (1991) e Lorenzo *et al.* (1994), estudaram aquelas que regeneraram naturalmente em áreas de bauxita mineradas há cinquenta anos no município de Poços de Caldas. As espécies lenhosas apresentaram maior exuberância nos locais intensamente minerados tendo a família Melastomataceae o maior índice de valor de importância; e a Compositae o maior valor no local não minerado. De acordo com esses autores, estes resultados estão relacionados ao fato de a mineração promover a melhoria do solo removendo o alumínio, além de que a mineração manual, feita há quase cinquenta anos, cria locais que acumulam água e sedimentos durante as chuvas, favorecendo as espécies lenhosas.

Um fato que favoreceu a ocorrência de outras espécies no processo de reabilitação das áreas foi o uso de sementes lançadas à mão e de fertilizantes para a promoção de uma rápida e diversificada cobertura vegetal que previne a erosão, provê habitats, acumula altos níveis de nutrientes e acelera processos de ciclagem de nutrientes.

Koch e Ward (1994) estudaram o estabelecimento da vegetação em áreas mineradas de bauxita em floresta de *Eucalyptus marginata* Donn. ex Smith, na Austrália, verificando os efeitos da aplicação de diferentes fertilizantes, aplicações de sementes e a composição florística antes da mineração. Os autores verificaram que a aplicação de N e P juntos não afetaram a densidade das plantas mas, incrementaram a riqueza das espécies e a cobertura vegetal, quando comparada com fertilização apenas com P. A semeadura à mão proporcionou uma densidade média de 6,8 plantas/m², uma cobertura média de 18,6% e uma riqueza média de 44,5 espécies/80m², significativamente superiores às áreas onde um “coquetel” de não leguminosas foi aplicado ou onde não havia sido aplicada semente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

Este estudo foi realizado no município de Poços de Caldas em duas áreas onde a ALCOA Alumínio S.A. vem extraindo bauxita desde 1970 e que, a partir de 1978 iniciou o processo de recuperação. Estas áreas são denominadas Retiro Branco (RB) e Santa Rosália (SR).

O município de Poços de Caldas está situado na região Sul do estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 21°47'13" latitude Sul e 46°34'10" longitude Oeste (Minas Gerais, 1926). O município abrange uma área de 533 km², e está situado a 1.186 m de altitude num planalto de forma elíptica, denominado planalto de Poços de Caldas (Baldassari, 1989).

O clima da região é do tipo Cfb (subtropical úmido) pela classificação de Köppen e se caracteriza por apresentar duas estações sazonais bem definidas, uma chuvosa que vai de outubro a março e, uma seca, de abril a setembro, INDI (1977), citado por Pereira (1986). De acordo com FIBGE (1977), a duração do período seco é de dois meses (julho e agosto) e, segundo a Poços de Caldas (n.d.), o índice pluviométrico anual é de 1.600-1.700 mm, a temperatura média anual é de 24,3 °C, sendo a média das máximas, de 25,9 °C e das mínimas de 7,4 °C.

Os solos do Planalto de Poços de Caldas (Oliveira *et al.* 1987, citados por Gisler, 1995) caracterizam-se como associações de Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro Distróficos, Podzólicos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Álicos e Distróficos. Segundo esses autores, os perfis, à exceção dos Latossolos, apresentam-se pouco desenvolvidos, com fase

pedregosa e muito pedregosa de origem coluvial, com horizonte A moderado, textura média a muito argilosa e relevo ondulado a montanhoso. Nos Latossolos, ocorre também fase pedregosa e muito pedregosa.

A vegetação original dos locais estudados, segundo Gatto *et al.* (1983), era constituída pela dominância de contatos transicionais de floresta estacional semidecídua e floresta umbrófila mista. Estas matas caracterizam-se pela perda de grande parte das folhas no período frio e seco (semi-caducifólias) entre junho e agosto.

3.2 Caracterização das Áreas Experimentais

Este trabalho foi realizado em áreas de mineração de bauxita, onde a recuperação foi realizada entre 4 e 15 anos, sem uma metodologia científica, através da utilização de vários procedimentos, sem contudo, submetê-los a uma avaliação técnica. Portanto, não se tem até o momento, um conhecimento técnico, de qual procedimento mais contribuiu para uma melhor recuperação das áreas.

Desta forma, este trabalho constitui-se num estudo do estado da arte da recuperação de áreas mineradas, ou seja, partiu-se de uma situação já construída, sem se montar experimentos específicos, e a partir de verificações de parâmetros de solo e de vegetação, avaliar as possíveis diferenças nas metodologias até então utilizadas, com o objetivo de fornecer subsídios para se determinar estratégias e metodologias futuras para recuperação das áreas mineradas.

As áreas estudadas foram representadas por códigos que auxiliam a sua localização. Estes códigos foram formados, tomando-se as duas primeiras letras dos locais onde elas ocorrem, seguidas de uma numeração de ordem, isto é, as áreas do local Retiro Branco, foram identificadas por símbolos começando por RB, da mesma forma que aquelas de Santa Rosália começam por SR.

3.2.1 Retiro Branco

3.2.1.1 RB1- Mata natural

Área não minerada, cuja cobertura vegetal é mata nativa original, portanto, indica as características e/ou propriedades originais do substrato perturbado pela mineração. Esta área foi utilizada como testemunha das áreas recuperadas do local denominado Retiro Branco (áreas começadas por RB). Para estudos de vegetação, estimou-se uma área de 5,0 ha. As amostragens para estudos de solos e de vegetação foram realizadas no interior da mata, em parcelas marcadas aleatoriamente.

3.2.1.2 RB2- Mimososa (*Mimosa pseudoincana*)

Área de 1,2 ha, foi minerada no início de 1988 e recuperada em novembro do mesmo ano. Foram plantadas 1625 mudas de espécies nativas diversas em covas de 0,70x0,70x0,70 m espaçadas aleatoriamente. Nas 1625 covas foram misturados 21 m³ de esterco de curral. Após o plantio das mudas foi feita uma semeadura de cerca de 200 kg de sementes diversas, incluindo espécies arbóreas, arbustivas, gramíneas (azevém, *Brachiaria decumbens*, *Melinis minutiflora*) e leguminosas herbáceas (guandu- *Cajanus cajan* e outras), através da hidrossemeadura. Estas sementes foram coletadas nos arredores da área, por um equipamento próprio, através do qual coletava-se toda e qualquer semente nos diversos estágios de desenvolvimento, o que certamente contribuiu para uma baixa taxa de germinação.

Nas bordas, plantou-se a *Mimosa pseudoincana* para contenção de deslizamentos. Esta espécie, por sua agressividade, disseminou-se por toda a área, dominando a vegetação plantada e/ou semeada, eliminando-as quase que totalmente. Atualmente, a vegetação é predominantemente de mimosa.

Os componentes da hidrossemeadura, além do adesivo químico, foram: 800 kg/ha da fórmula 10-30-6; 1100 kg/ha de termofosfato magnésiano (Yoorin); e, 200 kg de sementes diversas (arbóreas, arbustivas, gramíneas e leguminosas). A aplicação de fertilizantes foi feita espalhando-os em toda a superfície da área, em cobertura. Fez-se a calagem à lanço, sem incorporação, 45 dias antes do plantio, utilizando-se calcário dolomítico na dosagem de 3 t/ha.

Esta área limita-se por três lados com a mata nativa, e pelo lado de cima com a área seguinte.

3.2.1.3 RB3- Nativas plantadas em áreas terraceadas

Área com 1,2 ha foi minerada em 1988 e recuperada de janeiro a março de 1989. Foram plantadas 1211 mudas de espécies nativas diversas (as mesmas plantadas na área anterior), em covas de 0,70x0,70x0,70 m, contendo 32 m³ de esterco de curral, 600 kg/ha da fórmula 10-30-6 e 600 kg de calcário dolomítico (nas 1211 covas).

Após o plantio, foram aplicados 750 kg/ha de fertilizante como formulado 10-30-6 à lanço, em cobertura. Não foi realizada sementeira. Esta área, situa-se em uma posição mais elevada na paisagem que a anterior (RB2), em relevo mais íngreme, razão pela qual fez-se terraceamento para impedir a erosão.

Limita-se pela parte de baixo, com a área anterior (RB2), por um dos lados com eucalipto, e pelo outro lado e pelo lado de cima pela mata do Retiro Branco (RB1).

3.2.1.4 RB4- Nativas semeadas

Área com 2,0 ha, foi minerada em 1985 e recuperada de setembro de 1985 a março de 1986. O tipo de plantio utilizado foi a sementeira à lanço, de 100 kg de sementes de espécies arbóreas, arbustivas, gramíneas e leguminosas herbáceas, colhidas nos arredores.

Para correção da fertilidade e da acidez do solo foram espalhados à lanço, 400 kg/ha da fórmula 10-30-6; 200 kg/ha de termofosfato magnésiano (Yoorin) e 4 t/ha de calcário dolomítico.

Nesta área houve uma certa infestação pelo capim gordura (*Melinis minutiflora*), porém as mudas já encontravam-se bem desenvolvidas, não sendo prejudicadas por esta gramínea. Atualmente, o capim gordura ocupa o estrato inferior da área.

Esta área situa-se numa posição intermediária na paisagem (degrau), tendo eucalipto e capim gordura pela parte de cima e mata nativa e capoeira pela parte de baixo. Esta posição dificulta a entrada de sementes de outras espécies no sistema, uma vez que a vegetação de mata encontra-se numa posição mais baixa, limitando a regeneração natural.

3.2.1.5 RB5- Capim gordura (*Melinis minutiflora*)

Área com 1,5 ha, foi minerada em 1991 e recuperada em março de 1992. Foram plantadas 2.260 mudas de espécies nativas diversas (em 1,5 ha) em covas de 0,70x0,70x0,70 m espaçadas aleatoriamente, mais 300 mudas pequenas distribuídas ao acaso no meio das demais, totalizando 1560 mudas plantadas. Além do plantio de mudas, foram jogadas à lanço, cerca de 200 kg/ha de sementes diversas coletadas nos arredores.

A correção da fertilidade foi feita através da aplicação à lanço, em cobertura, espalhando-se em toda a superfície, 600 kg/ha da fórmula 10-30-6, 3.000 kg/ha de termofosfato magnésiano (Yoorin) e 3 t/ha de calcário dolomítico. Para descompactação, fez-se uma escarificação (30 cm de profundidade) apenas nos sulcos manuais.

Esta área situa-se num degrau, sendo limitada pelo lado de cima por uma vegetação de campo e eucalipto, e pela parte de baixo por uma mata. Esta posição na paisagem, reduz a possibilidade de entrada de sementes no local, vindas de áreas adjacentes.

Logo após o plantio das mudas, esta área foi infestada pelo capim gordura (*Melinis minutiflora*), o qual, encontrando no solo bom nível de fertilidade, sobressaiu às mudas, causando abafamento e morte das mesmas. Atualmente, a área é recoberta por esta gramínea.

3.3.2 Santa Rosália

3.3.2.1 SR1- Mata natural

Área não minerada, cuja cobertura vegetal é de mata nativa original, portanto, indica as características e/ou propriedades originais do substrato perturbado pela mineração. Esta área foi utilizada como testemunha das áreas recuperadas do local denominado Santa Rosália. Para estudos de vegetação, estimou-se uma área de 5,0 ha.

3.3.2.2 SR2- Nativas com 17,9 t/ha de serapilheira

Área com 1,3 ha, foi minerada em 1988 e recuperada de setembro de 1989 a fevereiro de 1990. Foram plantadas 804 mudas de espécies nativas diversas, pertencentes a 33 espécies e 17 famílias, em covas de 0,70x0,70x0,70 m. Nas 804 covas foram adicionados 600 kg/ha de calcário dolomítico; 750 kg/ha de termofosfato magnésiano (Yoorin); e, 24 m³ de esterco de curral. Na área toda fez-se uma subsolagem a 1,70 metros de profundidade, fertilização com adubo formulado 10-30-6, 500-550 kg/ha, termofosfato magnésiano (Yoorin), 450-500 kg/ha e calagem com calcário dolomítico, 4500-5000 kg/ha. Esta área recebeu ainda, como tratamento, 17.890 kg/ha de serapilheira e raízes da Mata Retiro Branco.

Limita-se por um dos lados (na parte de cima) com eucalipto, por um lado pela área seguinte (SR3) e por dois lados com a Mata Santa Rosália.

3.3.2.3 SR3- Nativas com 2,9 t/ha de serapilheira

Área com 1,3 ha, minerada em 1988 e recuperada de setembro de 1989 a fevereiro de 1990. Foram plantadas 325 mudas de espécies nativas diversas, pertencentes a 33 espécies e 17

famílias, em covas de 0,70x0,70x0,70 m. Nas 325 covas foram adicionados 600 kg/ha de calcário dolomítico; 750 kg/ha de termofosfato magnésiano (Yoorin); e, 24 m³ de esterco de curral. Na área toda fez-se uma subsolagem a 1,70 metros de profundidade, fertilização com adubo formulado 10-30-6, 500-550 kg/ha, termofosfato magnésiano (Yoorin), 450-500 kg/ha e calagem com calcário dolomítico, 4500-5000 kg/ha. Esta área recebeu ainda, como tratamento, 380 kg/ha de material orgânico de espécies herbáceas e arbustivas e 2.890 kg/ha de serapilheira e raízes da Mata Retiro Branco.

Esta área é adjacente à anterior, limitando-se pelo lado de cima com eucalipto, por um lado com a área anterior (SR2), por outro lado com bracinga e por outro lado (de baixo) com a Mata Santa Rosália.

3.2.2.4 SR4- Nativas sem reposição da camada superficial

Área com 1,6 ha, minerada em 1990 e recuperada em outubro de 1991. Foram plantadas 2200 mudas de espécies nativas diversas, além da semeadura a lanço de 110 kg de sementes de arbóreas, arbustivas, gramíneas e leguminosas.

Para correção da fertilidade do solo, aplicou-se 900 kg/ha da fórmula 10-30-6 nas covas de plantio e 1000 kg/ha em cobertura; 2000 kg/ha de Yoorin e 45 m³ de esterco de curral/ha. Nesta área, não foi recolocada a camada superficial de solo, nem serapilheira.

Limita-se pelo lado de cima com a área seguinte (SR5) e pelos outros três lados com a Mata Santa Rosália.

3.2.2.5 SR5- Nativas

Área com 1,7 ha, minerada em 1990 e recuperada em novembro de 1990. Foram plantadas 2405 mudas de espécies nativas diversas. Semeou-se ainda, 150 kg de sementes diversas de espécies arbóreas, arbustivas, gramíneas e leguminosas.

Para correção da fertilidade do solo, aplicou-se 900 kg/ha da fórmula 10-30-6 nas covas de plantio e 1000 kg/ha em cobertura; 2000 kg/ha de Yoorin e 45 m³ de esterco de curral/ha.

Limita-se pelo lado de cima com bracaatinga (*Mimosa scabrella*) e eucalipto (*Eucalipto saligna*), plantados como cortina e Mata Santa Rosália, pelo lado de baixo com a área anterior (SR4) e pelos outros dois lados com a Mata Santa Rosália.

3.2.2.6 SR6- Bracatinga (*Mimosa sacabrella*)

Área com 1,3 ha, minerada em 1988 e recuperada em dezembro de 1988. Foram plantadas 1500 mudas de bracatinga.

A correção da fertilidade foi feita aplicando-se 3 t/ha de calcário dolomítico; 1000 kg/ha de termofosfato magnésiano (Yoorin); 800 kg/ha de 10-30-6 e 14 m³ de esterco de curral/ha.

Limita-se pelo lado de cima com eucalipto (SR7), por um dos lados com a área (SR3) e pelos outros dois lados com a Mata Santa Rosália.

3.2.2.7 SR7- Eucalipto (*Eucaliptus saligna*)

Área com 2,4 ha, minerada durante o ano de 1981 e recuperada de outubro de 1981 a março de 1982. Foram plantadas 2666 mudas por ha.

A correção da fertilidade foi feita aplicando-se 4 t/ha de calcário dolomítico; 1000 kg/ha de termofosfato magnésiano (Yoorin); 800 kg/ha da fórmula 10-30-6; e, 15 m³/ha de esterco de curral.

Limita-se pelo lado de baixo com as áreas SR6 (bracatinga), SR2 e SR3 (respectivamente, nativas com 17,9 e 2,9 t/ha de serapilheira), e por outros três lados com a Mata Santa Rosália. Esta área ocupa o topo da paisagem.

3.3 Caracterização Morfológica, Física, Química e Micorrízica das Áreas

Em cada área, foram demarcadas quatro parcelas de 15x5 metros (cada área corresponde a uma repetição). Estas parcelas foram dispostas no sentido da curva de nível, totalizando 48 parcelas com um total de 0,36 ha de área amostrada (cerca de 1,0 % do total das áreas de estudo, considerando-se para as matas uma área experimental de 5 ha cada para estudos de vegetação).

No centro de cada parcela foi aberta uma trincheira com dimensões de 1,50x1,00x1,00 m para observação do perfil, descrição das principais características visíveis à campo, como presença de camada compactada e sua profundidade, porosidade, estrutura, presença de cascalho, calhaus, matacões e fragmentos de rocha - bauxita, presença de raízes, cavidades de insetos, etc, e coleta de amostras para caracterização física e química e infecção micorrízica.

Para caracterização física, química e micorrízica, as amostras foram enviadas para os laboratórios do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras-MG.

A caracterização física e química das amostras foi realizada segundo metodologia proposta por Vettori (1969), com modificações, EMBRAPA (1979). As amostras para análise de fertilidade, granulometria, matéria orgânica, densidade do solo e de partículas, foram coletadas a cada 20 cm até se atingir 1,00 m de profundidade. Para se coletar amostras para determinação da densidade do solo utilizou-se o cilindro de Upland, o qual possibilitou a retirada de amostras indeformadas. As amostras para curva de água (a 15 atm e 0,10 atm) e para determinação da taxa de colonização, identificação e número de esporos foram coletadas na camada 0-20 cm.

A avaliação micorrízica (ocorrência de simbiose MVA) foi feita através da detecção microscópica do fungo nas raízes e quantificação da taxa de colonização micorrízica (TCM) e número total de esporos no solo. As amostras de raízes foram clarificadas em KOH 10% por

aproximadamente 30 minutos a 90°C, e coradas com azul de tripano de acordo com Phillips e Hayman (1970). A TCM foi estimada em microscópio estereoscópico (40X) pelo método da placa quadriculada, conforme metodologia utilizada por Giovanetti e Mosse (1980).

Os esporos foram extraídos de 50 g de solo, pelo método de peneiragem via úmida, Gerdemann e Nicolson (1963), utilizando-se peneiras de 720 e 53 micrometros de abertura, e separados dos fragmentos de solo por centrifugação em água à 3.000 rpm por 3 minutos e em sacarose (45%) à 2.000 rpm por 2 minutos. Após extração, os esporos foram contados com auxílio de microscópio estereoscópico (40X) e transferidos para lâmina microscópica em lactofenol, e observados em microscópio composto (400 a 1000X) para caracterização e identificação dos esporos. A classificação taxonômica foi feita com o auxílio da chave apresentada por Schenck e Perez (1987).

Com o objetivo de relacionar os parâmetros químicos do solo na profundidade de 0-20 centímetros com os ecossistemas estudados, procedeu-se uma análise dos componentes principais (PCA), utilizando-se o programa SPSS.

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

Para execução da PCA foram produzidas matrizes dos parâmetros químicos do solo, na profundidade de 0-20 centímetros, para os ecossistemas estudados. A partir desta matriz foram produzidos diagramas de ordenação dos parâmetros de solo e ecossistemas. Nos diagramas, a distribuição dos ecossistemas são representados por pontos, que indicam sua correlação com os dois eixos, enquanto que os parâmetros do solo 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.

Um ponto qualquer plotado no diagrama pode ser relacionado a cada seta através de uma perpendicular partindo da linha da seta até o referente ponto. A ordem na qual os pontos projetam-se na seta, da sua extremidade até sua origem dá uma indicação dessa relação. Ecossistemas com projeção perpendicular próxima ou além da ponta da seta são mais positivamente correlacionados e influenciados pelo parâmetro considerado. 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.

Os parâmetros micorrízicos das áreas estudadas, juntamente com os parâmetros químicos foram também relacionados com os ecossistemas por meio da análise dos componentes principais (PCA), a qual possibilitou uma ordenação destes componentes, destacando sua influência na frequência dos fungos micorrízicos. Para proceder a PCA utilizou-se o programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), para os parâmetros amostrados na profundidade 0-20 cm.

3.4 Ciclagem de Nutrientes

3.4.1 Coleta e caracterização química da serapilheira ou folhedo

Para este estudo usou-se peneiras coletoras de armação de madeira com dimensões 1,0 x 1,0 x 0,15 m, tendo como fundo uma tela de náilon de 2 mm. As peneiras ficaram suspensas 15 cm do solo por suportes de madeira, e foram dispostas ao acaso em cada área, dentro das parcelas utilizadas para estudos do solo.

Todo o material vegetal que caiu sobre as peneiras (folhas, galhos, caule, flores, frutos e sementes), constituindo o folhedo ou serapilheira, foi coletado mensalmente durante um período de 12 meses (de março de 1995 a fevereiro de 1996).

Após coletada, a serapilheira foi acondicionada em sacos plásticos para transporte até o local de secagem. Para secagem, o material foi colocado em sacos de papel, e levados à estufa até se obter peso constante. Após a perda da umidade, o material foi pesado (para obter o peso da

matéria seca mensal de serapilheira) e moído para se realizar análises químicas. Estas análises foram realizadas em uma porção homogênea formada por alíquotas individuais de cada coleta, obtendo-se uma porção correspondente a 4 épocas do ano (outono: abril-maio-junho; inverno: julho-agosto-setembro; primavera: outubro-novembro-dezembro; e verão: janeiro-fevereiro-março). Para formar cada porção, tomou-se uma alíquota de cada repetição em cada coleta, misturando-se aquelas do mês correspondente.

Depois de preparadas, as amostras foram enviadas para o laboratório de análise foliar do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Para se estimar o coeficiente ou taxa de decomposição (K) do folheto ou serapilheira foi utilizada a equação proposta por Olson (1963) para ecossistemas em equilíbrio, isto é, $K=L/x$, onde, L é a quantidade de folheto produzido anualmente e, x a quantidade de folheto acumulado em equilíbrio dinâmico.

3.4.2 Coleta e Caracterização Química do “Litter”

Considerou-se como “litter” todo e qualquer resíduo vegetal sobre o solo, nos mais diversos estágios de decomposição, até uma profundidade que permitisse a distinção entre material orgânico e mineral, ou seja, considerou-se a camada nitidamente orgânica, eliminando-se o material com características de solo.

Para coleta do litter, usou-se um gabarito de madeira com dimensões de 0,5x0,5 m. A coleta foi realizada nas mesmas parcelas onde coletou-se as amostras de solo.

Após coletado, o litter foi acondicionado em sacos plásticos para transporte até o local de preparo. Posteriormente, este material foi transferido para sacos de papel e levado para secagem em estufa até peso constante. Obte-se, assim, o peso da matéria seca de litter que foi moído e enviado para o laboratório de análises químicas de solo do Departamento de Ciências do Solo da UFLA.

Em cada amostra do litter foram determinados 5 elementos: N, P, K, Ca e Mg, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). Para análise dos dados, usou-se a mesma divisão das áreas

utilizadas para a coleta dos dados de solos, ou seja, áreas do Retiro Branco e áreas de Santa Rosália.

3.5 Análise da Cobertura Vegetal

3.5.1 Estudo florístico dos componentes arbóreos com CAP > 10 cm

3.5.1.1 Identificação das espécies

Para realização deste estudo, considerou-se as áreas cujos limites e contornos constavam nos mapas confeccionados pela equipe responsável da Alcoa, marcando-se as parcelas experimentais nos locais pré-determinados. As parcelas foram distribuídas sistematicamente dentro de cada área sobre a unidade cartográfica, fazendo-se ajustes no campo. Embora estas parcelas tenham sido delimitadas nas mesmas áreas dos estudos anteriores, as parcelas não coincidem com aquelas utilizadas para os estudos de solos. Estas parcelas foram delimitadas com estacas de madeira, com dimensões de 40x10 m (400 m²) dispostas de forma que, a menor dimensão acompanhasse a declividade do terreno, ficando a parcela no sentido das curvas de nível para reduzir o erro. De maneira geral, demarcou-se uma parcela para cada 1,5 hectare de área de estudo, num total de 17 parcelas (0,68 ha). Desta forma, foi amostrada 1,84% da área (a literatura recomenda de 0,5 a 1,0%, Calegário (1996), comunicação pessoal). Nas áreas não perturbadas (RB1 e SR1) foram demarcadas 6 parcelas e na área SR5, demarcou-se 2 áreas. Nas demais foram demarcadas 1 parcela por área de estudo.

Após demarcadas as parcelas, realizou-se o levantamento de todos os indivíduos com CAP maior que 10 cm, fazendo-se sua identificação, registrando-se: o nome vulgar regional; a CAP, em centímetros; a altura total, em metros.

Juntamente com as avaliações pertinentes à vegetação, foram coletadas amostras de material botânico das espécies arbóreas, identificadas e relacionadas a um número específico por

ordem de coleta, que foram prensadas e enviadas para o Departamento de Ciências Florestais e/ou de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde se efetuaram as identificações taxonômicas das espécies.

A identificação de espécies no campo foi feita através de auxílio de técnicos da Alcoa conhecedores das matas da região.

3.5.1.2 Parâmetros fitossociológicos

A avaliação dos dados de vegetação foi realizada através da estimativa da estrutura horizontal.

A análise da estrutura horizontal inclui: estimativa dos parâmetros densidade ou abundância, dominância, frequência, índice do valor de importância, e índice do valor de cobertura, seguindo as recomendações de Mueller-Dombois e Elleberg (1974) e de Mateucci e Colma (1982).

- A densidade absoluta (DA) corresponde ao número de plantas amostradas (indivíduos) de uma determinada espécie (n_i) por unidade de área amostral (A), em hectare.

$$DA = n_i / (A)$$

- A densidade relativa (DR) é a razão percentual entre o número total dos indivíduos de uma espécie (n_i) e o número total de indivíduos de todas as espécies (N).

$$DR = n_i \times 100 / N$$

- A dominância absoluta (DoA) é obtida pela razão entre áreas basais (AB) de todos os indivíduos amostrados de determinada espécie vegetal, em m^2/ha e área amostrada (A), em ha.

$$DoA = AB / A$$

- A dominância relativa (DoR) é a razão da dominância absoluta da espécie pela soma das dominâncias de todas as espécies.

$$\mathbf{DoR = DoA \times 100 / Do}$$

- A estimativa da frequência absoluta (FA) significa a ocorrência de pelo menos um indivíduo da espécie em cada unidade amostral.

$$\mathbf{FA = (Número de ocorrências da espécie) / (Número total de amostras)}$$

- A frequência relativa (FR) refere-se à razão percentual entre o número de ocorrências de uma determinada espécie e o somatório das ocorrências de todas as espécies amostradas.

$$\mathbf{FR = (Número de ocorrência da espécie \times 100) / (Número total de ocorrência)}$$

- Valor de Importância (VI) é a soma dos valores de frequência, densidade e dominância relativas.

$$\mathbf{VI = F\% + D\% + DoR\%}$$

- Índice de Valor de Importância (IVI) é igual ao valor de importância dividido por três.

$$\mathbf{IVI = IV / 3}$$

3.5.2 Regeneração natural

O estudo da regeneração natural foi realizado nas mesmas parcelas onde fez-se o estudo florístico e fitossociológico porém, considerando-se apenas os indivíduos arbóreos com CAP < 10 cm. Para este estudo, uma parcela de 5x10 metros (50m²) foi marcada no centro da parcela de 40x10 m (400 m²) do estudo anterior. Nestas parcelas foram avaliados todos os indivíduos arbóreos com a CAP (circunferência à altura do peito) menor que 10 cm, como também registradas informações referentes ao nome vulgar regional, altura em metros, e a circunferência em centímetros, quando maior que 4 cm. A avaliação dos dados de vegetação com CAP < 10 cm foi realizada de forma idêntica aquela adotada para indivíduos com CAP > 10 cm, ou seja, fez-se a identificação dos indivíduos e estudou-se os parâmetros fitossociológicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, FÍSICA, QUÍMICA E MICORRÍZICA DAS ÁREAS

4.1.1 Características Morfológicas das Áreas

A observação à campo dos perfis do solo permitiu verificar algumas diferenças marcantes entre as áreas, quanto à presença de raízes e sua distribuição no perfil, estrutura do solo, características de compactação e espessura da camada orgânica.

- (Nas áreas não mineradas (RB1 e SR1), observou-se a presença de raízes até a profundidade de 80 cm, enquanto que nas áreas recuperadas, estas, de maneira geral, se limitaram aos 20 cm superficiais, exceto na área com eucalipto (SR7), na qual as raízes atingiram de 40 a 80 cm.)
Cabe ressaltar que, a trincheira para as observações à campo, foram abertas em locais distanciados das covas, as quais receberam adubação no plantio das mudas. Tanto a abertura da cova, quanto a adubação de plantio (calcário, fertilizante 10-30-6 e esterco de curral) iriam influenciar na avaliação, por favorecer as mudas plantadas em relação à vegetação que surgiu através da sementeira e/ou da regeneração natural e, que, em termos de proteção da superfície do solo pela cobertura vegetal são tão importantes quanto as espécies plantadas.
- (Nas áreas recuperadas, observou-se, com certa frequência, a presença de uma camada sem estrutura, muito úmida e pastosa que, ao que tudo indica, impede a penetração das raízes.)
Trata-se de uma camada que, provavelmente, esteja também presente nas áreas não mineradas (RB1 e SR1), porém, a profundidades maiores que 1,00 metro (profundidade da trincheira). Com a mineração, esta camada deve ter sido retirada e, posteriormente, recolocada durante as operações de reafeiçoamento do terreno; isto porque não foi usado material de outros locais para preenchimento das cavidades deixadas pelas operações de lavra da bauxita.

- (No perfil do solo das áreas não mineradas (RB1 e SR1) observou-se a presença de camadas mais endurecidas, coesas ou adensadas, possivelmente devido à presença de bauxita e de cascalho. Já nas áreas recuperadas estas camadas não foram verificadas, mas sim camadas compactadas, presentes em diferentes profundidades.) Estas, provavelmente foram causadas pelo tráfego de máquinas durante as operações de recuperação. Nestas áreas, verificou-se também que, ao invés do cascalho presente, como no ambiente não perturbado (RB1 e SR1), observou-se a presença de fragmentos de rocha e matacões, não aproveitados na mineração.
- (A camada orgânica (litter) nas áreas não mineradas é visivelmente maior, chegando a atingir de 20 a 30 cm de espessura. Nas áreas recuperadas, à exceção da área sob eucalipto (SR7), onde esta camada atingiu até 15 cm de espessura, a camada orgânica se limitou aos 5 cm superficiais.)

4.1.2 Características Físicas dos Solos Estudados

4.1.2.1 Retiro Branco

Os dados da Tabela 1 mostram que, apenas a área com espécies nativas implantadas através apenas da sementeira (RB4), apresentou valores de densidade do solo (Ds) maiores que a mata nativa (RB1), evidenciando haver, nesta área, uma menor porosidade total, inferida pelos menores valores de VTP (volume total de poros). Estes resultados sugerem que as práticas utilizadas para descompactação de três dos quatro solos do Retiro Branco foram suficientes para romper a camada compactada pelas operações de lavra do minério e de recuperação, pelo menos até os 40 cm. Inclusive, estas três áreas apresentam menores valores de Ds que a de mata natural (RB1) na camada 0-20 cm, indicando não ter havido alteração para pior, da estrutura do solo, a qual, segundo Manfredini, Padovese e Oliveira (1984), é refletida pelo aumento de sua densidade, o que não foi verificado para estas áreas.

Considerando-se que nas áreas recuperadas as raízes se restringiram, de maneira geral, aos 20 cm superficiais, infere-se que até esta profundidade existem boas propriedades físicas como drenagem, porosidade, permeabilidade, armazenamento de água, operacionabilidade e penetração do sistema radicular, as quais, de acordo com Baruqui (1983) podem estar relacionadas aos baixos valores de Ds.

TABELA 1. Valores médios (4 repetições) dos parâmetros físicos dos solos das áreas do Retiro Branco. ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

Característica	Prof.	RB1	RB2	RB3	RB4	RB5
Ds (g/cm ³)	0-20	1,00	0,89	0,93	1,19	0,97
	20-40	1,08	1,09	1,09	1,28	0,97
	40-60	1,03	1,17	1,07	1,28	1,17
	60-80	1,06	1,15	1,07	1,28	1,05
Dp (g/cm ³)	0-20	2,24	2,53	2,66	2,58	2,54
	20-40	2,31	2,57	2,77	2,58	2,54
	40-60	2,51	2,69	2,73	2,64	2,58
	60-80	2,58	2,68	2,68	2,74	2,62
VTP (%)	0-20	55,36	64,82	64,04	53,88	61,81
	20-40	53,25	57,59	60,65	50,39	61,81
	40-60	58,96	56,51	60,81	51,52	54,65
	60-80	58,91	57,09	60,07	52,28	59,92
15 atm	0-20	34,85	26,03	26,89	20,35	24,86
0,1 atm	0-20	52,70	37,80	44,00	33,39	34,98
AD	0-20	17,85	11,77	17,11	13,64	10,12
MO (%)	0-20	2,20	2,00	2,80	0,30	0,40

Ds= Densidade do solo; Dp= Densidade de partículas; VTP= Volume Total de Poros; AD= Água disponível= água retida a 0,1 atm menos água retida a 15 atm; MO= matéria orgânica

Dentre as quatro áreas recuperadas (Tabela 1), a que apresentou o menor valor de Ds na camada 0-20 cm foi a área com mimosa (RB2). Analisando-se até 40 cm de profundidade, constata-se os menores valores para o solo sob capim gordura (RB5).

Os valores mais altos verificados para a área com nativas semeadas (RB4), possivelmente, sejam devido a um tráfego mais intenso durante as operações de recuperação.

O solo que apresentou a maior retenção de água a 0,1 e 15 atm, (Tabela 1), bem como o maior valor de água disponível (AD), foi o da área de mata natural (RB1). No entanto, o solo com menores teores de água retida (RB4 - nativas semeadas) não foi o que apresentou menor AD, sendo esta verificada no solo sob capim gordura (RB5). Por outro lado, o baixo conteúdo de matéria orgânica coincidiu com o menor valor de AD. Contudo, a AD na área com mimosa (RB2) foi muito baixa (11,77), comparativamente com a área de mata natural (RB1), 17,85, enquanto o conteúdo de matéria orgânica das duas áreas estão com valores bem próximos,

ou seja, 2,0 e 2,2%, respectivamente, sugerindo, no presente caso, uma baixa relação entre conteúdo de matéria orgânica e disponibilidade de água.

4.1.2.2 Santa Rosália

Os dados da Tabela 2 mostram que, a área onde a camada superficial não foi recolocada (SR4), apresentou valores de Ds maiores que as demais e, conseqüentemente, uma menor porosidade total. Por outro lado, o solo sob bracatinga (área SR6), apresentou valores de Ds menores que os da área com mata natural (SR1) em todas as camadas. Observou-se, ainda, nesta área, maior porosidade total, sugerindo que pode ter havido um menor tráfego de máquinas durante a recuperação.

Observando-se os valores de Dp, percebe-se que na camada 0-20 cm apenas o solo sob eucalipto (SR7) apresentou valores menores que os da área com mata natural (SR1). Por ocasião da visualização do perfil, verificou-se que, de todas as áreas submetidas à recuperação, apenas nesta área existia uma grande densidade de raízes finas e médias entrelaçando as partículas de solo até 20 cm de profundidade. Com relação a isso, Beaucorps (1957) e Karschon (1961), ambos citados por Lima (1993), destacam a importância do eucalipto na recuperação de solos degradados, mencionando que, a deposição de serapilheira por esta espécie, pode, a longo prazo, culminar com a formação de um húmus tipo Mull, o qual é uma mistura de matéria orgânica e solo mineral de forma uniforme, sem a ocorrência de uma interface nítida entre as duas camadas, além de apresentar uma boa estrutura granular e abundância de raízes finas. Sendo a densidade de partículas, segundo Ferreira (1993), dependente da proporção entre matéria orgânica, parte mineral e constituição mineralógica do solo, infere-se serem os valores mais baixos inerentes à composição da camada superficial, diretamente influenciada pela espécie plantada na área.

A área que apresentou os melhores resultados no conjunto Ds e Dp foi a área com bracatinga (SR6), com maiores valores de VTP em todas as camadas, indicando, portanto, haver neste solo, uma maior porosidade e difusão de oxigênio. Acredita-se, que, do ponto de vista físico, considerando-se o perfil até 80 cm de profundidade, o conjunto de práticas de recuperação aplicado nesta área, foi o que apresentou os melhores resultados. Provavelmente, a utilização das

TABELA 2. Valores médios (4 repetições) dos parâmetros físicos dos solos das áreas de Santa Rosália. ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

Caract.	Prof.	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7
Ds (g/cm ³)	0-20	0,83	1,00	0,95	1,11	0,87	0,83	0,95
	20-40	1,07	1,11	1,13	1,32	0,90	0,93	1,23
	40-60	1,13	1,15	1,05	1,18	1,26	0,94	1,15
	60-80	1,13	-	1,16	1,26	1,23	0,98	1,15
Dp (g/cm ³)	0-20	2,43	2,57	2,50	2,60	2,51	2,59	2,40
	20-40	2,55	2,52	2,48	2,62	2,53	2,69	2,67
	40-60	2,67	2,64	2,62	2,55	2,65	2,50	2,60
	60-80	2,50	-	2,69	2,54	2,58	2,76	2,66
VTP (%)	0-20	65,84	61,09	62,00	57,31	65,34	67,95	60,42
	20-40	58,04	55,95	54,44	49,62	64,43	65,43	53,93
	40-60	57,68	56,44	59,92	53,73	52,48	62,40	55,77
	60-80	54,80	-	56,88	50,39	52,33	64,49	56,77
15 atm	0-20	32,30	24,03	22,56	24,45	24,86	23,74	24,36
0,1 atm	0-20	51,27	38,31	37,95	36,94	34,98	33,14	35,51
AD	0-20	18,97	14,28	15,39	12,49	10,12	9,40	11,15
MO (%)	0-20	3,55	1,50	2,00	0,45	-	1,90	0,50

Ds= Densidade do solo; Dp= Densidade de partículas; VTP= Volume Total de Poros; AD= Água disponível= água retida a 0,1 atm menos água retida a 15 atm; MO= matéria orgânica

duas espécies, bracatinga e eucalipto, na mesma área, forneçam melhores resultados que os encontrados no presente estudo, contudo, há necessidade de se realizar mais pesquisas sobre o assunto.

À semelhança do que ocorreu nas áreas do Retiro Branco, a maior disponibilidade de água nos solos de Santa Rosália foi verificada no ambiente de mata natural (SR1), ao qual pertencem também os maiores valores de água retida a 0,1 e 15 atm (Tabela 2). Por outro lado, a menor água disponível não foi verificada no solo com os menores valores de retenção de água. O solo sob bracatinga (SR6) apresentou a menor disponibilidade de água, cujo valor é pouco inferior ao encontrado no solo sob eucalipto. Também não foi observada nenhuma relação entre água disponível e conteúdo de matéria orgânica, nos solos desta área. O solo sob mata natural (SR1) apresentou os maiores valores de água disponível e de matéria orgânica, porém o solo com menor valor de matéria orgânica (área SR4, com nativas sem reposição de solo), com cerca de 7,9 vezes

menor, apresentou valores de água disponível superior ao daquele encontrado para o solo sob bracinga (área SR6), com menor AD e com aproximadamente 4 vezes mais matéria orgânica.

4.1.3 Características Químicas dos Solos

4.1.3.1 Retiro Branco

Na camada 0-20 cm (Tabela 3), todos os solos apresentaram maiores valores de pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , soma de bases (S) e saturação com bases (V) e menores de Al^{3+} , H+Al, CTC a pH 7,0 (T), saturação com Al (m) e matéria orgânica (MO) que a área de mata nativa (RB1), indicando que a correção da fertilidade do solo durante as operações de recuperação foi suficiente para elevar o nível de fertilidade natural, mesmo em áreas onde esta operação foi realizada há dez anos, como na área com espécies nativas semeadas (RB4).

Os teores de P, K^+ e a CTC (t) apresentaram, por outro lado, valores variáveis em relação à área com mata nativa (RB1), as vezes maiores, às vezes menores, na camada superficial (0-20 cm). Quanto ao P, nas áreas onde os teores foram menores (mimosa com oito anos de recuperação, RB2 e nativas semeadas com dez anos, RB4) que os da mata nativa (que não recebeu adubação fosfatada), a capacidade de adsorção de fosfatos provavelmente seja a principal responsável por estes menores teores. Dentre as áreas recuperadas era de se esperar que naquelas com maior conteúdo de matéria orgânica o teor de P disponível fosse maior, uma vez que, esta assume duplo papel na retenção de fosfatos, formando complexos estáveis com Fe e Al (Tisdale e Nelson, 1966 e Sanchez e Uehara, 1980), ou através do bloqueio dos sítios de adsorção pelos produtos de sua degradação (Fox e Kamprath, 1970). Segundo Guedes (1982), os componentes orgânicos na superfície do solo podem contrabalancear as superfícies dos colóides inorgânicos, carregadas positivamente, e decrescer a energia de ligação aumentando a liberação de P, o que não foi verificado no presente estudo. Já com relação ao K, pode ter havido um “consumo de luxo” e/ou lixiviação de parte do K pela sua grande mobilidade no solo.

Considerando-se os parâmetros de fertilidade do solo em conjunto, observa-se que, das áreas recuperadas, a área com leguminosa (RB2), com oito anos de recuperação, apresenta maior

nível de fertilidade em relação às demais, exceto quanto ao P disponível. Este fato ressalta o efeito benéfico desta família na recuperação de áreas degradadas e sugere uma necessidade de se aplicar maior quantidade de fósforo na adubação para suprir uma provável maior exigência deste nutriente pelas leguminosas e/ou aumentar a disponibilidade de P em solos com grande capacidade

TABELA 3. Valores médios (4 repetições) das características químicas, nas camadas 0-20 e 20-40 cm, dos solos do Retiro Branco. ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

Característica	RB1	RB2	RB3	RB4	RB5
A. Profundidade 0-20 cm					
pH	4,7	5,6	5,6	5,1	5,1
P (mg/dm ³)	2,0	1,5	5,3	1,5	3,0
K (mg/dm ³)	46,8	72,0	43,0	60,5	40,8
Ca (cmolc/dm ³)	0,2	2,7	2,0	0,7	1,4
Mg (cmolc/dm ³)	0,1	2,0	1,5	0,2	0,5
Al (cmolc/dm ³)	1,4	0,1	0,2	0,4	0,3
H+Al (cmolc/dm ³)	12,0	3,2	2,1	6,0	5,2
S	0,7	4,9	3,5	1,1	2,0
t	2,0	5,0	3,7	1,5	2,3
T	12,7	8,1	5,6	7,0	7,2
m (%)	69,8	3,3	6,3	27,5	18,3
V (%)	5,3	58,0	61,5	15,8	30,0
M.O. (dag/kg)	9,1	5,1	2,6	5,3	4,4
B. Profundidade 20-40 cm					
pH	4,8	5,7	5,5	5,3	5,0
P (mg/dm ³)	1,8	1,3	1,3	1,0	1,3
K (mg/dm ³)	13,0	33,0	6,3	13,0	11,0
Ca (cmolc/dm ³)	0,1	0,9	0,4	0,3	0,3
Mg (cmolc/dm ³)	0,1	0,7	0,2	0,1	0,1
Al (cmolc/dm ³)	0,5	0,2	0,3	0,5	0,1
H+Al (cmolc/dm ³)	6,0	2,6	2,0	2,2	1,6
S	0,2	1,7	0,6	0,4	0,4
t	0,7	1,9	0,9	0,8	0,5
T	6,2	4,3	2,6	2,5	2,0
m (%)	67,0	18,0	29,3	44,0	22,0
V (%)	4,0	31,8	24,0	16,8	19,3
M.O. (dag/kg)	2,2	2,0	2,8	0,3	0,4

de adsorção (uma vez que os solos da área são ricos em oxi-hidróxidos de Fe e Al, os quais, são os principais responsáveis pela adsorção de P nos solos brasileiros, de acordo com Resende (1976)

e Curi (1983). Assim sendo, provavelmente parte do P adicionado no plantio está sendo absorvido pelas plantas e parte pode estar adsorvida por estes componentes mineralógicos).

Na camada 20-40 cm (Tabela 3), apenas o Mg não seguiu a mesma tendência apresentada pelos demais nutrientes na camada superficial, considerando-se que apenas na área com leguminosa (RB2) o teor de Mg foi maior. À semelhança do ocorrido na camada 0-20 cm, nesta camada o nível mais elevado de fertilidade do solo foi verificado para o solo com mimosa, com oito anos de recuperação (área RB2).

4.1.3.2 Santa Rosália

Os dados da Tabela 4 mostram a mesma tendência observada para as áreas do “Retiro Branco, isto é, na camada 0-20 cm, todas as áreas apresentaram maiores valores de pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , S e V e menores valores de Al^{3+} , H+Al, T, m e M.O. que a área de mata natural, pelas mesmas razões comentadas anteriormente. O comportamento para o P, K^+ e CTC, também seguiram a mesma tendência.

Observando-se o conjunto de dados da Tabela 4, verifica-se duas situações peculiares, ou seja, um melhor nível de fertilidade na área onde plantou-se espécies nativas com adição de 2,9 t/ha de serapilheira há cinco anos (SR3) e um pior nível de fertilidade na área com eucalipto (SR7). Na primeira área verifica-se maiores valores para as características desejáveis (pH, P, Ca^{2+} , Mg^{2+} , S e V) e menores para as indesejáveis (Al^{3+} , H+Al e m), com valores intermediários para K^+ , t, T e M.O., em relação às demais áreas. Estes dados mostram claramente que, em termos de recomposição da fertilidade do solo de áreas degradadas pela mineração, a colocação de serapilheira em quantidades maiores que 2,9 t/ha, pode não ser uma prática eficiente, pois, comparando-se as duas áreas com espécies nativas, onde uma recebeu 17,9 t/ha de serapilheira (SR2) e outra, 2,9 t/ha (SR3), verifica-se que a maior quantidade apenas contribuiu para maiores valores de K^+ , T e M.O. na camada 0-20 cm. Nestas duas áreas, para a correção da fertilidade do solo, usou-se as mesmas quantidades de adubos e corretivos.

Os dados da Tabela 4, mostram, também, um comportamento diferente entre as camadas de solo de 0-20 e 20-40 cm. Na camada superficial o nível mais baixo de fertilidade do

solo foi verificado, de maneira geral, no solo com eucalipto, enquanto que na camada subsuperficial, o nível mais baixo foi encontrado na área com vegetação de mata nativa (SR1). Apenas o pH foi menor nesta área (SR1) nas duas profundidades. Das cinco áreas recuperadas avaliadas os valores mais baixos de pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e t na camada 0-20 cm foram encontrados no solo onde não foi recolocada a camada superficial (SR4). É provável que a

TABELA 4. Valores médios (4 repetições) das características químicas, nas camadas 0-20 e 20-40 cm, dos solos de Santa Rosália. ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

Característica	SR1	SR2	SR3	SR4	SR6	SR7
A. Profundidade 0-20 cm						
pH	4,1	4,9	5,1	4,5	5,1	4,9
P (mg/dm ³)	2,0	4,0	6,5	1,3	1,3	1,8
K (mg/dm ³)	64,0	68,8	47,8	26,3	30,0	34,0
Ca (cmolc/dm ³)	0,4	1,0	1,3	0,7	0,9	0,4
Mg (cmolc/dm ³)	0,2	0,7	0,9	0,2	0,7	0,2
Al (cmolc/dm ³)	3,0	0,9	0,4	0,8	0,7	1,1
H+Al (cmolc/dm ³)	18,2	9,1	6,2	7,8	8,3	7,9
S	0,8	1,8	2,3	0,9	1,7	0,7
t	3,8	2,7	2,7	1,7	2,4	1,7
T	19,0	10,9	8,5	8,7	10,0	8,6
m (%)	80,5	32,8	16,8	51,5	34,5	62,8
V (%)	4,0	17,8	27,0	9,8	18,0	7,5
M.O. (dag/kg)	9,3	7,2	5,3	4,6	6,5	4,1
B. Profundidade 20-40 cm						
pH	4,5	5,1	5,4	5,2	5,1	5,0
P (mg/dm ³)	1,3	1,3	1,0	1,0	1,3	1,3
K (mg/dm ³)	26,8	14,3	9,0	4,8	9,5	7,0
Ca (cmolc/dm ³)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Mg (cmolc/dm ³)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
Al (cmolc/dm ³)	1,0	0,4	0,1	0,1	0,9	0,5
H+Al (cmolc/dm ³)	7,2	4,0	2,0	1,9	4,5	4,5
S	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
t	1,3	0,7	0,4	0,4	1,2	1,7
T	7,5	4,4	2,3	2,2	4,8	4,8
m (%)	73,5	37,0	28,0	24,3	55,0	68,0
V (%)	4,8	11,0	14,8	14,5	9,3	8,8
M.O. (dag/kg)	3,6	1,5	2,0	0,5	1,9	0,5

razão disso seja o baixo conteúdo de matéria orgânica dessa área, a qual se constitui numa das principais fontes de nutrientes nos solos decapitados. Neste aspecto, a reposição da camada superficial pode ser considerada fundamental, neste caso, para a manutenção das condições químicas favoráveis ao crescimento vegetal. As variações nos valores de pH com a profundidade do solo, coincidiu com variações na saturação com bases (V). De acordo com Motta Neto, Morais e Lucchesi (1994), a remoção de bases do sistema, seja por absorção pelas plantas, seja por lixiviação, acarreta uma acidificação do solo.

Quanto ao menor nível de fertilidade na área com eucalipto (SR7), é provável que este tenha a capacidade de extrair maior quantidade de alguns nutrientes do solo que as demais espécies, principalmente aqueles que se movimentam mais no perfil como é o caso do K (segundo Nicolas Isasa (1965) e Yadav *et al.* (1973), ambos citados por Lima (1993), o potássio é extraído do solo de forma exagerada pelo eucalipto). De acordo com Jurgensen *et al.* (1986), citados por Lima (1993), em solos sob *Eucalyptus regnans* foram encontrados maiores teores de Ca trocável e menor de Mg que em solos com *Pinus radiata*. Entre as camadas de solo de 0-20 e 20-40 cm, observa-se uma redução no conteúdo de matéria orgânica e um aumento nos valores de pH e no valor V. Pode, ainda, ser uma característica do eucalipto em acidificar o solo. A esse respeito, Lima (1993) relata dois resultados diferentes, ou seja, uma redução dos valores de pH do solo pelo eucalipto, em uma situação e um aumento destes, em outra. No primeiro caso, esse autor cita que, Yadav *et al.* (1973), comparando os valores de pH do solo sob eucalipto e sob floresta natural de *Shorea robusta* na Índia, e Lozano e Velasco (1981), numa comparação similar realizada na Espanha entre plantações de eucalipto e de carvalho, observaram uma ligeira diminuição dos valores de pH do solo. Por outro lado, Lima (1993) cita que, Homem (1961), Marien e Calvin (1983), Jha e Ponde (1984), e Balagopalan e José (1984), observaram um efeito oposto do eucalipto nos valores de pH do solo.

Fazendo-se uma comparação entre as áreas com leguminosas (RB2 e SR6) e com eucalipto (SR7), Tabelas 3 e 4, verifica-se uma diminuição dos valores de pH da primeira para a última área, mostrando que a mimosa (área RB2) acidificou menos o solo que a área com bracatinga (SR6), e esta, menos que o eucalipto. Esta menor acidificação coincide com o menor conteúdo de matéria orgânica das áreas com eucalipto e com bracatinga (RB2 e SR6, respectivamente). Contudo, comparando-se as duas leguminosas, que além de pertencerem a mesma família são de mesma idade (sete anos), pode-se concluir que a maior ou menor

acidificação é em função da espécie. Paul e Klark (1989) e Robarge e Johnson (1992), citados por Siqueira *et al.* (1994) mencionam que, durante o processo de fixação biológica de N, ocorre, em pequena escala, uma produção de H^+ , o qual reduz os valores de pH do solo, aumentando a solubilidade de minerais com Al e metais pesados. Por outro lado, destas três áreas, a com eucalipto foi a que apresentou menores valores de pH do solo nas duas camadas, resultados discordantes dos comentários de Dias, Franco e Campello (1994). Segundo estes autores, era de se esperar valores mais baixos de pH nas áreas sob leguminosas, devido à acidificação causada pela fixação biológica de nitrogênio. De acordo com esses autores, com a fixação de N_2 atmosférico a planta passa a absorver maior concentração de cátions e para manter o equilíbrio eletroquímico interno no sistema radicular, passa a existir maior extrusão de prótons, com a consequente redução do pH do solo. Assim sendo, é provável que a bracatinga seja portadora de uma maior capacidade de fixação de N_2 que a mimosa. É bem provável que os baixos valores de pH do solo sob eucalipto, seja em função de uma atividade microbiana mais intensa, decompondo os resíduos vegetais, pois, como será visto mais adiante, a quantidade de litter e a produção de folheto são consistentemente maiores nas áreas com eucalipto (SR7) que nas com mimosa (RB2) ou bracatinga (SR6). Referindo-se ao coeficiente de decomposição da matéria orgânica sob eucalipto, Feller (1978) e Poggiani (1985) encontraram valores mais altos em comparação com outras espécies, portanto, concordando com os valores encontrados.

Quanto ao P disponível, observa-se uma tendência de diminuição do teor com um aumento do conteúdo de matéria orgânica, ou seja, da área com bracatinga, com oito anos (SR6), para a com eucalipto, com 15 anos (SR7) e com a de mimosa, com sete anos (RB2).

Uma comparação das duas leguminosas mostra que no solo sob mimosa, os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} são mais elevados, enquanto os de Al^{3+} e valor "m" são mais baixos, sugerindo uma menor absorção de nutrientes por esta espécie. Ao se comparar estas com o eucalipto, verifica-se que os conteúdos mais baixos pertencem ao eucalipto. É provável que a área com eucalipto (SR7) encontra-se em equilíbrio, em termos nutricionais, pela reposição de nutrientes através da deposição de folheto, embora com o nível de fertilidade do solo mais baixo em relação às demais áreas.

Dentre os vários parâmetros de solos analisados pelo método dos Componentes Principais (PCA), os mais importantes foram: saturação com bases e com Al, teor de Ca, soma de

bases, pH do solo, teores de Al, Mg e acidez potencial. Nesta análise, o componente 1 acumulou 87,9% da variância global (Tabela 5).

O programa SPSS, destacou apenas um fator como o principal responsável pela variação dos parâmetros avaliados, o que não permitiu demonstrar graficamente estas variações. No entanto, o parâmetro que mais influenciou na variação dos resultados foi a saturação com bases, cujo autovetor apresentou um valor de 0,97, enquanto que a acidez potencial foi o parâmetro, dentre os mais importantes, que menos influiu, apresentando um valor de -0,87. As correções da fertilidade do solo e da acidez contribuiu para um aumento dos valores de saturação com bases, teores de Ca, Mg e soma de bases e redução dos teores de alumínio, saturação com alumínio e acidez potencial nas áreas recuperadas, promovendo uma melhor correlação destes parâmetros com tais áreas. Por outro lado, a ausência destas práticas nas áreas de mata nativa (RB1 e SR1) fez com que, nestas áreas, os valores de Al^{3+} trocável, bem como de saturação com alumínio fossem mais elevados, proporcionando uma melhor correlação destes com estas áreas.

TABELA 5. Principais parâmetros responsáveis pelas variações dos resultados nas áreas estudadas, segundo método dos componentes principais.

Variável	Fator	Autovalor	Autovetor	Pct acumulada
Al	1	7,03079	-0,92358	87,9
Ca	2	0,68474	0,95245	96,4
H+Al	3	0,15723	-0,87523	98,4
m	4	0,08789	-0,96437	99,5
Mg	5	0,02468	0,91721	99,8
pH	6	0,01325	0,93736	100,0
S	7	0,00138	0,95092	110,0
V	8	0,00003	0,97489	100,0

4.1.4 Infestação Micorrízica

4.1.4.1 Diversidade

Pelos dados mostrados na Tabela 6, pôde-se separar quatro classes de diversidade de fungos micorrízicos em função da ocorrência destes nas áreas estudadas, quais sejam, diversidade original, persistente, aumentada e suprimida.

Diversidade original: denominou-se diversidade original aquela encontrada no solo sob mata nativa natural (área RB1). Foram encontrados em média 7,7 esporos pertencentes a quatro espécies: *Acaulospora longula* (AL), *Acaulospora* sp (Asp), *Glomus occultum* (GO) e *Scutellospora* sp (Ssp).

TABELA 6. Taxa de colonização micorrízica (TCM), média de quatro repetições, número total de esporos e espécies de fungos (média de três repetições) das áreas estudadas. ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

Área	TCM (%)	Número Total de Esporos	Espécie
RB1	14,8	7,7	AL; Asp; GO; Ssp
RB2	14,5	15,0	GO; SH; Ssp; Asp
RB3	14,0	-	Não determinadas
RB4	17,3	18,0	GE; AS; Glsp; SH; GO; Ssp, AM
RB5	15,5	6,3	Gsp; AM; SH
SR1	22,3	-	Não determinadas
SR2	18,0	15,3	GO; Glsp
SR3	16,8	8,0	GO; AS
SR4	14,0	19,0	AS; GO; AM
SR5	-	-	Não determinadas
SR6	13,0	38,3	Glsp; Asp; Ssp; SH; GO;AM; AP; Gsp
SR7	12,5	4,0	GE; AL; Gsp; Asp

Legenda: GO= *Glomus occultum*; GE= *G. etunicatum*; Glsp= *G. sp*; SH= *Scutellospora sp*; Ssp= *S. sp*; Asp= *Acaulospora sp*; AL= *A. longula*; AS= *A. scrubiculata*; AM= *A. morrowae*; AP= *A. pellucida*; Gsp= *Gigaspora sp*.

Diversidade persistente: foram consideradas persistentes aquelas espécies constatadas no solo sob mata nativa original (RB1) e também nas áreas revegetadas. Todas as espécies originais foram também persistentes, ou seja, pelo menos uma espécie da mata nativa ocorreu em alguma outra área, exceto naquela com capim gordura (RB5). Destas, a espécie *Acaulospora longula* (AL) ocorreu apenas em uma área recuperada (com eucalipto, SR7). As espécies *Acaulospora* sp (Asp) e *Scutellospora* sp (Ssp) ocorreram em outras três áreas, sendo que a primeira (Asp) foi constatada nas áreas com mimosa (RB2), com bracatinga (SR6) e com eucalipto (SR7), enquanto a segunda (Ssp) ocorreu nas áreas com mimosa (RB2), com nativas semeadas (RB4) e com bracatinga (SR6). A espécie *Glomus occultum* (GO) foi a espécie mais persistente, sendo encontrada nas áreas com mimosa (RB2), com nativas semeadas (RB4), com nativas e 17,9 t/ha de serapilheira (SR2), com nativas e 2,9 t/ha de serapilheira (SR3), com nativas sem reposição da camada superficial (SR4) e na área com bracatinga (SR6).

A presença das espécies *Acaulospora longula* (AL), *Scutellospora* sp (Ssp), *Glomus occultum* (GO) e *Acaulospora* sp (Asp) na área de mata nativa original (RB1) e em outras sete áreas estudadas, sugere uma eficiência parcial de todos os procedimentos, completos ou não, para a reversão da degradação. Sobre este aspecto, a espécie *Glomus occultum* (GO) foi a que melhor adaptou-se às novas condições dos solos ocorrendo em sete das nove áreas, estando ausente apenas nas áreas com capim gordura (RB5) e com eucalipto (SR7).

De todas as áreas avaliadas, a de bracatinga (SR6) foi a que apresentou maior número de espécies, ou seja, das 11 identificadas, oito ocorreram nesta área. Resultados semelhantes foram encontrados por Maschio *et al.* (1992), em um estudo comparativo de solos de mata nativa, solos com reflorestamento com bracatinga, com eucalipto, com pinheiro e, solos desnudos (degradados, recuperados e não vegetados). Os autores verificaram que o reflorestamento com bracatinga foi o mais eficiente, recuperando 83,33% dos componentes da diversidade original, que foram perdidos durante a sequência degradação-recomposição.

Diversidade aumentada: espécies ausentes na mata natural (RB1) e presentes nos solos de áreas recuperadas: *Scutellospora heterogama* (SH) na área com mimosa (RB2); *Glomus etunicatum* (GE), *Acaulospora scrubiculata* (AS), *Scutellospora heterogama* (SH), *Glomus* sp (Glsp) e *Acaulospora morrowoe* (AM) na área com nativas semeadas (RB4); *Gigaspora* sp (Gsp), *Acaulospora morrowoe* (AM) e *Scutellospora heterogama* (SH) na área com capim gordura

(RB5); *Glomus* sp (Gls) na área com nativas que receberam 17,9 t/ha de serapilheira (SR2); *Acaulospora scrubiculata* (AS) na área que recebeu 2,9 t/ha de serapilheira (SR3); *Acaulospora scrubiculata* (AS) e *A. morrowoe* (AM) na área com nativas sem reposição da camada superficial (SR4); *Glomus* sp (Gls), *Scutellospora heterogama* (SH), *Acaulospora morrowoe* (AM), *A. pellucida* (AP), e *Gigaspora* sp (Gsp) na área com bracatinga (SR6); *Glomus etunicatum* (GE) e *Gigaspora* sp (Gsp) na área com eucalipto (SR7). De todas as áreas estudadas, a com bracatinga (SR6) foi a que promoveu um aparecimento do maior número de espécies (5), enquanto que as áreas com espécies nativas que receberam serapilheira (SR2 e SR3) favoreceram o aparecimento de apenas uma espécie nova (*Glomus* sp, Gls e *Acaulospora scrubiculata*, AS, respectivamente.). Por outro lado, somente na área com capim gordura (RB5) não foi constatada nenhuma das espécies encontradas na mata original (RB1), sendo todas as três, espécies novas. No entanto, estas não foram exclusivas desta área, uma vez que a espécie *Gigaspora* sp (Gsp) esteve também presente em outras duas áreas (bracatinga, SR6 e eucalipto, SR7); *Acaulospora morrowoe* (AM) em outras três (com nativas semeadas, RB4, com nativas sem reposição da camada superficial, SR4 e com bracatinga, SR6) e *Scutellospora heterogama* (SH) em outras três (mimosa, RB2, nativas semeadas, RB4 e bracatinga, SR6).

Diversidade suprimida: espécies presentes na mata nativa original (RB1) e ausentes em algumas áreas recuperadas: *Acaulospora longula* (AL) foi encontrada em apenas uma das oito áreas recuperadas (eucalipto, SR7), *Acaulospora* sp (Asp) em três áreas (mimosa, RB2; bracatinga, SR6 e eucalipto, SR7), *Scutellospora* sp (Ssp) em três (mimosa, RB2; bracatinga, SR6 e nativas semeadas, RB4) e, *Glomus occultum* (GO) em seis áreas, estando ausente nas áreas com capim gordura (RB5) e com eucalipto (SR7).

Portanto, de todos os procedimentos adotados, a revegetação com a bracatinga foi o mais eficiente para a recuperação da biodiversidade, a nível microbiológico, no solo. No entanto, os dados mostram que todas as formas de recuperação adotadas estão deslocando o equilíbrio microbiológico original, em direção a um processo de sucessão.

Embora algumas das áreas recuperadas apresentem camadas compactadas abaixo de 20 cm de profundidade, na camada superficial, pelos dados microbiológicos, infere-se não haver compactação, pelo menos a ponto de não limitar a ocorrência de tais microrganismos. A esse

respeito, Smeltzer, Bergdahl e Donnelly (1986) encontraram resultados que confirmam esta afirmativa. Em um estudo para se avaliar os efeitos da dinâmica de microrganismos do solo, os autores verificaram que as populações de fungos, bactérias, nematóides e artrópodes foram significativamente mais elevadas no tratamento sem compactação e menores nos tratamentos submetidos à compactação.

4.1.4.2 Frequência de fungos versus fertilidade do solo

Os componentes 1, 2, e 3, que acumularam 94,8% da variância global, mostraram que, entre as variáveis estudadas (parâmetros químicos e micorrízicos), foram mais importantes: (a) saturação com bases e com alumínio, teor de Ca^{2+} , pH do solo e teor de Al^{3+} trocável; (b) frequências de *Acaulospora pellucida*, *A. morrowoe*, *Scutellospora* sp, *Acaulospora* sp e *A. longula* (Figura 1).

A comparação dos solos sob mata nativa (RB1) e solos recuperados, mostrou que a recuperação, através da aplicação de adubos e corretivos, contribuiu para uma elevação dos valores de pH do solo, saturação com bases e teores de Ca, e uma redução nos teores de Al e saturação com alumínio, favorecendo as populações dos fungos micorrízicos citados anteriormente. A área com bracatinga (SR6) foi a que apresentou a maior frequência de fungos, estando esta diretamente correlacionada com a presença das espécies *Scutellospora* sp (Ssp), *Acaulospora pelucida* (AP), *A. morrowoe* (AM), além das espécies *Scutellospora heterogama* (SH), *Glomus occultum* (GO) e *Gigaspora* sp (Gisp), com menor importância no que se refere à variação da população micorrízica. Embora nas outras áreas a ocorrência destes fungos, demonstre boa eficiência de recuperação das características microbiológicas, merece destaque o potencial da bracatinga em recuperar a biodiversidade microbiológica do solo, sobrepujando as demais alternativas de recuperação. Parece provável que a fixação de N_2 atmosférico favoreceu a maior diversidade de fungos micorrízicos nesta área.

Comparando-se a ocorrência dos fungos micorrízicos em função do nível de fertilidade do solo, verifica-se que a ocorrência das espécies *Acaulospora* sp (Asp), *Acaulospora longula* (AL) estão associadas a um aumento nos níveis de Al^{3+} e saturação com Al e ao aumento dos valores de pH do solo, saturação com bases e teores de Ca^{2+} .

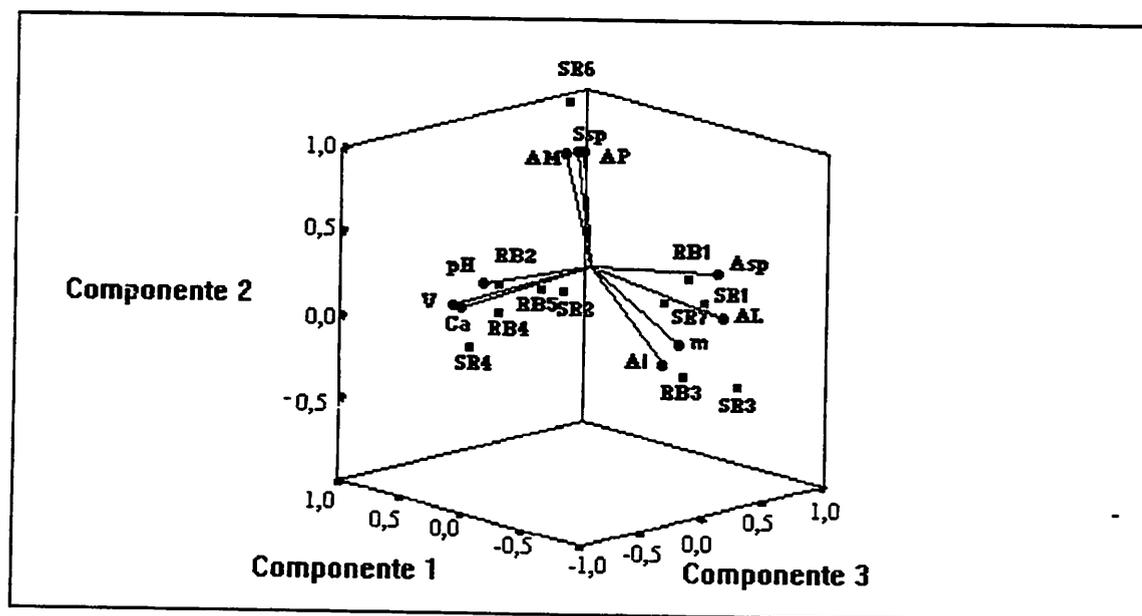


FIGURA 1. Distribuição espacial das amostras e componentes 1, 2, e 3 para fungos micorrízicos e parâmetros químicos do solo.

A Figura 1 permite separar três conjuntos de variáveis, diferentes entre si, porém, cada conjunto apresenta características semelhantes. O primeiro conjunto associa áreas com níveis mais elevados de Al^{3+} e saturação com Al, ou seja, áreas de mata nativa (RB1 e SR1), eucalipto (SR7), nativas plantadas em terraços (RB3) e nativas que receberam 2,9 t/ha de serapilheira (SR3) e a presença dos fungos *Acaulospora* sp e *A. longula*. O segundo conjunto associa áreas com níveis de fertilidade mais elevados e/ou níveis mais baixos de Al^{3+} e valor m com população reduzida ou ausência de *Acaulospora* sp e *A. longula*, sugerindo que estes fungos dão preferência a ambientes mais pobres, sendo de grande importância no estágio inicial de recuperação de áreas degradadas. O terceiro conjunto destaca a área com bracatinga (SR6) das demais, com valores dos parâmetros de fertilidade intermediários. A estes níveis, melhor associaram as espécies *Acaulospora Morrowe*, *A. pellucida* e *Scutelospora* sp, sugerindo serem estas espécies favorecidas pelo maior nível de N no litter da bracatinga.

4.1.4.3 Estudo comparativo

Pelo teste não paramétrico Mann-Whitney (Tabela 7), citado em Brower e Zar (1977), verifica-se não haver diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$) entre as áreas estudadas para colonização micorrízica e para taxa de colonização. O número total de esporos e número de espécies permitiu apenas a análise a 10% de significância (apenas três repetições), sendo algumas áreas estatisticamente diferentes de outras.

A análise do número total de esporos e do número de espécies mostrou haver diferença significativa entre as áreas, indicando haver no solo sob bracatinga (SR6) um número estatisticamente maior que nos solos com mata nativa original (RB1), com capim gordura (RB5), com nativas e 17,9 e 2,9 t/ha de serapilheira (SR2 e SR3), nativas (SR5) e com eucalipto (SR7), ou seja, das dez áreas onde se fez uma avaliação do número total de esporos e de espécies de fungos micorrízicos, a área com bracatinga (SR6) apresentou valores 60% maiores que as demais. Da mesma forma, a área com mimosa (RB2) apresentou maior número de esporos que a de eucalipto (SR7); a com nativas sem reposição da camada superficial (SR4) maior que a com capim gordura (RB5); e, a de nativas com 17,9 t/ha de serapilheira (SR2), e a com nativas sem reposição da camada superficial (SR4) maior que a com eucalipto (SR7). Quanto ao número de esporos encontrou-se maiores valores para a área com nativas semeadas que na que recebeu 17,9 t/ha de serapilheira e, esta, maior que a com eucalipto. Portanto, o maior número de esporos e de espécies foi detectado no solo sob bracatinga e o menor no solo sob eucalipto.

Comparando-se as áreas que receberam diferentes quantidades de serapilheira (SR2 e SR3), infere-se que a quantidade de serapilheira aplicada pode ter influenciado o número total de esporos, uma vez que na área onde se aplicou maior quantidade (17,9 t/ha, SR2), foram encontrados mais esporos, ou seja, quase o dobro da quantidade encontrada na área com 2,9 t/ha (SR3). No entanto, a taxa de colonização micorrízica e o número de espécies foram praticamente as mesmas: 18,8 e 16,8% e duas espécies, respectivamente, sendo que as espécies da área com 17,9 t/ha (SR2) pertencem ao mesmo gênero (*Glomus*), enquanto que na que recebeu 2,9 t/ha (SR3), pertencem a gêneros diferentes (*Glomus* e *Acaulospora*). Desta forma, a taxa de colonização e o número de espécies não foram influenciados pela quantidade de serapilheira aplicada.

TABELA 7. Níveis de significância segundo teste não paramétrico de Mann-Whitney para parâmetros microbiológicos das áreas estudadas. ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

INTERAÇÃO DAS ÁREAS	TAXA DE COLONIZAÇÃO	NÚMERO TOTAL DE ESPOROS	NÚMERO DE ESPÉCIES
RB1xRB2	NS	NS	NS
RB1xRB3	NS	-	-
RB1xRB4	NS	NS	NS
RB1xRB5	NS	NS	NS
RB1xSR2	-	NS	NS
RB1xSR3	-	NS	NS
RB1xSR4	-	NS	NS
RB1xSR6	-	**	**
RB1xSR7	-	NS	NS
RB2xRB3	NS	-	-
RB2xRB4	NS	NS	NS
RB2xRB5	NS	NS	NS
RB2xSR2	-	NS	**
RB2xSR3	-	NS	NS
RB2xSR4	-	NS	NS
RB2xSR6	-	NS	NS
RB2xSR7	-	**	NS
RB3xRB4	NS	-	-
RB3xRB5	NS	-	-
RB4xRB5	NS	NS	NS
RB4xSR2	-	NS	**
RB4xSR3	-	NS	NS
RB4xSR4	-	NS	NS
RB4xSR6	-	NS	NS
RB4xSR7	-	**	NS
RB5xSR2	-	NS	NS
RB5xSR3	-	NS	NS
RB5xSR4	-	**	NS
RB5xSR6	-	NS	**
RB5xSR7	-	NS	NS
SR1xSR2	NS	-	-
SR1xSR3	NS	-	-
SR1xSR4	NS	-	-
SR1xSR6	NS	-	-
SR1xSR7	NS	-	-
SR2xSR3	NS	NS	NS
SR2xSR4	NS	NS	NS
SR2xSR6	NS	NS	**
SR2xSR7	NS	**	**
SR3xSR4	NS	NS	NS
SR3xSR6	NS	NS	**
SR3xSR7	NS	NS	NS
SR4xSR6	NS	NS	**
SR4xSR7	NS	**	NS
SR6xSR7	NS	**	**

Onde: NS= Não significativo

**= Significativo a 0,10

- = Não determinado

Analisando-se as áreas com leguminosas (RB2 e SR6) e a com eucalipto (SR7), Tabela 6, observa-se que a principal diferença destas áreas, diz respeito ao número total de esporos. No solo sob bracatinga (área SR6), foram encontrados 115 esporos/50 ml de solo, ou seja 2,5 vezes mais que no solo sob mimosa (área RB2) e 9,6 vezes mais que no solo sob eucalipto (SR7). Por outro lado, a menor taxa de colonização micorrízica foi encontrada no solo sob bracatinga (13,0%) e a maior sob mimosa (14,5%). Na área de bracatinga é maior também o número de espécies, sete, contra quatro espécies nas duas outras áreas.

4.1.5 Ciclagem de Nutrientes

4.1.5.1 Produção de folheto (ou serapilheira) e litter

A. Retiro Branco

Apenas a área de mata natural (RB1), Tabela 8, apresentou diferença estatisticamente significativa entre os meses do ano para a produção de folheto (ou serapilheira), sendo a maior produção verificada no mês de setembro e a menor nos meses de julho, novembro, dezembro, fevereiro, janeiro, março, junho, maio e abril (a sequência de meses mostra uma ordem decrescente, em valores absolutos, da produção de folheto, embora não haja diferença estatística entre eles).

Uma análise das áreas dentro do fator meses mostra que apenas em quatro meses (maio, setembro, janeiro e fevereiro) houve alguma diferença entre as áreas quanto a produção de folheto, destacando a área de mata natural (RB1) nos meses de maio, janeiro e fevereiro, com menores produções e no mês de setembro com a maior produção, ou seja, praticamente o dobro das demais áreas. Este fato sugere, que a vegetação nativa é subcaducifólia (a maior queda de folheto ocorreu no final do inverno e início da primavera, ou seja, a maior queda de folhas ocorreu imediatamente antes do surgimento de folhas novas).

TABELA 8. Valores médios mensais (4 repetições), quantidade acumulada durante 12 meses e média mensal de produção de folheto nas áreas do Retiro Branco (t/ha).

MÊS	RB1	RB2	RB3	RB4
MAR	ABC 0,253	Ba 0,473	Aa 0,493	Aa 0,443
ABR.	BC 0,149	Ba 0,674	Aa 0,403	Aa 0,388
MAI.	ABC 0,187	Bb 0,537	Ab 0,499	Ab 0,395
JUN	ABC 0,139	Ba 0,424	Aa 0,549	Aa 0,441
JUL.	C 0,438	Ba 0,320	Aa 0,443	Aa 0,317
AGO	BC 0,503	ABa 0,302	Aa 0,431	Aa 0,213
SET.	A 0,989	Aabc 0,517	Abc 0,343	Aabc 0,486
OUT.	AB 0,564	ABab 0,676	ABab 0,649	ABab 0,342
NOV.	BC 0,312	Ba 0,193	Aa 0,593	Aa 0,248
DEZ.	ABC 0,282	Bb 0,481	Ab 0,453	Ab 0,265
JAN.	ABC 0,254	Bb 0,619	Ab 0,400	Ab 0,737
FEV.	ABC 0,262	Bb 0,520	Ab 0,634	Ab 0,405
Total anual	4,341	5,736	5,771	4,678
Média mensal	0,360	0,480	0,480	0,390

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade. Letras minúsculas: comparação das médias na horizontal; letras maiúsculas: comparação das médias na vertical

Uma análise feita por estação do ano, mostra que apenas na mata natural (RB1) houve diferença de produção, sendo esta, maior no inverno e menor no outono.

Considerando-se a produção total das áreas observa-se não haver diferença estatística mente significativa entre elas a nível de 5% de probabilidade. Quando se faz uma comparação mês a mês, observa-se que não houve diferença de deposição de serapilheira (ou folheto) entre as áreas em oito dos doze meses (março, abril, junho, julho, agosto, outubro, novembro e dezembro). Dentre as áreas que apresentaram produção diferente, destacou-se a área de mata nativa (RB1), com menor produção no mês de maio e maior no mês de setembro. Por outro lado, a área com nativas semeadas (RB4), no mês de janeiro e, a com nativas plantadas em áreas terraceadas (RB3), no mês de fevereiro com maior produção.

Durante os doze meses de avaliação, apenas a área de mata nativa (RB1) apresentou diferença significativa entre os meses, sendo o mês de setembro aquele com maior produção e os

meses de outubro e agosto, respectivamente, com produção intermediária entre setembro e os demais.

B. Santa Rosália

Os valores de produção de folheto (Tabela 9), mostram haver diferença entre as áreas, ao nível de 5%, sendo que a maior produção foi obtida na área com eucalipto (SR7) e a menor na área de nativas onde a camada superficial não foi repostada (SR4).

TABELA 9. Valores médios mensais (4 repetições), quantidade acumulada durante 12 meses e média mensal de produção de folheto nas áreas de Santa Rosália (t/ha).

MÊS		SR1	abc	SR2	bc	SR3	bc	SR4	c	SR5	ab	SR6	bc	SR7	a
MAR	ABC	0,196	BC a	0,232	A a	0,192	A a	0,329	A a	0,278	AB a	0,316	A a	0,566	C a
ABR	BC	0,166	C a	0,321	A a	0,164	A a	0,221	A a	0,191	B a	0,339	A a	0,442	C a
MAI	ABC	0,780	AB a	0,294	A b	0,368	A ab	0,208	A ab	0,368	AB ab	0,267	A b	0,487	C ab
JUN	ABC	0,180	C a	0,332	A a	0,293	A a	0,198	A a	0,515	AB a	0,278	A a	0,341	C a
JUL	C	0,214	ABC a	0,363	A a	0,220	A a	0,113	A a	0,320	AB a	0,267	A a	0,401	C a
AGO	BC	0,377	ABC a	0,363	A a	0,255	A a	0,101	A a	0,445	AB a	0,244	A a	0,457	C a
SET.	A	0,804	A ab	0,665	A abc	0,300	A bc	0,115	A c	0,788	A ab	0,227	A bc	0,438	C abc
OUT.	AB	0,718	ABC a	0,659	A ab	0,335	A ab	0,136	A b	0,398	AB b	0,452	A ab	0,529	C ab
NOV.	BC	0,327	ABC a	0,257	A a	0,311	A a	0,130	A a	0,250	AB a	0,250	A a	0,593	BC a
DEZ.	ABC	0,278	ABC b	0,230	A b	0,357	A b	0,149	A b	0,241	AB b	0,228	A b	1,180	AB a
JAN.	ABC	0,182	C ab	0,229	A ab	0,274	A ab	0,128	A b	0,394	AB b	0,301	A ab	0,466	C ab
FEV.	ABC	0,270	ABC b	0,308	A b	0,193	A b	0,087	A b	0,533	AB b	0,247	A b	1,200	A a
Total anual		4,493	bc	4,244	bc	3,161	cd	1,869	d	4,720	bc	3,458	cd	7,100	a
Média mensal		0,370	-	0,350	-	0,260	-	0,160	-	0,390	-	0,260	-	0,590	-

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade

Letras minúsculas: comparação das médias na horizontal; letras maiúsculas: comparação das médias na vertical

Analisando-se mês a mês, verifica-se que a área de mata natural (SR1) apresentou uma produção de folheto estatisticamente superior às demais apenas nos meses de maio e outubro, enquanto na área com eucalipto (SR7), a maior produção ocorreu nos meses de dezembro e

fevereiro. À exceção dos meses de setembro e outubro, que apresentou produções intermediárias, nos demais a área com eucalipto (SR7) apresentou as maiores produções, mesmo em alguns casos, não diferindo estatisticamente das demais. Por outro lado, com raras exceções, a área onde a camada superficial não foi repostada (SR4) apresentou a menor produção (embora em alguns casos esta não tenha sido estatisticamente diferente das demais).

C. Conjunto das áreas

Fazendo-se uma comparação do conjunto de áreas estudadas (Tabelas 8 e 9), verifica-se que o mês que apresentou maior queda de folheto foi setembro e o menor julho.

Analisando-se o comportamento de cada área nos doze meses de avaliação, encontrou-se que das onze áreas estudadas (na área com capim gordura, RB5, este parâmetro não foi avaliado), apenas em quatro (mata nativas, RB1 e SR1, nativas, SR5 e eucalipto, SR7) houve diferença estatisticamente significativa na produção de folheto. A 5% de probabilidade, a produção de folheto pela área RB1, no mês de setembro foi superior, sendo que os meses de outubro e agosto apresentaram produção intermediária, enquanto que nos demais os valores foram estatisticamente iguais e inferiores. Também na área de mata natural (SR1) a maior produção ocorreu no mês de setembro, sendo as menores em janeiro, junho e abril. Na área SR5, a maior produção ocorreu em setembro e a menor em abril. Já na área com eucalipto (SR7), a maior produção foi verificada nos meses de fevereiro, sendo os meses dezembro e novembro, intermediários enquanto que os demais foram estatisticamente iguais e inferiores.

Analisando-se a produção de folheto das áreas em conjunto, verifica-se que a maior produção ocorreu na área com eucalipto (SR7) e a menor na com nativas semeadas (RB4). Com produção intermediária destacaram-se três grupos: o primeiro composto pelas áreas com nativas plantadas em áreas terraceadas (RB3) e com mimosa (RB2), com valores que se aproximaram mais daqueles da área com eucalipto (SR7), a qual apresentou os maiores valores; o segundo composto pelas áreas com bracatinga (SR6) e de nativas com 2,9 t/ha de serapilheira (SR3), cujos valores se aproximaram mais da área com menores produções, a área com nativas onde a camada superficial não foi repostada (SB4); e o terceiro grupo composto pelas áreas com valores intermediários a estes grupos, isto é, a área com nativas (SR5), a área com nativas semeadas (RB4), as áreas com mata nativa (SR1 e RB1), e a área de nativas com 17,9 t/ha de serapilheira.

Estes dados sugerem que a não recolocação da camada superficial (SR4) prejudicou, em muito, a produção de folheto por causar um retardamento no crescimento das mudas plantadas, além de dificultar o surgimento de outras espécies, haja visto que a superfície do solo encontra-se coberta por uma vegetação rala e incipiente, conforme pôde ser observado à campo. Sugerem, ainda, que uma grande quantidade de serapilheira, como 17,9 t/ha (SR2), não favoreceu o desenvolvimento das plantas satisfatoriamente, em comparação com a aplicação de 2,9 t/ha (SR3). Contudo, à exceção das áreas com eucalipto (SR7) e com nativas sem reposição da camada superficial (SR4), com maior e menor produções, respectivamente, as demais foram estatisticamente iguais às áreas de mata natural (RB1 e SR1).

Por outro lado, verifica-se que nos meses de março, abril, junho, julho, agosto e novembro, não houve diferença estatística entre as áreas. No mês de maio, houve uma maior produção na área SR1 e uma menor na RB1, ambas com vegetação nativa (entre as demais não houve diferença estatística). No mês de setembro, RB1 (mata nativa) apresentou a maior produção e SR4 (nativas sem reposição da camada superficial) a menor. Em outubro, a maior produção foi verificada na área com mata natural (SR1) e a menor também na área SR4. Em janeiro, a maior foi verificada na área com nativas semeadas (RB4) e a menor em RB4. Já em fevereiro, a maior foi verificada na área com eucalipto (SR7), a qual apresentou quase o dobro da produção da área com produção imediatamente inferior.

Analisando-se por estação do ano, verificou-se que não houve diferença estatística entre elas para o conjunto de áreas. Contudo, os dados mostraram que apenas a área de mata natural (RB1) apresentou produções diferentes de acordo com a estação do ano, isto é, a maior foi verificada no inverno e a menor no outono. Dentro de cada estação, apenas no outono não houve diferença entre as áreas, ou seja, no verão a maior produção foi da área com eucalipto (SR7) e a menor nas áreas com nativas com 17,9 (SR2) e 2,9 (SR3) t/ha de serapilheira, matas nativas (RB1 e SR1) e nativas sem camada superficial repostas (SR4); no inverno maior em RB1 e menor em SR4; e na primavera, maior em SR7 e menor em RB4 e nativas semeadas (SR4). O mês de menor produção foi junho, com 0,341 t/ha, o que equivale a 4,8% da produção total. Por outro lado, as maiores produções foram verificadas nos meses de dezembro e fevereiro, com um total de 2,38 t/ha, ou seja, 33,52% do total em apenas dois meses. À exceção destes meses de menor e maior produção, os demais apresentaram produções bastante uniformes.

Esta maior produção de folhede pelo eucalipto, comparado com outras espécies, já havia sido mencionada por outros autores, que destacaram um efeito positivo da matéria orgânica fornecida ao solo por esta espécie sobre a melhoria potencial das suas propriedades químicas. Read (1941) citado por Lima (1993) observou, na África do Sul, a formação de uma camada orgânica de 20 cm desenvolvida durante um período de vinte anos sob plantações de *Eucalyptus saligna* formada sobre solo degradado. Cozzo e Riveros (1969), citados pelo mesmo autor, estimaram uma acumulação cerca de duas a quatro vezes mais sob o eucalipto em comparação com a pastagem. Comparando-se a matéria orgânica de um solo sob floresta de eucalipto e outro sob *Pinus radiata*, (Baker, 1983), e sob *Shorea robusta* (Jha e Pande, 1984), ambos citados por Lima (1993), encontraram maior quantidade sob o eucalipto. Estes dados confirmam os resultados do presente trabalho.

A produção anual de folhede pelo eucalipto foi de 7,10 t/ha, ou seja, 0,592 t/ha/mês, valores 58% maiores que os da testemunha. Estes dados ressaltam a importância do eucalipto na recuperação de áreas degradadas, pela grande deposição de matéria orgânica ao solo. Contudo, não basta apenas plantar o eucalipto e esquecê-lo no local; há necessidade de um monitoramento para permitir que outras espécies se instalem na área e possam tirar proveito desta matéria orgânica depositada ao solo.

- *Litter*

A. Retiro Branco

A maior quantidade de litter (Tabela 10) foi verificada na área de mata natural (RB1), onde foi encontrado o menor coeficiente de decomposição. O solo com capim gordura (RB5) apresentou a menor quantidade de litter. Por ser uma gramínea não foi possível se realizar a coleta de folhede, portanto, não pôde-se estimar o coeficiente de decomposição como feito para as demais áreas. Na área com leguminosa (RB2) detectou-se o maior coeficiente de decomposição (cerca de três vezes aquele da mata natural, RB1). Este maior coeficiente verificado nos resíduos das espécies leguminosas tem sido mencionada na literatura. O'Connell (1986), estudando a taxa (ou coeficiente) de decomposição de serapilheira em sacos de nylon, observou que a presença de

um sub-bosque de espécies leguminosas pode influir no coeficiente de decomposição da serapilheira e a ciclagem de nutrientes, possivelmente devido a um microclima mais favorável e também a um suprimento mais adequado de nutrientes, que influem positivamente sobre a atividade microbiana.

TABELA 10. Peso da matéria seca do folheto (acumulado durante 12 meses) e de litter (t/ha) e coeficiente de decomposição nas áreas do Retiro Branco e Santa Rosália. ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

Ident.	RB1	RB2	RB3	RB4	RB5	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7
Folheto	4,3	5,7	5,8	4,7	-	4,5	4,2	3,2	1,9	4,7	3,5	7,1
Litter	62,8	26,4	-	29,9	16,3	55,5	15,1	10,4	4,0	17,2	26,4	63,3
K	0,1	0,2	-	0,2	-	0,1	0,3	0,3	0,5	0,3	0,1	0,1

Onde K= coeficiente de decomposição= Quantidade de folheto acumulado/Quantidade de litter

B. Santa Rosália

Em Santa Rosália, à semelhança do Retiro Branco, o menor coeficiente de decomposição foi verificado na área com mata natural (SR1), Tabela 10. O litter do eucalipto (SR7) apresentou um coeficiente de decomposição um pouco maior que o da mata natural (SR1), portanto, muito baixo, o que provoca certo acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo (de todas as áreas estudadas, foi a que apresentou maior quantidade de litter). Estes dados sugerem, ser esta espécie, muito eficiente em recuperar as características físicas e químicas do solo degradado, pela grande deposição de material vegetal e pela taxa de conversão deste em compostos novamente assimiláveis pelas plantas. Segundo Beaucorps (1957) e Karschon (1961), ambos citados por Lima (1993), a decomposição da serapilheira de eucalipto pode, a longo prazo, culminar com a formação de um húmus do tipo Mull. Este tipo de húmus caracteriza-se pela mistura de matéria orgânica e solo mineral de forma uniforme, sem a ocorrência de uma interface nítida entre as duas camadas; apresenta, ainda, uma boa estrutura granular e abundância de raízes

finas. Estas características mencionadas pelos autores supracitados, foram facilmente visualizadas na camada superficial da área em questão.

Ao contrário do Retiro Branco, em Santa Rosália a espécie leguminosa (bracatinga-*Mimosa scabrella*, SR6), não foi a que apresentou maior coeficiente de decomposição, pelo contrário, apresentou um valor equivalente à metade da área com a leguminosa do Retiro Branco (*Mimosa pseudoincana*, RB2).

O maior coeficiente de decomposição e a menor quantidade de litter foi encontrada na área com espécies nativas sem reposição da camada superficial (SR4), onde a cobertura vegetal é ainda incipiente. As baixas quantidades de litter e folheto, são devido ao pouco desenvolvimento das espécies, plantadas diretamente no solo, sem reposição da camada superficial. Isto retardou o desenvolvimento das plantas, incidindo diretamente na queda de folhas e no aumento da matéria orgânica do solo. A pouca vegetação deixa a superfície do solo exposta aos raios solares que, ressecam todo material vegetal que cai, dificultando sua incorporação ao solo. Por outro lado, o baixo conteúdo de matéria orgânica do solo, causa um efeito de diluição da matéria orgânica que é adicionada pela vegetação.

Comparando-se as duas espécies leguminosas (RB2 e SR6), verifica-se que ambas acumularam quantidades semelhantes de litter, em oito anos, (26,42 e 26,39 t/ha, respectivamente). No entanto, a produção de folheto em um ano pela mimosa (RB2) foi cerca de 66% maior que pela bracatinga (SR6), mostrando haver um coeficiente de decomposição maior nos resíduos vegetais da mimosa. A importância desses dados resume-se no fato de que, mais relevante do que a simples acumulação quantitativa de folheto é o processo de mineralização e a consequente liberação de nutrientes dessa matéria orgânica. A vantagem neste caso específico, para a mimosa, é que ela além de melhorar as condições físicas do solo pelo aumento da matéria orgânica, como acontece também com a bracatinga, promove um retorno mais rápido ao solo, dos nutrientes que foram absorvidos pela planta.

Analisando-se leguminosas e eucalipto em conjunto, observa-se uma maior eficiência desta última sobre as primeiras, embora esta apresente um menor coeficiente de decomposição. Isto porque a quantidade de litter adicionada é cerca de 2,5 vezes maior pelo eucalipto (SR7), o que daria uma quantidade de matéria orgânica mineralizada bem próxima daquelas das leguminosas.

4.1.5.2 Retorno de nutrientes ao solo

A. Retiro Branco

Analisando-se os dados da Tabela 11, verifica-se que as três áreas avaliadas apresentaram quantidades de N, P e Mg maiores que a área de vegetação nativa (RB1). Na área com capim gordura (RB5), não houve coleta de folheto, portanto, não foi realizada análise química deste material.

Das áreas recuperadas, as maiores quantidades destes nutrientes foram verificadas no folheto da mimosa (RB2) com um equivalente a 68,7% de N a mais que as da mata nativa original (RB1), 30,2% a mais de P e 44,2% de Mg. As menores quantidades foram verificadas na área com espécies nativas plantadas em áreas terraceadas (RB3), onde os valores para N, P e Mg foram, respectivamente, 35,6, 69,0 e 55,6% a mais que da área com mata natural (RB1). A área com espécies nativas semeadas (RB4), apresentou valores intermediários para o N e o P e maiores para o Mg. Já com relação ao K e ao Ca, as menores quantidades foram verificadas no folheto das nativas plantadas em áreas terraceadas (RB3), cujos valores foram menores aos detectados no folheto da mata nativa (RB1), ou seja, 13,7% de K e 4,9 % de Ca a menos. Por outro lado, os maiores valores para K e Ca foram encontrados para as espécies nativas semeadas (RB4), sendo 139,3% de K e 48,3% de Ca a mais que o da mata nativa (RB1).

Pelas quantidades de nutrientes encontrados na matéria seca do folheto foi possível determinar duas sequências de deposição de nutrientes, ou seja, $Ca > N > Mg > K > P$ nas áreas com mimosa (RB2) e com nativas plantadas em áreas terraceadas (RB3) e $Ca > N > K > Mg > P$ nas áreas com mata nativa (RB1) e com nativas semeadas (RB4). A primeira sequência observada coincide com aquela encontrada por Koehler e Reissmann (1992) para uma floresta de *Araucaria angustifolia* em Lapa (PR). Contudo, as quantidades de nutrientes em todas as áreas foram consideravelmente maiores (N de 3,2 a 4,0 vezes maior, de P, 1,7 a 3,8 vezes, de K, 1,0 a 2,8 vezes, de Ca, 7,3 a 11,4 vezes e de Mg, 1,9 a 4,7 vezes) que aquelas encontradas por Brites *et al.* (1992) também para uma floresta de *A. angustifolia* em São Mateus do Sul (PR). As menores quantidades encontradas por esses autores na região de São Mateus do Sul em relação às do presente estudo, provavelmente sejam devido à menor exigência nutricional daquela espécie.

TABELA 11. Resultados da análise química do folheto (kg/ha), média de 4 repetições nas áreas do Retiro Branco. ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

Característica	RB1	RB2	RB3	RB4
N	213,96	361,04	290,17	342,16
P	9,97	22,95	16,85	21,34
K	34,72	49,94	29,95	83,09
Ca	460,91	544,73	438,51	683,75
Mg	30,38	74,19	47,27	75,59

Os dados da Tabela 12 mostram que, nas áreas do Retiro Branco, as quantidades de N, P e Ca foram maiores no litter da área com mata natural (RB1), sendo que para o Mg, o maior valor foi verificado no litter da mimosa (RB2). Por outro lado, as menores quantidades de nutrientes no litter foram verificadas na área com capim gordura (RB5), corroborando com afirmativas de Cardoso (1977) de ser esta gramínea pouco exigente em fertilidade do solo.

Ao contrário da situação observada com as quantidades de nutrientes no folheto, no litter encontrou-se uma sequência diferente, ou seja, $P > N > Ca > Mg$, sendo o P aquele em maior quantidade.

TABELA 12. Resultados da análise química do litter (kg/ha), média de 4 repetições, das áreas do Retiro Branco. ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

Característica	RB1	RB2	RB4	RB5
N	1136,50	478,20	478,10	96,20
P	1839,70	893,00	1102,60	415,70
K	Traços	Traços	Traços	Traços
Ca	467,40	269,80	301,00	75,00
Mg	20,40	64,30	46,50	4,70

B. Santa Rosália

Os dados da Tabela 13 mostram duas situações diferentes com relação a quantidade de nutrientes na matéria seca do folheto, isto é, uma em que todos os nutrientes encontram-se em quantidades maiores que na área de mata nativa (SR1), como pode ser observado para as áreas SR2 (nativas com 17,9 t/ha de serapilheira) e SR5 (nativas) e, outra onde todos estão em quantidades menores, como na área SR4 (nativas sem reposição da camada superficial). Estes dados reforçam a importância da reposição da camada superficial nos solos minerados. Isto porque, analisando-se os dados para as áreas com espécies nativas sem reposição da camada superficial (SR4) e com esta camada (SR5), verifica-se que as quantidades encontradas onde foi realizada a operação de reposição são consistentemente maiores que aquelas onde esta operação não foi realizada (a necessidade de reposição de terra contendo matéria orgânica para o crescimento das plantas, está em função do fornecimento de nutrientes, principalmente, N, P e S, Franco *et al.*, 1994). Além do mais, as quantidades de N e Ca foram também maiores que na área onde se colocou as 17,9 t/ha de serapilheira. Analisando-se os valores das áreas com 17,9 e 2,9 t/ha de serapilheira (SR2 e SR3), verifica-se quantidades maiores, porém não proporcionais, de todos os nutrientes na primeira área, o que quer dizer que, embora tenha proporcionado valores maiores não seja a prática mais indicada.

TABELA 13. Resultados da análise química do folheto (kg/ha), média de 4 repetições nas áreas de Santa Rosália. ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

Característica	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7
N	245,15	257,79	159,58	108,84	259,60	217,64	202,35
P	10,33	22,47	20,55	6,91	16,99	11,06	4,44
K	39,51	65,73	26,55	8,04	40,12	11,42	46,15
Ca	292,75	480,45	371,63	146,24	531,27	194,11	440,20
Mg	57,47	63,18	38,24	14,59	59,00	25,26	53,96

A quantidade de nutrientes repostos pela bracatinga (SR6) foi menor que a da mata nativa (SR1), exceto para o P, o qual encontra-se com valor um pouco maior. Já para o eucalipto, quantidades de K e Ca foram maiores que as da mata natural (SR1), sendo que para o P

quantidades de K e Ca foram maiores que as da mata natural (SR1), sendo que para o P encontrou-se as menores quantidades na matéria seca, inclusive, sendo cerca de 35,7% menor que na área onde não foi recolocada a camada superficial (SR4) e 57,0% menor que o P da mata natural (SR1).

As quantidades de N e P no litter (Tabela 14) foram maiores na área com mata natural (SR1). Já o Ca e o Mg foram maiores na área com nativas sem reposição da camada superficial (SR4), porém, as quantidades destes nutrientes na área com eucalipto (SR7) foram ligeiramente inferiores (respectivamente, 0,2 e 83%) à da área anterior (SR4). Além disso, as quantidades de P e N no litter foram as que mais se aproximaram dos maiores valores. Portanto, das áreas recuperadas, a maior deposição de macronutrientes foi verificada no litter do eucalipto (SR7). É provável que essa maior quantidade seja devido a uma maior produção de folheto e de litter, sendo que a produção de folheto variou de 1,6 a 3,7 vezes e a de litter de 1,1 a 1,6 vezes mais que a área de mata nativa (SR1) e sem reposição da camada superficial (SR4), respectivamente. Esta última apresentou as menores quantidades de folheto e de litter.

TABELA 14. Resultados da análise química do litter (kg/ha), média de 4 repetições, das áreas de Santa Rosália. ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

Característica	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7
N	1036,90	190,00	100,50	504,00	232,20	501,40	538,20
P	1907,50	526,30	234,10	904,00	526,60	464,50	1171,40
K	Traços	Traços	Traços	Traços	Traços	Traços	Traços
Ca	284,20	152,40	78,70	333,00	213,20	179,00	332,20
Mg	27,60	28,10	12,70	43,30	32,90	26,20	39,70

Comparando-se as quantidades dos macronutrientes entre as duas áreas que receberam grandes quantidades de serapilheira (SR2 e SR3), verifica-se que a área que recebeu 17,9 t/ha apresentou cerca de duas vezes mais macronutrientes no litter que a que recebeu menor quantidade (SR3). Por outro lado, a área que não teve a camada superficial repostada (SR4) apresentou maiores quantidades de nutrientes que as demais áreas mineradas, exceto a de eucalipto (SR7). Possivelmente, seja a presença de espécies leguminosas nesta área, uma vez que os valores são compatíveis com aqueles da bracatinga (SR6) e da mimosa (RB2).

C. Leguminosas versus eucalipto

Comparando-se as duas leguminosas (mimosa, *Mimosa pseudoincana* - RB2 e bracatinga, *M. scabrella* - SR6), verifica-se que as quantidades dos nutrientes na matéria seca do folheto da mimosa (RB2) foram mais elevadas que os da bracatinga (Tabelas 12 e 13). O maior valor de N em relação ao de Ca na bracatinga (SR6), é resultado de uma menor quantidade de Ca no folheto da bracatinga em comparação ao da mimosa, onde este teor foi quase três vezes maior, enquanto que para o N apenas 1,7 vezes, sugerindo ser a bracatinga menos exigente em Ca. Assim, esta espécie, provavelmente, seja mais adequada que a mimosa em áreas degradadas, por requerer menor quantidade de nutrientes, contudo, em termos de recuperação da fertilidade do solo, a mimosa adiciona maior quantidade de nutrientes. Esta maior quantidade vai favorecer mais outras espécies florestais em consórcio, as quais poderão se beneficiar do mais alto teor de nutrientes adicionados ao solo.

Numa comparação destas leguminosas com o eucalipto, Tabelas 13 e 14, verifica-se que no eucalipto (SR7) à semelhança da mimosa, o teor de Mg é maior que o de K. Os teores de N e P no folheto do eucalipto são menores que os das leguminosas. Já o Ca, Mg e K são mais elevados que folheto do eucalipto do que no da bracatinga.

Comparativamente, as áreas de matas nativas (RB1 e SR1), apresentaram maiores teores de N e P na matéria seca do litter que as demais áreas. Para o Ca, apenas a área de mata natural (RB1) apresentou teores maiores que as áreas recuperadas, sendo que a área de mata natural (SR1) apresentou apenas o quinto teor em ordem decrescente. No entanto, a mesma tendência não foi verificada para o Mg, onde algumas áreas revegetadas apresentaram litter com teores mais elevados deste nutriente.

Com relação ao P merecem destaque duas áreas: a com espécies nativas semeadas (RB4) e aquela com eucalipto (SR7), que tiveram teores bem maiores que as demais áreas recuperadas, sugerindo um eficiente aproveitamento do P disponível e sua reciclagem através da decomposição dos restos vegetais.

Embora na área com bracatinga (SR6), o teor de N tenha sido maior que o de P, a principal razão não foi uma quantidade maior de N, mas sim um menor teor de P que a maioria das

áreas. Contudo, cabe ressaltar que, parte do N adicionado pelos restos vegetais pode estar sendo perdido por volatilização ou até mesmo por lixiviação.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO

4.2.1 Retiro Branco

Área de mata natural (RB1)

Nas Tabelas 15 e 16 são mostrados os resultados da análise fitossociológica, realizada em 1996, na mata do Retiro Branco, considerada como testemunha das áreas mineradas adjacentes.

Foram identificados 378 indivíduos com CAP > 10 cm pertencentes a 51 espécies e 25 famílias em 400 m², correspondendo a uma densidade total de 3.150 indivíduos por hectare (Tabela 15).

De acordo com o IVI para espécies, a espécie mais importante nesta área é o Guatambu (*Aspidosperma pavifolium* - Apocynaceae), cujo IVI representa 10,46% do IVI das demais espécies. No entanto, esta espécie possui a segunda densidade relativa (7,67%), sendo que *Actinostemom communis* é a espécie com mais representantes (7,94%). Contudo, os indivíduos da espécie *Aspidosperma pavifolium*, embora menores em número, possuem maior diâmetro de caule, com uma dominância relativa (esse parâmetro estima a área basal dos indivíduos) de cerca de 20,7% contra 2,6% da espécie *Actinostemom communis*.

Das famílias encontradas, de acordo com IVI, a mais importante é Myrtaceae, com dez espécies, seguida pela Lauraceae com sete e pelas Leguminosae, Rubiaceae e Sapindaceae com três. Estas famílias e espécies são importantes para serem utilizadas como climax. Estes dados mostram, ainda, a importância destas espécies no ecossistema não perturbado, constituindo-se numa ferramenta fundamental em um programa de recuperação de áreas degradadas. São espécies que dominam o estrato superior da vegetação arbórea da mata natural do Retiro Branco,

que dominam o estrato superior da vegetação arbórea da mata natural do Retiro Branco, sugerindo serem espécies muito importantes na regeneração natural, como espécies definitivas (climax). Contudo, Lorenzo (1991) e Lorenzo *et al.* (1994), trabalhando em uma área de vegetação campestre no local denominado Campo do Saco, Poços de Caldas encontraram ser a família Compositae a mais importante de acordo com o IVI, com predominância dos gêneros *Baccharis* e *Vernonia*. São gêneros que ocorrem em áreas abertas, no estágio inicial de sucessão. Segundo Goodland (1979), essa família é uma das mais importantes do ecossistema do cerrado. Estes dados mostram a diferença entre os dois ambientes, mata natural estudada no presente trabalho e vegetação campestre, no trabalho de Lorenzo (1991) e Lorenzo *et al.* (1994), sugerindo cautela na seleção das espécies para revegetação de áreas degradadas pela mineração. É recomendável selecionar as espécies conforme o ecossistema original, optando-se por espécies nativas de cada área, observando-se sempre o grupo ecológico.

Por outro lado, ao contrário do que foi observado nas áreas recuperadas, a família Melastomataceae teve pouca expressão e a Compositae não foi encontrada dentre aquelas com indivíduos com CAP > 10 cm. Isto reafirma a grande importância destas duas famílias no estágio inicial da sucessão ecológica.

Observando-se a Tabela 16, verifica-se que cerca de 24,2% dos indivíduos com CAP < 10 cm pertencem à família Rubiaceae com cinco espécies (Criciúma - *Psychotria* sp, 20,6%; Sassafrázinho, 2,3%; *Alibertia* sp, 0,9%; *Amaiowa guianensis*, 0,3% ; e, *Coussasea* sp, 0,1%). Outras três famílias, Lauraceae (16,5%), Myrtaceae (13,3%) e Euphorbiaceae (10,7%), se destacaram como muito importantes no processo sucessório. Estas quatro famílias juntas representam 64,7% das famílias, cujas espécies apresentam indivíduos com CAP < 10 cm, ou seja, foram consideradas como regeneração natural. Por outro lado, as famílias Melastomataceae e Compositae representam 6,5% destes indivíduos, provavelmente em locais onde houve retirada ou morte natural de indivíduos arbóreos com CAP > 10 cm.

As espécies *Psychotria* sp (20,6%) e *Actinostemom communis* (10,7%) representam 31,3% das 52 espécies identificadas, devendo, estas serem consideradas com certo destaque no processo de revegetação, uma vez que juntas representam cerca de 30,0% das 51 espécies encontradas no ambiente natural não perturbado.

TABELA 15. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área RB1, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPECIE	FAMÍLIA	IVI	DA	DR	DoA	DoR
<i>Aspidosperma pavifolium</i>	APOCYNACEAE	31.39	241.7	7.67	5.70	20.66
<i>Machaerium nictitans</i>	LEGUMINOSAE	15.56	141.7	4.50	2.21	8.00
<i>Casearia gossypiosperma</i>	FLACOURTIACEAE	14.80	191.7	6.08	1.56	5.65
<i>Roupala brasiliensis</i>	PROTEACEAE	14.45	91.7	2.91	2.34	8.47
<i>Actinostemon communis</i>	EUPHORBIACEAE	13.62	250.0	7.94	0.72	2.63
<i>Myrcia</i> sp	MYRTACEAE	13.17	166.7	5.29	1.61	5.84
Cravo(*)	MYRTACEAE	13.09	150.0	4.76	1.45	5.27
<i>Blepharocalix salicifolius</i>	MYRTACEAE	12.83	125.0	3.97	1.60	5.80
<i>Trichilia catigua</i>	MELIACEAE	12.68	233.3	7.41	0.61	2.22
<i>Myrsine umbellata</i>	MYRSINACEAE	9.84	150.0	4.76	0.56	2.02
<i>Vochisia tucanorum</i>	VOCHISIACEAE	8.52	50.0	1.59	1.07	3.87
<i>Persea pyrifolia</i>	LAURACEAE	8.51	75.0	2.38	0.85	3.07
<i>Myrsiaria tenella</i>	MYRTACEAE	8.12	133.3	4.23	0.23	0.82
<i>Counarus regnelli</i>	CONNARACEAE	8.01	75.0	2.38	0.71	2.57
<i>Cupania oblougifolia</i>	SAPINDACEAE	7.52	91.7	2.91	0.43	1.55
Sassafrazinho(*)	RUBIACEAE	7.26	91.7	2.91	0.35	1.28
<i>Nectandra</i> sp	LAURACEAE	6.84	83.3	2.65	0.31	1.13
<i>Matayba juglandifolia</i>	SAPINDACEAE	6.30	100.0	3.17	0.30	1.09
<i>Nectandra megapotamica</i>	LAURACEAE	6.27	50.0	1.59	0.45	1.63
<i>Guatteria nigrescens</i>	ANNONACEAE	5.66	50.0	1.59	0.28	1.01
<i>Alchornea glandulosa</i>	EUPHORBIACEAE	5.58	33.3	1.06	0.64	2.48
<i>Ocotea silvestris</i>	LAURACEAE	5.10	58.3	1.85	0.33	1.20
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	SAPOTACEAE	4.80	8.3	0.26	0.97	3.52
<i>Calyptantes cruzaefolia</i>	MYRTACEAE	4.66	50.0	1.59	0.28	1.03
Candeinha(*)	MELASTOMATAACEAE	3.97	50.0	1.59	0.09	0.34
<i>Psidium</i> sp	MYRTACEAE	3.43	33.3	1.06	0.09	0.33
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	RUTACEAE	3.32	16.7	0.53	0.21	0.75
<i>Amburana cearensis</i>	LEGUMINOSAE	3.06	25.0	0.79	0.06	0.27
<i>Ocotea pulchella</i>	LAURACEAE	2.94	25.0	0.79	0.03	0.11
<i>Coussacea</i> sp	RUBIACEAE	2.64	16.7	0.53	0.02	0.07
Pau cravo(*)	MYRTACEAE	2.62	33.3	1.06	0.15	0.54
<i>Tabebuia alba</i>	BIGNONIACEAE	2.50	25.0	0.79	0.19	0.69
<i>Campomanesia guazumaefolia</i>	MYRTACEAE	2.15	16.7	0.53	0.17	0.60
Pitanga preta(*)	MYRTACEAE	2.11	25.0	0.79	0.08	0.30
<i>Daphnopsis racemosa</i>	THYMELEAECEAE	2.09	16.7	0.53	0.15	0.54
<i>Daphnopsis fasciculata</i>	THYMELEAECEAE	1.99	16.7	0.53	0.12	0.44
<i>Amaiowa guianensis</i>	RUBIACEAE	1.70	16.7	0.53	0.04	0.15
<i>Ouratea</i> sp	OCHNACEAE	1.67	8.3	0.26	0.11	0.38
<i>Tabebuia roseoalba</i>	BIGNONIACEAE	1.66	16.7	0.53	0.03	0.11
<i>Allophylus</i> sp	SAPINDACEAE	1.65	16.7	0.53	0.03	0.10
Leiteirinha(*)	FLACOURTIACEAE	1.65	8.3	0.26	0.10	0.37
<i>Rollinea sylvatica</i>	ANNONACEAE	1.62	16.7	0.53	0.02	0.08
<i>Tapirira guianensis</i>	ANACARDIACEAE	1.59	8.3	0.26	0.08	0.30
<i>Agonandra</i> sp	OPILIACEAE	1.57	8.3	0.26	0.08	0.29
<i>Ocotea</i> sp	LAURACEAE	1.41	8.3	0.26	0.03	0.12
<i>Erythroxylum</i> sp	ERYTHROXYLACEAE	1.36	8.3	0.26	0.02	0.08
<i>Mollinedia argyrogyne</i>	MONIMIACEAE	1.35	8.3	0.26	0.02	0.07
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	MYRTACEAE	1.34	8.3	0.26	0.02	0.06
Arrudão(*)	LEGUMINOSAE	1.34	8.3	0.26	0.01	0.05
<i>Tibouchina</i> sp	MELASTOMATAACEAE	1.34	8.3	0.26	0.01	0.05
<i>Soracea bonplaudii</i>	MORACEAE	1.33	8.3	0.26	0.01	0.04

(*)- Não foi possível identificar gênero e espécie

TABELA 16. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área RB1, com CAP < 10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIES	FAMÍLIA	IVI	DA	DR	DoA	DoR
<i>Psychotria</i> sp	RUBIACEAE	34.37	9733.3	20.62	0.13	10.68
<i>Actinostemon communis</i>	EUPHORBIACEAE	25.87	5066.7	10.73	0.15	12.08
<i>Trichilia catigua</i>	MELIACEAE	23.61	2333.3	4.94	0.20	16.62
<i>Myrsiaria tenella</i>	MYRTACEAE	19.39	3333.3	7.06	0.11	9.26
<i>Nectandra</i> sp	LAURACEAE	13.96	3066.7	6.50	0.05	4.40
<i>Nectandra megapotamica</i>	LAURACEAE	11.79	2000.0	4.24	0.05	4.49
<i>Matayba juglandifolia</i>	SAPINDACEAE	10.16	533.3	1.13	0.08	6.99
<i>Albertia</i> sp	RUBIACEAE	8.99	400.0	0.85	0.06	5.08
<i>Cupania oblougifolia</i>	SAPINDACEAE	8.79	800.0	1.69	0.05	4.04
<i>Roupala brasiliensis</i>	PROTEACEAE	8.74	1800.0	3.81	0.02	1.86
<i>Persea pyrifolia</i>	LAURACEAE	8.45	1933.3	4.10	0.02	1.29
<i>Soracea bonplaudii</i>	MORACEAE	8.27	1866.7	3.95	0.02	1.25
Cravo(*)	MYRTACEAE	7.71	1666.7	3.53	0.01	1.12
Sassafrázinho(*)	RUBIACEAE	7.22	1066.7	2.26	0.04	2.92
<i>Tibouchina</i> sp	MELASTOMATACEAE	6.87	1733.3	3.67	0.01	1.16
<i>Aspidosperma pavifolium</i>	APOCYNACEAE	6.18	466.7	0.99	0.03	2.13
Candeinha(*)	MELASTOMATACEAE	5.29	800.0	1.69	0.01	0.54
<i>Vochisia tucanorum</i>	VOCHISIACEAE	5.20	1133.3	2.40	0.01	0.76
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	RUTACEAE	4.73	66.7	0.14	0.04	3.56
<i>Rollinea sylvatica</i>	ANNONACEAE	4.73	66.7	0.14	0.04	3.56
<i>Aniba heringerii</i>	LAURACEAE	4.55	533.3	1.13	0.00	0.36
<i>Casearia gossypiosperma</i>	FLACOURTIACEAE	4.45	400.0	0.85	0.02	1.56
<i>Myrcia</i> sp	MYRTACEAE	3.90	666.7	1.41	0.01	0.45
<i>Machaerium nictitans</i>	LEGUMINOSAE	3.90	666.7	1.41	0.01	0.45
<i>Prunus selowii</i>	ROSACEAE	3.80	266.7	0.56	0.00	0.18
<i>Psidium</i> sp	MYRTACEAE	3.34	466.7	0.99	0.00	0.31
<i>Casearia</i> sp	FLACOURTIACEAE	3.16	400.0	0.85	0.00	0.27
<i>Daphnopsis racemosa</i>	THYMELEACEAE	2.97	333.3	0.71	0.00	0.22
<i>Myrsine lancifolia</i>	MYRSINACEAE	2.41	133.3	0.28	0.00	0.09
<i>Amaiowa guianensis</i>	RUBIACEAE	2.41	133.3	0.28	0.00	0.09
<i>Annona cacans</i>	ANNONACEAE	2.41	133.3	0.28	0.00	0.09
<i>Guatteria nigrescens</i>	ANNONACEAE	2.41	133.3	0.28	0.00	0.09
<i>Ouratea</i> sp	OCHNACEAE	2.41	133.3	0.28	0.00	0.09
<i>Lafoensia pacari</i>	LYTHRACEAE	2.14	400.0	0.85	0.00	0.27
<i>Mollinedia argyrogyna</i>	MONIMIACEAE	1.95	333.3	0.71	0.00	0.22
<i>Gochnalia</i> sp	COMPOSITAE	1.76	266.7	0.56	0.00	0.18
<i>Myrsine umbellata</i>	MYRSINACEAE	1.58	200.0	0.42	0.00	0.13
<i>Ocotea silvestris</i>	LAURACEAE	1.58	200.0	0.42	0.00	0.13
<i>Maytenus glazioviana</i>	CELASTRACEAE	1.58	200.0	0.42	0.00	0.13
<i>Strychnos brasiliensis</i>	LOGANIACEAE	1.58	200.0	0.42	0.00	0.13
<i>Vernonia</i> sp	COMPOSITAE	1.58	200.0	0.42	0.00	0.13
<i>Tapirira guianensis</i>	ANACARDIACEAE	1.39	133.3	0.28	0.00	0.09
<i>Casearia silvestris</i>	FLACOURTIACEAE	1.39	133.3	0.28	0.00	0.09
<i>Eugenia</i> sp	MYRTACEAE	1.39	133.3	0.28	0.00	0.09
<i>Cabrlea canjerana</i>	MELIACEAE	1.21	66.7	0.14	0.00	0.04
<i>Amburana cearensis</i>	LEGUMINOSAE	1.21	66.7	0.14	0.00	0.04
<i>Coussacea</i> sp	RUBIACEAE	1.21	66.7	0.14	0.00	0.04
<i>Miconia</i> sp	MELASTOMATACEAE	1.21	66.7	0.14	0.00	0.04
<i>Cestrum amictum</i>	SOLANACEAE	1.21	66.7	0.14	0.00	0.04
<i>Terminalia glabrescens</i>	COMBRETACEAE	1.21	66.7	0.14	0.00	0.04
Leiteirinha(*)	FLACOURTIACEAE	1.21	66.7	0.14	0.00	0.04
Sem nome(*)	MORACEAE	1.21	66.7	0.14	0.00	0.04

(*)-Não foi possível identificar gênero e espécie

Área com mimosa (RB2)

Foram plantadas 1625 mudas/ha de espécies florestais nativas diversas nesta área há oito anos (1988). A espécie *Mimosa pseudoincana* foi plantada nos taludes do terraço para conter desmoronamento. No entanto, esta espécie, por ser muito agressiva, disseminou-se por toda a área. Pelo levantamento florístico realizado em 1996 foram encontrados 4825 indivíduos/ha com CAP > 10 cm, dos quais 4550 indivíduos são da espécie *Mimosa pseudoincana* (Leguminosae), ou seja, 94,3% dos indivíduos encontrados pertencem a esta espécie, Tabela 17. Assim sendo, das 1625 mudas/ha plantadas restaram apenas 275 plantas que cresceram e sobreviveram, ou seja, 16,9%, o que significa que a invasão da área pela *Mimosa pseudoincana* fez com que 83,1% das espécies plantadas desaparecessem. Por outro lado, nenhum indivíduo desta espécie foi encontrado entre aqueles com CAP < 10 cm (Tabela 18), o que não deixa de ser, em termos da sustentabilidade da sucessão ecológica, um fato preocupante, uma vez que, a maioria das espécies leguminosas tropicais formam no solo um banco de sementes, pois estas necessitam de uma quebra de dormência para germinação (Franco *et al.* 1992). Esta dormência das sementes poderia ser quebrada pelo fogo ocasionando, certamente, uma reinfestação desta área, além da infestação de áreas mais baixas onde houvesse acúmulo de sementes dessa espécie. Havendo a infestação, será necessário um manejo da área, através de roçagens das plantas antes da produção de sementes, e assim evitando a formação de novo banco de sementes, ou proporcionando, através de desbastes, a formação de clareiras, que possibilitassem a regeneração natural.

Em contra partida, a *Mimosa pseudoincana* possui no local, um sistema radicular bastante superficial o que facilitou a queda natural de árvores pelo vento, formando pequenas clareiras. Com isso, outras espécies surgiram, conforme mostra a Tabela 18, onde foram identificados 11.600 indivíduos/ha com CAP < 10 cm, pertencentes a 17 espécies e 12 famílias. Destas, oito espécies (seis famílias) encontradas na regeneração eram provenientes de árvores plantadas em 1988 e, outras nove espécies (seis famílias), migraram para a área, beneficiadas, principalmente, pela queda de indivíduos de *Mimosa pseudoincana*. A Tabela 17 mostra uma dominância de cerca de 82% da mimosa dentre os indivíduos com CAP > 10 cm. Nesta faixa, 88% da cobertura vegetal pertence a esta espécie. Já no extrato composto pelos indivíduos com CAP < 10 cm, Tabela 18, cerca 37% da DoR e da cobertura vegetal é representada por espécies pioneiras (Assa-peixe - *Vernonia* sp e Canelinha - *Nectandra* sp) que surgiram nas clareiras.

TABELA 17. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área RB2, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	DA	DR	DoA	DoR
<i>Mimosa pseudoincana</i>	LEGUMINOSAE	188.65	4550.0	94.30	11.92	81.85
<i>Ceiba speciosa</i>	BOMBACACEAE	19.90	25.0	0.52	1.00	6.89
<i>Mimosa scabrella</i>	LEGUMINOSAE	19.21	50.0	1.04	0.83	5.67
<i>Vernonia sp</i>	COMPOSITAE	17.34	100.0	2.07	0.40	2.77
<i>Tabebuia alba</i>	BIGNONIACEAE	13.94	25.0	0.52	0.13	0.92
<i>Melia azedarah</i>	MELIACEAE	13.87	25.0	0.52	0.12	0.85
<i>Tabebuia roseoalba</i>	BIGNONIACEAE	13.57	25.0	0.52	0.08	0.55
<i>Hovenia dulcis</i>	RHAMNACEAE	13.51	25.0	0.52	0.07	0.49

TABELA 18. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área RB2, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	D.A.	D.R.	Do.A.	Do.R.
<i>Vernonia sp</i>	COMPOSITAE	47.26	2400.0	20.69	0.02	20.69
<i>Nectandra sp</i>	LAURACEAE	40.37	2000.0	17.24	0.02	17.24
<i>Myrsine umbellata</i>	MYRSINACEAE	36.92	1800.0	15.52	0.01	15.52
<i>Myrsiaria tenella</i>	MYRTACEAE	30.02	1400.0	12.07	0.01	12.07
<i>Soracea bonplaudii</i>	MORACEAE	16.23	600.0	5.17	0.00	5.17
Candeinha(*)	MELASTOMATAACEAE	16.23	600.0	5.17	0.00	5.17
<i>Machaerium nictitans</i>	LEGUMINOSAE	12.78	400.0	3.45	0.00	3.45
<i>Vochisia tucanorum</i>	VOCHISIACEAE	12.78	400.0	3.45	0.00	3.45
<i>Alchornea glandulosa</i>	EUPHORBIACEAE	12.78	400.0	3.45	0.00	3.45
<i>Tibouchina sp</i>	MELASTOMATAACEAE	9.33	200.0	1.72	0.00	1.72
<i>Serjania sp</i>	SAPINDACEAE	9.33	200.0	1.72	0.00	1.72
<i>Peltophorum dubium</i>	LEGUMINOSAE	9.33	200.0	1.72	0.00	1.72
<i>Lafoensia pacari</i>	LYTHRACEAE	9.33	200.0	1.72	0.00	1.72
<i>Aspidosperma pavifolium</i>	APOCYNACEAE	9.33	200.0	1.72	0.00	1.72
<i>Eugenia sp</i>	MYRTACEAE	9.33	200.0	1.72	0.00	1.72
<i>Miconia sp</i>	MELASTOMATAACEAE	9.33	200.0	1.72	0.00	1.72
<i>Aniba heringerii</i>	LAURACEAE	9.33	200.0	1.72	0.00	1.72

(*)- Não foi possível identificar gênero e espécie

Os 63% restantes da DoR e IVC estão distribuídos entre as outras 15 espécies. Estes dados sugerem que, havendo um eficiente controle do fogo, esta espécie pode ser utilizada para

revegetação de áreas mineradas, desde que, se promova raleamentos periódicos para facilitar a regeneração natural, haja visto ser esta espécie muito importante para reconstituir a fertilidade do solo, já que, dentre as espécies estudadas, nas áreas do Retiro Branco e Santa Rosália, ela foi a que adicionou ao solo maiores quantidades de N e P, além de ser a 2ª em Ca e Mg e a 3ª em K, pela decomposição do folheto.

Área com nativas plantadas em áreas terraceadas (RB3)

Nesta área, não foi realizado o levantamento fitossociológico por se tratar de uma área muito influenciada pelo fácil acesso de pessoas estranhas, fato que pode interferir nos resultados.

Área com nativas semeadas (RB4)

Nesta área não foram plantadas mudas de espécies nativas, mas sim, feita uma semeadura à lanço de 100 kg de sementes de espécies nativas diversas (arbóreas, arbustivas e herbáceas, leguminosas e não leguminosas). Estas sementes foram coletadas em áreas vizinhas, através de equipamento próprio, com o qual coletou-se toda e qualquer semente nos vários estágios de maturação. Estas sementes foram espalhadas em toda a área. Após 10 anos de realizada esta operação (1996), pelo levantamento florístico foram encontrados 1.000 indivíduos/ha com CAP > 10 cm pertencentes a 7 espécies e 5 famílias (Tabela 19), sendo a família Compositae aquela com maior número de espécies (3) e de indivíduos (31). Destas espécies, 55,0% dos indivíduos pertencem ao gênero *Vernonia* e 22,5% ao *Baccharis*. Estes dois gêneros são responsáveis por uma dominância de 69,0%. A predominância das espécies da família Compositae após 10 anos de recuperação deve-se, principalmente, ao fato de não existir na área espécies atrativas de pássaros e morcegos (com características típicas de espécies pioneiras que não foram plantadas na área), importantes veículos disseminadores de sementes, além da ausência de mata nativa nos arredores desta área, a qual, limita-se pela parte mais alta da paisagem com eucalipto e capim gordura, os quais funcionam como uma barreira física para entrada de outras sementes no sistema. Assim sendo, a entrada de sementes se dá, provavelmente, apenas pelo vento e pequenos insetos e, desta forma, as espécies dominantes levam relevante vantagem por possuírem sementes facilmente transportáveis por estes veículos disseminadores.

Esta área encontra-se atualmente com o extrato herbáceo ocupado pelo capim gordura, fato que pode ter dificultado o processo sucessório natural, haja visto que das 7 espécies de 5 famílias encontradas com CAP>10 cm, apenas 4 espécies e 3 famílias foram encontradas com CAP<10 cm (Tabela 20); ou seja, apenas 2 espécies (*Vernonia* sp e *Baccharis* sp, ambas da família Compositae) das anteriores persistiram no extrato inferior, sendo que as outras duas espécies, *Senna multijuga* e *Myrsinaria oblongifolia* e uma família (Myrsinaria, pois a família Leguminosae estava presente anteriormente, porém com a espécie *Mimosa scabrella*) surgiram na área posteriormente. A persistência da família Compositae, provavelmente seja devido a queda de indivíduos arbóreos, abrindo clareiras e possibilitando a germinação destas espécies pioneiras. Desta forma, 57,9% das espécies pertence à família Compositae, a qual apresenta 67,8% de dominância, mostrando que o método utilizado para revegetação das áreas degradadas não foi eficiente para a autossustentabilidade da área após 10 anos da ação antrópica.

TABELA 19. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área RB4, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	DA	DR	DoA	DoR
<i>Vernonia</i> sp	COMPOSITAE	104.52	525.0	52.50	0.89	37.73
<i>Baccharis</i> sp	COMPOSITAE	58.61	225.0	22.50	0.51	21.83
<i>Cedrella fissilis</i>	MELIACEAE	46.03	125.0	12.50	0.45	19.24
<i>Vernonia discolor</i>	COMPOSITAE	26.24	25.0	2.50	0.22	9.46
<i>Mimosa scabrella</i>	LEGUMINOSAE	23.88	25.0	2.50	0.17	7.09
<i>Tapirira guianensis</i>	ANACARDIACEAE	22.72	50.0	5.00	0.08	3.43
<i>Hovenia dulcis</i>	RHAMNACEAE	18.00	25.0	2.50	0.03	1.21

TABELA 20. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área RB4, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	D.A.	D.R.	Do.A.	Do.R.
<i>Vernonia</i> sp	COMPOSITAE	144.71	2000.0	52.63	0.14	67.08
<i>Myrsine lancifolia</i>	MYRSINACEAE	67.12	1400.0	36.84	0.01	5.28
<i>Senna multijuga</i>	LEGUMINOSAE	57.15	200.0	5.26	0.06	26.89
<i>Baccharis</i> sp	COMPOSITAE	31.02	200.0	5.26	0.00	0.75

Capim gordura (*Melinis minutiflora*) - RB5

Após a recomposição da área (topográfica, física e quimicamente), foram plantadas 1560 mudas de espécies nativas como um coquetel em 1992. Logo após o plantio, quando as mudas ainda estavam no estágio de adaptação, a área foi infestada pelo capim gordura, (*Melinis minutiflora*) o qual encontrou no “solo” corrigido ótimas condições para seu estabelecimento, o que provocou um abafamento das mudas quando este atingiu cerca de 1,50 m de altura. Nas duas parcelas de 400 m² demarcadas para o levantamento florístico, não foi encontrado nenhum indivíduo arbóreo com CAP > 10 cm, reforçando a afirmativa de que esta gramínea, ou eliminou ou retardou o desenvolvimento das mudas plantadas.

Embora esta gramínea tenha impedido o desenvolvimento das mudas plantadas, na época mais seca e com ocorrência de geadas (na região de Poços de Caldas a temperatura média mínima é de 7,4°C, FIBGE (1977), e, segundo Alcântara e Bufarah (1988), o capim gordura é sensível à geada e adapta-se bem em temperaturas entre 18 e 27°C) seu porte e vigor são drasticamente reduzidos, ocasião em que outras espécies de rápido crescimento teriam chance de sobressaírem. Confirmando esta afirmativa, os dados do levantamento florístico dos indivíduos com CAP < 10 cm (Tabela 21) mostram a ocorrência de 4300 indivíduos/ha pertencentes a 9 espécies e 7 famílias, sendo que destas, 69,8% pertencem à família Compositae (67,4% de *Vernonia* sp e 2,3% de *Baccharis* sp), ou seja, predominam em 40% da área com espécies arbustivas/arbóreas. Outras espécies pioneiras estão surgindo na área como as leguminosas *Cassia* sp e *Lamandra* (nome regional, não identificado taxonomicamente) com 16,3%.

Uma forma de acelerar o processo sucessório através da eliminação ou enfraquecimento do capim gordura (*Melinis minutiflora*) seria a realização de um corte baixo, de até 7 cm acima do solo com roçadeira, Caro-Costas e Chandler (1960), citados por Gomide (1988). A esse respeito, Morais (1977), citado por Gomide (1988) estudou 4 crescimentos sucessivos do capim gordura, verificando a existência, nesta gramínea, de elevada altura do meristema apical e consequente elevada percentagem de perfilhos decapitados por cortes a 10 cm do solo, além do pequeno número de gemas basilares por perfilho, principalmente, sob condições de adubação. Portanto, de acordo com conclusões de Gomide (1988), em decorrência de suas características morfofisiológicas, esta gramínea não tolera corte mecânico, podendo, esta, ser uma prática a ser melhor

estudada pela Alcoa para combater o capim gordura em áreas onde o objetivo é a recomposição vegetal com espécies arbustivas e/ou arbóreas.

TABELA 21. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área RB5, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	DA	DR	DoA	DoR
<i>Vernonia</i> sp	COMPOSITAE	122,19	2900,0	67,44	0,11	34,75
<i>Cassia</i> sp	LEGUMINOSAE	49,24	400,0	9,30	0,09	29,94
<i>Cecropia</i> sp	CECROPIACEAE	31,18	100,0	2,33	0,06	18,86
Lamandra (*)	LEGUMINOSAE	26,87	300,0	6,98	0,03	9,89
<i>Baccharis</i> sp	COMPOSITAE	17,58	100,0	2,33	0,02	5,25
<i>Myrcia</i> sp	MYRTACEAE	15,18	200,0	4,65	0,00	0,53
<i>Helietta apiculata</i>	RUTACEAE	12,59	100,0	2,33	0,00	0,26
<i>Cytherexylum myrianthum</i>	VERBENACEAE	12,59	100,0	2,33	0,00	0,26
<i>Caesearia silvestris</i>	FLACOURTIACEAE	12,59	100,0	2,33	0,00	0,26

(*) Não foi possível identificar gênero e espécie.

4.2.2 Santa Rosália

Área de mata natural (SR1)

As Tabelas 22 e 23, mostram os resultados do levantamento fitossociológico realizado em 1996, na mata de Santa Rosália, considerada como testemunha para os estudos realizados nas áreas recuperadas deste local.

A identificação dos indivíduos com CAP>10 cm (Tabela 22) revelou ser a espécie Capororoca (*Myrsine umbellata* - Myrsinaceae) a mais importante nesta área, com 11,3% dos indivíduos, de acordo com o IVI, seguida pela Canela (*Ouratea* sp - Ochnaceae) com 8,8%, Canela espirradeira (*Nectandra megapotamica* - Lauraceae) com 7,7% e Cravo (Myrtaceae) com 7,3%. Destas quatro espécies, as quatro famílias, juntamente com Melastomataceae, foram as mais importantes nesta área, sendo que juntas representaram 71,4% das 21 famílias identificadas na classe de diâmetro estabelecido. A presença da família Melastomataceae com 10,6% dos

TABELA 22. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR1, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	D.A.	D.R.	Do.A.	Do.R.
<i>Myrsine umbellata</i>	MYRSINACEAE	24.62	375.0	11.34	1.38	9.17
<i>Nectandra megapotamica</i>	LAURACEAE	20.26	250.0	7.56	1.30	8.59
<i>Ouratea</i> sp	OCHNACEAE	18.00	291.7	8.82	0.77	5.08
Cravo(*)	MYRTACEAE	17.33	241.7	7.30	1.10	7.29
<i>Persea pyrifolia</i>	LAURACEAE	16.14	166.7	5.04	1.06	6.99
<i>Alchornea glandulosa</i>	EUPHORBIACEAE	14.81	141.7	4.28	1.18	7.79
<i>Miconia</i> sp	MELASTOMATACEAE	14.64	191.7	5.79	0.92	6.11
<i>Myrcia</i> sp	MYRTACEAE	13.36	116.7	3.53	1.07	7.09
Candeinha(*)	MELASTOMATACEAE	12.33	133.3	4.03	0.63	4.19
<i>Guatteria nigrescens</i>	ANNONACEAE	12.24	166.7	5.04	0.47	3.09
<i>Myrsine lancifolia</i>	MYRSINACEAE	12.09	183.3	5.54	0.57	3.81
<i>Roupala brasiliensis</i>	PROTEACEAE	11.13	108.3	3.27	0.77	5.11
<i>Terminalia glabrescens</i>	COMBRETACEAE	8.56	66.7	2.02	0.57	3.81
<i>Aniba heringerii</i>	LAURACEAE	8.34	116.7	3.53	0.52	3.44
<i>Blepharocalix salicifolius</i>	MYRTACEAE	8.14	75.0	2.27	0.47	3.13
Canela de sapo(*)	COMPOSITAE	6.75	50.0	1.51	0.58	3.87
<i>Cupania oblougifolia</i>	SAPINDACEAE	6.13	75.0	2.27	0.17	1.12
<i>Nectandra</i> sp	LAURACEAE	4.65	41.7	1.26	0.10	0.65
Pau cravo(*)	MYRTACEAE	4.62	33.3	1.01	0.13	0.87
<i>Psidium</i> sp	MYRTACEAE	4.60	33.3	1.01	0.13	0.86
<i>Gochnalia</i> sp	COMPOSITAE	4.42	33.3	1.01	0.10	0.67
<i>Maytenus glazioviana</i>	CELASTRACEAE	4.29	50.0	1.51	0.21	1.41
<i>Jacaranda</i> sp	BIGNONIACEAE	4.16	33.3	1.01	0.06	0.41
<i>Ocotea pulchella</i>	LAURACEAE	4.06	25.0	0.76	0.08	0.56
<i>Daphnopsis fasciculata</i>	THYMELEACEAE	4.03	25.0	0.76	0.08	0.53
<i>Gochnalia polymorpha</i>	COMPOSITAE	3.52	16.7	0.50	0.04	0.28
<i>Amaiowa guianensis</i>	RUBIACEAE	2.92	25.0	0.76	0.12	0.80
<i>Vitex polygama</i>	VERBENACEAE	2.85	33.3	1.01	0.07	0.47
<i>Daphnopsis racemosa</i>	THYMELEACEAE	2.71	25.0	0.76	0.09	0.58
<i>Tibouchina</i> sp	MELASTOMATACEAE	2.31	25.0	0.76	0.03	0.18
<i>Siphoneugena densiflora</i>	MYRTACEAE	2.10	8.3	0.25	0.07	0.48
<i>Soracea bonplaudii</i>	MORACEAE	2.09	16.7	0.50	0.03	0.22
<i>Lafoensia pacari</i>	LYTHRACEAE	2.08	16.7	0.50	0.03	0.21
<i>Ocotea odorifera</i>	LAURACEAE	2.00	16.7	0.50	0.02	0.13
Pitanga preta(*)	MYRTACEAE	2.00	16.7	0.50	0.02	0.13
<i>Psychotria</i> sp	RUBIACEAE	2.00	16.7	0.50	0.02	0.12
Arrudão(*)	LEGUMINOSAE	1.82	8.3	0.25	0.03	0.19
<i>Matayba juglandifolia</i>	SAPINDACEAE	1.74	8.3	0.25	0.02	0.12
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	MYRTACEAE	1.72	8.3	0.25	0.01	0.10
<i>Vochisia tucanorum</i>	VOCHISIACEAE	1.71	8.3	0.25	0.01	0.09
<i>Tapirira guianensis</i>	ANACARDIACEAE	1.69	8.3	0.25	0.01	0.07
<i>Tabebuia alba</i>	BIGNONIACEAE	1.69	8.3	0.25	0.01	0.07
<i>Calyptantes cruzaeifolia</i>	MYRTACEAE	1.69	8.3	0.25	0.01	0.06
<i>Myrciaria tenella</i>	MYRTACEAE	1.67	8.3	0.25	0.01	0.05

(*)- Não foi possível identificar gênero e espécie

indivíduos (Quaresmeira - *Miconia* sp, 5,8% e Candeinha, 4,0%) foi devido a uma área com vegetação mais rala e de porte mais baixo. Por outro lado, na parte mais alta da mata observou-se grande domínio da família Lauraceae, com seis espécies.

A família com maior número de espécies foi Myrtaceae com dez espécies, seguida pela Lauraceae (seis espécies), Compositae e Melastomataceae com três.

Os dados da Tabela 23 mostram que, dentre as famílias dos indivíduos com CAP<10 cm, de acordo com os valores de D.R., cinco (Melastomataceae, 28,9%, Rubiaceae, 23,0%; Myrsinaceae, 12,0%; Lauraceae, 10,7% e Myrtaceae, 9,8%), representam 84,2% das 19 famílias identificadas. Novamente, à exemplo da mata do Retiro Branco, a família Rubiaceae merece destaque quanto a sua importância na sucessão natural. Contudo, a maior densidade foi verificada para a família Melastomataceae. Este fato demonstra que, nesta mata, está havendo maior interferência do homem no desequilíbrio do ecossistema natural, isto é, pode-se inferir, pelos dados encontrados, ser esta mata mais recente que aquela do Retiro Branco, pelo menos em uma parte onde há mais fácil acesso. Isto porque, encontrou-se grande quantidade de espécies pioneiras, como espécies da família das Melastomataceae.

Em termos de espécies, há que se destacar a Canela branca (*Myrsine lancifolia*) e também a Criciúma (*Psychotria* sp), as quais, juntas representam quase 30,0% das 37 espécies identificadas no ambiente natural não perturbado.

Área com nativas e 17,9 t/ha de serapilheira (SR2)

Nesta área foram plantadas 804 mudas de espécies nativas diversas, as quais, de acordo com Gisler (1995), pertenciam a 33 espécies e 17 famílias. Nesta área foram adicionadas ainda 17.860 kg/ha de serapilheira e raízes superficiais da mata Retiro Branco, em 1991. O levantamento florístico (1996) permitiu identificar 14 espécies pertencentes a 10 famílias (Tabela 24) num total de 345 indivíduos/ha, sendo que destas famílias, apenas seis faziam parte do grupo inicial (de plantio, em 1989), ou seja, surgiram outras quatro famílias (Compositae, Melastomataceae, Moraceae e Solanaceae). É provável que alguma família daquelas plantadas que não foi identificada durante o levantamento esteja presente na área; porém fora do limite da parcela

TABELA 23. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR1, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

FAMÍLIA	FAMÍLIA	IVI	D.A.	D.R.	Do.A.	Do.R.
<i>Myrsine lancifolia</i>	MYRSINACEAE	50.85	3733.3	10.49	0.49	36.19
<i>Psychotria</i> sp	RUBIACEAE	33.86	6933.3	19.48	0.14	10.22
<i>Tibouchina</i> sp	MELASTOMATACEAE	31.71	7600.0	21.35	0.08	6.20
<i>Myrsiaria tenella</i>	MYRTACEAE	18.10	1333.3	3.75	0.14	10.19
Candeinha(*)	MELASTOMATACEAE	14.32	2066.7	5.81	0.06	4.35
<i>Psidium</i> sp	MYRTACEAE	14.28	600.0	1.69	0.13	9.81
<i>Nectandra megapotamica</i>	LAURACEAE	10.74	1933.3	5.43	0.02	1.15
<i>Nectandra</i> sp	LAURACEAE	9.77	266.7	0.75	0.07	4.85
<i>Alibertia</i> sp	RUBIACEAE	9.64	1000.0	2.81	0.06	4.05
<i>Daphnopsis racemosa</i>	THYMELEAECEAE	9.57	1333.3	3.75	0.02	1.66
<i>Guatteria nigrescens</i>	ANNONACEAE	7.18	333.3	0.94	0.03	2.08
<i>Siphoneugena densiflora</i>	MYRTACEAE	7.04	933.3	2.62	0.04	3.03
<i>Myrsine umbellata</i>	MYRSINACEAE	5.98	533.3	1.50	0.00	0.32
Cravo(*)	MYRTACEAE	5.75	466.7	1.31	0.00	0.28
<i>Alchornea glandulosa</i>	EUPHORBIACEAE	5.75	466.7	1.31	0.00	0.28
<i>Roupala brasiliensis</i>	PROTEACEAE	5.73	866.7	2.43	0.01	0.51
<i>Miconia</i> sp	MELASTOMATACEAE	4.82	600.0	1.69	0.00	0.36
<i>Ocotea pulchella</i>	LAURACEAE	4.56	933.3	2.62	0.01	0.55
<i>Didmopanax morototonii</i>	ARALIACEAE	4.37	466.7	1.31	0.00	0.28
<i>Ocotea</i> sp	LAURACEAE	3.91	333.3	0.94	0.00	0.20
<i>Cupania oblougifolia</i>	SAPINDACEAE	3.91	333.3	0.94	0.00	0.20
<i>Heteropterys</i> sp	MALPIGHIACEAE	3.69	266.7	0.75	0.00	0.16
<i>Prunus selowii</i>	ROSACEAE	3.23	133.3	0.37	0.00	0.08
<i>Aniba heringerii</i>	LAURACEAE	3.23	133.3	0.37	0.00	0.08
<i>Jacaranda</i> sp	BIGNONIACEAE	3.23	133.3	0.37	0.00	0.08
<i>Ilex</i> sp	AQUIFOLIACEAE	2.98	466.7	1.31	0.00	0.28
<i>Amaiowa guianensis</i>	RUBIACEAE	2.72	200.0	0.56	0.01	0.77
<i>Ocotea odorifera</i>	LAURACEAE	2.72	66.7	0.19	0.02	1.14
<i>Vochisia tucanorum</i>	VOCHISIAACEAE	2.52	333.3	0.94	0.00	0.20
<i>Gochnalia</i> sp	COMPOSITAE	2.30	266.7	0.75	0.00	0.16
<i>Persea pyrifolia</i>	LAURACEAE	1.84	133.3	0.37	0.00	0.08
<i>Coussacea</i> sp	RUBIACEAE	1.62	66.7	0.19	0.00	0.04
Pau cravo(*)	MYRTACEAE	1.62	66.7	0.19	0.00	0.04
<i>Casearia gossypiosperma</i>	FLACOURTIACEAE	1.62	66.7	0.19	0.00	0.04
<i>Myrcia</i> sp	MYRTACEAE	1.62	66.7	0.19	0.00	0.04
<i>Tabebuia alba</i>	BIGNONIACEAE	1.62	66.7	0.19	0.00	0.04
<i>Maytemus glazioviana</i>	CELASTRACEAE	1.62	66.7	0.19	0.00	0.04

(*)- Não foi possível identificar gênero e espécie

experimental, ou não se desenvolveu satisfatoriamente para atingir 10 cm de CAP, como ocorreu com espécies das famílias Lauraceae e Myrtaceae que foram identificadas com CAP<10 cm.

O que chama atenção nesta área é que 80,3% das espécies encontradas pertencem à família Compositae (75,2% de *Baccharis* sp e 5,1% de *Vernonia* sp), e 6,6% à Melastomataceae (*Miconia* sp), ou seja, 86,9% com espécies pioneiras e não plantadas, cujas sementes, provavelmente, foram disseminadas principalmente pelo vento. Cabe ressaltar a ausência de espécies atrativas de pássaros e a abundância daquelas atrativas de abelhas e outros pequenos insetos alados, comprovado pela dominância das espécies de Compositae e Melastomataceae (72,3% sendo 66,1% da primeira e 6,2% da segunda). A esse respeito, Uhl et al. (1981) concluíram que são os morcegos e os pássaros os principais dispersores de sementes de espécies pioneiras e que muitas das herbáceas e gramíneas são dispersadas pelo vento. Em termos de proteção da superfície do solo pelos raios solares e deposição de folheto, merece destaque a bracatinga (*Mimosa scabrella*) que, embora apresente uma densidade relativa de apenas 0,7% na área, apresenta os valores de dominância relativa de 15,2%.

TABELA 24. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR2, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	DA	DR	DoA	DoR
<i>Baccharis</i> sp	COMPOSITAE	145.53	2575.0	75.18	4.43	62.66
<i>Mimosa scabrella</i>	LEGUMINOSAE	23.63	25.0	0.73	1.08	15.21
<i>Miconia</i> sp	MELASTOMATACEAE	20.43	225.0	6.57	0.44	6.17
<i>Vernonia</i> sp	COMPOSITAE	16.25	175.0	5.11	0.24	3.45
<i>Cedrella fissilis</i>	MELIACEAE	14.28	100.0	2.92	0.26	3.67
<i>Alchornea glandulosa</i>	EUPHORBIACEAE	12.47	100.0	2.92	0.13	1.86
Bico de papagaio(*)	MORACEAE	10.94	50.0	1.46	0.13	1.79
<i>Cabralea canjerna</i>	MELIACEAE	10.67	50.0	1.46	0.11	1.52
<i>Vernonia discolor</i>	COMPOSITAE	9.85	25.0	0.73	0.10	1.42
<i>Solanum pseudoquina</i>	SOLANACEAE	9.66	25.0	0.73	0.09	1.24
<i>Jacaranda</i> sp	BIGNONIACEAE	8.76	25.0	0.73	0.02	0.34
<i>Copaifera trapezifolia</i>	LEGUMINOSAE	8.76	25.0	0.73	0.02	0.34
<i>Luehea ochrophylla</i>	TILIACEAE	8.76	25.0	0.73	0.02	0.34

(*)- Não foi possível identificar gênero e espécie

Os dados da Tabela 25 mostram haver também plena dominância das espécies das famílias Compositae e Melastomataceae com CAP<10 cm, a exemplo do ocorrido no grupo com CAP>10 cm. Juntas, elas representam 69,3% das espécies (39,8% pertencem a família Compositae e 29,5% à Melastomataceae), com um domínio de 76,5% da área (70,9% para Compositae e 5,6% para Melastomataceae). Foram encontrados 17.600 indivíduos/ha pertencentes 14 espécies e 9 famílias.

Fazendo-se os mesmos comentários a respeito da importância da cobertura do solo e deposição de folheto, merece destaque também neste grupo a família Leguminosae que, embora se apresente com densidade relativa de apenas 3,4%, é importante pelos valores do DoR e IVC, 15,5%, por refletirem a possibilidade de melhor cobertura do solo.

TABELA 25. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR2, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	D.A.	D.R.	Do.A.	Do.R.
<i>Baccharis</i> sp	COMPOSITAE	89.17	3600.0	20.45	0.89	61.58
<i>Vernonia</i> sp	COMPOSITAE	29.24	3200.0	18.18	0.06	3.91
<i>Miconia</i> sp	MELASTOMATACEAE	26.02	2600.0	14.77	0.06	4.11
<i>Myrsine umbellata</i>	MYRSINACEAE	22.12	2400.0	13.64	0.02	1.34
<i>Cassia</i> sp	LEGUMINOSAE	19.49	400.0	2.27	0.14	10.08
<i>Tibouchina</i> sp	MELASTOMATACEAE	17.13	1600.0	9.09	0.01	0.90
<i>Jacaranda</i> sp	BIGNONIACEAE	13.71	200.0	1.14	0.08	5.43
<i>Vernonia discolor</i>	COMPOSITAE	13.71	200.0	1.14	0.08	5.43
<i>Copaifera trapezifolia</i>	LEGUMINOSAE	13.71	200.0	1.14	0.08	5.43
Candeinha(*)	MELASTOMATACEAE	13.38	1000.0	5.68	0.01	0.56
<i>Aniba heringerii</i>	LAURACEAE	12.14	800.0	4.55	0.01	0.45
<i>Alchornea glandulosa</i>	EUPHORBIACEAE	12.14	800.0	4.55	0.01	0.45
<i>Psidium</i> sp	MYRTACEAE	9.64	400.0	2.27	0.00	0.22
<i>Solanum pseudoquina</i>	SOLANACEAE	8.39	200.0	1.14	0.00	0.11

(*)- Não foi possível identificar gênero e espécie

Área com nativas e 2,9 t/ha de serapilheira (SR3)

Esta área também fez parte do trabalho de Gisler (1995). Para tal, foram adicionados em 1991, 2.860 kg/ha de serapilheira e raízes superficiais da Mata do Retiro Branco e plantio de 33 espécies nativas diversas pertencentes a 17 famílias.

O levantamento florístico, realizado em 1996, permitiu identificar nove espécies e seis famílias (175 indivíduos/ha) com CAP>10 cm (Tabela 26) e 16 espécies e 10 famílias (14.000 indivíduos/ha), com CAP<10 cm (Tabela 27). No primeiro grupo (CAP>10 cm), apenas quatro famílias das 17 plantadas (Bignoniaceae, Leguminosae, Meliaceae, Tiliaceae) foram encontradas, e duas outras (Compositae, Melastomataceae) surgiram posteriormente. Novamente, as famílias Compositae e Melastomataceae predominam na área. Juntas representam 72,7% das espécies (62,8% pertencentes à família Compositae e, 5,9% à Melastomataceae) com uma dominância de 62,6% (55,8% e 6,8% respectivamente). Portanto, o desaparecimento de 11 das 17 famílias plantadas, sugere não ter havido uma boa seleção das espécies para a revegetação. Isto mostra a

TABELA 26. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR3, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	DA	DR	DoA	DoR
<i>Baccharis</i> sp	COMPOSITAE	126.18	800.0	62.75	1.39	52.32
<i>Tabebuia alba</i>	BIGNONIACEAE	28.51	75.0	5.88	0.31	11.52
<i>Cabrlea canjerana</i>	MELIACEAE	27.04	100.0	7.84	0.21	8.08
<i>Erythrina falcata</i>	LEGUMINOSAE	24.44	50.0	3.92	0.25	9.41
<i>Miconia</i> sp	MELASTOMATACEAE	23.78	75.0	5.88	0.18	6.79
<i>Bauhinia</i> sp	LEGUMINOSAE	21.01	75.0	5.88	0.11	4.02
<i>Vernonia</i> sp	COMPOSITAE	18.54	50.0	3.92	0.09	3.50
<i>Luehea ochrophylla</i>	TILIACEAE	16.53	25.0	1.96	0.09	3.46
<i>Cedrella fissilis</i>	MELIACEAE	13.98	25.0	1.96	0.02	0.90

necessidade do plantio de espécies pioneiras em áreas abertas, como aquelas recentemente recuperadas.

Tornando-se o IVI das espécies encontradas com CAP>10 cm, *Baccharis* sp é a mais importante, representando 42,1% do IVI. Juntas, Compositae (*Baccharis* sp e *Vernonia* sp) e Melastomataceae (*Miconia* sp) possuem um grau de importância de 56,2% (percentagem do IVI das espécies consideradas), sendo 48,2% para a Compositae e 8,0% para Melastomataceae. Já, no segundo grupo (CAP<10 cm), das 17 famílias plantadas, apenas cinco (Bignoniaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Leguminosae, Myrtaceae) foram encontradas e outras cinco

TABELA 27. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR3, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	D.A.	D.R.	Do.A.	Do.R.
<i>Baccharis</i> sp	COMPOSITAE	67.95	1800.0	12.86	0.28	48.84
<i>Tibouchina</i> sp	MELASTOMATACEAE	40.37	4000.0	28.57	0.03	5.55
<i>Myrsine umbellata</i>	MYRSINACEAE	28.43	2600.0	18.57	0.02	3.61
<i>Bauhinia</i> sp	LEGUMINOSAE	27.59	200.0	1.43	0.11	19.91
<i>Psidium</i> sp	MYRTACEAE	21.61	1800.0	12.86	0.01	2.50
<i>Miconia</i> sp	MELASTOMATACEAE	17.69	400.0	2.86	0.05	8.58
<i>Stenolobium stans</i>	BIGNONIACEAE	16.24	400.0	2.86	0.04	7.13
<i>Myrsine lancifolia</i>	MYRSINACEAE	13.07	800.0	5.71	0.01	1.11
Candeinha(*)	MELASTOMATACEAE	9.66	400.0	2.86	0.00	0.56
<i>Myrsiaria tenella</i>	MYRTACEAE	9.66	400.0	2.86	0.00	0.28
<i>Solanum pseudoquina</i>	SOLANACEAE	7.96	200.0	1.43	0.00	0.28
<i>Maytenus glazioviana</i>	CELASTRACEAE	7.96	200.0	1.43	0.00	0.28
<i>Vernonia</i> sp	COMPOSITAE	7.96	200.0	1.43	0.00	0.28
<i>Myrcia</i> sp	MYRTACEAE	7.96	200.0	1.43	0.00	0.28
<i>Aniba heringerii</i>	LAURACEAE	7.96	200.0	1.43	0.00	0.28
<i>Alchornea glandulosa</i>	EUPHORBIACEAE	7.96	1.43	0.00	0.28	100.00

(*)- Não foi possível identificar gênero e espécie

(Celastraceae, Compositae, Melastomataceae, Myrsinaceae, Solanaceae) regeneraram naturalmente (Tabela 27).

À exemplo do grupo com CAP>10 cm, as famílias mais importantes foram Compositae e Melastomataceae. A maior DR observada pertence à Melastomataceae com 34,9% das espécies, sendo que a espécie *Tibouchina* sp representou 28,6% desse valor. Por outro lado, a família Compositae apresentou maiores valores de dominância relativa e IVI (49,1% e 26,3, respectivamente). Destes valores da família Compositae, a espécie mais importante foi *Baccharis* sp, cujos valores de DoR e IVI foram, respectivamente, 48,8% e 23,7%). Juntas, estas duas famílias representaram 48,6% do total, 63,8% da área basal; 56,2% da cobertura vegetal e

48,9 do grau de importância. A razão disso, provavelmente seja a falta de agentes dispersores de sementes (morcegos, pássaros, etc) e a escolha incorreta de espécies.

Área com nativas sem reposição da camada superficial (SR4)

Foram plantadas 2200 mudas de espécies nativas diversas nesta área em 1991. Cerca de cinco anos após (1996) o levantamento florístico apontou a existência de 375 plantas/ha, com CAP>10 cm, pertencentes a 8 espécies e 7 famílias (Tabela 28). Estes dados demonstram que 83,0% das mudas plantadas não se desenvolveram suficientemente para atingirem 10 centímetros de CAP ou desapareceram. Considerando-se não haver, até o momento, competição em água, ar e nutrientes entre as espécies plantadas, infere-se que na escolha das espécies não levou-se em consideração pontos cruciais de um programa de revegetação, implantando-se espécies que não se adaptariam às condições encontradas na ocasião da recomposição vegetal, como a baixa fertilidade ou, espécies climax que possuem pouca capacidade de desenvolvimento em condições de pleno sol. Do total de indivíduos encontrados, 33,3% (1/3) são da espécie *Grevilea robusta* (Proteaceae). Esta espécie apresenta IVI com valor equivalente a cerca de três vezes aquele da espécie imediatamente menos importante (*Tabebuia alba*). Por outro lado, foram encontrados

TABELA 28. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR4, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	DA	DR	DoA	DoR
<i>Grevilea robusta</i>	PROTEACEAE	108.78	125.0	33.33	0.48	62.94
<i>Tabebuia alba</i>	BIGNONIACEAE	32.46	50.0	13.33	0.05	6.63
<i>Calliandra</i> sp	LEGUMINOSAE	32.22	50.0	13.33	0.05	6.38
<i>Hovenia dulcis</i>	RHAMNACEAE	32.16	50.0	13.33	0.05	6.33
<i>Solanum pseudoquina</i>	SOLANACEAE	27.65	25.0	6.67	0.06	8.48
Fazendinha(*)	LEGUMINOSAE	22.63	25.0	6.67	0.03	3.46
<i>Baccharis</i> sp	COMPOSITAE	22.33	25.0	6.67	0.02	3.16
<i>Eugenia</i> sp	MYRTACEAE	21.78	25.0	6.67	0.02	2.61

(*)- Não foi possível identificar gênero e espécie

17.800 indivíduos/ha com CAP<10 cm, pertencentes a 14 espécies e 8 famílias (Tabela 29). Houve, portanto, uma regeneração natural considerável, uma vez que pode-se observar um incremento de 75% no número de espécies. Das famílias encontradas com CAP>10 cm, apenas quatro fazem parte daquelas com CAP<10 cm (Bignoniaceae, Compositae, Leguminosae e Myrtaceae), sendo que as outras quatro (Apocynaceae, Combretaceae, Melastomataceae e Myrsinaceae) surgiram posteriormente.

Esta área não teve a camada superficial reposta, fato que pode ter contribuído para um retardamento do recobrimento superficial do solo por espécies invasoras (gramíneas e ervas), ficando o solo desnudo em grande parte. Com isso, é evidente o aparecimento de espécies pioneiras como aquelas das famílias Compositae e Melastomataceae. A Tabela 29 mostra que estas duas famílias juntas somam 86,6% dos indivíduos encontrados na área, sendo estes, 69,7% pertencentes à Compositae e 16,9% à Melastomataceae.

TABELA 29. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR4, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	D.A.	D.R.	Do.A.	Do.R.
<i>Baccharis</i> sp	COMPOSITAE	97.33	8400.0	47.19	0.23	42.99
<i>Vernonia</i> sp	COMPOSITAE	45.86	4000.0	22.47	0.09	16.25
<i>Lamandra</i> (*)	LEGUMINOSAE	28.57	400.0	2.25	0.10	19.18
<i>Aspidosperma pavifolium</i>	APOCYNACEAE	22.71	200.0	1.12	0.08	14.44
<i>Tibouchina</i> sp	MELASTOMATACEAE	21.35	2000.0	11.24	0.02	2.97
<i>Miconia</i> sp	MELASTOMATACEAE	14.25	1000.0	5.62	0.01	1.49
<i>Bauhinia forficata</i>	LEGUMINOSAE	9.98	400.0	2.25	0.00	0.59
<i>Terminalia glabrescens</i>	COMBRETACEAE	8.56	200.0	1.12	0.00	0.30
<i>Tabebuia alba</i>	BIGNONIACEAE	8.56	200.0	1.12	0.00	0.30
<i>Psidium</i> sp	MYRTACEAE	8.56	200.0	1.12	0.00	0.30
<i>Calliandra</i> sp	LEGUMINOSAE	8.56	200.0	1.12	0.00	0.30
<i>Myrsine lancifolia</i>	MYRSINACEAE	8.56	200.0	1.12	0.00	0.30
<i>Myrcia</i> sp	MYRTACEAE	8.56	200.0	1.12	0.00	0.30
<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	LEGUMINOSAE	8.56	200.0	1.12	0.00	0.30

(*)- Não foi possível identificar gênero e espécie

Área com nativas (SR5)

A diferença entre esta área e a anterior (SR4) é que esta teve a camada superficial resposta além de receber 110 kg de sementes diversas por sementeira à lanço após o plantio das mudas (1990). Esta alternativa dá oportunidade para uma comparação entre as duas estratégias: sem camada superficial e sem sementeira; e, com camada superficial e com sementeira.

Foram encontrados 675 indivíduos/ha com CAP > 10 cm pelo levantamento florístico realizado em 1996, pertencentes a 10 espécies e a 7 famílias (Tabela 30), portanto, houve uma perda de 71,9% das 2405 mudas plantadas. Na área anterior a perda foi de 83,0%, ou seja, cerca de 11% a mais. A família mais importante é Compositae, de acordo com IVI, com valores correspondentes a 37,7% para *Baccharis* sp 14,2% para *Vernonia* sp. Esta família (Compositae) apresenta, ainda; maiores valores de DR (5,8%, dos quais 45,1% de *Baccharis* sp e 11,7% de *Vernonia* sp).

Estes dados sugerem que, a dominância de espécies da família Compositae nesta área (SR5), possivelmente, seja devido a realização de sementeira à lanço com sementes diversas após o plantio, uma vez que, na área anterior (SR4), esta operação não foi realizada e que esta família foi de pouca expressão quanto aos três parâmetros avaliados (IVI, DR, DoR).

No grupo dos indivíduos com CAP < 10 cm, a diferença é ainda mais marcante. Enquanto que na área anterior (SR4) foram encontrados 17.800 indivíduos/ha pertencentes a 14 espécies e 8 famílias, nesta (SR5), embora a densidade total seja um pouco menor (17.400 indivíduos/ha) o número de espécies e de famílias foi duas vezes maior, ou seja, foram encontradas 28 espécies e 17 famílias (Tabela 31). Com isso conclui-se que, a não recolocação da camada superficial e a não realização de sementeira (área SR4) favoreceu um maior número de plantas que se regeneraram naturalmente, contudo, a recolocação da camada superficial e o emprego da sementeira (área SR5) fez com que a diversidade florística fosse duas vezes maior que da anterior, o que de certa forma é importante neste estágio inicial da recuperação (5 anos). Além do mais, a superfície do solo encontra-se totalmente recoberta por gramíneas e herbáceas (na área anterior - SR4, cerca de 40-50% da superfície do solo encontra-se descoberta devido ao pouco desenvolvimento das plantas que nasceram entre as covas). Dentre os indivíduos arbustivos/arbóreos com CAP < 10 cm (incluem-se todos aqueles após a germinação da semente, com cerca de 0,5 cm de altura), 24,7% são da espécie *Baccharis* sp, com uma área basal correspondente a 48,3% do total.

TABELA 30. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR5, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	DA	DR	DoA	DoR
<i>Baccharis</i> sp	COMPOSITAE	113.06	362.5	53.70	0.52	45.07
<i>Vernonia</i> sp	COMPOSITAE	42.68	112.5	16.67	0.14	11.73
Fazendinha(*)	LEGUMINOSAE	32.05	50.0	7.41	0.12	10.35
<i>Grevilea robusta</i>	PROTEACEAE	25.54	25.0	3.70	0.17	14.70
<i>Alchornea glandulosa</i>	EUPHORBIACEAE	24.76	37.5	5.56	0.06	4.92
<i>Schinus terebinthifolius</i>	ANACARDIACEAE	16.61	25.0	3.70	0.06	4.77
<i>Calliandra</i> sp	LEGUMINOSAE	14.17	25.0	3.70	0.04	3.33
<i>Croton floribundus</i>	EUPHORBIACEAE	12.42	12.5	1.85	0.04	3.43
<i>Myrsine umbellata</i>	MYRSINACEAE	9.85	12.5	1.85	0.01	0.85
<i>Calypttrantes cruzaeifolia</i>	MYRTACEAE	9.85	12.5	1.85	0.01	0.85

(*)- Não foi possível identificar gênero e espécie

TABELA 31. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR5, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	D.A.	D.R.	Do.A.	Do.R.
<i>Baccharis</i> sp	COMPOSITAE	77.98	4300.0	24.71	0.21	48.27
<i>Tibouchina</i> sp	MELASTOMATACEAE	27.07	2900.0	16.67	0.02	5.41
<i>Myrsine umbellata</i>	MYRSINACEAE	24.47	400.0	2.30	0.07	17.71
<i>Vernonia</i> sp	COMPOSITAE	23.88	1900.0	10.92	0.03	7.96
<i>Maytenus glazioviana</i>	CELASTRACEAE	17.94	1700.0	9.77	0.01	3.17
<i>Psidium</i> sp	MYRTACEAE	15.66	1400.0	8.05	0.01	2.61
<i>Lafoensia pacari</i>	LYTHRACEAE	12.98	200.0	1.15	0.03	6.83
<i>Myrcia</i> sp	MYRTACEAE	12.61	1000.0	5.75	0.01	1.86
<i>Jacaranda</i> sp	BIGNONIACEAE	8.04	400.0	2.30	0.00	0.75
<i>Terminalia glabrescens</i>	COMBRETACEAE	8.04	400.0	2.30	0.00	0.75
<i>Amaiowa guianensis</i>	RUBIACEAE	7.28	300.0	1.72	0.00	0.56
<i>Calliandra</i> sp	LEGUMINOSAE	7.07	600.0	3.45	0.00	1.12
<i>Myrsine lancifolia</i>	MYRSINACEAE	6.52	200.0	1.15	0.00	0.37
Candeinha(*)	MELASTOMATACEAE	4.02	200.0	1.15	0.00	0.37
<i>Bauhinia forficata</i>	LEGUMINOSAE	4.02	200.0	1.15	0.00	0.37
<i>Miconia</i> sp	MELASTOMATACEAE	3.26	100.0	0.57	0.00	0.19
<i>Ocotea pulchella</i>	LAURACEAE	3.26	100.0	0.57	0.00	0.19
<i>Hovenia dulcis</i>	RHAMNACEAE	3.26	100.0	0.57	0.00	0.19
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	LEGUMINOSAE	3.26	100.0	0.57	0.00	0.19
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	MYRTACEAE	3.26	100.0	0.57	0.00	0.19
Pitanga preta grande(*)	MYRTACEAE	3.26	100.0	0.57	0.00	0.19
<i>Prunus selowii</i>	ROSACEAE	3.26	100.0	0.57	0.00	0.19
<i>Daphnopsis racemosa</i>	THYMELAEACEAE	3.26	100.0	0.57	0.00	0.19
<i>Bauhinia</i> sp	LEGUMINOSAE	3.26	100.0	0.57	0.00	0.19
<i>Ceiba speciosa</i>	BOMBACACEAE	3.26	100.0	0.57	0.00	0.19
<i>Myrsiaria tenella</i>	MYRTACEAE	3.26	100.0	0.57	0.00	0.19
<i>Casearia silvestris</i>	FLACOURTIACEAE	3.26	100.0	0.57	0.00	0.19
<i>Alchornea glandulosa</i>	EUPHORBIACEAE	3.26	100.0	0.57	0.00	0.19

(*)- Não foi possível identificar gênero e espécie

Bracatinga (SR6)

Pelo levantamento florístico realizado em 1996 (Tabela 32), foram identificados 500 indivíduos/ha pertencentes a quatro espécies e quatro famílias. Nesta área foram plantadas 1500 mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella*) em 1988, das quais restam apenas 400 indivíduos (os outros 100 são: 50 *Miconia* sp, 25 *Prunus selowii* e 25 *Calyptranthes cruzaeifolia*), verificando-se uma mortalidade de 73,3% das mudas, em diferentes épocas, e um acréscimo de três espécies e três famílias. O desaparecimento das 1.100 mudas fez com que se aumentasse o espaçamento entre plantas formando clareiras que propiciaram a regeneração natural. Os dados da Tabela 33, referentes aos indivíduos com CAP < 10 cm, confirmam essa afirmativa, uma vez que, após plantada uma única espécie, foram encontradas, oito anos depois, 16 espécies pertencentes a 11 famílias, não encontrando-se nenhuma planta de bracatinga nesta categoria. De acordo com Ferraz e Fonseca (1980), a bracatinga é uma espécie de ciclo vital curto e, talvez por esse motivo a mortalidade de plantas tenha sido alta, o que, do ponto de vista da sustentabilidade da biodiversidade, é uma característica importante e desejável. Isto porque, a bracatinga (*Mimosa scabrella*), forma simbiose eficiente com rizóbio, que fixa nitrogênio atmosférico e, quando associadas a fungos micorrízicos, propiciam melhor aproveitamento do fósforo e de outros nutrientes do solo (Franco *et al.* 1992), além de possuir maior capacidade de adaptação a solos de baixa fertilidade, sobretudo com baixo teor de nitrogênio (Simões *et al.* 1978), como acontece nas áreas mineradas, e, tolera solos bastante ácidos (Mattos e Mattos, 1980, encontraram plantas nativas em solos com pH 4,1). Assim sendo, o uso da bracatinga (*Mimosa scabrella*) em solos degradados pela mineração dispensaria adubação de plantio e correção da acidez do solo, necessitando apenas se fazer inoculação com rizóbio e com fungos micorrízicos. Entretanto, há necessidade de se fazer pesquisas sobre a viabilidade de se adubar ou não as mudas da bracatinga no plantio. A esse respeito, Poggiani *et al.* (1981) verificaram que as plântulas de bracatinga com inóculo apresentaram maior altura e peso da matéria seca de folhas, caules e raízes que plântulas adubadas, mas não inoculadas. Por outro lado, segundo estes autores, experimentos realizados concomitantemente com plântulas de bracatinga, inoculadas com *Rhizobium* comprovaram que o plantio sem adubação provoca um retardamento muito grande do crescimento inicial, além de não haver formação de nódulos e, conseqüentemente, ou não há atividade de fixação ou esta se manifesta bem mais tarde. Portanto, é uma estratégia que precisa ser melhor estudada, inclusive

TABELA 32. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR6, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	DA	DR	DoA	DoR
<i>Mimosa scabrella</i>	LEGUMINOSAE	202.76	400.0	80.00	4.31	97.76
<i>Miconia</i> sp	MELASTOMATACEAE	36.00	50.0	10.00	0.04	1.00
<i>Prunus selowii</i>	ROSACEAE	30.65	25.0	5.00	0.03	0.65
<i>Calytrantes cruzaeifolia</i>	MYRTACEAE	30.60	25.0	5.00	0.03	0.65

TABELA 33. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR6, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	D.A.	D.R.	Do.A.	Do.R.
<i>Calytrantes cruzaeifolia</i>	MYRTCEAE	133.54	50400.0	73.68	0.41	53.61
<i>Miconia</i> sp	MELASTOMATACEAE	48.65	6000.0	8.77	0.25	33.63
<i>Baccharis</i> sp	COMPOSITAE	20.90	5800.0	8.48	0.05	6.17
<i>Tibouchina</i> sp	MELASTOMATACEAE	10.29	1600.0	2.34	0.01	1.70
<i>Psidium</i> sp	MYRTACEAE	8.78	1000.0	1.46	0.01	1.06
<i>Vernonia</i> sp	COMPOSITAE	8.27	800.0	1.17	0.01	0.85
<i>Amaiowa guianensis</i>	RUBIACEAE	7.77	600.0	0.88	0.00	0.64
<i>Mollinedia argyrogyna</i>	MONIMIACEAE	7.77	600.0	0.88	0.00	0.64
<i>Lafoensia pacari</i>	LYTHRACEAE	6.76	200.0	0.29	0.00	0.21
<i>Nectandra megapotamica</i>	LAURACEAE	6.76	200.0	0.29	0.00	0.21
<i>Cupania oblougifolia</i>	SAPINDACEAE	6.76	200.0	0.29	0.00	0.21
<i>Myrsine umbellata</i>	MYRSINACEAE	6.76	200.0	0.29	0.00	0.21
<i>Solanum pseudoquina</i>	SOLANACEAE	6.76	200.0	0.29	0.00	0.21
<i>Myrsine lancifolia</i>	MYRSINACEAE	6.76	200.0	0.29	0.00	0.21
Candeinha(*)	MELASTOMATACEAE	6.76	200.0	0.29	0.00	0.21
<i>Alchornea glandulosa</i>	EUPHORBIACEAE	6.76	200.0	0.29	0.00	0.21

(*)- Não foi possível identificar gênero e espécie

em termos de viabilidade econômica. Do ponto de vista prático, é importante se determinar qual a dose inicial de adubo deve ser colocada na cova por ocasião do plantio, ou qual dos elementos nutritivos é limitante e qual seria a dose ótima para estimular o crescimento e a atividade simbiótica de fixação.

Um fato importante do ponto de vista de revegetação de solos degradados foi observado nesta área (sob bracinga, SR6). Dentre os indivíduos com CAP>10 cm foi encontrado um exemplar conhecido regionalmente por brasa viva vermelha (*Calytrantes cruzaeifolia*), com

altura de 3,8m e 11,5cm de CAP. Num raio de menos de 2,0 m desta planta foram encontradas 252 plantinhas com altura média de 0,5 cm, o que proporcionou uma densidade total de 68.400 plantas/ha com CAP<10 cm. Destas, 51.400 plantas pertencem a família Myrtaceae, das quais 50.400 são da espécie *Calyptrantes cruzaeifolia*, ou seja, 75,15% das espécies pertencem à família Myrtaceae e, destes 73,68% são de uma única espécie (*Calyptrantes cruzaeifolia*). Esta espécie é de suma importância no processo de recuperação de áreas degradadas pelo grande número de sementes viáveis. É provável que grande parte destas mudinhas não atinja o estágio adulto (segundo Finol, 1971, as espécies que se encontram em todas as classes de tamanho e, principalmente, nas classes superiores, tem maior chance de sobrevivência, posto que, obviamente, a taxa de mortalidade natural de plantas é maior nas menores classes de tamanho).

A presença da espécie *Calyptrantes cruzaeifolia* nesta área provocou uma alteração no grau de importância das espécies e famílias encontradas, uma vez que a presença de um indivíduo com CAP>10 cm foi responsável pelo surgimento de 73.7% das plantas com CAP<10 cm. Do restante das espécies encontradas a *Miconia* sp e *Baccharis* sp foram as mais importantes, sendo que as famílias Melastomataceae e Compositae juntas agrupam 20,8% das espécies (11,1% Melastomataceae e 9,7% Compositae).

Eucalipto (SR7)

Foram plantadas 2.666 mudas/ha de eucalipto (*Eucaliptus saligna*), em 1981. Pelos dados da Tabela 34, verifica-se a ocorrência de 2550 plantas/ha, sendo 2525 de eucalipto, ou seja, desapareceram 5,3% das mudas plantadas. Foi identificada apenas uma espécie com CAP>10 cm (*Myrsine umbellata*) numa densidade de 25 plantas/ha, isto é, 1,0%. Já no grupo com CAP<10 cm (Tabela 35) foram identificadas 4 espécies pertencentes a 3 famílias. Destas, a espécie mais importante de acordo com IVI, foi *Myrsine umbellata*, sendo que 42,9% das plantas eram desta espécie. A família mais importante foi a Myrsinaceae a qual representou 57,1 das famílias encontradas cujas espécies não ultrapassaram 10 cm de CAP.

TABELA 34. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR7, com CAP>10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIES	FAMÍLIA	IVI	DA	DR	DoA	DoR
<i>Eucaliptus saligna</i>	MYRTACEAE	248.94	2525.0	99.02	30.97	99.92
<i>Myrsine umbellata</i>	MYRSINACEAE	51.06	25.0	0.98	0.02	0.08

Estes dados mostram haver uma baixa diversidade florística no talhão com eucalipto. Pelo menos quatro fatores contribuíram para esta baixa diversidade: espaçamento, idade, posição na paisagem, e ausência de agentes dispersores.

A influência do espaçamento se resume no fechamento das copas que praticamente impede o crescimento de espécies herbáceas e rasteiras pela limitação de luz. Percorrendo-se a área com eucalipto, observou-se, em clareiras formadas pela morte natural de árvores ou pelo corte, a formação de uma capoeira no meio do eucaliptal. Esta observação sugere uma necessidade de se fazer desbastes periódicos para provocar clareiras e possibilitar o surgimento de outras espécies. Esta clareira ficou fora da parcela experimental, por não ser representativa da área, embora esta seja uma situação peculiar e desejável, do ponto de vista da sucessão ecológica.

A idade está, de certa forma, ligada com o espaçamento, uma vez que, de acordo com Lima (1993), com o desenvolvimento da plantação, a copa começa a permitir a penetração da luz, em quantidade suficiente para permitir o crescimento do sub-bosque. Este autor comenta que, se a plantação de eucalipto permanecer até idades mais avançadas, (como observado na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga, da Universidade de São Paulo, em plantações de *Eucaliptus saligna* de cerca de 50 anos de idade) até mesmo o ecossistema original pode, eventualmente, reaparecer sob a mesma. Uma vez que pode existir, segundo esse autor, uma significativa interação espécie-solo, deve-se esperar que a introdução de uma dada espécie possa causar alguma alteração na flora local, como resultado de modificações que ocorrem nas condições microbiológicas do solo.

TABELA 35. Ordenação dos Parâmetros Fitossociológicos das Espécies Encontradas na Área SR7, com CAP<10 cm, de acordo com o Índice do Valor de Importância (IVI). ALCOA, Poços de Caldas, 1996.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	IVI	D.A.	D.R.	Do.A.	Do.R.
<i>Myrsine umbellata</i>	MYRSINACEAE	110.71	600.0	42.86	0.00	42.86
<i>Cupania oblougifolia</i>	SAPINDACEAE	82.71	400.0	28.57	0.00	28.57
<i>Myrsine lancifolia</i>	MYRSINACEAE	53.57	200.0	14.29	0.00	14.29
<i>Eucapiltus saligna</i>	MYRTACEAE	53.57	200.0	14.29	0.00	14.29

A posição na paisagem é outro fator que, na área estudada pode ter contribuído para a ausência de outras espécies, uma vez que o eucalipto situa-se no topo do morro e, embora esteja circundado pela mata em dois lados, esta encontra-se abaixo do eucalipto dificultando a dispersão de sementes. O sub-bosque que está se formando em uma clareira, como citado anteriormente, encontra-se em posição mais marginal da área e, portanto, mais favorecida que a área amostrada.

A quantidade e a diversidade de espécies animais que podem ser encontradas num dado ecossistema florestal dependem do número de nichos disponíveis do hábitat. Portanto, uma monocultura qualquer é reconhecidamente menos capaz de reportar uma alta diversidade de fauna, Lima (1993). Por outro lado, Westman (1990) citado por Lima (1993), encontrou, em termos numéricos, cerca de 57% das espécies de pássaros tanto no eucalipto quanto na mata natural, no Estado da Califórnia (EUA). Contudo, acredita-se que a falta de frutíferas atrativas de pássaros dentro do eucaliptal ou nas proximidades, possa interferir limitando a dispersão de sementes de outras espécies por estes agentes e, conseqüentemente, estar reduzindo a regeneração natural.

Possivelmente, pelos efeitos positivos observados nas características, físicas, químicas e microrrizicas, bem como na reciclagem de nutrientes, a melhor estratégia seria o plantio do eucalipto como monocultura, num primeiro estágio, fazendo-se desbastes periódicos e plantando-se espécies nativas nos raleamentos, ou então o plantio do eucalipto consorciado com algumas espécies nativas.

5. CONCLUSÕES

1. O sistema radicular das plantas nas áreas mineradas, à excessão da área sob eucalipto, se restringiram aos 20 cm superficiais. No eucalipto, assim como nas áreas não mineradas, as raízes atingiram 80 cm de profundidade, demonstrando que esta espécie tem maior capacidade de absorver nutrientes de camadas mais profundas do solo.
2. A disponibilidade de água foi consideravelmente maior nos solos não minerados, indicando que o processo de mineração alterou para pior, a capacidade de retenção de água dos solos e que nenhum dos procedimentos adotados, à excessão daqueles utilizados na área com nativas plantadas em terraços (RB3), foi suficiente para recuperar a condição inicial. O solo sob bracatinga foi o que apresentou menor água disponível. Isto pode significar que, independente da vegetação utilizada, os processos de preparo do solo deveriam ser revistos, no sentido de proporcionar maior retenção de água no solo, seja melhorando a capacidade de infiltração, seja aumentando o tempo de escoamento das águas superficiais (terraços, sulcos em nível, etc.).
3. De maneira geral, todos os procedimentos adotados para recuperação contribuíram para uma melhora na fertilidade dos solos. Contudo, mais do que a idade de recuperação, a dosagem de nutrientes aplicados no plantio (principalmente P e Ca), e as espécies plantadas foram as principais responsáveis pela manutenção do nível de fertilidade do solo. O solo sob eucalipto foi o que apresentou resultados mais próximos do solo não perturbado, do ponto de vista da fertilidade do solo.
4. A presença dos quatro fungos micorrízicos presentes na mata nativa original, em sete das onze áreas estudadas, sugere uma eficiência parcial de todos os procedimentos, completos ou não,

- para a reversão da degradação. De todas as áreas avaliadas, a de bracinga foi a que apresentou maior número de espécies de fungos, mostrando-se ser o procedimento mais eficiente para a recuperação da biodiversidade, a nível microbiológico, no solo. No entanto, os dados microbiológicos mostraram que todas as formas de recuperação adotadas estão deslocando o equilíbrio microbiológico original, em direção a um processo de sucessão.
5. O teor de nutrientes na serapilheira permitiu encontrar três seqüências, quais sejam: Ca>N>Mg>K>P nas áreas RB2, RB3, SR1, SR3, SR4, SR5 e SR7; Ca>N>K>Mg>P nas áreas RB1, RB4 e SR2; e N>Ca>Mg>K>P na área SR6 (bracinga - *Mimosa scabrella*).
 6. A maior quantidade de N, P, Ca e Mg foi retornada ao solo pela *Mimosa pseudoincana* (RB2), respectivamente, 361,04 kg/ha de N; 22,95 kg/ha de P; 544,73 kg/ha de Ca; e, 74,19 kg/ha de Mg, enquanto a maior quantidade de K foi fornecida pela serapilheira da área SR2 (nativas que receberam 17,9 t/ha de serapilheira).
 7. Os resultados do levantamento florístico em espécies com CAP<10 cm, mostrou estar havendo maior regeneração natural nos tratamentos mais novos, à exceção da área com capim gordura (RB5), o qual impediu o desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas na área. Também nos plantios homogêneos como o eucalipto, a bracinga (*Mimosa scabrella*) e a *Mimosa pseudoincana* há pouca chance de outras espécies se regenerarem, ressaltando a necessidade de se fazer raleamentos ou desbastes que proporcionem a ocorrência de clareiras para permitir o surgimento e desenvolvimento de outras espécies. Contudo, nos taludes dos terraços, a *Mimosa pseudoincana* mostrou-se ser muito eficiente no controle de escorregamentos e rápida cobertura do solo, além de retornar grande quantidade de nutrientes, via decomposição do folheto. No entanto, é uma espécie muito agressiva que exige um monitoramento rígido, através de roçagens e/ou podas antes da produção de sementes, evitando-se, assim, uma infestação da área e o conseqüente abafamento e morte das mudas plantadas.
 8. A metodologia de plantio de mudas isoladas, sem se levar em consideração sua classificação ecológica, provocou grande perda das mudas plantadas na maioria das áreas, além de permitir a invasão do capim gordura (*Melinis minutiflora*) e de arbustos, como o alecrim (*Baccharis* sp) e do assa-peixe (*Vernonia* sp), cujas sementes são dispersas, principalmente pelo vento.

9. A prática de retornar a camada superficial (0-20 cm) ao solo minerado, após o reafeiçoamento do terreno, promoveu aumentos consideráveis na quantidade de folheto (média de 12 meses) e de litter, ou seja, houve um incremento de cerca de 2,5 vezes mais folheto e 4,3 vezes mais litter na área onde esta operação foi realizada. Verificou-se, também, a adição ao solo, via decomposição do folheto, de 2,5 vezes mais N e P, 5,0 vezes mais K, 3,6 vezes mais Ca e 4,0 vezes mais Mg, significando que, o simples fato de se colocar a camada superficial implica numa redução significativa da adubação de manutenção, que por sua vez, irá favorecer o desenvolvimento de outras plantas entre as mudas plantadas. Por outro lado, foram detectados menores teores destes nutrientes no litter da área onde a camada superficial foi recolocada, os quais, provavelmente, foram absorvidos do sistema em função da maior quantidade de plantas/ha.
10. As principais espécies que poderiam ser utilizadas como pioneiras para a região estudada são: *Cabralea canjerana*, *Amburana cearensis*, *Coussaceea* sp, *Miconia* sp, *Cestrum amictum* e *Terminalia glabrescens*, e como climax tolerante à sombra e climax exigente de luz são: *Psychotria* sp, *Actinostemon communis*, *Trichilia catigua*, *Myrsiaria tenella*, *Nectandra megapota mica*, *Nectandra* sp e *Myrsine lancifolia*, conforme dados obtidos para as matas Retiro Branco (RB1) e Santa Rosália (SR1). Destaca-se, nas áreas recuperadas, a espécie *Calyptantes cruzaefolia*, com alto potencial de regeneração natural.
11. A semeadura direta utilizando-se sementes diversas, da forma como tem sido utilizada, não mostrou ser uma prática eficiente, em termos de sustentabilidade do ecossistema, uma vez que, adiciona ao solo, espécies herbáceas e gramíneas, promotoras de boa proteção do solo quanto a erosão, porém sem nenhuma contribuição para o processo sucessório, haja visto não ter sido encontrada nenhuma espécie arbórea proveniente desta prática.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por se tratar de um estudo do estado da arte da recuperação de áreas degradadas, algumas considerações se fazem necessárias:

1. Embora aparentemente os solos da área sejam permeáveis, a prática de terraceamento nas áreas mais declivosas constitui-se uma operação imprescindível para o controle da erosão e recuperação da degradação.
2. Mesmo em áreas declivosas (exceto taludes) é recomendável o uso da bracatinga (*Mimosa scabrella*) para revegetação, pelo menos num estágio inicial, devendo-se fazer o plantio com espaçamentos maiores e desbastes aos cinco anos de idade para favorecer a regeneração natural.
3. O plantio do eucalipto (*Eucalyptus saligna*) poderá ser uma opção efetiva para recuperação de áreas mineradas recomendando se fazer desbastes de árvores a partir de quatro anos de idade, a fim de abrir clareiras para possibilitar a regeneração natural.
4. Em qualquer recomposição vegetal, a adoção de plantios observando-se o princípio da sucessão secundária, poderá resultar em um rápido restabelecimento da biodiversidade das áreas mineradas. A inclusão de espécies frutíferas poderá contribuir para um aceleração da regeneração natural.
5. O capim gordura (*Melinis minutiflora*) deve ser evitado nas áreas em recuperação, embora seja uma gramínea que não tolera cortes rasos ou fogo. A presença desta espécie no estágio inicial da recuperação causa abafamento e morte das mudas e seu controle através de roçadeira é inviável. Entretanto, após a formação do bosque, com pouca luminosidade é uma espécie que

inviável. Entretanto, após a formação do bosque, com pouca luminosidade é uma espécie que promove boa cobertura do solo e não prejudica o desenvolvimento dos arbustos. Contudo, pode limitar a germinação e desenvolvimento de sementes das espécies arbóreas, caídas no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, P.B. ; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas & leguminosas**. 4. ed. rev. e amp. São Paulo: Nobel, 1988. 46 p.
- ALMEIDA, E.B. **Geology of the bauxita deposits of the Poços de Caldas District, State of Minas Gerais, Brazil**. Stanford: Stanford University, 1977. 273p. (Tese - Doutorado).
- ALVARENGA, M.I.N.; SOUZA, J. A. **Atributos do solo e o impacto ambiental**. Lavras: UFLA:FAEPE, 1995. 140 p.: il. (Curso de especialização por tutoria à distância em solos e meio ambiente).
- BALDASSARI, I.B. **Flora de Poços de Caldas, Família: Melastomataceae**. Campinas: UNICAMP, 1989. 265p. (Tese - Mestrado).
- BARUQUI, A.M. Comentários sobre a descrição e resultados analíticos de um perfil de solo. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, n.105. p.33-44, set., 1983.
- BRADSHAW, A.D. The reconstruction of ecosystems. **Journal of applied ecology**, Oxford, v.20, n.1,p. 1-17, Apr., 1983.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Sapucaí: Estado de Minas Gerais e São Paulo**. Brasília. 1979. 299p. (Relatório Geologia n.4).
- BRAY, J.R.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in ecological research**, New York, v. 2, p. 101-139, 1964.
- BRITEZ, R.M.; REISSMAN, C.B.; SILVA, S.M.; SANTOS FILHO, A. Deposição estocional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de araucária, São Mateus do Sul, PR. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Revista do Instituto Florestal, 1992. v. 4, pt. 3, p.766-772.
- BROW, S.; LUGO, A.E. Rehabilitation of tropical lands. **Restoration ecology**, n. 2, v. 1, p. 1-15, 1994.
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H. **Field & laboratory methods for general ecology**. 2. ed. Dubuque, Iowa. Wm. C. Brown Publishers. 1977. Capítulo 1b, p. 8-20.
- CAMARGO, O.A. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44p.
- CARDOSO, R.M. **Efeito da adubação da pastagem de capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) sobre o consumo de nutrientes e a produção de leite**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 1977. 61p. (Tese - Mestrado).

- CARPANEZZI, A.A.; COSTA, L.G.S.; KAGEYAMA, P.Y. e CASTRO, C.F.A. Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: a observação de laboratórios naturais. CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Florestas e Meio Ambiente. Campos do Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. v.3, p.216-221.
- CURI, N. **Lithosequence and toposequence of Oxisols from Goiás and Minas Gerais State, Brazil.** West Lafayette: Purdue University, 1983. 158p. (Tese - Doutorado em Solos).
- CURI, N.; FERREIRA, M.M.; SIQUEIRA, J.O.; VALE, F.R. **Aspectos de solos aplicados à regeneração de matas ciliares e recuperação de áreas degradadas.** Lavras:ESAL/FAEPE. 1993. 61 p.
- DANZA-ÉRRICO, J.C. **Geoestatística em jazidas de bauxita: o caso de Poços de Caldas.** Contribuições à geologia e petrografia, 1985, 373 p.. (Boletim especial - SBG, Núcleo Minas Gerais).
- DANZA-ERRICO, J.C.; HORTA, R.M.H. **Geologia e fisiologia do Planalto de Poços de Caldas.** Poços de Caldas: ALCOMINAS, 1977. 68p. (Relatório Técnico).
- DIAS, L.E., FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C. Dinâmica de matéria orgânica e de nutrientes em solo degradado pela extração de bauxita e cultivado com *Eucalyptus pellita* e *Acacia mangium*. SIMPÓSIO SUL AMERICANO, 1 E SIMPÓSIO NACIONAL, 2 : RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. Foz do Iguaçu, 1994. **Anais...** Curitiba:FUPEF. 1994. p.515-525.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS. 1979.
- FATUBARIN, A. Observations on the natural regeneration of the woody plants in a savana ecosystem in Nigeria. **Tropical ecology**, Varanasi, v.28, n.1, p.1-8, 1987.
- FELLER, M.C. Nutrient movement into soils Beneath eucalypt and exotic conifer forests in southern central Victoria. **Australian journal of ecology**, Victoria, v.3, p. 357-372, 1978.
- FERRAZ, E.S.B.; FONSECA, S.M. **Estudo do padrão de crescimento de *Mimosa bracatinga* pela análise de densidade dos anéis usando radiação gama.** Piracicaba:IPEF, 1980. 8p. (Circular Técnica, 113).
- FERREIRA, M.M. **Física do solo.** Lavras:ESAL/FAEPE, 1993. 63p. (Curso de especialização em solos e meio ambiente).
- FINOL, U. H. Nuevos parametros a considerarse en el analisis estrutural de las selvas virgenes tropicales. **Revista forestal Venezolana**, Merida, v.14, n.21, p. 29-42, 1971.
- FORD, E.; LANGKAMP, P. Re-establishing Australia's flora on mined areas. In: AUSTRALIAN MINING INDUSTRY COUNCIL. **Mining and the return of the living environment.** Austrália, 1987. p.15-19.
- FOX, J.E.D. Rehabilitation of mines lands. **Forestry abstracts.** Review article, England, v.45 n.9, p.565-600. 1994.

- FOX, R.L.; KAMPRATH, E.J. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soil. **Soil science society of american proceedings**, Madison, v.34, n.6, p. 902-907, Nov./Dec. 1970.
- FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.; SILVA, E.M.R.; FARIA, S.M. **Revegetação de solos degradados**. Rio de Janeiro:EMBRAPA, 1992. 11P. (Comunicado Técnico, 9).
- FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M. **Revegetação de áreas de mineração em Porto Trombetas, PA, com leguminosas arbóreas noduladas e não noduladas**. SIMPÓSIO SUL AMERICANO, 1, E SIMPÓSIO NACIONAL, 2: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. Foz do Iguaçu, 1994. **Anais...** Curitiba:FUPEF. 1994. p.145-53.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - FIBGE. **Geografia do Brasil**, Região Sudeste. Rio de Janeiro, 1977, v.3.
- GARCIA M.L. **Comunidades de plantas e artrópodes invasores em cultura de milho**. Campinas:Universidade Estadual de Campinas, 1988. 272p. (Tese - Mestrado).
- GATTO, L.C.S.; et al. Geomorfologia. In: PROJETO RADAMBRASIL, Ministério das Minas e Energia. **Levantamento dos recursos naturais**. Rio de Janeiro, 1983. Folhas SF 23/24, v. 32. p.385-535.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogene species extracted from soil wet sieving and decanting. **Transactions British Mycological Society**, Cambridge, n.46, p. 235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M. e MOSSE, B. An evaluation techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New phytology**, Oxford, v.84, p. 482-500, 1980.
- GISLER, C.V.T. **O uso da serapilheira na recomposição vegetal em áreas mineradas de bauxita, Poços de Caldas, MG**. São Paulo:USP, 1995. 147p. (Tese - Mestrado em Ecologia).
- GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.L.; DUEVER, M.J. **Ciclagem de minerais em um sistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: EPU: Ed. Universidade de São Paulo, 1978. 256p.
- GOMIDE, J.A. Sistemas e manejo de gramíneas do gênero *Melinis*. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 9, Piracicaba, 1988. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1988. p.41-55.
- GRIFFITH, J.J. **Recuperação conservacionista da superfície de áreas mineradas: Uma revisão de literatura**. Viçosa:Sociedade de Investigações Florestais. 1980. 106 p. (Boletim Técnico n. 79).
- GRIME, J.F. **Plants strategies and vegetation process**. New York:John Wiley & Sons, 1983. 222p.
- GUEDES, G.A.A. **Effects of lime, P and water placement om corn responses and selected chemical properties of a Florida Ultisol**. Gainesville:University of Florida, 1982. 210p. (Tese - Doutorado em Solos).

- JOHNSON, F.L.; GIBSON, D.J. e RISSER, P.G. Revegetation of unreclaimed coal strip-mines in Oklahoma: I, Vegetation structure and soil properties. **Journal of Applied ecology**, Oxford, v.19, n.2, p.453-463, Aug., 1982.
- KOCH, J.M.; WARD, S.C. Establishment of understory vegetation for rehabilitation of bauxite-mined areas in the Jarrah Forest of Western Australia. **Journal of environmental management**, London, v.4, p.1-15, 1994.
- KOEHLER, C.V.; REISSMANN, C.B. Macronutrientes retornados com a serapilheira de *Araucaria angustifolia* em função do sítio. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo. **Anais...São Paulo: Revista do Instituto Florestal**, 1992. v.4, pt. 3, p.645-648.
- KOEHLER, C.V.; SOARES, R.V.; REISSMANN, C.B. Variação estacional da deposição de serapilheira em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa, PR. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais... Campos do Jordão**, 1990. p.509-519.
- LAMPRECHT, H. Ensayo sobre la estructura florística de la parte sur-oriental del Bosque Universitario: "El Caimital", Estado Barinas. **Revista forestal Venezolana**, Merida, v.7, n.10-11, p.77-119. 1964.
- LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo:Universidade de São Paulo, 1993. 301p.
- LORENZO, J.S. **Regeneração natural de uma área minerada de bauxita em Poços de Caldas, Minas Gerais**. Viçosa:UFV. 1991. 151p. (Tese - Mestrado em Ciências Florestais).
- LORENZO, J.S.; GRIFFITH, J. J.; JUCKSH, I.; SOUZA, A.L.; REIS, M.G.F.; VALE, A.B. A fitossociologia para recuperar área de lavra. **Ambiente**, São Paulo, v.8, n.1, p.26-34, 1994.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Método de avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1989. 201p.
- MANFREDINI, S.; PADOVESE, P.P.; OLIVEIRA, J.B. Efeito da composição granulométrica da fração areia no comportamento hídrico de Latossolos textura média e Areias Quartzosas. **Revista brasileira de ciência do solo**, Campinas, v.8, n.1, p.13-16, jan./abr. 1984.
- MASCARENHAS, G.R. Aspectos ambientais na elaboração de um plano de aproveitamento econômico. **Engenharia**, São Paulo, v.461, p.54-57, 1987.
- MASCHIO, L.M.A.; SCALZO, M.S.; GAIAD, S.; GRIGOLETTI JR., A. Bracatinga (*Mimosa scabrela*), eucalipto (*Eucalyptus viminalis*) e pinus (*Pinus taeda*) na recuperação da biodiversidade, a nível microbiológico, de solos degradados. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo. **Anais...São Paulo: Revista do Instituto Florestal**, 1992. v.4, pt. 3, p.457-462.
- MATTEUCCI, S.D.; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetacion**. Washington: The General Secretaria of the Organization of American States, 1982. 168p.

- MATTOS, J.R.; MATTOS, N.F. **A bracinga**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisa de Recursos Naturais Renováveis, 1980. 40p. (Publicação IPRNR Nº 5).
- MERGURO, M.; VINUEZA, G.N.; DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. I. Produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v.7, p.11-31. 1979.
- MINAS GERAIS. Secretaria de Agricultura. **Atlas chorográfico municipal: mapa do município de Poços de Caldas**. Belo Horizonte, 1926. v.2.
- MORELLATO-FONZAR, L.P.C. Nutrient cycling in two south-east Brazilian forests. Litter-fall and litter standing crop. **Journal of tropical ecology**, New York, v.8, n.2, p.205-215, 1992.
- MOTTA NETO, J.A.; MORAIS, A.; LUCCHESI. Avaliação do uso de forrageiras e de adubações na recuperação de um solo degradado pela mineração de xisto. 1. Propriedades químicas. SIMPÓSIO SUL AMERICANO, 1, E SIMPÓSIO NACIONAL, 2: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. Foz do Iguaçu, 1994. **Anais...** Curitiba:FUPEF. 1994. p.247-256.
- MÜELLER-DOMBOIS, F.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of plant ecology**. John Wiley & Sons, 1974. 547p.
- NEGREIROS, J.H.C. **Bauxita em Poços de Caldas**. Poços de Caldas:ALCOMINAS, 1979. 24p.
- O'CONNEL, A.M. Effect of legume understorey on decomposition and nutrient content of eucalypt forest litter. **Plant and soil**, Dordrecht, v.92, n.2, p.235-248, Jan./Apr., 1986.
- OLIVEIRA, C.V. **Micorrização, compactação e fósforo no crescimento de leguminosas arbóreas em solo degradado**. Lavras:Universidade Federal de Lavras, 1995. 54p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- OLSON, J.S. Energy storage and the balance of procedures and decomposers in ecological systems. **Ecology**, Durhan, v.4, n.2, p.322-330, spring, 1963.
- PAGANO, S.N. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista brasileira de biologia**, v.49, n.3, p.633-639, 1989.
- PAIM, R.M. **Estimating site quality for lobolly pine (*Pinus taeda* L.) in southern Brazil from landform, soil and foliage properties**. West Lafayette:Purdue University, 1995. 58p. (Tese - Mestrado em Floresta).
- PEREIRA, S.C. **Contribuição ao conhecimento das gramíneas do município de Poços de Caldas, MG**. Campinas:Universidade Estadual de Campinas, 1986. 516p. (Tese - Doutorado).
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment for infection. **Transaction British Mycological Society**, Cambridge, v.55, p.158-161, 1970.
- POÇOS DE CALDAS. Prefeitura Municipal. Secretaria de planejamento e Coordenação. **Informações sobre o município de Poços de Caldas**. Poços de Caldas, [198-]. n.p.

- POGGIANI, F. Nutrient cycling in *Eucalyptus* and *Pinus* plantations ecosystems silvicultural implications. **IPEF**, Piracicaba, v.31, p.33-40, dez., 1985.
- POGGIANI, F. **Estrutura, funcionamento e classificação das florestas: implicação ecológica das florestas plantadas**. Piracicaba:ESALQ, 1989. p.1-14. (Documentos Florestais, 3).
- POGGIANI, F.; SIMÕES, J.W.; MENDES FILHO, J.M.A.; MORAIS, A.L. Utilização de espécies florestais de rápido crescimento na recuperação de áreas degradadas. **IPEF**, Piracicaba, v.4, n.2, p.1-25, 1981. (Série técnica).
- RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. 2 ed., Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. 142p.
- RESENDE, M. **Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brasil**. West Lafayette: Purdue University, 1976. 237p. (Tese - Doutorado em Solos).
- ROLLET, B. **Arquitetura e crescimento das florestas tropicais**. Belém:SUDAM, 1978. 22p.
- SANCHEZ, P.A.; UEHARA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C. e KAMPRATH, E.J. (eds.). **The role of phosphorus in agriculture**. Madison:American Society of Agronomy,1980. Cap. 17, p.471-514.
- SCHENK, N.C.; PEREZ, Y. **Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi**. International Culture Collection of VA Mycorrhizal fungi (INVAM). Florida:Ed. University of Florida, Gainesville, Florida, 1987.
- SILVA, K.E. **Adequação química e física para a revegetação de um rejeito de mineração de ferro**. Viçosa:Universidade Federal de Viçosa, 1993. 80p. (Tese - Mestrado em Ciências Florestais).
- SILVA, M. S. L. e RIBEIRO, M. R. Influência do cultivo contínuo de cana-de-açúcar nas propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiro no estado de Alagoas. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.3, p.397-402, set./dez.,1992.
- SIMÕES, J.W.; POGGIANI, F.; BALLONI, E.A.; RORIZ, M.S.; LEITE, J.C.C.; VIDGAL, R.M. Adaptabilidade de espécies florestais de rápido crescimento em solo alterado pela exploração de xisto. **IPEF**, Piracicaba, v.16, p.1-12, 1978.
- SIQUEIRA, J.O. **Biologia do solo**. Lavras:ESAL/FAEPE, 1993. 230p.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 236p.
- SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; GRISI, B.M.; HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: EMBRAPA - CNPAF/CNPSO, 1994. 142p. (EMBRAPA - CNPAF. Documentos, 45).
- SMELTZER, D.L.K.; BERGDAHL, D.R.; DONNELLY, J.R. Forest ecosystem responses to artificially induced soil compaction. II Selected soil microorganism populations. **Canadian journal of forest research**, v.16, n.4, p.870-872, 1986.

- TEIXEIRA, C.B.; DOMINGOS, M.; REBELO, C.F.; MORAIS, R.M. Produção de serapilheira em floresta residual da cidade de São Paulo: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo. *Anais...*São Paulo: Revista do Instituto Florestal, 1992. v.4, pt. 3, p.785-789.
- THURLER, A.M. **Estimativa da macro e da microporosidade através da granulometria e densidade de partículas e do solo.** Piracicaba:ESALQ, 1989. 66p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- TISDALE, S.R.; NELSON,W.L. **Soil fertility and fertilizers.** 2. ed. New York:The Macmillan Company, 1966. 694p.
- UHL, C.; CLARK, K.; CLARK, H.; MURPHY, P. Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro region of the Amazon basin. **Journal of ecology**, v.69, p. 631-49, 1981.
- VETTORI, L. **Métodos de análise do solo.** Rio de Janeiro:Equipe de Pedologia e Fertilidade do solo, 1969. 24p.
- VIEIRA, M.J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: VIEIRA, M.J. (coord.). **Atualização em plantio direto.** Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.163-178.
- WILLIAMS D.D.; BUGIN, A. e REIS, J.L.B.C. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação.** Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, 1990. 96P.