MANEJO DO SOLO E RECOMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO COM VISTAS A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA EXTRAÇÃO DE BAUXITA, POÇOS DE CALDAS, MG

PAULO ROBERTO MOREIRA

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Campus de Rio Claro, para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Área de Concentração: Biologia vegetal).

Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
outubro de 2004

MANEJO DO SOLO E RECOMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO COM VISTAS A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA EXTRAÇÃO DE BAUXITA, POÇOS DE CALDAS, MG

PAULO ROBERTO MOREIRA

Orientador: Prof. Dr. OSVALDO AULINO DA SILVA

Co-orientador: Prof. Dr. JOSÉ CARLOS CASAGRANDE

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Campus de Rio Claro, para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Área de Concentração: Biologia vegetal).

Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
outubro de 2004

Alguns homens vêem as coisas como são e dizem "Por que?"

Eu sonho com coisas que não existem e digo "Por que não?"

- George Bernard Shaw

Cem vezes por dia eu me lembro de que minha vida interior e exterior dependem do trabalho de outros homens, que estão vivos e mortos, e que eu devo me esforçar para me manifestar na mesma medida em que recebi.

- Albert Einstein

DEDICO

A todas as pessoas que possam vir a ler este trabalho

e usufruir do seu conteúdo

OFEREÇO

A *este grupo de humildes trabalhadores brasileiros cuja colaboração braçal foi fundamental para a realização deste trabalho.*

A todos os "doutores" desta vida que possuem simplicidade, sinceridade e humildade pra seguir a marcha e ir tocando em frente.....

"Ando devagar porque já tive pressa
E levo esse sorriso porque já chorei demais
Hoje me sinto mais forte, mais feliz, quem sabe,
Eu só levo a certeza de que muito pouco eu sei,
Nada sei
Conhecer as manhas e as manhãs
O sabor das massas e das maças
É preciso amor para poder pulsar
É preciso paz pra seguir
É preciso chuva para florir....." (Renato Teixeira)

AGRADECIMENTOS

A realização deste estudo envolveu o apoio a inspiração e a colaboração de muitas mãos, mentes e instituições. Agradeço a todos que, individualmente ou através de suas instituições, de alguma maneira colaboraram para a realização deste trabalho, em especial:

Ao Prof. Dr. Osvaldo Aulino da Silva, pela orientação, paciência e confiança na execução deste trabalho;

Ao meu Co-orientador Prof. Dr. José Carlos Casagrande pela disposição, amizade e amparo nos momentos difíceis;

Ao Prof. Dr. Nilson Villa Nova (Nirsão) do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, pela amizade, atenção, apoio e valiosa colaboração na avaliação biofísica e ecológica da região, meu grande guru;

A Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pelo apoio financeiro concedido durante o Doutoramento;

Ao Departamento de Mineração da ALCOA Alumínio S/A pela oportunidade de realização deste estudo em suas áreas de exploração de bauxita e pelo apoio logístico para execução dos trabalhos e em especial aos Engenheiros Agrônomos Charles Aparecido Gonçalves e Adriano Gerim Ribeiro;

Ao Instituto de Biociências – *Campus* de Rio Claro pela oportunidade de aprendizado através do curso de pós-graduação em Biologia Vegetal durante estes anos;

Aos Prof. Dr. Jairo Antonio Mazza do Departamento de solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP pelo apoio e valiosa colaboração na classificação dos solos e pelas proveitosas sugestões durante o trabalho;

Aos Professores e Doutores: Hilton Thadeu Zarate do Couto do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, Maria Cristina Stolf Nogueira do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP pela amizade, disponibilidade e eficiente participação nos trabalhos de avaliação estatística;

Aos Senhores Luiz Renato Pelegrini e Koiti Kawatti, funcionários da ALCOA pela demarcação das parcelas do experimento em campo e digitalização do mapa;

Victor, Reinaldo Monteiro, Lazara, Pagano, Adelita, Massanori Takaki, L. Patrícia C. Morellato, Marco de Assis, professores do Departamento de Botânica de Rio Claro pelo apoio e ensinamentos.

A Marcos Aurélio Joris, por colocar o seu conhecimento de informática à disposição e pela ajuda na diagramação final desta tese;

A José Benedito Piva pelo apoio logístico nos trabalhos de campo;

Á sessão da PGBV, por meio da Heloísa, pela atenção, disponibilidade e paciência.

Muito Obrigado

SUMÁRIO

MANEJO DO SOLO E RECOMPOSIÇAO DA VEGETAÇÃO COM VISTAS A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA EXTRAÇÃO DE BAUXITA, POÇOS DE CALDAS, MG 1

RESUMO GERAL 2

GENERAL ABSTACT 4

1. INTRODUÇÃO GERAL 6

1.1 Identificação do Problema 7
1.2 Objetivos 9
1.2.1 Objetivo Geral 9
1.2.2 Objetivos Específicos 9

2. REFERENCIAL TEÓRICO 10

2.1 Conceito de Recuperação de Área Degradada 10
2.2 Áreas Degradadas Pela Atividade de Extração Mineral 12
2.3 Manejo do Solo e Outras Técnicas na Recuperação de Áreas Mineradas 13
2.3.1 Seleção de espécies de plantas e recomposição da vrgetação 16
2.3.2 Adubação verde na recuperação de áreas degradadas 17
2.3.3 Algumas estratégias de revegetação para recuperação de áreas mineradas 18
2.3.3.1 Método em linha 18
2.3.3.2 Método de Anderson 18
2.3.3.3 Método tapete verde X Expansão de ilhas de vegetação 19
2.3.3.4 Serapilheira como fonte de propágulos 20
2.3.3.5 Uso de espécies leguminosas arbóreas 20
2.4 Caracterização das Espécies Utilizadas 21

3. REFERÊNCIAS 30
DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA 37

CAPÍTULO 1 - MANEJO DO SOLO PARA REVEGETAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA PELA EXTRAÇÃO DE BAUXITA, POÇOS DE CALDAS, MG 42

RESUMO 43

ABSTRACT 45

1. INTRODUÇÃO 45
2. MATERIAL E MÉTODOS 46

2.1	Caracterização do Local de Estudos	47
2.2	Geologia e Geomorfologia	48
2.3	Delineamento Experimental	48
2.4	Amostragem e Análise do Solo	51
2.4.1	Fertilidade do Solo	51
2.4.2	Classifição do solo	51
2.4.3	Monitoramento da fertilidade do solo	52
2.4.4	Análise físico-hídrica do solo	52
2.4.5	Índice de intemperização Ki	52
2.5	Análise Estatística	53
3.	**RESULTADOS E DISCUSSÃO**	53
3.1	Classificação do Solo	53
3.2	Parâmetros Físico-Hídricos e Químicos do Solo	53
3.2.1	Granulometria	53
3.2.2	Densidade e porosidade	54
3.2.3	Curvas de retenção de água no solo	54
3.2.4	Balanço hídrico	56
3.2.5	Índice de intemperização	57
3.3	Evolução das Características Químicas do solo	59
3.4	Influência do Manejo do solo visando recuperação para revegetação	63
3.4.1	Subsolagem	63
3.4.2	Ação do retorno do *topsoil*	63
4.	**CONCLUSÕES**	65
5.	**REFERÊNCIAS**	66
6.	**DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA 1**	71

CAPÍTULO 2 - EFEITO DO MANEJO DO SOLO NA PRODUÇÃO DE ADUBO VERDE DE INVERNO EM ÁREA DEGRADADA PELA EXTRAÇÃO DE BAUXITA, POÇOS DE CALDAS, MG 75

RESUMO		77
ABSTRACT		79
1.	**INTRODUÇÃO**	80
2.	**MATERIAL E MÉTODOS**	81
2.1	Caracterização do Local de Estudos	81
2.2	Delineamento Experimental	81
2.3	Adubo Verde	82
2.3.1	Plantio do adubo verde na área experimentasl	82

2.3.2	Produção de matéria seca do adubo verde de inverno	83
2..3..3	Análise foliar do adubo verde de inverno	83
2.4	Análise Estatística	83
3.	**RESULTADOS E DISCUSSÃO**	83
3.1	Apresentado e discutidos no capítulo 1	83
3.2	Apresentado e discutidos no capítulo 1	83
3.2.1	Apresentado e discutidos no capítulo 1	83
3.2.2	Apresentado e discutidos no capítulo 1	83
3.2.3	Apresentado e discutidos no capítulo 1	83
3.2.4	Apresentado e discutidos no capítulo 1	83
3.2.5	Apresentado e discutidos no capítulo 1	83
3.3	Fatores que Influenciam a Produção de Biomassa	84
4.	**CONCLUSÃO**	88
5.	**REFERÊNCIAS**	89
DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA 2		91

CAPÍTULO 3 - MANEJO PARA O ESTABELECIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA PELA EXTRAÇÃO DE BAUXITA, POÇOS DE CALDAS, MG 93

RESUMO		94
ABSTRACT		96
1.	**INTRODUÇÃO**	98
2.	**MATERIAL E MÉTODOS**	100
2.1	Plantio misto das espécies arbóreas nativas	100
2.2	Abertura das covas para o plantio de cada subparcela/tratamento	100
2.3	Aplicação de gesso e fertilização solo/cova	100
2.4	Selação e distribuição das mudas	101
2..5	Sistema de plantio e tratos culturais	102
2.6	Avaliações dendrométricas / silviculturais	104
2.7	Grau de cobertura da copa ou fração de sombreamento	104
2.8	Semeadura das espécies arbóreas	105
2.9	Serapilheira	105
3.	**RESULTADOS E DISCUSSÃO**	106
3.1	Crescimento das espécies	106
3.1.1	Altura	106
3.1.2	Diâmetro à altura do solo - DAS	112
3.1.2.1	Avaliação geral dos resultados de DAS	113

3.1.3 Área da copa 116
3.1.4 Grau de cobertura da copa ou fração de sombreamento 119
3.1.5 Sobrevivência das espécies 118
3.1.6 Uso da Serapilheira 123
4. CONCLUSÕES 125
6. REFERÊNCIAS 126
DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA 3 131
I. CONSIDERAÇÕES FINAIS 137
I.1 Aspectos gerais 137
I.2 Custo estimado das operações efetuadas em cada tratamento do experimento 139

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

TABELA 1a - Relação de espécies arbóreas implantadas na área do estudo 50

TABELA 1b - Relação de sementes das espécies arbóreas da flora regional semeadas no tratamento T da área do estudo 50

TABELA 2 - Perfil do solo original, anterior à exploração de bauxita, segundo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos 53

TABELA 3 - Parâmetros físicos para os horizontes do perfil do solo original e da superfície da área minerada. ALCOA Poços de Caldas, MG 54

TABELA 4- Valores médios para parâmetros físicos do perfil original e da área minerada horizonte B/C. AlCOA, Poços de Caldas, MG 56

TABELA 5 - Resultados das análises químicas de Al_2O_3, Fe_2O_3, SiO_2 e cálculo dos índices Ki dos horizontes do perfil do solo original e da superfície minerada. AlCOA, Poços de Caldas, MG 57

TABELA 6 - Resultados das análises químicas do perfil do solo original e da superfície minerada, anterior à instalação do experimento e do "top soil". AlCOA, Poços de Caldas, MG 58

TABELA 7 - Resultados das análises químicas do solo degradado pela mineração para os diferentes tratamentos da área de estudo 12 e 24 meses após o plantio. ALCOA, Poços de Caldas, MG 62

CAPÍTULO 2

TABELA 1 – Influência da subsolagem na produção de matéria seca ($kg.ha^{-1}$), adubação verde, com e sem subsolagem. AlCOA, Poços de Caldas, MG 84

TABELA 2 – Influência da subsolagem nos teores de macronutrientes N, P e K do adubo verde 116 dias após o plantio. AlCOA, Poços de Caldas, MG 87

TABELA 3 – Influência do *topsoil* nos teores de macronutrientes N, P e K do adubo verde 116 dias após o plantio. AlCOA, Poços de Caldas, MG 87

CAPÍTULO 3

TABELA 1 - Resultados das comparações das médias de altura (m) das espécies arbóreas nos tratamentos F, L e C, 12 e 24 meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG 110

TABELA 2 – Efeito da subsolagem na altura das espécies arbóreas, doze meses e vinte e quatro meses após o plantio. ALCOA, Poços de Caldas, MG 111

TABELA 3 – Altura das espécies arbóreas nos diferentes tratamentos aos 24 meses após o plantio. ALCOA, Poços de Caldas, MG 111

TABELA 4 – Influência do *topsoil* na altura das espécies arbóreas aos 24 meses após plantio. AlCOA, Poços de Caldas, MG 112

TABELA 5 - Resultados das comparações dos valores médios do DAS (cm), das espécies arbóreas, 12 meses após o plantio nos tratamentos: F, L e C – (referente ao efeito da interação tratamento x espécies 2 - *Luehea divaricata* e 4 - *Chorisia speciosa*), ALCOA Poços de Caldas, MG 112

TABELA 6 - Resultados das comparações das médias do DAS (cm) das espécies arbóreas nos tratamentos F, L e C, aos 12 e 24 meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG 115

TABELA 7 – Influência da subsolagem na área média da copa das espécies arbóreas, 18 meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG 116

TABELA 8 – Influência dos tratamentos na área média da copa das espécies arbóreas 18 meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG 117

TABELA 9- Área da copa das espécies iniciais dezoito meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG 118

TABELA 10- Área média da copa das espécies tardias dezoito meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG 118

TABELA 11 – Grau de cobertura da copa de espécies arbóreas da flora regional nos diferentes tratamentos, 18 meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG 119

TABELA 12 – Influência da subsolagem no grau de cobertura da copa de espécies arbóreas da flora regional nos diferentes tratamentos com e sem sub-solagem, 18 meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG 120

TABELA 13 - Potencial de sobrevivência/adaptabilidade, doze meses após o plantio, de 18 espécies, de diferentes grupos ecológicos da flora regional que foram utilizados nos tratamentos (com e sem subsolagem), Alcoa Poços de Caldas, MG 122

TABELA 14 - Influência do *topsoil* na sobrevivência das espécies arbóreas nos diferentes tratamentos, aos 12 meses.após o plantio. ALCOA, Poços de Caldas, MG 123

TABELA 15 – Sobrevivência de espécies arbóreas da flora regional nos diferentes tratamentos, 12 meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG 123

CONSIDERAÇÕES FINAIS

TABELA I - Estimativa de custo/tratamento efetuado no experimento em R$ (Reais)/ ha 139

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1 - Método em linha adaptado de Skalski Júnior 18
Figura 2 - Método de Anderson adaptado de Skalski Júnior; Grossi (1992). 19
Figura 3 - Possíveis maneiras de contribuição das leguminosas para nutrição nitrogenada de não leguminosas em sistema de cultivo múltiplo 21

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Croqui do experimento no Campo 49
Figura 2 – Curva de retenção de água no solo da superfície (área experimental) x Curva de retenção de água no perfil do solo original. AlCOA, Poços de Caldas, MG 55
Figura 3 – Representação gráfica do balanço hídrico, ocorridos no período de janeiro 2001 a dezembro 2002, Thorthwaite; Mather, (1955) – 150mm.. AlCOA, Poços de Caldas, MG 57
Figura 4 – Aspecto geral da regeneração da vegetação no tratamento com t*opsoil* na área experimental. ALCOA Poços de Caldas, MG 63
Figura 5- Aspecto geral da regeneração da vegetação nos tratamentos sem o uso do t*opsoil* na área experimental. ALCOA Poços de Caldas, MG 64

CAPÍTULO 2

Figura 1 – Vista geral da área com adubo verde próximo da sua incorporação ao solo 82
Figura 2 – Produção média de Matéria seca do adubo verde de inverno nos tratamentos F e C após 126 dias da sua semeadura. ALCOA, Poços de Caldas, MG 85
Figura 3– Teores foliares de fósforo (a), Nitrogênio (b) e Potásssio(c) no adubo verde 126 dias após o plantio 86

CAPÍTULO 3

Figura 1 – Fertilização e adição de esterco de gado nas covas de cada subparcela da área experimental. 101
Figura 2 – Viveiro da Alcoa com mudas prontas para serem expedidas para área experimental 102
Figura 3 – Área experimental após plantio das espécies arbóreas 103
Figura 4 – Seqüência dos passos recomendados para o plantio das mudas 103
Figura 5 – Medição da altura das árvores com auxílio de mira graduada de topografia 104
Figura 6 – Em primeiro plano o tratamento T sem regeneração e ao fundo os demais 124

INTRODUÇÃO GERAL

MANEJO DO SOLO E RECOMPOSIÇAO DA VEGETAÇÃO COM VISTAS A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA EXTRAÇÃO DE BAUXITA, POÇOS DE CALDAS, MG

P. R. MOREIRA

RESUMO GERAL

Na maioria das vezes, os solos das áreas degradadas apresentam níveis baixos de nutrientes e com características físico-químicas diferenciadas, quando comparadas ao solo original. Portanto, o êxito inicial na recuperação de um ecossistema degradado depende das práticas de manejo a serem efetuadas no sítio e de espécies da flora regional, dando início desta forma, ao restabelecimento dos processos ecológicos. Este estudo compreende uma avaliação das intervenções técnicas de manejo na melhora das propriedades físico-químicas do solo e crescimento da vegetação em área minerada de bauxita, sendo desenvolvido entre os meses de abril/00 a set/04. O projeto de pesquisa foi desenvolvido em área de extração de bauxita, localizada na Cia Geral de Minas, empresa do Grupo Alcoa, no planalto de Poços de Caldas (Minas de Campo: Morro das árvores). Os objetivos do trabalho foram verificar o efeito da subsolagem, da adição da camada superficial do solo *topsoil*, da correção da fertilidade do solo e da adubação verde na recuperação de área degradada, avaliada a partir da performance do crescimento e desenvolvimento de espécies arbóreas da flora regional implantada, decorrente da sua interação com as intervenções de manejo. O solo é uma associação de Cambissolos/Neossolos. Posteriormente à instalação do experimento, foi semeado a lanço um coquetel de propágulos de adubo verde de inverno e imcorporado no solo 126 dias depois do plantio. Foi utilizado delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas: as parcelas (A) receberam os tratamentos primários (com e sem subsolagem) e as subparcelas (B) os tratamentos secundários, que se constituiu em: T – com calagem, sem fertilização, com semeadura direta, mais adição de serapilheira (28Kg); F – fertilização mineral e calagem com posterior plantio das 18 espécies arbóreas nativas que ocorrem na região; L– idem F + adubação verde de verão e logo depois plantio misto com as espécies arbóreas da flora regional; C – idem a F + a recolocação do topsoil. A sobrevivência, altura e diâmetro do colo ao nível do solo dos indivíduos foram verificados doze e vinte e quatro meses após o plantio das mudas, e a

área da copa aos 18 meses. Os resultados permitiram concluir que o êxito inicial na recuperação de um ecossistema degradado depende das práticas de manejo efetuadas no sítio e do uso de espécies que estejam mais próximas a condição original, dando início, desta forma, ao restabelecimento dos processos ecológicos. A subsolagem teve efeito significativo para área da copa das árvores e para produção de matéria seca do adubo verde; a fertilização mineral e a recolocação do *topsoil* contribuíram para a melhoria da fertilidade do solo, da sobrevivência das árvores e da regeneração natural, proporcionando maior capacidade para exercer as funções de produção biológica.

Palavras-chave - recuperação; área degradada; fertilidade do solo; adubação verde; subsolagem; espécies arbóreas; práticas de manejo.

GENERAL ABSTRACT

SOIL MANAGEMENT AND VEGETATION RECOMPOSITION TO RECOVERING AREAS AFTER BAUXITE EXTRACTION, POÇOS DE CALDAS, MG

Almost always, damaged soil areas present low levels of nutrients and diferentiated physical-chemical characteristics when compared with the original soils. Therefore, the recuperation initial success of damaged ecosystem depends on management practices to be done at the site and species of the regional flora, thus beginning the reestablishment of ecological processes. This study involves an evaluation of management techniques for the improvement of physical-chemical properties of the soil and vegetation growth in a bauxite mine area, developed from April 2000, to September 2004. The research project was carried out in a bauxite extraction area, placed at Cia Geral of Minas, enterprise of the ALCOA Group in Poços de Caldas. The aims of the study were to verify the effect of the deep plowing, the topsoil, the correction of the soil fertility, and the green manure in the recovering of the degraded areas, evaluated by the growth and arboreal species development of the regional flora, as a function of the interaction with the soil management procedures. The soil is an association of Dystrochrepts/Udorthents. An experimental design of random blocs with split plot was adopted in which the main plots comprised both treatments, with and without deep plowing, and the secondary, as follows: T – with liming, non fertilizer application, with direct sowing plus addition of litter (28 kg) for subplot; F – mineral fertilization and liming after planting of 18 arboreal species of regional flora; L – treatment F plus summer green manure and mixed sowing with some arboreal species of the regional flora; C- treatment F plus topsoil replacement. The survival, height, individual diameter at soil level were verified twelve and twenty-four months after seedlings planting, and the canopy area after 18 months. The results allowed the conclusion that the initial success in the recovery damaged ecosystem depends on management practices applied at the site and use of species next orinal conditions, resulting in the ecological processes reestablishment. The deep plowing had a significant effect on the area of canopy and the production of dry matter of the green manure; the mineral fertilizer and topsoil replacement contributed to

improve soil fertility, the tree survival, and higher capacity to improve the functions of biological production.

Keywords - recovering, dagraded area, soil fertility, green manure, deep plowing,arboreal species, management.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A dimensão ambiental deve constituir uma variável essencial no planejamento do desenvolvimento. A utilização inadequada dos recursos naturais viola os ecossistemas, prejudicando ou mesmo destruindo sua capacidade de auto-regulação e renovação, resultando em progressiva redução da biodiversidade, degradação ambiental, e enfim, das condições de vida.

As atividades de extração mineral são de grande relevância para o produto interno bruto do país, porém, as principais conseqüências para o ambiente causadas por este setor são a perda da biodiversidade, a perda da fertilidade natural do solo e a interferência nos recursos hídricos da região.

Neste sentido conforme relata Gardner (2001), a exploração mineral de bauxita acarreta a destruição de toda a vegetação, altera radicalmente as condições edáficas, a paisagem e perturba totalmente o ecossistema. Se não conduzidas devidamente as atividades de exploração mineral podem ter também conseqüências fora de sua área de ação, sobretudo pela descarga de resíduos contaminados e produtos químicos, podendo ainda permitir a introdução de pragas e doenças nos ecossistemas naturais.

A mineração brasileira está enfrentando novas pressões nacionais e internacionais para proteger o meio ambiente, principalmente às oriundas das normas ditadas pela International Organization for Standardization (ISO). Isto pode significar que as empresas mineradoras terão que assumir um compromisso e investimentos maiores que os atuais para atender as exigências políticas e de mercado (GRIFFITH et al.,1996). Contudo, de acordo com Balensiefer (1998), o setor de mineração no Brasil

está muito à frente nas pesquisas de recuperação de ecossistemas com relação às demais atividades degradadoras. Atualmente, no Brasil, as empresas mineradoras vêm implementando práticas que visam a obtenção de um melhor desempenho na recuperação e manejo das áreas degradadas.

As principais ações para que as áreas degradadas possam voltar a ser produtivas consiste no desenvolvimento e estabelecimento de sistemas de manejo do solo seguido da revegetação do local de maneira inclusive, a propiciar o retorno da fauna, em especial polinizadores e dispersores.

Gomes-Pompa & Wiechers (1979), apontam os estudos sobre solos como ponto relevante para a regeneração dos ecossistemas tropicais e subtropicais, devendo ser considerados para o melhor entendimento e planejamento dos processos ecológicos.

Neste contexto, para uma eficiente recomposição da vegetação e desenvolvimento de novas tecnologias e formas de manejo para a recuperação de áreas degradadas, é necessária a intensificação de pesquisas que contemplem, entre outras linhas, a interação dos conhecimentos sobre a físico-química e microbiologia do solo, a fenologia, a ciclagem de nutrientes e a auto-ecologia das espécies vegetais.

1.1 Identificação do Problema

A extração de minério, a exemplo de algumas outras atividades de exploração de recursos da natureza, causa o ônus, evidenciando em seus canteiros de obras um rastro da intensa alteração do ambiente, tanto com referência à paisagem local como em profundidade física e temporal.

Três características do solo são principalmente afetadas com a degradação: perda da camada superficial, alteração da estrutura e perda da matéria orgânica. É difícil caracterizar separadamente a contribuição de cada um destes componentes do solo na conservação do ambiente, porque a alteração em qualquer uma destas características traz conseqüências para as demais (DEDECEK, 1993).

Portanto, o êxito inicial na recuperação de um ecossistema degradado depende das práticas de manejo a serem efetuadas no sítio, dando inicio desta forma, ao restabelecimento dos processos ecológicos.

As operações de mineração devem conceber o uso temporal do terreno. Isto significa que concomitante à exploração mineral, deve ser recuperada a condição do terreno de maneira que pelo menos seu valor e uso seja igual ao que a área teria antes de ter sido degradada. Essas considerações levam a uma reflexão extremamente importante qual seja, compatibilizar os objetivos econômicos com a gestão ecológica dos recursos naturais renováveis e do ambiente.

O presente estudo ao introduzir alternativas de manejo do solo em área degradada pelas atividades de mineração de bauxita, analisa e discute a eficiência das medidas adotadas que possibilitem a recuperação dessa área, com vistas a promover condições que permitam não só a manutenção da vida vegetal, mas também, o crescimento e desenvolvimento das espécies plantadas. Espera-se ainda, que esse estudo possa realçar a importância do acompanhamento do crescimento e desenvolvimento de outras espécies que, naturalmente, passarão a ocupar espaços na área, num processo contínuo de reconstituição da diversidade de espécies e, por conseguinte, da paisagem local, resultando em fontes de recomendação de metodologias que venham melhor contribuir para minimizar o impacto visual, resgatando elementos da paisagem.

A experimentação para obtenção dos objetivos descritos a seguir foi conduzida em uma mesma área e os resultados obtidos estão apresentados em três capítulos com o foco em manejo do solo degradado devido à extração de bauxita, visando: a) a revegetação; b) a produção de adubo verde e c) o estabelecimento de espécies arbóreas nativas.

.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência das interações entre o manejo do solo e o elenco de espécies utilizadas para recomposição da vegetação através das análises de sua capacidade de sobrevivência, e grau de crescimento e desenvolvimento.

1.2.2 Objetivos Específicos

a - Caracterizar áreas de fundo de mina e de solos ainda não minerados quanto suas propriedades físicas e químicas;

b - Monitorar as respostas de crescimento das espécies arbóreas introduzidas em função do tipo de manejo efetuado na área de estudo;

c - Monitorar a evolução da fertilidade do solo na área a ser recuperada e o seu possível efeito nas diferentes espécies arbóreas plantadas e semeadas;

d – Testar práticas de manejo do solo que permitam a recuperação da área degradada e minimizar os impactos ambientais.

A partir da identificação do problema e dos objetivos traçados, o presente estudo está fundamentado na seguinte hipótese:

a- A subsolagem, a adubação verde, a fertilização mineral e a recolocação do *topsoil* e uso de serapilheira (intervenções de manejo do solo), contribuem para a melhoria da fertilidade, proporcionando melhores condições potenciais do solo para que as espécies possam exercer as funções de produção biológica, e possivel resgate e manutenção da biodiversidade e qualidade do ambiente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceito de Recuperação de Área Degradada

Área degradada é uma denominação recente para as práticas utilizadas em recursos naturais. São consideradas áreas degradadas, extensões naturais que perderam a capacidade de recuperação natural após sofrerem distúrbios. A degradação é um processo induzido pelo homem ou por acidente natural que diminui a atual e futura capacidade produtiva do ecossistema. De acordo com Belensiefer (1998) áreas degradadas são aquelas que perderam sua capacidade de produção, sendo difícil retornar a um uso econômico. O termo degradar conforme Ferreira (1986), pode ser interpretado como: estragar deteriorar, desgastar, atenuar ou diminuir gradualmente.

Na literatura sobre manejo dos recursos naturais degradados costuma-se observar o uso de vários termos como recuperação, reabilitação, restauração, regeneração, revegetação, recomposição, entre outros, cujos métodos estendem-se ao manejo e conservação de solos degradados, áreas afetadas por mineração, florestas, pastagens, áreas abandonadas, recursos hídricos e outros (LIMA, 1994).

Uma das primeiras preocupações dos estudiosos sobre o assunto foi uma questão de ordem terminológica, onde os termos acima descritos vêm sendo usados sem muito cuidado com a conceituação. Entretanto comenta-se que foi escolhido recuperar e restaurar como os melhores termos para identificar e conceituar o assunto de recuperação de área degradada (BELENSIEFER, 1998). Neste sentido serão relatadas abordagens sobre recuperação e restauração:

Segundo Soil Conservation Society of America (SCSA) citado por Down & Stoks, (1978), a **recuperação** pode ser conceituada como o processo de reconversão do recurso perturbado à sua condição anterior ou a outro uso ou, ainda, o termo significa “o processo de reconversão de terras perturbadas aos usos iniciais ou a outros usos produtivos”.

Box (1978), sugere a seguinte definição para **recuperação**: a área que sofreu degradação permite que os organismos presentes originalmente, em número e composição, venham novamente a ocupá-la após o processo de recuperação, aceitando-se no entanto, que o sítio seja ocupado por outros organismos próximos aos originais, mas que preencham o mesmo nicho ecológico. Neste caso alguns ambientalistas e

pesquisadores do assunto são resistentes em aceitar que para recuperação se utilize outras espécies que não aquelas originalmente ali estabelecidas.

Comentando ainda sobre **recuperação**, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 1990) o define como o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo. Isso implica na obtenção de uma condição estável em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais da circunvizinhança, significando também, que o sítio degradado terá condições mínimas de estabelecer um solo e uma nova paisagem.

A **restauração,** por sua vez, significa o retorno da topografia original e o restabelecimento do uso prévio do recurso. De acordo com a Soil Conseration Society of America (SCSA), o termo refere-se "ao processo de restauração das condições do terreno como era antes de ter sido perturbado".

A **restauração** é definida também como o conjunto de processos utilizados para recompor ecossistemas, tendo em vista as condições iniciais naturais, as alterações registradas e os prognósticos resultantes do monitoramento do ambiente (SÃO PAULO ESTADO SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1987).

Conforme Society of Ecological Restoration citada por Primark; Massardo (1988) **restauração ecológica** se define como o processo de alteração intencional para estabelecer um ecosistema histórico nativo. O objetivo deste processo é estimular a estrutura, função, diversidade e dinâmica do ecossistema em questão.

Restaurar a função e a estrutura de um ambiente degradado, buscando similaridade com as características anteriores à ação antrópica ou distúrbio ambiental causadores da degradação, é um dos desafios que as ciências enfrentam na tentativa de mitigar os efeitos da degradação (YOUNG, 2000).

Mais que um simples conceito, é preciso compreender a importância do processo de restauração. Além de servir como forma alternativa às práticas conservacionistas através da criação de habitats para comunidades vegetais e animais ameaçadas, a restauração é uma importante peça na pesquisa da ecologia, pois permite o teste de idéias e a avaliação de hipóteses sobre as comunidades (JORDAN III et al., 1987). A prática da restauração proporciona uma excelente oportunidade para avaliação do nível de conhecimento sobre o funcionamento dos ecossistemas (HARPER, 1987).

Jackson et al. (1995) relatam definições de outras atividades relacionadas à restauração, algumas delas utilizadas amplamente, sem grandes distinções, ou seja, a recuperação considerada com objetivo menor do que a restauração completa, foi definida como resultante num ecossistema estável e auto-sustentável que pode ou não incluir algumas espécies exóticas e que inclui uma estrutura e função similares mas não idênticas às da formação original. A reabilitação foi definida no mesmo estudo como o ato de tornar a terra útil novamente após um distúrbio.

Ainda comenta Jackson et al. (1995) que o mais importante dentro destas definições é perceber que as atividades de reabilitação, recuperação e restauração formam um contínuo no qual os resultados variam em relação ao grau de similaridade à condição existente antes da intervenção antrópica, indo do menos para o mais similar. Rodrigues (1999), Stringuetti (2001) apontam para a adoção da nomenclatura proposta por Aronson (1995) pela clareza dos conceitos. Onde os termos utilizados para os objetivos pretendidos pela recuperação são: restauração "senso stricto" restauração “senso lato", reabilitação e redefinição, cada qual visando diferentes objetivos em uma recuperação ambiental de uma área degradada. Assim, o termo recuperação por englobar todos os termos anteriormente citados será empregado neste estudo para referir-se a intervenções que visem o restabelecimento da vegetação em áreas degradadas.

2.2 Áreas Degradadas Pela Atividade de Extração Mineral

A mineração promove degradação no meio físico, de escalas pontuais até escalas regionais. Os efeitos desses processos modificadores do meio são perceptíveis por vários condicionantes ambientais e antrópicos, influentes ou não na vida humana. A exploração de bauxita leva a supressão da vegetação, altera drasticamente a paisagem e perturba totalmente o ecossistema (GARDNER, 2001).

Um aspecto fundamental na recuperação de áreas degradadas pela mineração é o conhecimento do solo ou do substrato onde essa recuperação tem que ser conduzida. Os procedimentos específicos na recuperação dessas áreas dependem essencialmente das propriedades físicas, químicas, biológicas e mineralógicas do solo ou substrato, que deverá apresentar condições adequadas para o desenvolvimento das plantas (FONTES, 1991).

Na identificação dos impactos ambientais deve-se levar em conta que quase todas as minerações baseiam-se em trabalhos que envolvem a movimentação de terras e escavações. Decorrentes destas atividades estão o desflorestamento, a alteração da superfície topográfica da paisagem, a perda ou degradação das camadas superficiais do solo, a instabilização de encostas e terrenos em geral, as alterações dos corpos d' água e de níveis do lençol freático, a erosão e o assoreamento (KOPEZINSK, 2000).

Silva (1988) descreve três fatores que aumentam a extensão destes distúrbios: o método de extração, o tamanho da operação a ser utilizada na lavra e a natureza do mineral e suas conseqüências, como o beneficiamento, por exemplo. O mineral pode ser extraído por desmonte hidráulico, dragagem, escavações e desmonte por explosivos, causando, impactos ambientais diferentes.

Um dos principais processos relacionados com a degradação de terras é a própria degradação do solo (Lal, 1998), definida como a perda da capacidade produtiva e da utilidade atual ou potencial do mesmo (Blum,1998). Os processos relacionados com a degradação do solo são: erosão, compactação, acidificação, salinização, esgotamento de nutrientes, exaustão do solo, diminuição do carbono orgânico e da biodiversidade. Tais processos podem afetar outros componentes do meio físico, como clima, vegetação e água, caracterizando, assim, as áreas degradadas (LAL, 1998).

2.3 Manejo do Solo e Outras Técnicas na Recuperação de Áreas Mineradas

Antes de entrar no tema mais diretamente ligado às estratégias de recuperação, é importante proceder a uma revisão dos conceitos mais gerais ligados ao planejamento da recuperação, aos aspectos ecológicos e ao manejo do solo.

De acordo com Ibram (1992), ao planejar o trabalho de recuperação, deve-se considerar os diagnósticos efetuados nos estudos ambientais que identifiquem as características específicas da mina e do local onde ela esta instalada. Estas características dizem respeito aos aspectos físicos como topografia, geologia, solo, rede hidrográfica e paisagem; aos aspectos biológicos como flora e fauna; e aos aspectos socioeconômicos da região. Com base nesses dados, deve-se estipular uma hierarquia de valores e tentar estabelecer uma relação temporal para as ações corretivas e de manejo.

Afirmam Primack & Massardo (1998) que na reconstrução de um ecossistema degradado, deve ser considerado a estrutura da comunidade, a composição

das espécies e o restabelecimento de processos ecológicos através de um ativo programa de modificação do sítio aliado à introdução de espécies. Neste contexto, o manejo do solo teria sua importância na escolha do elenco das ações e intervenções efetuadas no substrato da área a ser recuperada assim como a identificação e posterior atenuação dos fatores responsáveis pela degradação ambiental objetivando sustentação para o estabelecimento da vegetação introduzida.

As propriedades físicas do solo, e a sua água disponível, há muito tempo tem sido consideradas de importância primordial para a produtividade dos sítios cobertos por plantações florestais. A influencia das propriedades físicas do solo sobre o crescimento e distribuição das espécies arbóreas tem sido reconhecida por pesquisadores em ciência de solos florestais. Por outro lado à fertilidade do solo exige uma evolução cuidadosa do estado nutricional do mesmo com o intuito de programar uma aplicação correta de fertilizantes necessários para o requerimento das plantas (LAS SALAS, 1986).

Níveis adequados de fertilizações dependem da espécie utilizada e de características específicas de cada sítio e, em situações emergências, possibilita o rápido estabelecimento da vegetação reduzindo ou controlando a erosão, com conseqüente estabilização da superfície e da melhoria das condições do substrato (FOX, 1994).

Segundo Sanches (1981); Salas, (1986); Sparovek et al. (1991), Sparovek (1998) as principais medidas de manejo de um solo degradado incluem fertilização, correção de acidez, adubação verde, adição de matéria orgânica, subsolagem e práticas de conservação do solo.

O manejo do solo objetivando a restauração de áreas degradadas pela mineração de bauxita em Porto Trombetas, no Pará é efetuado com o uso de subsolador a intervalos de um metro em sulcos medindo 90 cm de profundidade para aumentar a aeração e facilitar a penetração das raízes. Por fim planta-se espécie nativa da flora regional, embora o crescimento seja lento (a maioria das espécies cresce cerca de 20 cm por ano), a sobrevivência é boa. Os principais impedimentos para a recuperação são os insetos (formigas cortadeiras, gafanhotos e lagartas) e as deficiências do solo em termos de nutrientes (UHL, 1997).

Em estudo desenvolvido por Costa et al. (1998), em sítios degradados pela mineração de bauxita na Amazônia, o conteúdo de carbono orgânico no solo foi o

melhor indicador da recuperação da matéria orgânica do solo, um ano após a execução dos tratamentos. Neste sentido, relata, Ruivo (1998) as características ligadas á matéria orgânica (teores de C, P, N e biomassa microbiana) apresentam-se adequadas para separar os sítios mais degradados daqueles com menor degradação, entretanto, os teores de C e P da biomassa microbiana foram os melhores indicadores para avaliar o estádio de recuperação de áreas degradadas, pois foram mais sensíveis ás pequenas diferenças edáficas nos sítios alterados.

O solo não é apenas substrato inerte que reflete a composição do material de origem, mas forma-se e desenvolve-se como resultado do efeito dos fatores ambientais ativos, como clima e vegetação sobre o material, em dado tempo. A matéria orgânica presente no solo e a contribuição da cobertura vegetal, tem propriedades que refletem o efeito combinado de todos os fatores de formação e, de acordo com a interação entre a fração orgânica e mineral, pode-se determinar o processo pedogenético (ANJOS et al., 1999).

Contudo, os aspectos principais que devem ser enfocados com maior intensidade nos projetos de recuperação de áreas degradadas, principalmente com essências nativas, estão a aplicação de técnicas de uso e manejo nestes ecossistemas, visando a conservação dos recursos naturais de forma que estes não se esgotem e mantenham suas condições de reprodução da vida. Neste contexto, o manejo compreende um conjunto de práticas aplicadas às áreas destinadas à recomposição vegetal de modo a possibilitar-lhes, de maneira contínua, a manutenção dos processos ecológicos como ciclagem de nutrientes e *sucessão.*

Os programas de recuperação ambiental podem ser definidos como um conjunto de ações, idealizadas e executadas interdisplinarmente entre as diferentes áreas do conhecimento, que visa proporcionar o restabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente em um sistema natural (DIAS; GRIFFITH, 1988). A complexidade dos processos de degradação e de recuperação do ambiente deve-se aos inúmeros fenômenos biológicos e Físico-químicos envolvidos. Sendo assim, o trabalho interdisciplinar de profissionias de diferentes áreas do conhecimento deve buscar o entendimento dos mecanismos e o desenvolvimento de técnicas de recuperação de áreas degradadas (KOBIYAMA et al., 2001).

2.3.1 Seleção de espécies de plantas e recomposição da vegetação

A seleção cuidadosa de espécies vegetais, e práticas de manejo baseadas no entendimento da sucessão natural e dos processos de ciclagem de nutrientes para a plantação de florestas são importantes instrumentos para a recuperação de solos tropicais degradados (NAGY, 1997).

A utilização de plantas associadas a microrganismos diazotróficos e a fungos micorrízicos, juntamente com a adição de fosfato de rocha, micronutrientes e potássio, cálcio, magnésio e enxofre tem sido realizada com sucesso para revegetação de mineração com ou sem a adição de terra fértil ou matéria orgânica. Acrescenta ainda, que o uso de espécies vegetais que formam simbiose com microrganismos diazotróficos geram serapilheira mais rica em nitrogênio e com uma relação C/N mais baixa, proporcionando uma sucessão vegetal quantitativamente maior e qualitativamente mais diversificada (FRANCO, 1998).

Por outro lado, comenta Davide (1994), que a escolha de espécies para utilização em recuperação de áreas degradadas deve ter como ponto de partida estudos de composição florística da vegetação remanescente da região. À partir destes levantamentos, experimentos silviculturais devem ser montados procurando explorar a variação ambiental e níveis de tecnologia. As espécies pioneiras e secundárias iniciais deverão ter prioridade na primeira fase da seleção de espécies . pode-se buscar 3 opções que poderão ser utilizadas isoladamente ou em conjunto: a) utilização de espécies florestais para aplicação no modelo de sucessão secundária , b) espécies florestais para formação de povoamentos puros, e c) utilização de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas.

Seguindo o conceito de recuperação de áreas degradadas, estão sendo empregados programas de revegetação em “ áreas de empréstimos” de hídroelétricas, matas ciliares e demais áreas de preservação permanente, solos degradados pela erosão e extração mineral (NOGUEIRA JUNIOR, 2000).

A escolha ou criação de um modelo de revegetação é um processo em constante aprimoramento, que é alimentado não só pelos conhecimentos básicos sobre ecologia, demografia, genética, biogeografioa, mas também pelas informações sobre o ambiente físico e biológico da região onde irá ser implantado. A interação dos conhecimentos teóricos básicos, informações sobre a área e tecnologia disponível é que

vai determinar qual o modelo mais adequado para cada situação (KAGEYAMA; GANDARA, 1997).

A pesquisa voltada ao desenvolvimento de sistemas e modelos de recuperação de mata ciliares e de áreas degradadas tem avançado muito nos últimos anos. Apesar de tudo, os modelos gerados usualmente limitam-se ao âmbito da pesquisa, tendo sua aplicabilidade ainda restrita pelo alto custo de implantação e manutenção (ENGEL et al, 2002).

2.3.2 Adubação verde na recuperação de áreas degradadas

Em muitas atividades exploratórias, a remoção total do solo superficial dificulta ainda mais o processo de sucessão vegetal, uma vez que o banco de sementes é removido juntamente com a camada superficial do solo que contém maior volume de nutrientes e matéria orgânica (ÂNGELO et al., 2002). A revegetação dessas áreas degradadas requer, muitas vezes, adequação química e física do solo ou substrato e a seleção de espécies compatíveis para cada situação (OLIVEIRA NETO et al., 1998).

Nesse cenário de degradação ambiental, a adubação verde é uma alternativa interessante para que mais rapidamente se dê a recolonização vegetal da área pelo restabelecimento das propriedades do solo. De fato, segundo Chaves (1986) o conceito clássico de adubação verde, consiste na prática de se incorporar ao solo massa vegetal não decomposta de plantas cultivadas no local ou importadas, com a finalidade de preservar e/ou restaurar as propriedades do solo.

De acordo com Calegari (1992), a adubação verde se destaca entre as técnicas sustentáveis que procuram otimizar o aproveitamento e os benefícios da matéria orgânica. Essa técnica visa à proteção superficial do solo, bem como a melhoria e manutenção de suas características físicas, químicas e biológicas.

O manejo do solo e da matéria orgânica influencia tanto os rendimentos obtidos na produção agrícola como a qualidade ambiental, (Pinto e Crestana, 1996).

Contudo, relata Griffith et al., (1996) que o recobrimento inicial do solo deve ser considerado como uma fase integrada do programa de recuperação, de modo a não comprometer a dinâmica sucessional da área.

2.3.3 Algumas estratégias de revegetação para recuperação de áreas mineradas

As estratégias de recuperação de áreas degradadas pelas atividades de mineração, em geral, eram baseadas no plantio de poucas espécies adaptadas às condições adversas do meio e na recuperação do substrato (solo). Atualmente esta abordagem vem sendo ampliada visando aumentar a diversidade, as interações com a fauna e o restabelecimento do equilíbrio.

2.3.3.1 Método em linha

Essa estratégia de recuperação adaptada por de Skalski Júnior; Grossi (1992). prevê o desbaste sistemático a cada três linhas em um povoamento puro para introdução de espécies florestais nativas (Figura 1).

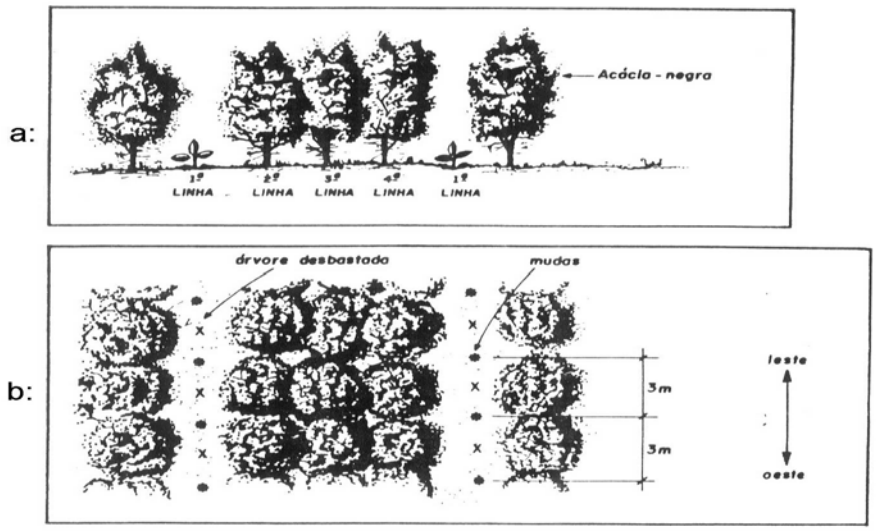


Figura 1 - Método em linha adaptado de Skalski Júnior; Grossi (1992).
a: Vista perfil da área revegetadada, após plantio das espécies arbóreas nativas
b: Vista a planta baixa da área revegetadada, após plantio das espécies arbóreas nativas

2.3.3.2 Método de Anderson

O método de Anderson acrescenta um desbaste a cada 30 m em uma linha, proporcionando a implantação de um grupo de nove espécies arbóreas nativas (Figura 2), nos povoamentos puros instalados em áreas em recuperação objetivando aumentar sua biodiversidade.

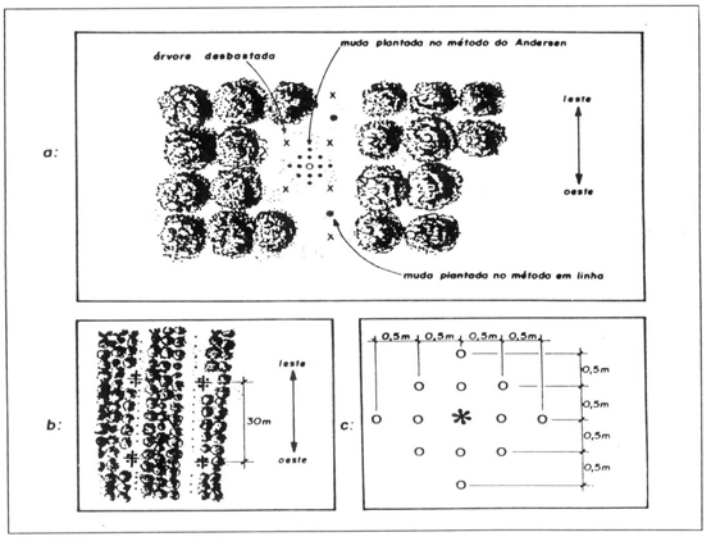


Figura 2 - Método de Anderson adaptado de Skalski Júnior; Grossi (1992).
a: Localização do grupo, dentro do plantio , após desbaste.b: Localização dos grupos, em relação as linhas de plantio; c: Distribuição dos indivíduos, dentro do plantio.

2.3.3.3 Método tapete verde X Expansão de ilhas de vegetação

Este método consiste na interação de duas abordagens executadas em duas fases conforme Griffith et al., (1994, 1996):

Fase I – (Tapete verde) - é um coquetel de propágulos de leguminosas herbáceas, Guandu (C*ajanus cajan*); Mucuna-preta (*Mucuna aterrina*) e gramíneas: Brachiária (*Brachiaria decumbens*); Capim gordura (*Melinis minutiflora*); Azevém (*Lollium multiflorum*). De acordo com Griffith et al (1996) o tapete verde proporciona aos locais degradados uma oferta de condições biológicas favoráveis ao rápido estabelecimento da vegetação preparando o ambiente para receber os propágulos dos fragmentos florestais da região com possibilidades de germinação e crescimento.

Fase II – (Expansão de ilhas de vegetação) – introdução de espécies nativas da flora regional atrativas à fauna, agrupadas, formando assim ilhas de vegetação. Isto criaria um afluxo de dispersores (especialmente aves e morcegos) entre os fragmentos remanescentes e a área em recuperação ambiental. Esta manipulação da dinâmica sucessional para chegar a uma paisagem auto-sustentável contemplaria também fertilização química e acréscimo de matéria orgânica em alguns sítios no interior da área em recuperação.

2.3.3.4 Serapilheira como fonte de propágulos

O uso da serapilheira pode ser uma técnica promissora para rápida cobertura do solo, por disseminar propágulos na área em que se deseja recuperar, principalmente para terrenos íngremes.

Para recuperar áreas degradadas na floresta da Tijuca na cidade do Rio de Janeiro, Silva et al. (2000) introduziram 2 $Kg.m^{-2}$ de serapilheira em quatro parcelas (área de talude), acondicionados em sacos de ráfia aberto para evitar que a mesma fosse levada pela água das chuvas. Onze meses após a intervenção, todas as parcelas que receberam a serapilheira apresentaram um número de plântulas maior que as áreas onde a serapilheria não havia sido adicionada.

Esta estratégia de recuperação traz além de propágulos, matéria orgânica e microrganismos evitando a exposição do solo a possíveis processos erosivos e ao efeito de amplitude térmica sobre o solo (SILVA et al., 2000).

Ozório (2000), trabalhando com o uso da serapilheira na recuperação de área degradada verificou que a mesma possui um grande potencial, porém o sucesso da revegetação dependerá não somente da sua aplicação, mas também de outras técnicas usadas em conjunto, tal como fertilização mineral e irrigação, entre outras.

2.3.3.5 Uso de espécies leguminosas arbóreas

Espécies vegetais que formam simbiose com microrganismos que fixam nitrogênio podem dispensar total ou parcial adubação nitrogenada e ainda contribuir para que, em conjunto com outras espécies consorciadas ou em sucessão garantam a auto-sustentabilidade dos sistemas ecológicos, seja ela agrícola, florestal ou de reabilitação (SIQUEIRA, 1993). Vide Figura 3.

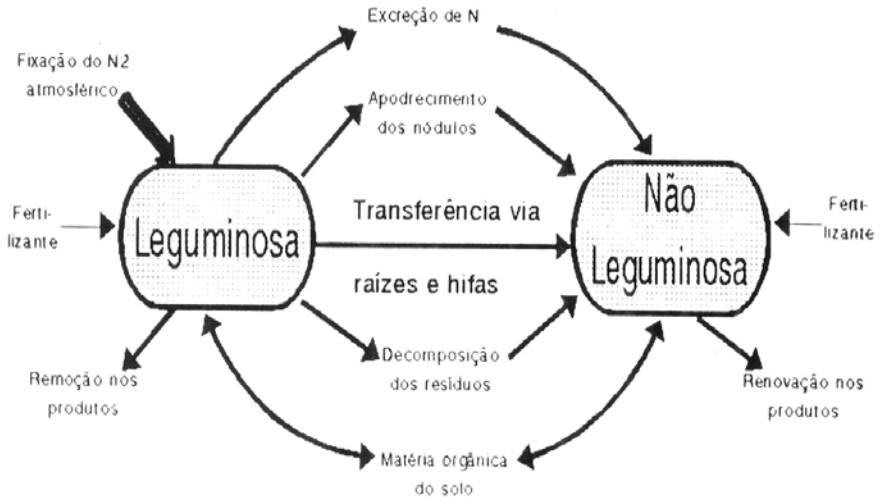


Figura 3 - Possíveis maneiras de contribuição das leguminosas para nutrição nitrogenada de não leguminosas em sistema de cultivo múltiplo Fonte: (SIQUEIRA, 1993)

As espécies leguminosas arbóreas apresentam uma maior concentração de nitrogênio associada à maior produção de biomassa (folhas, galhos, raízes, nódulos, etc), possibilitando, após sua incorporação, uma contribuição significativamente maior de matéria orgânica para o solo, com baixa relação C: N (MOREIRA, 1994).

Uma opção mais barata e eficiente para recuperação de áreas degradadas é a preconizada por Franco et al. (1992), utilizando espécies leguminosas noduladas e micorrizadas, associadas à adubação com gesso, fosfato de rocha e quando disponível composto orgânico.

É importante salientar que dependendo do objetivo da recuperação deve-se eleger uma metodologia que melhor possa se adequar às condições disponíveis.

2.4 Caracterização das espécies utilizadas

A seguir estão descritas as principais características do elenco de 18 (dezoito) espécies florestais da flora regional, eleitas para revegetação e recuperação da área estudada, conforme Rizzini (1978); Lorenzi (1992) IBGE (1997); Lorenzi (1998); Durigan et al., (1997):

Na época do plantio, as espécies descritas abaixo eram as que estavam disponíveis no mercado (viveiros florestais certificados e registrados pela

Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI). Essas espécies fazem parte da listagem encontrada no levantamento florístico efetuado por Leitão Filho, (1984). Foi com base neste levantamento que foram eleitas as espécies em função de sua aptidão para se estabelecerem e crescerem no local do estudo. Em situações de áreas degradadas como o sítio em questão optou-se também por avaliar o desempenho silvicultural das espécies, uma vez, que estudos de revegetação com plantas arbóreas da flora regional na região eram inexistentes.

2.4.1 ***Persea pyrifolia*** **Nees et Mart. ex Nees (Abacateiro do mato - espécie n. 1)**: pertence à família Lauraceae sendo popularmente conhecida como abacateiro do mato, canela rosa e maçaranduba. Planta semidecídua, com altura variando de 10 a 20 m, com tronco de 40 a 60 cm de diâmetro a altura do peito. Folhas esparsas, um pouco hisurtas ou glabras na página superior e hisurtas na inferior, de 12 a 15 cm de comprimento por 8 a 6 cm de largura. Ocorre nos Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo em áreas de domínio da Floresta Estacional Semidecidual, principalmente nas formações de altitude. É mais frequente nas florestas primarias, entretanto pode ocorrer em formações secundárias o que lhe confere boa tolerância a luz direta. Floresce a partir do final do mês de outubro até novembro e seus frutos amadurecem em janeiro e março. Produz anualmente grande quantidade de sementes que são disseminadas por pássaros.

2.4.2 ***Luehea divaricata*** **Mart. (Açoita-cavalo-miúdo – espécie n. 2**): espécie heliófita, secundária inicial, pertence à família Tiliaceae, popularmente conhecida por açoita cavalo, acoita–cavalo-miúdo, caiboti, pau-de-canga. Planta de porte médio com crescimento lento, atingindo alturas que variam de 20 a 25m, com tronco de 50 a 60 cm de diâmetro a altura do peito. Apresenta folhas simples quase glabras na face superior e densamente pubescentes e de cor esbranquiçadas na face inferior, de 9 a 12 cm de comprimento por 4 a 12 cm de largura. Ocorre em toda área de domínio da Floresta Estacional Semidecidual e também da Floresta Ombrófila Densa (floresta tropical pluvial - Atlântica), sobre solos de fertilidade e profundidade variável, tolerando encharcamento, inundações periódicas e resistente a geada. Aparece preferencialmente nas formações secundárias. Floresce durante os meses de dezembro a fevereiro e a

maturação dos frutos ocorre durante os meses de maio a agosto, produzindo anualmente grande quantidade de sementes viáveis, disseminadas pelo vento.

2.4.3 ***Lafoensia pacari*** **St. Hil. (Dedaleiro – espécie. n. 3)**: espécie heliófita de crescimento lento, pertence à família Lythraceae, conhecida popularmente por dedaleiro, pacari. Árvore de médio porte atingindo alturas de 10 a 18 m e diâmetro altura do peito de 30 a 60 cm. Folhas curto pecioladas ou sésseis, coriáceas, de 8-15 cm de comprimento. Planta de alta plasticidade ecológica, indiferente as condições físicas do solo, caracteristicas das florestas de altitude (Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista - floresta de Araucária), ocorre também nos Cerradões onde, entretanto, apresenta menor desenvolvimento. O processo reprodutivo tem início a partir dos três anos de idade. Sua fenologia é muito variável entre regiões. Florescendo normalmente nos meses de outubro a dezembro e a maturação dos frutos ocorre nos meses de abril a junho. A dispersão é feita por pássaros e pelo vento.

2.4.4 ***Chorisia speciosa*** **St. Hil. (Paineira rosa – espécie n. 4**): eespécie heliófita, aculeada, pertence à família Bombacaceae, popularmente conhecida por paineira, barriguda e árvore de paina. Planta de grande porte, com até 30m de altura, tronco cilíndrico e volumoso de 80 a 120 cm de diâmetro a altura do peito. Folhas compostas digitadas e longo pecioladas. Folíolos glabros e em número de cinco a sete, membranáceas de 6 a 12 cm de comprimento por 2 a 6 cm de largura. Flores grandes e vistosas e o fruto é do tipo cápsula ovóide e deiscente. Comum em toda área de domínio da Floresta Estacional Semidecidual em baixa densidade de adultos na comunidade, prefere solos férteis e resiste a geadas fracas. Ocorre tanto no interior da floresta primária densa como em formações secundárias. Floresce durante os meses de dezembro a fevereiro e a maturação dos frutos ocorre durante os meses de maio a agosto, produzindo anualmente grande quantidade de sementes viáveis, disseminadas pelo vento.

2.4.5 ***Rapanea umbellata*** **(Mart. ex DC.) Mez. (Capororoca – espécie n. 5**): espécie heliófita, dotada de copa ovalada, pertence a família Myrsinaceae conhecida popularmente por capororoca, capororocão, capororoca-verdadeira. Atinge alturas de 5 a 15 m, tronco cilíndrico tortuoso, revestido por casca espessa com 30 a 50 cm de

diâmetro à altura do peito. Folhas simples, alternas, concentradas nas pontas dos ramos, brilhantes e visivelmente nervadas na face ventral, opacas e provida de glândulas esparsas na dorsal, de 9 a 12 cm de comprimento por 3,5 a 5,0 cm de largura, sobre pecíolo de 0,6 a 1,5 cm de comprimento. Inflorescências faciculado-umbeladas, em número de 5-15 flores unissexuais por fascículo fixado diretamente nos ramos. Ocorre naturalmente de Minas Gerais ao rio Grande do Sul em áreas da Floresta Ombrófila Mista e em áreas de transição com a Floresta Estacional Semidecidual, indiferente às condições de solo e umidade é encontrada em todas as áreas da Floresta Ombrófila. Ocorre tanto no interior da floresta primária densa como em formações secundárias. Floresce geralmente duas vezes durante o ano (dezembro-janeiro e junho-julho). A maturação dos frutos ocorre durante os meses de março-abril e outubro-novembro, produzindo anualmente grande quantidade de sementes viáveis, atraindo grande quantidade de dispersores.

2.4.6 ***Acacia polyphylla*** **DC. (Monjoleiro – espécie n. 6**): espécie heliófita, planta com muitos espinhos, pertence à família Leguminosae/Mimosoideae popularmente conhecida por monjoleiro, paricá branco, maricá e juqueri-guaçu. Árvore de médio porte com crescimento rápido, de 15 a 20 m de altura e 40 a 60 cm de diâmetro a altura do peito. Folhas compostas bipinadas de 20 a 26 cm de comprimento, com 10 - 16 jugas, com 24 a 34 pares de folíolos. Ocorre na Floresta Estacional Semidecidual, é comumente encontrada como colonizadora em áreas rochosas e encostas de morros formando populações agregadas, podendo ocorrer também em solos profundos e em clareiras na floresta primária. Floresce durante os meses de dezembro a março e a maturação dos frutos ocorre no período de agosto-setembro com a planta quase que totalmente despida de sua folhagem.

2.4.7 ***Gochnatia polymorpha*** **(Less.) Cabr. (Cambará – espécie n.7**): espécie heliófita de crescimento muito rápido, pertence à família Asteraceae, popularmente conhecida por cambará, candeia, cambará-guaçu. Árvore de médio porte, de 6 a 8 m de altura e 40 a 50 cm de diâmetro a altura do peito. Folhas simples, branco tomentosas na página inferior, de 4 a 18 cm de comprimento, por 4 a 6 cm de largura. Ocorre em Cerrados e Cerradões e em zonas ecotonais entre Cerrado e a Floresta Estacional Semidecidual,

geralmente sobre solos arenosos e álicos. Floresce de outubro a dezembro e a maturação dos frutos verifica-se nos meses de dezembro a fevereiro. Produz anualmente grande quantidade de sementes dispersas facilmente pelo vento.

2.4.8 ***Vitex polygama*** **Cham. (Tarumã do cerrado – espécie n.8**): espécie heliófita, pertence à família Verbenaceae, sendo popularmente conhecida por tarumã do cerrado, maria-preta, marianeira. Árvore apresenta altura entre 6 a 12 m e 30 a 40 cm de diâmetro a altura do peito. Folhas compostas digitadas; folíolos tomentosos na face inferior e pubescentes na superior de 10 cm de comprimento. Característica do Cerrado e da Floresta Estacional Semidecidual situadas em altitudes superiores a 500m, é mais freqüente nas formações secundárias como copoeiras e capoeirões. Floresce durante os meses de outubro-novembro com o surgimento de folhas novas e os frutos amadurecem no período de janeiro a abril. Apresenta disperção ampla, entretanto com freqüência baixa. Produtora de frutos apreciados pela fauna.

2.4.9 ***Machaerium nyctitans*** **(Vell.) Benth. (Bico de pato – espécie n. 9**): espécie espinhenta, heliófita, pertence a família Leguminosae/Papiliniodeae, popularmente conhecida por bico de pato, jacarandá de espinho, guaximbé. Árvore de 8 a 18 m de altura e 40 a 60 cm de diâmetro a altura do peito. Folhas compostas imparipinadas, estipuladas (as estipulas transformam-se em espinhos), com 11-35 folíolos ferrugíneo-pubescentes na página inferior. Ocorre em área da Floresta Estacional Semidecidual, indiferente às condições físicas dos solos. Floresce de outubro a dezembro e a maturação dos frutos verifica-se nos meses de fevereiro a maio. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis. É uma planta muito rústica.

2.4.10 ***Tapirira guianensis*** **Aubl. (Peito de pombo – espécie n. 10**): espécie heliófita, pertence àfamília Anarcadiaceae, popularmente conhecida por peito de pombo, tapiriá, camboatá. Árvore de porte médio atingindo 8 a 14 m de altura e 40 a 60 cm de diâmetro a altura do peito. Folhas compostas com 4-5 jugas; folíolos muito variáveis na forma, número e no tamanho, membranáceos, glabros de 4 a 12 cm de comprimento. Ocorre em praticamente todas as formações florestais do Brasil especialmente ao longo dos rios e várzeas. Tolera solos encharcados, mas desenvolve também em solos secos de

Cerrado e da Floresta Estacional Semidecidual, resiste a geadas fracas. Floresce de agosto a dezembro e a maturação dos frutos verifica-se a partir de janeiro. Os frutos são muito procurados pela fauna em geral.

2.4.11 ***Alchornia triplinervia*** **(Spreng.) M. Arg. (Tapiá – espécie n. 11**): espécie heliófita, dióica pertence a família Euphorbiaceae, popularmente conhecida por tapiá, boleiro, tapiá-mirim, tapiá- vermelho. Árvore de porte médio a grande atingindo 15 a 30 m de altura e 40 a 100 cm de diâmetro a altura do peito. Folhas subcoriáceas, de 3 a 6 cm de comprimento, levemente pubescentes na face inferior, sustentadas por pecíolo de 2 a 4 cm de comprimento. Ocorre em todo domínio da Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial - Atlântica), na Floresta Estacional Semidecidual concentra-se em terrenos mais úmidos e matas ciliares. Espécie de crescimento rápido, é recomendada para recuperação de áreas alteradas, especialmente matas ciliares. Floresce de outubro a dezembro e a maturação dos frutos verifica-se em janeiro-fevereiro.

2.4.12 ***Jacaranda macrantha*** **Chan. (Caroba – espécie 12**): espécie heliófita, pertence à família Bignoniaceae, popularmente conhecida por caroba, carobão. Árvore de 8 a 12 m de altura e 20 a 30 cm de diâmetro a altura do peito. Folhas compostas bipinadas, longo pecioladas, de 40 a 50 cm de comprimento, com 11 jugas; folíolos curto-peciolados, com nervuras pubescentes e fortemente impressas na página superior. Característica da Floresta Estacional Semidecidual submontana e montana, apresenta baixa freqüência em toda a área de ocorrência, tanto no interior da mata primária densa como nas formações secundárias. Floresce durante os meses de novembro a janeiro e os frutos amadurecem nos meses de setembro-outubro. Produz anualmente poucas sementes.

2.4.13 ***Lonchocarpus muehlbergianus*** **Hassl. (Embira de sapo – espécie 13**): espécie heliófita, rústica, pertencente à família Fabaceae Leguminosoideae/Papilionoideae, sendo popularmente conhecida por embira de sapo, guaianã, timbó. Árvore de médio a grande porte apresenta altura entre 15 e 25 m e 40 a 50 cm de diâmetro a altura do peito. Folhas compostas imparipinadas, com 7 a 13 folíolos glabros na face superior e

pusbecentes e de cor mais clara na inferior, de 6-12 cm de comprimento por 3-5 cm de largura. Ocorre na região de domínio da Floresta Estacional Semidecidual submontana e montana, na bacia do Paraná, comumente encontrada colonizando áreas abertas, às vezes formando maciços puros, oriundos de brotações de raízes, tolerante a geadas e terrenos inundáveis, prefere solos profundos férteis e úmidos. Floresce nos meses de outubro a janeiro e os frutos amadurecem no período de julho-agosto. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis. Apresenta larga, porém a descontinua e pouco expressiva dispersão.

2.4.14 ***Piptadenia gonoacantha*** **(Mart.) Macbr. (Pau jacaré – espécie 14**): espécie heliófita, levemente espinhenta, pertence à família Leguminosae/Mimosoideae, sendo popularmente conhecida por pau jacaré , jacaré, angico branco, casco de jacaré. Árvore de 10 a 20 m de altura e 30 a 40 cm de diâmetro a altura do peito. Folhas compostas bipinadas com 4 a 8 jugas, de 10 -15 cm de comprimento, pinas de 5 a 7 cm de comprimento com 30 a 40 pares de folíolos. Rara e descontínua ocorrência na Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial-Atlântica) e na Floresta Estacional Semidecidual Submontana e Montana da bacia do Paraná. Neste último habitat é mais freqüente no Estado de São Paulo em regiões de altitude compreendida entre 500 a 700 m. Ocorre exclusivamente em associações secundárias como capoeiras e capoeirões em solos férteis e pobres. Floresce durante os meses de outubro a janeiro e os frutos amadurecem nos meses de setembro-outubro. As flores são de grande valor melífero.

2.4.15 ***Tabebuia impetiginosa*** **(Mart.) Macbr. (Ipê roxo de bola – espécie 15**): espécie heliófita, de crescimento lento, pertencente à família Bignoniaceae, popularmente conhecida por ipê roxo, ipê roxo de bola, pau d'arco roxo, ipê preto, ipê una, ipê preto. Árvore atinge alturas que variam de 8 e 12 m (20 a 30 m no interior da floresta), com 60 a 90 cm de diâmetro a altura do peito. Folhas compostas 5-folíoladas, folíolos coriáceos, pubescentes em ambas faces, de 9 a 18 cm de comprimento por 4-10 cm de largura. Ocorre na região de domínio da Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial – Atlântica), ocasionalmente, no Pantanal, cerrado e Caatinga. Apresenta ampla dispersão, entretanto descontínua em toda sua área de distribuição, é encontrada tanto no interior da floresta primária densa,

como nas formações abertas e secundárias. Germina, mas não se desenvolve à sombra, sendo mais abundante em formações secundáreas ou áreas desmatadas. Resiste a geadas fracas e perde totalmente as folhas no inverno. Floresce nos meses de maio a agosto com a árvore totalmente despida da folhagem e os frutos amadurecem no período de setembro a outubro.

2.4.16 ***Astronium graveolens*** **Jacq. (guaritá – espécie 16**): espécie heliófita ou esciófita, que ocorre geralmente em agrupamentos descontínuos em terrenos secos e rochosos, pertence à família Anacardiaceae, sendo popularmente conhecida por guaritá, gibatão, gonçalo alves. Árvore de 15 a 25 m de altura e 40 a 60 cm de diâmetro a altura do peito, com tronco liso. Folhas compostas imparipinadas sustentadas por pecíolo de 3 a 15 cm de comprimento, com 4 a 7 pares de folíolos dotados de cheiro característico, folíolos glabros, de tamanho desiguais, os maiores com 6 a 8 cm e os menores de 3 a 4 cm de comprimento. Ocorre na Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial - Atlântica) e na Floresta Estacional Semidecidual da bacia do Paraná. Floresce durante os meses de agosto - setembro e os frutos amadurecem no período de outubro - novembro. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis amplamente dispersas pelo vento.

2.4.17 ***Eugenia florida*** **DC. (Pitanga preta – espécie 17**): planta heliófita até esciófita, dotada de copa arredondada e pouco densa, com folhagem avermelhada após brotação, pertence à família Myrtaceae, sendo popularmente conhecida por pitanga, guamirim. Árvore de 5 a 9 m de altura e 20 a 35 cm de diâmetro a altura do peito com tronco hereto e cilíndrico, com casca rugosa e fissurada longitudinalmente. Folhas cartáceas de margens imteiras, levemente discolores, glabras em ambas as faces, com nervuras pouco visíveis na face superior, de 5 a 8 cm de comprimento, com 2,5 a 4,5 cm de largura, pecíolo de 6 a 12 mm de comprimento. Inflorescências em rácenos axilares de 1 a 2 cm de comprimento, com pilosidade hirta e flores perfumadas de cor branca. Ocorre na maioria das formações vegetais do país Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial-Atlântica), Floresta Estacional Semidecidual entre outras. Indiferente às condições de umidade do solo, prefere o interior de matas secundárias de meia encosta e fundo de vales onde o solo é de boa fertilidade. Floresce em mais de uma época do ano,

predominando, contudo, durante os meses de agosto-setembro e os frutos amadurecem principalmente em dezembro. Fruto de cor vermelha ou preta quando madura, com poupa carnosa adocicada, contendo uma única semente. Produz anualmente moderada quantidade de sementes viáveis amplamente dispersas pela avifauna.

2.4.18 ***Calyptranthes clusiifolia*** **(Miq.) O. Berg (Araçarana – espécie 18**): espécie classificada como clímácica, dotada de copa alongada ou globosa, pertence à família Myrtaceae, sendo popularmente conhecida por araçarana. Árvore de 6 a 8 m de altura e 20 a 35 cm de diâmetro a altura do peito com tronco ereto e cilíndrico, casca rugosa e descamante em placas finas e compridas, deixando mostrar embaixo uma superfície alaranjada. Folhas simples opostas, coriáceas, fortemente discolores, de margens inteiras e levemente viradas para baixo, com face superior glabra e lustrosa e a interior amarelo-puberulenta, de 8 a 16 cm de comprimento por 4,5 a 9,5 de largura, pecíolo de 5 a 8 mm de comprimento, com nervura principal impressa na face superior e muito proeminente na inferior. Característica da Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial-Atlântica) e da Floresta Estacional Semidecidual Submontana e Montana. Indiferente quanto ao teor de umidade no solo, ocorrendo predominantemente no interior de matas primárias e em capoeirões em solos geralmente arenosos de média fertilidade. Floresce em mais de uma época do ano, entretanto com maior intensidades durante os meses de março-abril e os frutos amadurecem de junho-julho. O fruto é uma drupa globosa, glabra, brilhante, de polpa carnosa, de cor vermelha quando madura, geralmente com uma única semente. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis.

3 REFERÊNCIAS

ÂNGELO, J. G. M.; LENA, J. C de.; DIAS, L. E.; SANTOS, J. B dos. Diversidade vegetal em áreas em reabilitação de mineração de ferro, na mina de alegria, em Mariana-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 183-192, 2002.

ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; RAMOS, D. P. Matéria orgânica e pedogênese. In: SANTOS, G de. A.; CAMARGO, F. A. de O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo:** ecossistemas tropicais e subtropicais**.** Porto Alegre: Gênesis, 1999. p. 91-112.

ARONSON, J. Restoration et rehabilitation des écosutèmes dégradès em zones arides e semi-arides. Vocabulaire et les conceptes. In: POTANIER, R. et al. **L' Homme peut - il refaire ce qu'il a défait?** Paris: Jhon Libbey Eurotext, 1995. p. 11-29.

BALENSIEFER, M. Estado da arte em recuperação e manejo de áreas frágeis e/ou degradadas. In: WORKSHOP RECUPERAÇÃO E MANEJO DE ÁREAS DEGRADADAS., 1998, Campinas, **Memória...** Jaguariúna: EMBRAPA, CNPMA, 1998. p15-18. (EMBRAPA – CNPMA. Documentos, 13).

BOX, T. W. The significance and responsabilitaty of rehabilitating drastically disturbed land. In: SCHALLER, F. W.; SUTTON, P. **Reclamation of dratically disturbed lands**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p.1-10.

BLUM, R. H. Basic concepts: degradation, resilience and rehabilitation In: LAL, R.; BLUM, W. H.; VALENTINE, C.; STEWART, B. A. **Methods for assessment of soil degradation**. New York: CRC Press, 1998. p. 1-16.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULZANI, E. A.; COSTA, M. B. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.B.(Coord.).; CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E. A.; WILDNER, L. P.; ALCÂNTARA, P. B.; MIAYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação Verde no Sul do Brasil.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 1-55 p.

CHAVES, J. C. D. **Nutrição, adubação e calagem do cafeeiro**, Londrina: IAPAR, 1986. 24p. (IAPAR, Circular, 48).

COSTA, E. S.; LUISÃO, R. C.; LUIZÃO, F. J. Soil microbial biomass and organic carbon in reforested sites degraded by bauxite mining in the Amazon. In: BLUME, H. P.; EGER, E.; FLEISCHHAUER.; HEBEL, A.; REIJ,C.; STEINER,K. G. **Advances in Geoecology.** Reiskirchen: ISSS, 1998. v. 31. p. 443-450.

DAVIDE, A. C. Seleção de espécies vegetais para recuperação de áreas degradadas . In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2 ., 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994. p.111-122.

ENGEL, V. L.; MASSOCA, P. E. S.; PATRÍCIO, .A. L.; MUNHOZ, M. O. Inplantação de espécies nativas em solos degradados através de semedura direta In: SIMPOSÍO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2002. p.407-409.

DEDECEK, R. A. Manejo e preparo do solo. In: **Curso de recuperação de áreas degradadas**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná; FUPEF; APEF, 1993. v.1. 300p.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V.(Eds.) **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa, MG: folha de Viçosa, 1988. 252p.

DOW, C. G.; STOKS, J **Environmental impact of mining.** London: Applied Science Publishers, 1978. 371p.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. de. O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. São Paulo: IF - CINP - SMA - JICA, 1997. 66p.

ENGEL, V. L.; MASSOCA, P. E. S.; PATRÍCIO, .A. L.; MUNHOZ, M. O. Inplantação de espécies nativas em solos degradados através de semedura direta In: SIMPOSÍO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2002 p.407-409.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; SILVA, E. M. R da.; FARIA, S. M de. **Revegetação de solos degradados**. Seropédica, RJ: (EMBRAPA –CNPAB, 1992. 11p. (Comunicado Técnico, 9).

FRANCO, A. A. Recomposição/restauração em áreas de mineração. In: WORKSHOP RECUPERAÇÃO E MANEJO DE ÁREAS DEGRADADAS., 1997, Campinas, **Memória ...** Jaguariúna: EMBRAPA - CNPMA, 1998. p15-18. (EMBRAPA – CNPMA. Documentos, 13).

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário da língua portuguesa**, 2 ed.. Rio de Janeiro: J.E.M.M., 1986. 1838p.

FONTES, M. P. F. Estudo pedológico reduz impacto da mineração. **Revista Cetesb de Tecnologia Ambiental**, São Paulo. v. 5, n.1, p. 58-61, 1991.

FOX, J. E. D. Rabilitation of mines lands. **Forestry Abstracts,** Farnham Royal**.** Review article, v. 45 n.9, p656-600. 1994.

GARDNER, J. Rehabilitación de minas para el mejor uso del terreno: la minería de bauxita en el bosque de jarrah de Australia Occidental. **Unasylva**, Roma, v. 52, n. 207, p. 3-8, 2001.

GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I. Novas estratégias para a revegetação de áreas mineradas no Brasil. In: SIMPOSÍO SUL-AMERICANO, 1, SIMPÒSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas florestais do Paraná , 1994, p.31-34.

GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I. Recuperação de áreas degradadas usando vegetação nativa. **Saneamento Ambiental,** São Paulo, n.37, p.28- 37,1996.

GOMES-POMPA, A.; WIECHERS, L. Regeneracion de los ecossistemas tropicales y subtropicales. In: GOMES-POMPA, A.; VAZQUEZ-YANEZ, C.; AMO RODRIGUES, S. del et al. (Ed.). **Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas em Vera Cruz**. 2. ed. México: Continental, 1979. p.11-30.

HARPER, J. L. The heuristic value of ecological restoration. In: JORDAN III, W.R.; GILPIN, M.E.; ABER, J.D. (Ed) **Restoration ecology** – A synthetic approach to ecological research. Cambridge: University Press, 1987. p. 35-45.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Geografia do Brasil – Região Sudeste**. Rio de Janeiro, IBGE, 1977.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM. **Comissão técnica de meio ambiente**. Grupo de trabalho de redação. Brasília, 1992. 126p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA, **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração :** Técnicas de revegetação**.** Brasília, 1990. 75p.

JACKSON, L.; LOPOUKHINE, N.; HILLYARD, D. Ecological restoration: a definition and comments. **Retoration Ecology,** Malden, v.3, n.2, p. 71-75, 1995.

JORDAN III, W. R.; GILPIN, M.E.; ABER, J. D. Restoration ecology: ecological restoration as technique for basic research. In: JORDAN III, W. R.; GILPIN, M. E.; ABER, J. D. (Ed.) **Restoration ecoloy**: a synthetic approch to ecological research. Cambridge: University Press, 1987. p. 3-21.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Revegetação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares**: conservação e recuperaçõa**.** São Paulo: Editora da universidade de São Paulo: Fapesp, 2001 p. 249-287.

KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 210, v.22, p.10–17, 2001.

KOPEZINSKI, I. **Mineração X meio ambiente:** considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores**.** Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2000. 103 p.

LAL, R. Soil quality and sustainability. In: LAL, R.; BLUM, W. H.; VALENTINE, C.; STEWART, B. A. **Methods for assessment of soil degradation**. New York: CRC Press, 1998. p. 17-30.

LAS SALAS, G**. Suelos e ecosistemas forestales con énfasis en América tropical**. San José: IICA, 1986. 447 p.

LEITÃO FILHO, H. L. (coord.). **A vegetação de Poços de Caldas (MG) e suas espécies mais representativas**. Campinas: FUMCAMP/UNICAMP, 1984. 88 p. (Relatório final). Convênio Companhia Geral de Minas/ FUMCAMP / UNICAMP.

LIMA, M. A**. Avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia no municípiode Rio Claro, SP.** 1994. 264f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
LORENZI, H. **Árvores brasileiras.** Nova Odessa: Plantarum. 1992. 352 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras.** Nova Odessa: Plantarum, 1998. **v.2**. 352 p.

MOREIRA, F. M. S. Fixação biológica do nitrogênio em espécies arbóreas. In: ARAÙJO, E.S.; HUNGRIA, M. **Microrganismos de importância agrícola.** Brasília: EMBRAPA, 1994, p. 121- 151(EMBRAPA-CNPF – Documento, 44).

NAGY, S. C. S. Avaliação de alguns parâmetros químicos e físicos de um solo submetido a vários processos de ocupação e à recomposição da floresta ripária. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3.,Ouro Preto, 1997. **Anais.** Viçosa: UFV / SOBRADE, 1997. p.154-165.

NOGUEIRA JUNIOR, L. R. **Caracterização de solos degradados paela atividade Agrícola e alteraçãoes bilógicas após reflorestamento com diferentes associações de espécies da Mata Atlântica.** 2000. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

OLIVEIRA NETO, S. N.; PAULA, R. C.;BARROS, N. F. Adequação de um solo degradado para revegetação In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3, 1988, Ouro Preto, MG. **Anais**... Ouro Preto: SOBRADE/UFV, 1998. p.181-186.

OZÓRIO, T. F. **Potencial de uso da serapilheira, na recuperação de áreas degradadas por mineração de ferro Mariana – MG**. 2000. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PRIMACK, R.; MASSARDO, F. Restauración ecológica. In: PRIMACK, R.; ROZZI, R.; FEINSINGER, P.; DIRZO, R.; MASSARDO, F. **Fundamentos de conservación biológica perspectivas latino americanas**. Cidade do México: Fondo de Cultura Econômica, 1998. p. 559-579.

PINTO, L. F. G.; CRESTANA, S. Planejamento do uso da adubação verde nos agroecossistemas de São Carlos, SP. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIENCIA DO SOLO, 25., 1996, Águas de Lindóia. **Resumos...**: Piracicaba, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 1CD-ROM.

RIZZINI, C. T. **Manual de dendrologia brasileira**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher. 1978. 296 p.

RODRIGUES, R. R. **Colonização e enriquecimento de um fragmento florestal urbano após a ocorrência de fogo, fazenda Santa Eliza, Campinas, SP:** Avaliação temporal da regeneração natural (66 meses) e do crescimento (51meses) de 30 espécies florestais plantadas em consórcios sucessionais. 2000. 178f. Tese (Livre Docêrncia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Recomposição de florestas naturais: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 2 , n. 1, p. 4-15, 1996.

RUIVO, M de. L. P. **Vegetação e características do solo como indicadores de reabilitação de áreas mineradas na Amazônia Oriental**. 1998. 101f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Departamento de Solos e nutrição de plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SANCHEZ, P. A. **Suelos del trópico características e manejo**. San José: Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura, 1981. 633p.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria da Ciência e Tecnologia. Academia de Ciências do Estado de São Paulo. **Glossário de ecologia.** São Paulo: ACIESP, 1987. 271p.

SILVA, H. V. Proposta para avaliar o impacto ambiental : primeira tentativa. **Ambiente,** Rio de Janeiro, v.2, n.2, p. 15-21, 1988.

SILVA, M. G.; SANTOS, C. J. F.; COELHO-NETO, A.N.; FARIA, S. M. Adição de serapilheira para aceleração de revegetação em cicratizes de deslizamentos por movimento de massa no Parque Nacional da Tijuca, R.J. In: SIMPOSÍO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2000. 1CD-ROM.

SIQUEIRA, J. O. **Biologia do solo.** Lavras: UFLA / FAEPE, 1993. 230 p.

SKALSKI JÚNIOR, J.; GROSSI, J. L. Estudo de manejo com introdução de espécies florestais nativas em povoamento de Bracatinga e Acácia negra, em área minerada pela Petrobrás –Six para extração do xisto, São Mateus do Sul, PR. In: SIMPOSÍO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., 1992, Coritiba. **Anais**... Coritiba: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas/UFP, 1992. p. 248-252.

SPAROVEK, G; TERAMOTO, E. R.; TORETA, D. M.; ROCHELE,T. C. P.; SHAYER, E. P. M. Erosão simulada e a produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 15, p.363- 368, 1991.

SPAROVECK, G. Influence of organic matter and soil fauna on crop productivity and soil restoration after simulated erosion. In: BLUME, H. P.; EGER, E.; FLEISCHHAUER, E; HEBEL, A.; REIJ, C.; STEINER, K. G. **Advances in Geoecology,** Reiskirchen, v.1, n. 31. p. 431-434, 1998.

STRINGUETTI, A. G. **Implantação e avaliação inicial de modelos de recuperação florestal em mata ciliar para proteção de trechos degradados do Rio Mogi-Guaçu, SP**. 2001. 116f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

UHL, C. Restauração de terras na bacia Amazônica. In: WILSON, E. O. **Biodiversidade.** 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. p. 419-427.

YOUNG, T. P. Restoration ecology and conservation biology. **Biological Conservation,** Cambridge, v.92, n.1, p.73-83. 2000.

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

Foto 1 - Área original anterior a exploração de bauxita

Foto 2 - Vista geral da geomorfologia da área.

Foto 3 - Exploração de bauxita

Foto 4 - Situação da área a ser recuperada após exploração de bauxita.

Foto 5 - Operação de recomposição topográfica do terreno.

Foto 6 - Área com as mudas após o plantio

Foto 7 - Área com as mudas recém plantadas.

Foto 8 – Flor de *Luehea divaricta*.

Foto 9 – Detalhe da flor de *Luehea divaricata*.

Foto 10 – Vista daFlor e e fruto do *Vitex polygama*.

Foto 11 – Flor e fruto da *Lafoensia pacari.*

Foto 12 – Vista da flor e do fruto da *Lafoensia pacari.*

Foto 13 – Vista de pássaros na área 6 meses após o plantio.

Foto 14 – Vista Ninho de passaro na área em recuperação após a revegetação.

CAPÍTULO 1

MANEJO DO SOLO PARA REVEGETAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA PELA EXTRAÇÃO DE BAUXITA[1], POÇOS DE CALDAS, MG[1]

P. R. MOREIRA[2]

RESUMO

A exploração mineral da bauxita gera a perda da vegetação, dos meios de regeneração bióticos presentes na camada superficial do solo determinando alterações nas propriedades edáficas e em decorrência uma redução da capacidade regenerativa do ecossistema. A presente pesquisa foi desenvolvida em área de extração de bauxita, em Poços de Caldas, MG (Minas de Campo: Morro das Árvores). O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de um conjunto de práticas: subsolagem, reposição do *topsoil*, calagem, adubação mineral e gessagem na recuperação edáfica de área degradada devido à extração de bauxita**,** para posterior plantio de espécies arbóreas da flora regional em solo que compreende uma associação de Cambissolos/Neossolos. Foi utilizado delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas: as parcelas (A) receberam os tratamentos primários (com e sem subsolagem) e as subparcelas (B) os tratamentos secundários que se constitui em: T – com calagem, sem fertilização, com semeadura direta de 10 espécies arbóreas da flora regional, mais adição de serapilheira (28Kg/subparcela); F – fertilização mineral e calagem com posterior plantio das 18 espécies arbóreas nativas que ocorrem na região; L– idem F + adubação verde de verão (*Crotalaria juncea*) e logo depois plantio misto com as espécies arbóreas da flora regional; C – idem a F + a recolocação do *topsoil*. As práticas de manejo proporcionaram condições diferenciadas nos tratamentos efetuados principalmente nos teores de P, K e M.O., quanto ao V% e CTC, apontando que aos 24 meses após o plantio é necessario uma adubação de manutenção. para a melhoria da fertilidade do solo, da sobrevivência das árvores proporcionando maior capacidade para exercer as funções de produção biológica e qualidade do ambiente. Num solo sujeito a

---

[1] **Projeto financiado pela Fapesp., parte da tese de doutorado do primeiro autor.**

[2,] Bolsista de doutorado do Departamento de Botânica, IB - Rio Claro , Universidade Estadual Paulista-UNESP, Rua Major Antônio Machado de Campos, 301 ap. 42 Cep: 13484-315 Jd. Piratininga, Limeira-SP Fone - 019 34411635, paulofloresta@terra.com.br

elevado escomamento superficial devido ao relevo a subsolagem foi efetiva no aproveitamento das chuvas incidentes pela melhoria eventual da taxa de infiltração básica e decorrente melhora das condições de absorção de nutrientes. Com relação a recolocação do *topsoil*, atribui-se uma melhora das condições de fertilidade, aumentando os teores de matéria orgânica e aspectos biológicos que são de vital importância para recuperação de áreas degradadas, no que diz respeito as melhores condições para a microbiota do solo.

Palavras-chave – Praticas de manejo, revegtação, área degradada, fertilidade do solo.

ABSTRACT

SOIL MANAGEMENT IN THE REVEGETATION OF A BAUXITE MINE AREA, POÇOS DE CALDAS, MG

The mineral exploration of bauxite promote loss vegetation, biotics regeneration present in topsoil determining altercation in the properties of soil with capacity ecosystem regenerate. The current study carried out in a bauxite extraction area, in Poços de Caldas, aimed at cheking out the effect of a set of practices: deep plowing, topsoil and amelioration of soil fertility on the recovery of a degraded area. The soil is an association of Dystrochrepts/Udorthents. For this, an experimental design of random blocs with split plot was adopted in which the main plots comprised both treatments with and without deep plowing and the secondary as follow: T – control: with liming, non fertilizer application, with direct sowing plus addition of litter 28 kg/ subplot; F – mineral fertilization and liming after planting of 18 arboreal species of regional flora; L – treatment F plus summer green manure and mixed sowing with some arboreal species of the regional flora; C- treatment F plus topsoil replacement. The management practices provided different conditions in the treatments, mainly in phosforus, potassium and organic matter contents, referring bases saturation (V%) and cation exchange capacity (CEC), showing 24 months afther plantation is necessary fertization support. Results have shown that amelioration and soil fertilization provided a higher biomass yield besides promoting restoration and maintenance of the equilibrium environmental quality itself. In a high level of surface flow in order to the relievo, the deep plowing was effective in the profit rain improvement of the infiltration base rate and batter nutrients absorption conditions. Use of the topsoil replacement, attribut na improved fertility condition, increase of organic matter content and biologic aspect which be of important vital for recovery demaged areas, with relation ship a better conditions for soil microbiotic.

Keywords – management practices, damaged areas, revegetação, soil fertility.

1 INTRODUÇÃO

A natureza é composta por sistemas complexos e integrados dos fatores ambientais: climáticos (temperatura do ar, precipitação, fotoperíodo, vento, radiação solar, umidade e gases); edáficos (propriedades físicas, químicas e biológicas, umidade, topografia, declive e exposição do solo) e bióticos (homem, plantas, animais). Neste contexto, para recuperação de um ecossistema degradado, estes fatores devem ser medidos, analisados e interpretados ao nível de suas alterações antes e depois de terem sofrido as intervenções antrópicas ou por fatores naturais.

A exploração mineral gera a perda da vegetação, dos meios de regeneração bióticos (banco de sementes, plântulas, rebrota) e da camada superficial do solo rica em matéria orgânica, além dos horizontes mais profundos, proporcionando alterações nas propriedades edáficas, sinalizando, desta maneira, para uma redução da capacidade produtiva do ecossistema (FRANCO et al., 1992; RUIVO, 1998).

O primeiro passo a ser estabelecido em um programa de recuperação de áreas de exploração mineral é determinar qual o uso que terá o solo depois da mineração e das ações de recuperação. Tal uso deve ser compatível com a utilização anterior praticada pela comunidade local, sustentar diversas espécies, além de receber a aprovação dos proprietários e dos organismos públicos competentes (GARDNER, 2001). Na maioria das vezes, o solo das áreas degradadas apresenta níveis baixos de nutrientes e com características físico químicas diferentes, quando comparados aos solos originais. Neste sentido, o êxito na recuperação de espaços degradados depende do manejo adequado para o uso do solo, bem como da elaboração de planejamento para a recuperação da paisagem, de lições da experimentação, da sensibilidade pública em

relação ao meio ambiente, de uma condição política e social propícia e da conscientização das necessidades locais (PRIMACK; MASSARDO, 1998; KOPEZINSK, 2000).

As propriedades físicas do solo, que influenciam o crescimento e distribuição das espécies arbóreas, associada à fertilidade do solo exigem uma evolução cuidadosa do seu estado nutricional, com o intuito de programar uma aplicação correta de fertilizantes necessários para as plantas (LAS SALAS, 1986). De acordo com Lal (1998) e Pianka (2000), as propriedades do solo constituem a parte chave dos ecossistemas terrestres porque processos essenciais para o funcionamento do ecossistema ocorrem no solo, que são essencialmente a reunião dos fatores orgânicos e inorgânicos do ambiente.

No processo de recuperação, a determinação dos requerimentos nutricionais, biológicos, físicos do solo e um contexto multidisciplinar do manejo da área a ser recuperada constituem etapas importantes para se obter o sucesso esperado.

Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar a influência de um conjunto de práticas: subsolagem, reposição do *topsoil*, calagem, adubação mineral e gessagem na recuperação edáfica de área degradada devido à extração de bauxita, para posterior plantio de espécies arbóreas da flora regional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do Local de Estudo.

O experimento foi instalado em abril de 2000 em uma área pertencente à Companhia Geral de Minas subsidiária da Alcoa Alumínio S/A, submetida à exploração de bauxita, no local denominado Morro das Árvores, localizado a leste no planalto de Poços de Caldas, MG, (21^{o} 47’14’’S e 46^{o}34’10’’W), em altitude que varia entre pouco menos de 1000m até cerca de 1300m. Outrora, a região era ocupada por Floresta Estacional Semidecídua, Floresta Ombrófila Mista, apresentando também contatos transicionais de ambas as fisionomias e com ocorrência significativa de cerrado gramíneo lenhoso, (GATTO et al., 1983).

O clima é do tipo Cfb (subtropical úmido) segundo Köppen, com verão chuvoso e o período seco de inverno em julho e agosto (IBGE, 1977). A temperatura média anual é de 24,3^{o}C, a média das temperaturas máximas é de 25,9^{o}C e das mínimas

de 7,4^{o} C. A pluviosidade é significativamente maior do que a da região em virtude de chuvas orográficas, em torno de 1800 mm/ano**,** havendo concentração das chuvas no período de outubro a março (GIRODO, 2000). O solo encontrado na área estudada foi descrito e classificado segundo o novo Sistema Brasileiro de Classificação de solo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 1999) como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO TÍPICO associado ao NEOSSOLOS LITÓLICOS DISTRÓFICOS, com predominância de CAMBISSOLOS cujas características físicas, hídricas e químicas estão apresentadas nas tabelas 1 a 6 e nas figuras 1 e 2.

2.2 Geologia e Geomorfologia

Encontra-se na cidade de Poços de Caldas um complexo de intrusões alcalinas datado do período pré–cambriano, formado por rochas de nefelina sienito bem como coberto por detritos e sedimentos do mesozóico (SHUMANN, 1993).

As bauxitas de Poços de Caldas representam a fase final de um processo de decomposição das rochas alcalinas, onde os álcalis e a sílica são liberados dos feldspatos e feldspatóides da rocha-mãe cedendo lugar à alumina hidratada e a eventuais impurezas que restam no terreno. Nas jazidas de campo, onde se realizou o presente estudo a topografia é mais suave, a sua drenagem menos ativa e a lixiviação maior quando comparada com as jazidas da serra (GIRODO, 2000).

2.3 Delineamento Experimental

Foi utilizado um delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas com cinco repetições e com fertilização mineral exceto o tratamento T, vide (Figura 1). As parcelas receberam os tratamentos primários (com e sem sub-solagem), as subparcelas os tratamentos secundários: T, F, L e C conforme descrição a seguir.

Tratamentos: A - parcelas com e sem subsolagem; B - subparcelas com a aplicação dos tratamentos secundários:

T – com calagem e gessagem, sem fertilização, com semeadura direta de sementes de 10 espécies arbóreas da flora regional (Tabela 1a) e mais adição de serapilheira (28Kg/ parcela 168 m^{-2});

F – fertilização mineral e calagem, com posterior plantio das 18 espécies arbóreas nativas da flora regional (Tabela 1b) com adubação na cova (2,0 Kg formulação NPK 20:10:20 kg planta^{-1}) +15 kg de esterco curtido de gado;

L– idem ao tratamento F + adubo verde de verão (*Crotalaria juncea*);

C – idem ao tratamento F + a recolocação do *topsoil*.

Nos tratamentos F; L e C foram utilizadas as mesmas combinações das 18 espécies arbóreas da flora regional

As parcelas foram alocadas em áreas de 672m^2 com 72 plantas úteis, sendo uma fileira externa mantida como bordadura; as subparcelas têm 168m^2 com 18 plantas úteis, que correspondem as subsubparcelas de 6m² cada. A identificação das parcelas e subparcelas foi feita por meio de estacas numeradas.

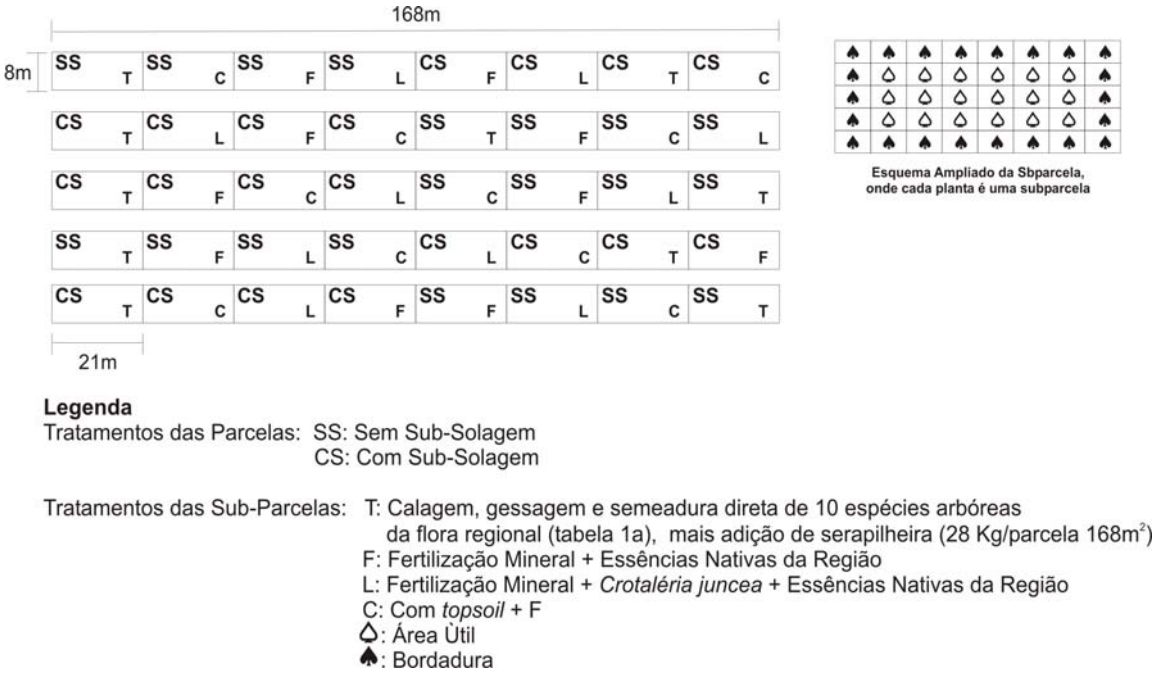


Figura 1 - Croqui do experimento no Campo

Tabela 1a - Relação de sementes das espécies arbóreas da flora regional semeadas no tratamento T da área do estudo**.**

Comum Name	**Científic Name**	**Família**	**G E**
Bico de pato	*Machaerium nyctitans* (Vell.) Benth.	Leguminosae - Papilonoideae	I
Cambará	*Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabr.	Asteraceae	I
Dedaleiro	*Lafoensia pacari* St. Hil.	Lythraceae	I
Embira de sapo	*Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl.	Leguminosae - Papilonoideae	I
Monjoleiro	*Acacia polyphylla* DC.	Leguminosae - Mimosoideae	I
Tapia	*Alchormea triplinervia* (Spreng.) M. Arg.	Euphorbiaceae	I
Abacateiro do mato	*Persia pyrifolia* Ness. Et Mart. ex Nees	Lauracea	I
Açoita cavalo miúdo	*Luehea divaricata Mart.*	Tiliaceae	I
*Ipê roxo de bola	*Tabebuia impeteginosa* (Mart.) Standl.	Bignoniaceae	T
Pitanga preta	*Eugenia florida* DC.	Myrtaceae	T

Iniciais (= pioneiras e secundárias iniciais); Tardias (= secundárias tardias e climácicas).
GE = Grupo ecológico; I= iniciais; T = tardias.

Tabela 1b - Relação de espécies arbóreas implantadas nos tratamentos C; F e L na área do estudo

Nome comum	**Nome Científico**	**Família**	**Abrv**	**G E**
Bico de pato	*Machaerium nyctitans* (Vell.) Benth.	Leguminosae - Papilionoideae	MANY	I
Cambará	*Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabr.	Asteraceae	GOPO	I
Dedaleiro	*Lafoensia pacari* St. Hil.	Lythraceae	LAPA	I
Embira de sapo	*Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl.	Leguminosae - Papilionoideae	LOMU	I
Monjoleiro	*Acacia polyphylla* DC.	Leguminosae - Mimosoideae	ACPO	I
Tapia	*Alchormea triplinervia* (Spreng.) M. Arg.	Euphorbiaceae	ALTR	I
Abacateiro do mato	*Persia pyrifolia* Ness. Et Mart. ex Nees	Lauraceae	PEPY	I
Açoita cavalo miúdo	*Luehea divaricata Mart.*	Tiliaceae	LUDI	I
Capororoca	*Rapanea umbellata* (Mart. ex DC.) Mez	Myrsinaceae	RAUM	I
Caroba	*Jacaranda macrantha* Cham.	Bignoniaceae	JAMA	I
Paineira rosa	*Chorisia speciosa* A. St.- Hil.	Bombacaceae	CHSP	I
Pau Jacaré	*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.	Leguminosae - Mimosoideae	PIGO	I
Peito de pombo	Tapirira guianensis *Aubl.*	Anarcadiaceae	TAGU	I
Tarumã do cerrado	*Vitex polygama* Cham.	Verbenaceae	VIPO	I
Guaritá	*Astronium graveolens* Jacq.	Anacardeaceae	ASGR	T
Ipê roxo de bola	*Tabebuia impeteginosa* (Mart.) Standl.	Bignoniaceae	TAIM	T
Araçarana	*Calyptranthes clusiaefolia* (Miq.) O Berg.	Myrtaceae	CACL	T
Pitanga preta	*Eugenia florida* DC.	Myrtaceae	EUFL	T

Iniciais (= pioneiras e secundárias iniciais); Tardias (= secundárias tardias e climácicas).
Abrev. = Abreviação do nome científico
GE = Grupo ecológico; I= iniciais; T = tardias.

2.4 Amostragem e Análise do Solo

2.4.1 Fertilidade do solo

Foram coletadas inicialmente amostras compostas da área total nas profundidades 0-20 e 20-40 cm para as análises físicas, químicas e quantificação da aplicação de matéria orgânica, calcário, fertilizante e gesso. As análises químicas do solo como pH, matéria orgânica, acidez potencial (H+Al), fósforo, potássio, cálcio e magnésio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco foram feitas conforme Raij et al. (1987), pelo laboratório de análise química do solo e planta do Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental da UFSCAR/Araras–SP.

Em função das análises químicas, foi efetuada na área total a calagem (1000 Kg ha^{-1}), gessagem (2400 Kg ha^{-1}), adubação fosfatada (100 Kg ha^{-1} equivalnte a 500 Kg ha^{-1} de superfosfato simples), potássica (50 Kg ha^{-1} equivalente a 83 kg de KCl), e 10 kg de nitrogênio Kg ha^{-1} equivalente a 16,6 kg de uréia) e micronutrientes: (3 kg ha^{-1} de Zn), (1 kg ha^{-1} B) e cobre (2 kg ha^{-1} Cu) sendo, ainda, aplicado nas covas 2,0 Kg formulação NPK 20:10:20 + 15 Kg de esterco curtido de gado, exceto o tratamento T onde somente foi efetuada a calagem e gessagem.

2.4.2 Classificação do solo

Em função da declividade e a erodibilidade do terreno da área experimental, foram abertas duas trincheiras com as dimensões de 1,5 m de largura x 1,5 m de comprimento x 0,6 m de profundidade. No entorno do experimento, em locais não minerados, foi descrito o perfil original do solo até 1,5 m de profundidade de acordo com Lemos; Santos (1984), (Tabela 1).

O material coletado foi analisado quanto à granulometria pelo método da pipeta (Grohman; Raij, 1974), densidade conforme Miller (1976) e determinada também a macro e microporosidade, com anéis volumétricos conforme Kiehl (1979) pelo laboratório de física do solo do Departamento de Solos Nutrição de Plantas da ESALQ/USP/Piracicaba–SP. A identificação da cor foi feita de acordo com a carta de Munsell (1975).

As características químicas do solo: pH, matéria orgânica, acidez potencial (H+Al), fósforo, potássio, cálcio, magnésio e nitrogênio total foram determinadas pelo Laboratório de Análise Química do Solo e Planta do Departamento

de Recursos Naturais e Proteção Ambiental da UFSCAR/Araras–SP, conforme metodologia desenvolvida por Raij et al., (1987).

2.4.3 Monitoramento da fertilidade do solo

Para acompanhamento e interpretação das variações das condições de fertilidade do solo na área experimental, foram efetuadas amostragens anuais, na projeção da copa das plantas, das espécies arbóreas utilizadas na revegetação local. Após doze e vinte e quatro meses do plantio foram obtidas amostras compostas de solo a partir de 10 subamostras, realizadas com o trado tipo SONDA – TERRA, de acordo com Raij (1983), nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm. Exceto o tratamento T, onde houve calagem e gessagem e se efetuou semeadura de espécies arbóreas da flora regional + colocação de serapilheira como será demonstrado no capítulo 3, onde a amostragem de solo foi realizada com trado holandês na área útil da sub-parcela em forma de "zig zag".

2.4.4 Análise físico–hídrica do solo

Foram coletadas amostras indeformadas de solo da área original (não minerada) e da superfície minerada, e elaboradas as curvas características de retenção de água no solo, representando o valor médio do perfil pelo laboratório do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP/Piracicaba–SP.A partir destes resultados procedeu-se os cálculos da capacidade de água disponível conforme Libardi (1995): CAD = [(Ucc% - Umu%) Da (H)]/100, sendo: CAD = Capacidade de armazenamento de água disponível (mm); Da= densidade aparente do solo (g/cm^3); H = espessura do horizonte em milímetros; Ucc% = Umidade na capacidade de campo - 1/3 da atm, ou 30 Kpa; Umu = umidade de murchamento - a 15 atm ou 1500 Kpa .

2.4.5 Índice de intemperização Ki:

O índice Ki é utilizado para avaliar a mineralogia da fração argila do solo: Ki = [(SiO_2)] / [(Al_2O_3)]1,7. Em função do tipo de mineral de argila pode-se inferir sobre o grau de intemperização do solo. Os teores de SiO_2 e Al_2O_3 foram determinados por ataque sulfúrico, de acordo com Camargo et al., (1986).

2.5 Análise Estatística

A análise de variância foi realizada pelo sistema estatístico SAS versão 8.2, para cada fator estudado. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Classificação do Solo

A descrição do solo é apresentada na Tabela 2, cujas características físicas, hídricas e químicas estão apresentadas nas Tabelas, 3 a 7 e na Figura 2.

Tabela 2 - Perfil do solo original, anterior à exploração de bauxita, segundo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999). AlCOA, Poços de Caldas, MG

MORFOLOGIA							
Horizonte	Espessura		Estrutura			Consistência	Textura
	cm	Cor	Tipo	Classe	Grau		
A	0-21	7,5YR 3/2	granular	grande	fraco	Macio muito friável plástico pegajoso	Argilo siltosa
B_{i1}	21-50	7,5YR 4/4	granular	pequeno	fraco	Macio muito friável plástico pegajoso	Argilo siltosa
B_{i2}	50-100	7,5YR 4/4	granular	pequeno	fraco	Macio muito friável plástico pegajoso	Médio argilosa
B/C	100-125 +	5,0YR4/6	granular	pequeno	fraco	Macio muito friável plástico pegajoso	Médio argilosa

3.2 Parâmetros Físico-Hídricos e Químicos do Solo

3.2.1 Granulometria

Os resultados das análises granulométricas do solo estão apresentados na Tabela 3. Os teores de argila no perfil original variaram entre 52 e 60%, enquanto os de silte variaram de 25 a 31%, o que permite incluir o solo na classe textural "argilo siltosa" e "médio argilosa", respectivamente. A superfície minerada (horizonte B/C) apresentou menor teor de argila (40%) e maior de silte (39%), indicando menor grau de intemperismo em relação aos horizontes A e B, o que era esperado pela maior profundidade.

Tabela 3 - Parâmetros físicos para os horizontes do perfil do solo original e da superfície da área minerada. ALCOA Poços de Caldas, MG.

Identificação	Horizontes	Ds	Dp	Pt	Mip	Map	Areia total	Silte	Argila
	cm	-----g cm^{-3}-----		----------%----------					
Perfil original	0-21	1,05	2,65	62,58	43,7	18,9	13	28	60
	21-50	1,05	2,65	62,58	43,7	18,9	19	25	52
	50-100	1,05	2,65	62,58	43,7	18,9	17	31	56
Superfície minerada	0-20 B/C	0,94	2,76	60,43	36,3	24,2	19	39	40

(Ds) = densidade do solo; (Dp) = densidade da partícula; (Pt) = porosidade total; (Mip) -= microporos e (Map) = macroporos.

3.2.2 Densidade e porosidade

A densidade do solo, Ds, (Tabela 2) mostrou-se com valores inferiores a 1,1g/cm^3, que, segundo Kiehl (1979), é baixo para solos minerais. Isto ocorre porque o material de origem (nefelina sienito) apresenta baixa densidade. Os menores valores de Ds de solos superficiais favorecem quase sempre a retenção de água, crescimento das raízes, trocas gasosas e vida microbiana. O conhecimento da Ds ajuda a tomada de decisão quanto às práticas de manejo a serem adotadas, no sentido de provocar menor alteração do ambiente do solo, pois reflete na disposição das partículas do solo, que por sua vez define as características do sistema poroso de maneira que todas as intervenções que influenciarem na ordenação das partículas do solo refletirão no seu valor (ALVARENGA & SOUZA, 1997). A densidade de partículas (Dp), por outro lado, variou, entre os limites 2,3 e 2,9 g/cm^3, com valor médio de 2,65g/cm^3. Este valor foi semelhante ao da amostra da área original e minerada. A proporção de microporos (Mip) é superior à proporção de macroporos (Map) em todos os horizontes do perfil estudado (Tabela 2). Sendo assim, pode-se dizer que o solo original em questão tem uma boa capacidade de retenção de água, uma vez que a microporosidade é a principal responsável por isto e está dentro dos limites esperados para solos argilosos, 40 a 60% (KIEHL, 1979).

3.2.3 Curvas de retenção de água no solo

As curvas de retenção de água no solo referente a 40cm de profundidade da área original e área minerada, referente a 40cm de profundudade estão apresentadas na (Figura 2). Como pode-se observar na superficie minerada houve uma perda na

capacidade de retenção, provavelmente devido a perda de matéria orgânica, compactação do solo por màquina e retirada dos horizontes superficiais do solo. Fato também observado por Kobiyama et al., (2001) em situação similar.

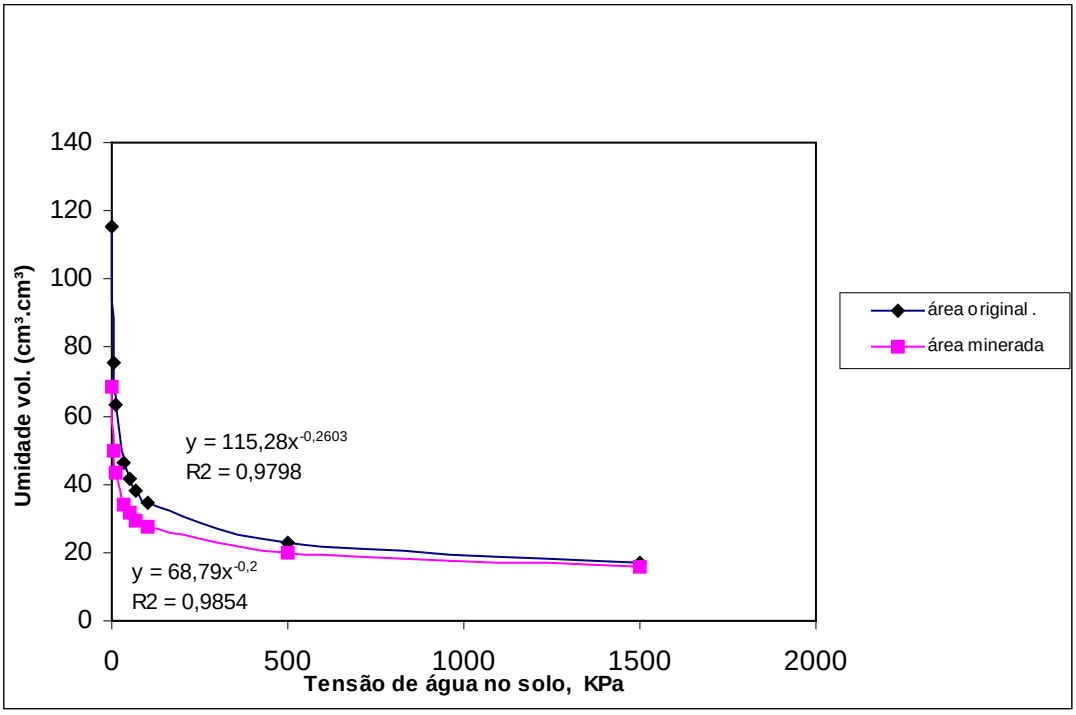


Figura 2 – Curva de retenção de água no solo da área minerada x Curva de retenção de água na área original. AlCOA, Poços de Caldas, MG.

Observou-se que a capacidade de água disponível CAD no perfil estudado até de 40cm foi de 64,8mm e na superfície minerada é de 56,4mm. Verificou-se também, que a umidade do solo foi superior na área original, provavelmente devido ao maior teor de matéria orgânica do solo (Tabela 4).

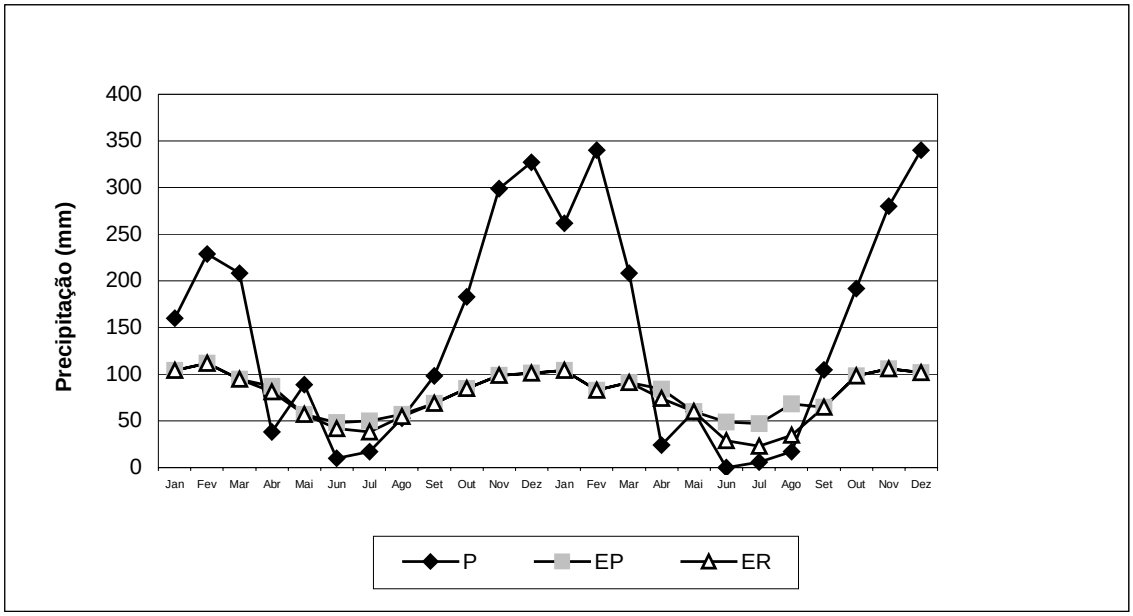
Tabela - 4 Valores médios para parâmetros físicos do perfil original e da área minerada horizonte B/C. AlCOA, Poços de Caldas, MG.

Horizonte	Prof.	Cc	U mu	Ds	CAD
	cm	----------%----------		-- g cm^{-3}-	-------mm m^{-1}-----
Perfil (área original)	0 - 125	40	25	1,05	64,8 mm
Área minerada (Hor.B/C)	0 - 40	31	16	0,94	56,4 mm

(Prof.) = profundidade; (Cc) = capacidade de campo; (Umu) = umidade de murchamento); (Ds) = densidade do solo e CAD = camada de água disponível do perfil do solo original e na área minerada.

3.2.4 Balanço hídrico

Infere-se que não ocorreu armazenamento de água no solo abaixo do qual as plantas começassem a sentir efeitos acentuados de deficiência hídrica. Apenas nos meses de abril – julho e agosto de 2001/2002 ocorreu uma pequena deficiência hídrica, aparentemente sem prejuízos para as plantas, considerando que o valor calculado não foi inferior a 50% do CAD para o balanço hídrico da região conforme FAO (1975) e Villa Nova (1987). Esta pequena deficiência pode ser observada na Figura 3, onde a linha da evapotranspiração real (ER) está abaixo da evapotranspiração potencial (EP). Nos demais meses a precipitação (P) sempre ocorreu de maneira abundante e bem distribuída.



P = precipitação; EP = Evapotranspiração potencial; ER = Evapotranspiração real

Figura 3 – Representação gráfica do balanço hídrico, ocorridos no período de janeiro 2001 a dezembro 2002, Thorthwaite; Mather, (1955) – 150mm.. AlCOA, Poços de Caldas, MG.

3.2.5 Índice de intemperização

Quanto à intemperização Tabela 5, os índices Ki são menores que 2, portanto, a mineralogia da fração argila do perfil original e também da superfície minerada é representada por argila 1:1 (caulinita) e óxidos de ferro e alumínio, representando um solo altamente intemperizado.

Tabela 5 - Resultados das análises químicas de Al_2O_3, Fe_2O_3, SiO_2 e cálculo dos índices Ki dos horizontes do perfil do solo original e da superfície minerada. AlCOA, Poços de Caldas, MG.

Identificação	Horiz.	Prof.	Al_2O_3	F_2O_3	SiO_2	Ki
		---cm-----	----------%----------			
PERFIL1	Ap	0-21	23,6	8	12,7	0,91
Área original	B_{i1}	21-50	23,6	8,6	10,6	0,76
	B_{i2}	50-100	23,6	8,6	10,5	0,75
	B/C	100-125 +	24,0	8,8	11,1	0,78
SUPERFíCIE						
Área Minerada	B/C	0-40	24,3	8,5	15,0	1,05

Tabela 6 - Resultados das análises químicas do perfil do solo original e da superfície minerada, anterior à instalação do experimento e do *topsoil*. AlCOA, Poços de Caldas, MG.

Identificação	Hor.	Prof.	pH	M. O.	P	S	K	Ca	Mg	(H+Al)	Al	SB	CTC	m	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			$CaCl_2$																	
		cm		g dm^{-3}	-------mgdm^{-3}------		----------mmol$_c$$dm^{-3}$----------							-----%----		----------mgdm^{-3}----------				
PERFIL	Ap	0-21	4,1	33	4	17	1,9	4	1,5	66	7,3	7,4	74	50	10,0	0,19	0,7	48	19	0,5
Área	B_1	21-50	4,4	25	2	2	0,9	2	1	48,5	3,1	3,9	52,4	44	7,0	0,10	0,6	29	2,2	0,3
original	B_2	50-100	5,0	10	1	1	0,5	2	1	21	0,5	3,5	25	12	13,5	0,01	0,5	8	1,4	0,2
	B/C	100-125+	5,6	7	1	1	0,6	2	1	18,5	0,5	3,5	22,1	12	16,5	0,04	0,5	8	1,1	0,2
“Top soil”		0-20	4,2	41	4,7	8,3	2,3	5,3	1,5	63	2,4	9,1	74	20	12,3	0,2	0,8	89	18,1	0,7
Superfície	B/C	0-20	4,6	3,0	1,0	6,3	0,8	1,1	1,0	15,5	0,5	2,9	18,4	14,0	15,7	0,1	0,4	12,6	4,8	0,3
Minerada	B/C	20-40	3,4	4,8	0,7	1,0	0,7	1,1	1,0	19	22,0	2,8	21,8	15	13	0,1	0,3	7,0	3,1	0,3

P = fósforo; N = nitrogênio; K = potássio; M.O. = matéria orgânica; SB = soma de bases (Ca^{+2}+ Mg^{+2}+ K^{+}); CTC= capacidade de troca catiônica (SB+ H^{+}+ Al^{+3}); V% = de saturação por bases (100 S/T); m = saturação por alumínio; B = boro; Cu = cobre; Fe = ferro; Mn= Manganês e Zn = Zinco

3.3 Evolução das Características Químicas do Solo

Os resultados das análises químicas do solo nas profundidades de 0-20 cm e de 20 a 40 cm, referentes à amostragem inicial do solo sem aplicação dos tratamentos e, após o primeiro e segundo anos de experimentação estão contidos nas Tabelas 6 e 7, onde pode ser observada a evolução das características químicas do solo.

Antes da instalação do experimento, a superfície minerada (Tabela 6), comparada à camada superficial (AP) do solo original, mostrou acentuada redução da fertilidade, com teores menores de P, S, K, Ca, Mg, B, Cu e Fe, que refletem diretamente no menor valor da soma de bases (SB) e saturação por bases (V%), diminuindo o potencial de fornecimento de nutrientes pelo solo. No entanto, o efeito mais significativo foi sobre a matéria orgânica do solo, com apenas 3 gdm^{-3}, ou 0,3%, reduzindo a capacidade de retenção de água e nutrientes do solo e, conseqüentemente, a capacidade de promover o desenvolvimento vegetal. O *topsoil* horizonte A, camada superficial do solo em torno de 20cm de espessura retirada, antes das atividades de mineração, foi empilhada em forma de leiras e depois retornada para área a ser recuperada. Esta camada apresentou teores de nutrientes semelhantes ao horizonte Ap da área original, porém, com níveis de M. O. superiores, em torno de (4%), devido este material ter sido enleirado juntamente com restos da cobertura vegetal.

Após 12 meses da aplicação de corretivos e fertilizantes houve aumento significativo, notadamente dos teores de fósforo, potássio e matéria orgânica (M.O.) do solo. A elevação da fertilidade do solo refletiu-se no aumento da saturação por bases (V%) e na elevação da capacidade de troca de cátions (CTC), esta principalmente, devido ao aumento dos teores de M.O., o que melhorou as condições nutricionais para o estabelecimento da vegetação e uma recuperação ambiental efetiva da área (Tabela 6).

Observou-se, após 24 meses da implantação da revegetação com espécies arbóreas da flora regional (Tabela 6), a diminuição dos teores de nutrientes devidoa lixiviação e/ou imobilização (Ca, Mg, K) e M.O., em relação ao final do 1^{o} ano. Por outro lado, no tratamento com fertilização mineral, que recebeu o *topsoil*, os teores foram superiores aos tratamentos sem a recolocação deste, após 24 meses. Como também indicado por Franco et al. (1992), que os modelos de recuperação de áreas degradadas devem ser baseados em tecnologias que promovam não apenas a utilização de espécies de rápido crescimento, mas que propiciem a melhoria das condições do solo

por meio do aporte de matéri**a** orgânica, criando, assim, condições para a recuperação do solo e resurgimento da vegetação.

Costa et al. (1998), trabalhando em sítios degradados por exploração de bauxita na Floresta Amazônica, em Oriximiná, PA, verificaram que mesmo após dez anos do replantio o carbono orgânico foi menor do que os valores encontrados na floresta nativa intacta. Os estudos indicam a dificuldade na recuperação da matéria orgânica no solo original. Tal constatação mostra a dificuldade de se restabelecer os teores originais de matéria orgânica das áreas degradadas que antes existia numa floresta clímax, além da necessidade de um contínuo monitoramento do solo. Evidencia-se, desta forma, que as dosagens de nutrientes e matéria orgânica devem ser mais elevadas na implantação da revegetação para que as plantas estabeleçam mais rapidamente, assim como, a microbiota do solo na área degradada.

Observou-se, após dois anos da implantação da vegetação, nos tratamentos em que se efetuou a subsolagem, que as concentrações de fósforo foram superiores nas profundidades de 20 a 40cm. Ao final do 2^{o} ano, as diferenças de níveis de K entre os tratamentos praticamente desapareceram, atingindo teores significativamente menores. Infere-se que tenha ocorrido lixiviação de potássio e parte requerida pelas plantas. Os valores de m (% de saturação de alumínio) foram baixos após o 2^{o} ano, não devendo representar impedimento ao desenvolvimento vegetal**.**

A CTC aumentou nos 12 primeiros meses, principalmente no tratamento onde foi efetuada a adubação verde, devendo resultar em menores perdas de cátions em profundidade. No entanto, após 24 meses houve acentuada diminuição da CTC. A melhoria da CTC é um ponto chave para a restauração de um solo minerado, uma vez que a M.O. que se concentra na camada superficial é totalmente removida pela retirada do solo. Os valores de V% variaram de 14% (início) para 55% após o primeiro ano reduzindo-se para 30% após dois anos. Isto mostra a significativa melhoria de V% com a adubação e calagem por ocasião da implantação do experimento, resultando em melhores condições de fertilidade do solo, e conseqüentemente, viabilizando o desenvolvimento inicial da vegetação. A queda do V% no final do 2^{o} ano, sinaliza para a necessidade de ser aplicada uma fertilização de manutenção, como também apontado por Lal (1998), enfatizando que as reservas de nutrientes estão entre as propriedades essenciais para restauração do solo de uma área degradada.

Os níveis de B e Zn eram originalmente baixos, 0,1 e 0,3 mg dm^{-3}, respectivammente. Com a aplicação de B e Zn, os teores deixaram de ser limitantes ao desenvolvimento vegetal, com valores acima de 0,2mg dm^{-3} para o boro e acima de 0,6 mg dm^{-3} para o zinco.

Os resultados obtidos no presente estudo corroboram com as recomendações feitas por Sanches (1981), Las Salas, (1986), Sparovek et al. (1991), Sparovek (1998), Bayer; Mielniczuk, (1999) ou seja, as principais medidas de manejo de um solo degradado incluem fertilização, correção de acidez, adubação verde, adição de matéria orgânica, subsolagem e práticas de conservação do solo.

A fertilização da área minerada atendeu ao princípio de recuperar o potencial do solo pela adição de matéria orgânica e também a recuperação quantitativa, com ênfase para o fósforo e o cálcio, além da eliminação do excesso de alumínio no subsolo (CASAGRANDE, 2003). O monitoramento da fertilidade do solo e demais atributos físicos e biológicos deverá ser efetuado até o momento em que a camada de serapilheira acumulada sobre o solo mineral ocorra sob o piso da área revegetada (superfície minerada), a partir daí, grande parte dos requerimentos nutricionais serão atendidos pela ciclagem de nutrientes, desde que a microbiota do solo também esteja presente para efetuar a decomposição da serapilheira.

Tabela 7 - Resultados das análises químicas do solo submetidos aos tratamentos da área de estudo 12 e 24 meses após o plantio. ALCOA, Poços de Caldas, MG.

Identifi-cação	Trat	Prof.	pH $CaCl^2$	M. O.	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	m	V
		cm		g dm^{-3}	mg dm^3	------	-			$mmol_c$ dm^3					%
Área após Manejo e fertilização S/ Sub -solagem aos 12 meses de idade	**T**	0-20	4,9	13	23	33	3,8	11,4	2,2	18,2	1,5	11,2	29,4	12,0	38,1
		20-40	4,7	9	14	33	6	7,4	2,5	20,6	1,6	10,1	30,7	13,0	32,9
	C	0-20	4,6	30	311	107	3,8	17	2,8	33,5	2,8	23,4	56,9	10,1	42,0
		20-40	4,4	23	379	106	6	18,6	3,0	35,0	3,0	27,9	62,8	9,7	44,4
	L	0-20	4,5	17	299	585	21,3	29,4	6,8	34,0	5,0	58,0	91,5	7,9	63
		20-40	4,4	17	340	584	19,2	30,0	4,8	36,0	5,0	57,0	93	8,0	61
	F	0-20	4,4	18	478	527	11,3	35,0	6,4	43,0	5,3	52,7	76,6	9,0	52,5
		20-40	4,5	15	547	677	13,5	29,3	6,1	34,0	6	49,0	76,8	10,9	52,5
Área após Manejo e fertilização C/ Subsolagem aos 12 meses de idade	**T**	0-20	4,9	13	23	36	1,6	11,4	2,2	18,2	1,5	11,2	29,4	12	38,1
		20-40	4,7	9	14	44	1,2	7,4	2,5	20,6	1,6	10,1	30,7	13	32,9
	C	0-20	4,6	38	417	76	3,2	25,0	3,6	31,1	1,9	31,8	62,9	5,6	50,5
		20-40	4,5	18	522	73,	3,4	24,0	3,7	29,0	2,0	28,1	57,1	6,6	49,2
	L	0-20	4,5	17	324	726	15,5	27	6,8	35,0	4,9	49,0	84,0	7,5	68
		20-40	4,4	17	411	688	15,5	24	7,8	35,0	4,	46,0	81,0	8,0	56
	F	0-20	4,4	21	329	690	14,4	37	5,0	43,0	3,9	59,0	82,0	6,2	62
		20-40	4,5	10	267	542	13,6	21	5,0	34,0	4,2	49,0	74,0	7,8	56
Área após Manejo e fertilização S/ Subsolagem aos 24 meses de idade	**T**	0-20	5,4	9	24	22,8	0,9	7,8	2,0	28,9	0,8	10,9	38,2	6,5	28
		20-40	5,1	6	31	24	0,9	6,9	1,7	25,7	0,4	8,9	44,0	4,8	28
	C	0-20	4,6	30	311	57	1,8	12,4	3,5	49,0	1,7	21,0	55,4	7,5	30,3
		20-40	4,6	23	379	64	1,9	16,4	3,4	44,2	1,4	22,0	65,4	9,1	33,6
	L	0-20	4,3	13	304	30	3,1	17,8	4,0	44,5	2,7	24,1	68,6	10,1	35,0
		20-40	4,1	9	755	20	2,4	21,3	3,3	56,8	2,4	28,6	85,0	7,7	32,0
	F	0-20	4,5	10	265	97	2,7	12,0	4,8	43,0	2,4	24,1	67,5	9,0	35,2
		20-40	4,2	8	845	119	4,9	15,4	3,2	55,2	2,9	27,5	82,7	9,5	32,6
Área após Manejo e fertilização C/ Sub - solagem aos 24 meses de idade	**T**	0-20	5,5	5	5,4	13	26,5	1,3	10,0	2,6	25,5	0,5	13,5	39,0	3,6
		20-40	5,1	3	3,0	9	26,5	0,7	7,7	1,3	21,0	0,4	10,1	28,4	3,8
	C	0-20	4,3	12	322	89	2,6	17,4	3,2	51,0	2,5	23,2	74,2	10,0	30,4
		2040	4,2	10	283	132	1,4	11,2	2,2	57,0	2,7	16,4	73,4	14,0	22,4
	L	0-20	4,3	9	360	103	2,7	15,4	2,8	49,6	3,3	21,1	65,0	13,5	29,0
		20-40	4,1	9,	661	186	4,4	15,4	2,4	58,0	4,3	22,9	81,0	15,8	28,0
	F	0-20	4,3	10	283	95	2,1	12,8	2,2	47,2	3,0	20,8	70,2	12,6	27,8
		20-40	4,2	8	523	180	2,9	14,4	2,0	54,2	4,5	33,2	73,8	11,9	31,4

T: Controle; C: Com *topsoil* + F; L: Fertilização mineral + adubação verde; F: Fertilização mineral + adubação na cova (NPK) + esterco.
M.O. = Matéria Orgânica; SB = soma de bases (Ca^{+2}+ Mg^{+2}+ K^{+}); CTC= capacidade de troca catiônica (SB + H^{+}+Al^{+3}); V% = saturação por bases e m = saturação por alumínio.

3.4. Influência do Manejo do Solo Visando Recuperação Para Revegetação

No presente trabalho o manejo do solo constitui-se de três ações: fertilização mineral discutida no item anterior, subsolagem e retorno do *topsoil.*

3.4.1 Subsolagem

A subsolagem objetivou o rompimento de camadas de impedimento físico pelo maior adensamento do solo, para aumentar a infiltração de água e desenvolvimento do sistema radicular, proporcionando melhoria das condições para absorção de água e nutrientes pelas plantas, principalmente em subsuperfície. Resultados similares foram obtidos por Willians, (1995) em recuperação de área degradada devido extração de bauxita e Durigan, (1996) em revegetação de áreas de Cerrado.

3.4.2 Ação do retorno do *topsoil*

A regeneração natural foi mais exuberante no tratamento C que nos tratamentos L, F, devido à presença de possível banco de sementes no *topsoil*, por possuir maior teor de matéria orgânica, como também condições físicas e químicas melhores que o fundo de mina, para receber propágulos oriundos da dispersão de sementes na área, oriundos do seu entorno (Figuras 4 e 5). Resultados similares foram obtidos por Parrotta; Knowles (2003), em estudo de recuperação de áreas após mineração em Porto Trombetas, PA.

Figura 4 – Aspecto geral da regeneração da vegetação no tratamento com *topsoil* na área experimental. ALCOA Poços de Caldas, MG.

Figura 5- Aspecto geral da regeneração da vegetação nos tratamentos sem o uso do *topsoil* na área experimental. ALCOA Poços de Caldas, MG.

4. CONCLUSÕES

As práticas de manejo proporcionaram condições diferenciadas nos tratamentos efetuados principalmente nos teores de P, K e M.O., quanto ao V% e CTC, apontando que aos 24 meses após o plantio é necessario uma adubação de manutenção.

A fertilização mineral e a recolocação do *topsoil* contribuíram para a melhoria da fertilidade do solo proporcionando maior capacidade para exercer as funções de produção biológica e qualidade do ambiente.

Assim, Num solo sujeito a elevado escomamento superficial devido ao relevo a subsolagem foi efetiva no aproveitamento das chuvas incidentes pela melhoria eventual da taxa de infiltração basica e decorrente melhora das condições de absorção de nutrientes.

Com relação a recolocação do *topsoil*, atribui-se uma melhora das condições de fertilidade, aumentando os teores de matéria orgânica e aspectos biológicos que são de vital importância para recuperação de áreas degradadas, no que diz respeito as melhores condições para a microbiota do solo.

5. REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. I. N.; SOUZA, J. A de. **Atributos do solo e o impacto ambiental.** 2. ed. Lavras: UFLA/ FAEPE, 1997. 205p.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmicae função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO ,F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo** ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.9-26.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S **Métodos de análise química , mineralógica e física dos solos**. Campinas: IAC, 1986. 94 p. (IAC Boletim Técnico, 106).

CASAGRANDE, J. C. Recuperação de áreas degradadas pela mineração. In: SEMINÁRIO TEMÁTICO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2003, São Paulo. **Anais**... São Paulo: IBT/SMA, 2003. p. 92-3.

COSTA, E. S.; LUISÃO, R. C.; LUIZÃO, F. J. Soil microbial biomass and organic carbon in reforested sites degraded by bauxite mining in the Amazon. In: BLUME, H. P.; EGER, E.; FLEISCHHAUER, E.; HEBEL, A.; REIJ, C.; STEINER,K. G. **Advances in Geoecology.** Reiskirchen: v. 1, n.31, p. 443-450, 1998.

DURIGAN, G. Revegetação de áreas de Cerrado. In: SIMPOSÍO IPEF, 6., 1996, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/IPEF, 1996. p.23-26.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999. 411 p.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; SILVA, E. M. R; FARIA, S. M. **Revegetação de solos degradados**. Seropédica, RJ: EMBRAPA –CNPAB, 1992. 11 p. (Comunicado Técnico, 9).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Crop Water Requirements.** Roma, 1978, 179 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

GARDNER, J. Rehabilitación de minas para el mejor uso del terreno: la minería de bauxita en el bosque de jarrah de Australia Occidental. **Unasylva**, Roma, v. 52, n. 207, p. 3-8, 2001.

GATTO, L. C. S., RAMOS, V. L. S., NUNES, B. T. A., MAMADE, L., GÓES, M. H. B., MAURO ,C.A de, ALVARENGA, S. M. FRANCO, E. M. S., QUIRICO A. F., NEVES, L. B. Geomorfologia. In: BRASIL Ministério das Minas e Energia. **Folhas SF. 23/24**: Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro: Projeto RADAM BRASIL, 983. p. 305-384. (Levantamento de Recursos Naturais, 32).

GIRODO, P. (Coord.). **As jazidas de bauxita e seu meio Poços Caldas (MG).** UFMG. Belo Horizonte: UFMG, 2000. 101 p. (Relatório Técnico).

GRIFFITH**,** J. J.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I. Recuperação de áreas degradadas usando vegetação nativa. **Saneamento Ambiental,** São Paulo, n.37, p. 28-37, 1996.

GROHMAN, F.; RAIJ, B. van Influência dos métodos de agitação na dispersão da argila do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14.,1973, Santa Maria. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1974. p.123-132.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Geografia do Brasil – Região Sudeste**. Rio de Janeiro, 1977.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Recursos naturais e meio ambiente:** uma visão do Brasil**.** 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 208p.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.
KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 210, v.22, p.10–17, 2001.

KOPEZINSKI, I. **Mineração X meio ambiente:** principais impactos ambientais e seus processos modificadores**.** Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2000. 103 p.

LAL, R. Soil quality and sustainability. In: LAL, R.; BLUM, W. H.; VALENTINE, C.; STEWART, B. A. **Methods for assessment of soil degradation**. New York: CRC Press, 1998. p. 17-30.

LAS SALAS, G. Suelos e ecosistemas forestales con énfasis en América tropical. San José: IICA, 1986. 447 p.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, 1984.45p.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no sol**o. 2. ed. Piracicaba: Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP, 1995. 509 p.

MILLER, W. F. Volume changes in bulk density samples. **Soil Science,** Madison, v.102, p.300-4, 1976.

MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell color charts**. Baltimore: Maryland, 1975. 16 f.

PARROTA, J. A.; KNOWLES, O. H. Restauração florestal em áreas de mineração de bauxita Amazônia. In: KAGEYAMA, P.Y. (org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF, 2003. p.308-330.

PIANKA, E. R. **Evolutionary ecology .** 6th. ed. San Francisco: Addison Wesley Longman , 2000. 512 p.

PRIMACK, R.; MASSARDO, F. Restauración ecológica. In: PRIMACK, R.; ROZZI, R.; FEINSINGER, P.; DIRZO, R.; MASSARDO, F. **Fundamentos de conservación biológica perspectivas latinoamericanas**. Cidade do México: Fondo de Cultura Econômica, 1998. p. 559-579.

RAIJ, B. Van. **Avaliação da fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Instituto Internacional da Potassa, 1983. 142 p.

RAIJ, B. Van.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 170 p.

RUIVO, M. L .P. **Vegetação e características do solo como indicadores de reabilitação de áreas mineradas na Amazônia Oriental**. 1998. 101 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas.) - Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SANCHEZ, P. A. **Suelos del tropico caracteristicas e manejo**. San José: Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura, 1981. 633 p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente**. Resolução SMA 47.** São Paulo 2003. Disponível em: < http//www.ibot.sp.gov.br/resolução_sma47/txt_resolucao47 .htm
Acesso em : 19/mai. 2004.

SCHUMANN, A. Changes in mineralology and geochemistry of a nepheline syenite with increasing bauxitization, Poços de Caldas, Brazil. **Chemical Geology,** Baltimore, v.107, n.114, p. 237-331, jul. 1993.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A. **Inventário florestal contínuo em florestais tropicais**: a metodologia utilizada pela EMBRAPA/CPATU na Amazônia brasileira. Belém: EMBRAPA, CPATU, 1984. 36 p. (Documentos, 33).

SPAROVEK, G; TERAMOTO, E. R.; TORETA, D. M.; ROCHELE,T. C. P.; SHAYER, E. P. M. Erosão simulada e a produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 15, p. 363-368, 1991.

SPAROVEK, G. Influence of organic matter and soil fauna on crop productivity and soil restoration after simulated erosion. In: BLUME, H. P.; EGER, E.; FLEISCHHAUER, E; HEBEL, A.; REIJ,C.; STEINER,K. G. **Advances in Geoecology**, Reiskirchen, v. 1, n. 31, p. 431-434, 1998.

TORNTHWAITE, C. W.; MATTER, J.R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.

VILLA NOVA, N. A. **Princípios e métodos climáticos de estimativa de aplicação de água de irrigação.** Piracicaba: ESALQ/Departamento de Física e Meteorologia, 1987. 19 p.

WILLIANS, D. D. Semeadura direta na revegetação de áreas degradadas. In: TALK-TORNISIELLO, S. M.; GOBBI, N.; FORESTI, C.; LIMA S. T. **Análise ambiental** estratégias e ações. São Paulo: Fundação Salim Farah Maluf, 1995. p.300-304.

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA 1

Foto 1 - Vista geral da área experimental.

Foto 2 – Situação da área experimental após exploração de bauxita.

Foto 3 – Operação de subsolagem a ser efetuada na área experimental.

Foto 4 – Recolocação da camada superficial do solo (*topsoil).*

Foto 5 – Detalhe da leira com *topsoil.*

Foto 6 – Área experimental preparada para receber as sementes do adubo verde.

Foto 7 – Vista geral da área experimental em recuperação.

Foto 8 – Vista geral do tratamento C.

Foto 9 – Vista geral do Tratamento L.

Foto10 – Vista geral do Tratamento F.

Foto 11 – Vista geral do Tratamento T.

Foto 12 – Coleta de amostras de solo na projeção da copa das espécies arbóreas.

Foto 13 – Vista geral da área experimental 24 meses após o plantio.

CAPÍTULO 2

EFEITO DO MANEJO DO SOLO NA PRODUÇÃO DE ADUBO VERDE DE INVERNO EM ÁREA DEGRADADA PELA EXTRAÇÃO DE BAUXITA, POÇOS DE CALDAS, MG[1].

P. R. MOREIRA[2]

RESUMO

A recuperação de solos degradados pode ser buscada por meio da cobertura vegetal com espécies que tenham facilidade de estabelecimento, rápido desenvolvimento de cobertura e que melhorem as condições físicas, químicas e biológicas A presente pesquisa foi desenvolvida em área de extração de bauxita, localizada em Poços de Caldas (Minas de Campo: Morro das Árvores). O objetivo do trabalho foi verificar o efeito da subsolagem, da recolocação da camada superficial do solo (*topsoil*) e da correção da fertilidade do solo na produção do adubo verde em área de mineração de bauxita. Para tanto, foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas: as parcelas receberam os tratamentos primários (com e sem subsolagem) e as subparcelas os tratamentos secundários (com e sem *topsoil*). Adubação, calagem e correção do subsolo foram efetuadas em todos os tratamentos. O solo da área experimental foi descrito como uma associação de Cambissolos//Neossolos. Posteriormente à instalação do experimento, foi semeado a lanço um coquetel de propágulos de adubo verde de inverno composto por 20 Kg Ervilhaca, *Vicia sativa*, 40 Kg de Aveia preta, *Avena estrigosa*, 10 Kg *de* Girassol AC – Uruguai, *Heliantus annus*, 20 Kg de Nabo forrageiro Cati-Al 1000, *Rhapanus sativus e* 20 Kg de Tremoço branco, *Lupinus albus*, por toda área do estudo, exeto o controle T da subparcela, na proporção de 20 sementes por metro linear (40kg/ha^{-1}). As sementes de Tremoço branco e Ervilhaca foram inoculadas com rizóbios específicos. Após 126 dias da semeadura foram coletadas, em cada subparcela/tratamento, três amostras de matéria fresca das plantas que emergiram, obtidas pelo lançamento aleatório de uma

---

[1] Projeto financiado pela Fapesp.
[2,] Bolsista de doutorado do Departamento de Botânica, IB - Rio Claro , Universidade Estadual Paulista-UNESP, Rua Major Antônio Machado de Campos, 301 ap. 42 Cep: 13484-315 Jd. Piratininga, Limeira-SP Fone - 019 34411635, paulofloresta@terra.com.br
[3]Professor do Departamento de Botânica, IB - Rio Claro,SP,

armação quadrada de 0,5x 0,5 m^2 (0,25m^2), colhendo toda a massa verde presente na área. As amostras foram secas em estufa a 65^oC, até peso constante, e pesadas para estimativa da produção da matéria seca Os resultados obtidos demonstraram que a utilização da subsolagem aumenta significativamente a produção de matéria seca da adubação verde de inverno, proporcionando um maior mobilização e disponibilidade de nutrientes em especial N, P e K.

Palavras-chave – bauxita, adubo verde de inverno, área degradada, solo, subsolagem.

SOIL MANAGEMENT EFFECT IN WINTER GREEN MANURE PRODUCTION OF A BAUXITE MINE AREA, POÇOS DE CALDAS, MG

ABSTRACT

Degraded areas by mining need to be restored promoting the reconstituton of the ecological processes. The current research was carried out in an area of bauxite extraction, located at Cia Geral de Minas, a company of the group Alcoa, on the plains of Poços de Caldas, State of Minas Gerais, Brazil. The aiming of the work was to evaluate the effects of deep plowing, topsoil adding and soil fertility amelioration on the production of green manure. For this, an experimental design of random blocs with split plot was adopted in which the main plots comprised both treatments with and without deep plowing and the secondary ones referred to as with and without topsoil, having been applied liming, fertilizer and soil amelioration in all treatments. The soil of the experimental area has been described as an association of Dystrochrepts/Udorthents. After experiment installation, a cocktail of winter green fertilizer composed by 20 kg of *Vicia sativa*, 40 kg of black oat (*Avena estrigosa*), 10 kg of sunflower, cv. IAC-Uruguai (*Heliantus annus*), 20 kg of fodder turnip, cv. Cati-Al 1000 (*Rhapaus sativa*) and winter *Lupinus albus* was broadcasted in all experimental area, except concerning the control treatment, taking into account the cultivation of 20 seeds per linear meter so as the total amount of seeds applied into the soil was of 40 $kgha^{-1}$. The seeds of (*Lupinus albus)* and *Vicia sativa* were inoculated with specific rhizobia. At 126 days after sowing three samples of fresh matter of those plants, as a result of a randomized launching of a 0.5 x 0.5 m squared frame, were collected within each subplot so that the whole green mass present in the area could be harvested. The plant fresh matter samples were oven dried at $65^{o}C$ in order to get a constant weight and weighed again for estimation of dry matter production. The results obtained in the current study demonstrated that the use of deep plowing increased substantially the dry matter production of winter green manure in the environmental conditions of the area in study.

Keywords - green manure, degraded area, soil, deep plowing.

1. INTRODUÇÃO

Solos degradados pela atividade de extração de bauxita possuem limitações para o estabelecimento e regeneração natural da cobertura vegetal por ter sido eliminada a camada superficial do solo e possível o banco de sementes, ficando o subsolo com baixos teores de nutrientes e matéria orgânica e, conseqüentemente, baixa fertilidade, estabelecendo-se os processos biológicos. As áreas degradadas por mineração precisam ser recompostas, de preferência pela vegetação original.

Outras abordagens são encontradas na literatura, como a diminuição da matéria orgânica em solos degradados que pode ser considerado um problema ambiental, pois dificulta a produção vegetal, resulta em menor infiltração de água, favorecendo a erosão e a perda por escoamento superficial. Embora associada à fertilidade do solo, a matéria orgânica não pode ser corrigida facilmente, ao contrário do que acontece com acidez ou a deficiência de nutrientes (RAIJ, 2003).

O recobrimento inicial do solo deve ser considerado como uma fase integrada do programa de recuperação, de modo a não comprometer a dinâmica sucessional da área (GRIFFITH et al., 1996). A recuperação de solos degradados pode ser buscada por meio da cobertura vegetal com espécies que tenham facilidade de estabelecimento, rápido desenvolvimento de cobertura e que melhorem as condições físicas, biológicas e de fertilidade do solo (LAL, 1998).

A adubação verde constitui um conjunto de ações integradas que trazem grandes benefícios aos solos degradados e sistemas agrícolas em geral, como: proteção do solo contra erosão, elevação da taxa de infiltração e aumento da capacidade de retenção de água, recuperação da estrutura, adição de matéria orgânica, aumento da

CTC, promoção do aumento do teor de nitrogênio, aumento e diversificação da população de microrganismos do solo, incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis em camadas mais profundas do solo (PINTO; CRESTANA, 1998).

As gramíneas e leguminosas têm sido reconhecidas como importantes para o melhoramento e conservação dos solos, com benefícios diretos quando são usadas como adubo verde em rotação, sucessão e consorciação com outras culturas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, visando-se a proteção superficial, bem como a manutenção e melhoria das características físicas químicas e biológicas do solo, inclusive a profundidades significativas. (CALEGARI et al., 1992). Desta forma, a consorciação de gramíneas, segundo Alves (1992), que possuem um sistema radicular abundante e em constante renovação, e leguminosas que fixem nitrogênio, acelerando a decomposição, é o método mais eficiente para a estruturação do solo. Neste sentido, Cintra; Mielniczuk (1983), em estudos realizados num Latossolo Roxo distrófico do Planalto Riograndense, objetivando recuperar as propriedades físicas verificaram que o tremoço possui um bom potencial, devido sua raiz pivotante com capacidade de penetrar camadas compactas e fixar nitrogênio, o que lhe garante baixa relação C/N, acelerando a decomposição do sistema radicular após fim do ciclo da cultura.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da subsolagem, do *topsoil* e da correção da fertilidade do solo na produção de adubo verde de inverno em área degradada devido à extração de bauxita.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local de estudo

O estudo da produção do adubo verde de inverno foi realizado nas parcelas e subparcelas inclusive com a correção da fertilidade para o manejo do solo, já apresentado no capítulo 1.

2.2 Delineamento experimental

Foi utilizado um delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas com cinco repetições, com fertilização mineral: as parcelas receberam os tratamentos primários (com e sem sub-solagem), as subparcelas

os tratamentos secundários (com e sem topsoil) como demonstrado na Figura 1 do capítulo 1.

As parcelas foram alocadas em áreas de 672m^2; as subparcelas têm 168m^2 com semeadura de um coquetel de propágulos de adubação verde de conforme descrito no item 2.3. A identificação das parcelas e subparcelas foi feita por meio de estacas numeradas.

Tratamentos: A - parcelas com e sem subsolagem; B - subparcelas com a aplicação dos tratamentos secundários: F – fertilização mineral e calagem; C – idem ao tratamento F + a recolocação do *topsoil.*

2.3 Adubo Verde

2.3. 1 Plantio do adubo verde na área experimental

Para enriquecer o solo com matéria orgânica, foi semeado a lanço, em sulcos preparados com enxada, um coquetel de propágulos de adubação verde de inverno, composto por 20 kg de Ervilhaca *Vicia sativa*, 40 Kg de Aveia Preta *Avena strigosa*, 10 kg de girassol IAC - Uruguai *Helianthus annuus* 20 Kg de Nabo Forrageiro Cati-Al 1000 *Rhapanus sativus* e 20 Kg de Tremoço branco *Lupinus albus*, nos tratamentos F; L e C na proporção de 20 sementes por metro linear (40 kg/ ha^{-1}). A incorporação foi feita através de uma gradagem leve, em torno de 126 dias após a semeadura, coincidente com fase de floração (Figura 1)

Figura 1 – Vista geral da área com adubo verde próximo da sua incorporação ao solo.

2.3.2 Produção de matéria seca do adubo verde de inverno

Após 126 dias da semeadura do adubo verde foram coletadas três amostras de matéria fresca das plantas de cada subparcela/tratamento obtidas pelo lançamento aleatório de uma armação quadrada de ferro de 0,5 x 0,5 m (0,25m^2), colhendo toda a massa verde presente nesta área. As amostras da adubo verde foram secas em estufa a 65º C, até peso constante e pesadas para estimativa da produção de matéria seca.

2.3.3 Análise foliar do adubo verde de inverno

Para determinação dos teores foliares de nitrogênio (N), Fósforo(P), Potássio (K), após 126 dias da semeadura foi efetuada a coleta das amostras das folhas das plantas do adubo verde conforme descrito no item anterior, que foram secas em estufa a 65^o C , pesadas e moídas em moinho tipo Willey (malha 20). O pó resultante foi submetido para digestão ácida para análise química, buscando informar sobre os teores dos macronutrientes N; P e K.

Os elementos macronutrientes foram determinados nas folhas do adubo verde: nitrogênio (N), Fósforo(P), Potássio (K), onde o nitrogênio foi determinado por destilação, seguido de titulação pelo método Microkjedahl. As determinações do Potássio foi realizada em um espectofotômetro de absorção atômica e o Fósforo pelo método Vanado-molibidato de amônio, de acordo com Sarruge; Haag, (1974).

2.4 Análise Estatística

A análise de variância foi realizada pelo sistema estatístico SAS versão 8.2, para cada fator estudado. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os itens 3.1 ao 3.2.5, já apresentados e discutidos no capítulo 1

3.3 Fatores que Influenciam a Produção de Biomassa

A adubação verde de inverno utilizada na área do estudo propiciou a cobertura e proteção do solo durante a estação seca, além da produção de matéria seca em um solo com ausência de matéria orgânica.

A maior produção de biomassa da parte aérea dos adubos verdes ocorreu nos tratamentos onde se efetuou subsolagem (Figura 2). Após 126 dias, nos tratamentos F; e C, sem e com subsolagem, ocorreu a seguinte produção de biomassa por ha: 265; 723; 569 e 769; Kg, respectivamente, para todos os adubos verdes semeados nos tratamentos efetuados. A maior produção ocorreu no tratamento C, com e sem subsolagem e a menor no tratamento F. A produção do adubo verde, em média, foi significativamente superior nos tratamentos em que se efetuou a subsolagem (Tabela 1). A subsolagem proporcionou maior infiltração de água melhorando as condições de umidade do solo.

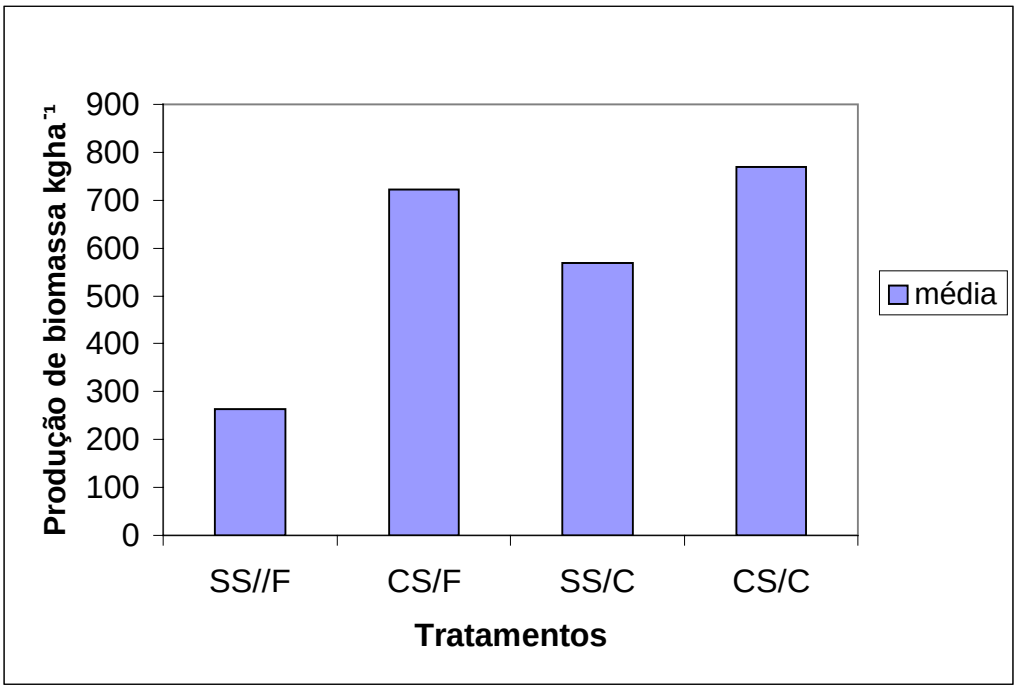
Resultados positivos da subsolagem em solos agrícolas é freqüente, como os obtidos por Oliveira et al., (2001) em estudo que comparou três sistemas de preparo de solo no cultivo da *Manihot esculentha* (mandioca).

Tabela 1 – Influência da subsolagem na produção de matéria seca ($kg.ha^{-1}$), do adubo verde, com e sem subsolagem. AlCOA, Poços de Caldas, MG.

Produção Média	Tratamentos
$Kgha^{-1}$	
669 a	com subsolagem
329 b	sem sub solagem

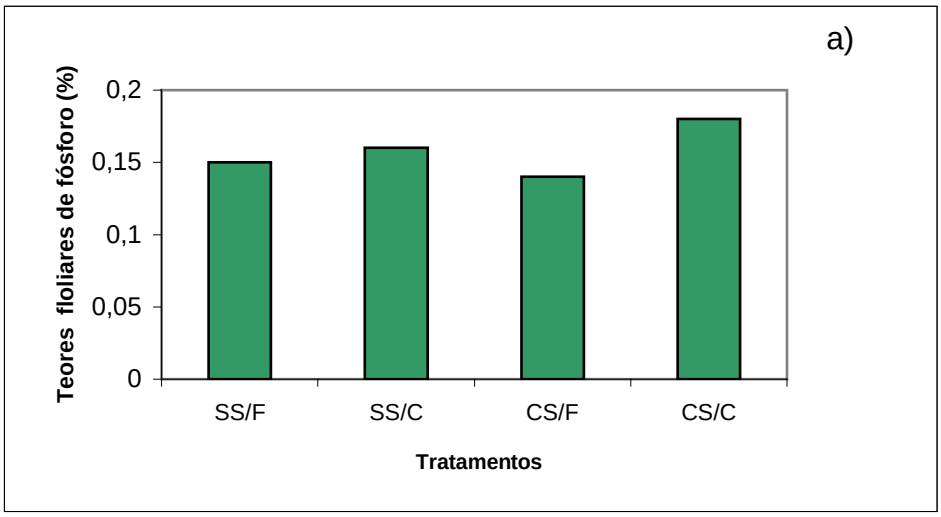
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade
CS: Com Sub-solagem**;** SS: Sem Sub-solagem

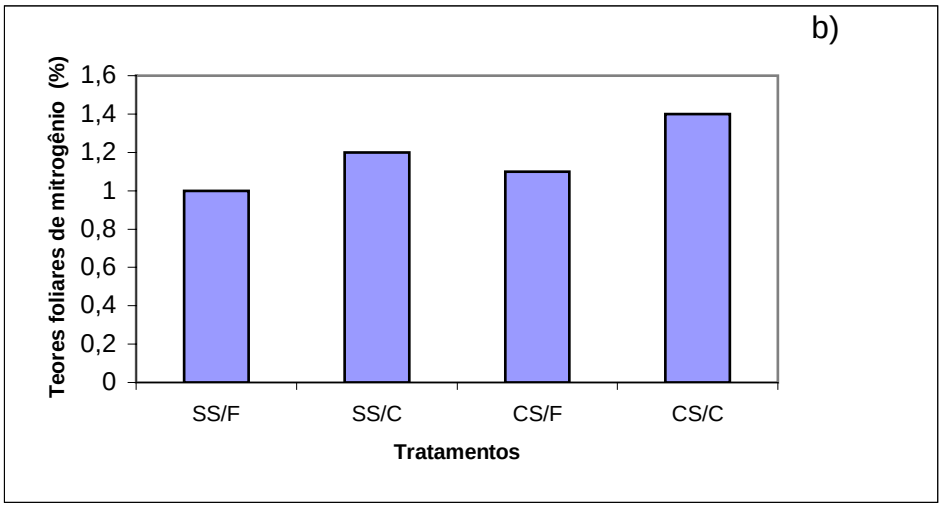
O retorno da camada superficial do solo, *topsoil*, e a subsolagem foram práticas que proporcionaram maior produção dos adubos verdes (Figura 2), e maior cobertura do solo corroborando com estudos de Calegari et al. (1992), Alves (1992) e Lal (1998), que preconizam o uso da adubação verde, não só com o objetivo da cobertura verde, mas também para melhorar a fertilidade, pois a matéria orgânica constitui um dos fatores de maior importância no condicionamento da produtividade do solo. Os mesmos autores acrescentam, ainda, que a presença de matéria orgânica produz sensíveis alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos.

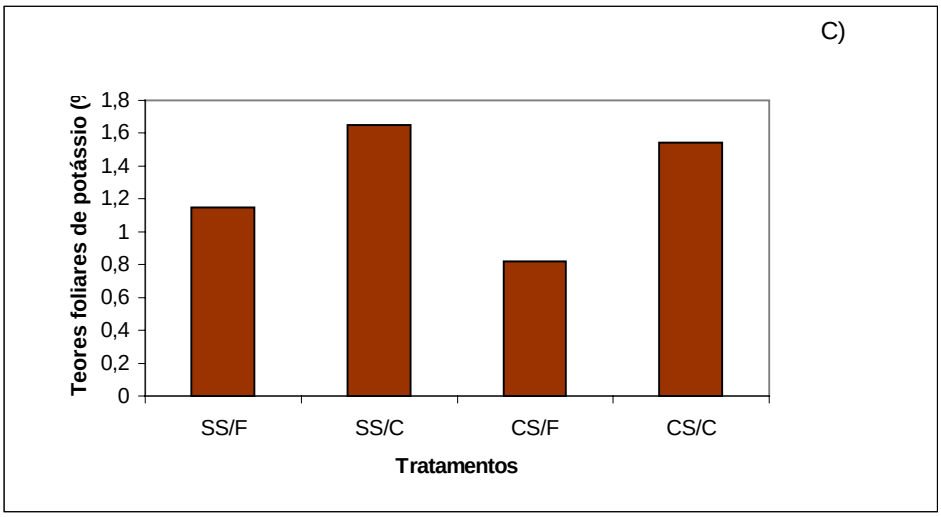


CS: Com Sub-solagem**;** SS: Sem Sub-solagem
C: Com *topsoil* + F; F: Fertilização mineral
Figura 2 – Produção média de Matéria seca do adubo verde de inverno nos tratamentos F e C após 126 dias da sua semeadura. ALCOA, Poços de Caldas, MG.

Analisando os teores foliares dos nutrientes P, N e K, constata-se uma diferença entre seus valores nos tratamentos efetuados, o que evidencia que as intervenções de manejo como a subsolagem e uso de *topsoil* favorecem a fertilização do solo em subsuperficie e uma maior infiltração de água (Figura 3). Estas intervenções de manejo proporcionam uma maior de região de absorção propiciando melhores condições de desenvolvimento do do sistema radicular do adubo verde e resultou em plantas com melhor estado nutricional. O que também foi observado por Leite et al., (1994) trabalhando com efeitos da descompactação do solo e fertilização na regeneração natural de uma área degradada. Enquanto Müller et al., (2001) também teve resultados similares coma produção do adubo verde de inverno. A despeito dos resultados obtidos, a literatura registra que a prática da adubação verde é promissora para a recuperação de áreas degradadas (ANDREOLA et al., 2000; AITA et al., 2001).







CS: Com Sub-solagem**;** SS: Sem Sub-solagem
Tratamentos C: Com Top Soil + F; F: Fertilização mineral

Figura 3. Teores foliares de fósforo (a), Nitrogênio (b) e Potásssio(c) no adubo verde 126 dias após o plantio.

Os teores dos macronutrientes nitrogênio (N) e fósforo (P) do adubo verde não diferiram estatisticamente com e sem a intervenção da subsolagem. Entrentanto, o potássio (K) apresentou-se com níveis superiores nos tratamentos onde não se efetuou a subsolagem (Tabela 2). Uma possível explicação para os menores teores de K encontrados no material vegetal do adubo verde, nos tratamentos com subsolagem, seria a ocorrência de uma maior infiltração de água, e por conseqüência, maior lixiviação deste nutriente. Enquanto que o P é um nutriente de baixa mobilidade no solo, e o nitrogênio além de ser reciclado rapidamente é fixado pela microbiota do solo mais rapidamente

Com relação ao uso do *topsoil*, os teores foliares de N, P e K no tratamento C foram superiores estatisticamente quando comparados ao tratamento F, no qual não foi usado o *topsoil* (Tabela 3). Estes resultados eram esperados, uma vez que a camada superficial do solo, os primeiros 20 cm, apresenta-se com os maiores níveis de nutrientes e de matéria orgânica.

Tabela 2– Influência da subsolagem nos teores de macronutrientes N, P e K do adubo verde 126 dias após o plantio. AlCOA, Poços de Caldas, MG.

Teores Médios de Nutrientes em (%)		Tratamentos
Nitrogênio -	1,25 a	2– com subsolagem
	1,44 a	1 - sem subsolagem
Fósforo	0,16 a	2– com subsolagem
	0,15 a	1 - sem subsolagem
Potássio -	1,19 b	2– com subsolagem
	1,40 a	1 - sem subsolagem

1 Com top soil
2 Sem topsoil"
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de tukey, a 5 % de probabilidade

TABELA 3 – Influência do *topsoil* nos teores de macronutrientes N, P e K do adubo verde 126 dias após o plantio. AlCOA, Poços de Caldas, MG.

Teores Médios de Nutrientes em (%)		Tratamentos
Nitrogênio -	1,33 a	C– com *topsoil*
	1,06 b	F - sem *topsoil*
Fósforo - 0,165 a		C– com *topsoil*
	0,145 b	F - sem *topsoil*
Potássio -	1,594 a	C– com *topsoil*
	0,998 b	F- sem *topsoil*

C - Com top soil; + F; F - Sem topsoil
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de tukey, a 5 % de probabilidade

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que a utilização da subsolagem aumenta significativamente a produção de matéria seca da adubação verde de inverno, proporcionando maior mobilização e disponibilidade de nutrientes em especial N, P e K.

6. REFERÊNCIAS

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DAROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, MG, v.25, n.1, p.157- 165, 2001.

ALVARENGA, M. I.; SOUZA, J. A de. **Atributos do solo e o impacto ambiental.** 2. ed. Lavras: UFLA/ FAEPE, 1997. 205p.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSSZEVSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p.531-538, 2001.

ALVES, M. C. **Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em Latossolo Roxo, efeitos nas propriedades físicas e químicas.** 1992. 173 f Tese (Doutorado em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas) - Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULZANI, E. A.; COSTA, M. B. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J .C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.B.(Coord.).; CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E. A.; WILDNER, L. P.; ALCÂNTARA, P. B.; MIAYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no sul do Brasil.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p. 1-55.

CINTRA, F. L; MIELNICZUC, J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, n.7, p.197- 201, 1983.

GRIFFITH**,** J. J.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I. Recuperação de áreas degradadas usando vegetação nativa. **Saneamento Ambiental,** São Paulo, n.37, p.28- 37, 1996.
LAL, R. Soil quality and sustainability. In: LAL, R.; BLUM, W. H.; VALENTINE, C.; STEWART, B. A. **Methods for assessment of soil degradation**. New York: CRC Press, 1998. p. 17-30.

LEITE, L. L.; MARTINS, C. R.; HARIDASAN, M. Efeitos da descompactação e adubação do solo na revegetação espontânea de uma cascalheir no Parque Nacional de Brasília. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994, Foz do Iguaçu. **Anais**... Curitiba: FUPEF, 1994. p.527-535.

MULLER, M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuprfície sobre o crescimento aéreao e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p.531-538, 2001.

OLIVEIRA, J. O. A. P.; VIDIGAL FILHO,P. S; TORMENA,C.A. Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*, Grantz). **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, MG, v. 25, n. 10, p.443-450, 2001.

PINTO, L. F. G.; CRESTANA, S. Viabilidade do uso da adubação verde nos agroecossistemas da Região de São Carlos, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 229-336, 1998.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 58p.

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA 2

Foto 1 – Preparação dos sulcos para posteriormente receber as sementes do adubo verde.

Foto 2 – Área experimental pronta para receber as sementes do adubo verde.

Foto 3 – Detalhe da mistura das sementes do adubo verde.

Foto 4 – Detalhe da semeadura manual do adubo verde

Foto 5 – Adubo verde anterior a sua incorporação no solo.

Foto 6 – Área experimental após a incorporação do adubo verde no solo.

CAPÍTULO 3

ESTABELECIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS VISANDO A RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA PELA EXTRAÇÃO DE BAUXITA[1], POÇOS DE CALDAS, MG

P. R. MOREIRA[2]

RESUMO

A recuperação dos processos ecológicos nas áreas degradadas deve ser feita no sentido de garantir o sucesso de recuperação, o restabelecimento das condições de equilíbrio e perpetuação da revegetação. A presente pesquisa foi desenvolvida em área de extração de bauxita, localizada na Cia Geral de Minas, empresa do Grupo Alcoa, no planalto de Poços de Caldas (Minas de Campo: Morro das Árvores). O objetivo do trabalho foi verificar o efeito da subsolagem, da adição da camada superficial do solo (*topsoil) e* da correção da fertilidade do solo no crescimento em altura e DAS (diâmetro na altura do solo), área de copa, grau de cobertura de copa (% de sombreamento da área ocupada), sobrevivência das espécies arbóreas implantadas e o uso de serapilheira na recuperação em solo descrito como uma associação de Cambissolos/Neossolos. Para tanto, foi utilizado delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas: as parcelas (A) receberam os tratamentos primários (com e sem subsolagem) e as subparcelas (B) os tratamentos secundários que se constituiu em: T – com calagem, sem fertilização, com semeadura direta, mais adição de serapilheira (28Kg); F – fertilização mineral e calagem com posterior plantio das 18 espécies arbóreas nativas que ocorrem na região; L– idem F + adubação verde de verão e logo depois plantio misto com as espécies arbóreas da flora regional; C – idem a F + a recolocação do topsoil. A emergência de plântulas foi monitorada no tratamento T com uso de serapilheira, a sobrevivência dos indivíduos foi verificada doze meses após o plantio das mudas; altura e DAS doze e vinte e quatro meses após plantio; a área de copa e grau de cobertura aos dezoito meses após o plantio. Os resultados a partir das avaliações silviculturais e o *topsoil* na sobrevivência das árvores, DAS *e* grau de cobertura das copas. Das

---

[1] Projeto financiado pela Fapesp.

[2,] Bolsista de doutorado do Departamento de Botânica, IB - Rio Claro , Universidade Estadual Paulista-UNESP, Rua Major Antônio Machado de Campos, 301 ap. 42 Cep: 13484-315 Jd. Piratininga, Limeira-SP Fone - 019 34411635, paulofloresta@terra.com.br

espécies testadas as que melhor sobrevivência/crescimento apresentaram e, portanto, mais promissoras para as condições experimentais, foram *Lafoensia pacari*, *Lonchocarpus muehlbergianus*, *Luehea divaricata e Chorisia speciosa* entre as pioneiras testadas, enquanto *Eugenia florida* foi a que melhor representou as espécies tardias. Portanto, para projetos similares de recuperação de áreas degradadas, o tratamento C, em combinação com as espécies supracitadas, pelos resultados obtidos nesta pesquisa, seria o mais recomendado. O uso de serapilheira na recuperação de áreas similares requer aprimoramento da técnica.

Palavras - chave: avaliações silviculturais, área degradada, solo, subsolagem, “*topsoil”*, sobrevivência, espécies arbóreas, serapilheira.

ABSTRACT

PERFORMANCE OF TREE ESPECIES USED IN REVEGETATION OF A BAUXITE MINE AREA, POÇOS DE CALDAS, MG[1]

P. R. MOREIRA

The ecological processes should be recovered in damaged area to guarantee the success of biodiversity recuperation and re-vegetation perpetration. The present research was developed in an area of bauxite extraction, located at the Minas General Company, of the Alcoa Group, at the plateau of Poços de Caldas (Minas de Campo: Morro das Árvores). Aimed at checking out the effect of deep plowing topsoil, amelioration of soil fertility and green manure on de recovery of a degraded area with prior cultivation of regional flora arboreal species related to the growth in height (m) and diameter at the ground level (cm), crown area and level of crown coverage, use of the litter for area regeneration and survival of eighteen arboreal species implanted. For this an experimental design of random blocs with split plot was adopted in which the main plots comprised both treatments with and without deep plowing and the secondary ones referred: T – control: with liming, non fertilizer application, with direct sowing plus addition of litter 28 kg/ subplot; F – mineral fertilization and liming after planting of 18 arboreal species of regional flora; L – treatment F plus summer green manure and mixed sowing with some arboreal species of the regional flora; C- treatment F plus topsoil replacement; B_1 sub-subplots (with 18 native species of the regional flora implanted in each subplot). The emergence of seedling was monitored in treatment T with the use of litter, the survival of individual plants was verified twelve months after planting the seedlings, the height (m) and diameter at the ground level (cm) twelve and twenty-four months after planting, the crown area $(m)^2$ and amount of coverage at eighteen months after planting. The soil of the experimental area has been described as an association of Dystrochrepts/Udorthents. The results from the silvicultural evaluations demonstrated that the use as deep plowing had a significant effect on the crown area, the topsoil on the survival of the trees, diameter at the ground level, and amount of crown coverage. *Lafoensia pacari*, *Lonchocarpus muehlbergianus*, *Luehea divaricata*, and *Chorisia speciosa* were the tested species (among the beginners guild), that showed the best survival/growth and thus the most promising, while among the latest ones, it was

Eugenia florida. There is some necessity to perfect the technique for use of litter in the recuperation of similar areas.

Key Words - silvicultural evaluations, damaged area, soil, deep plowing, topsoil, survival, tree species, litter.

1. INTRODUÇÃO

As principais ações para que as áreas degradadas pela extração de bauxita possam voltar a ser produtivas e auto-sustentáveis incluem o preparo do solo (químico, físico) e a revegetação do local, de maneira, inclusive, a proporcionar o retorno da fauna, em especial de polinizadores e dispersores, resultando no restabelecimento das condições de equilíbrio.

As lavras de minério, na maioria das vezes, deixam as áreas desnudas com exposição de substratos destituídos de matéria orgânica e sujeitos à erosão, com prejuízos a toda região de entorno (FRANCO, 1998).

A complexidade dos processos de degradação e de recuperação do ambiente deve-se aos inúmeros fenômenos biológicos e Físico-químicos envolvidos. Sendo assim, o trabalho interdisciplinar de profissionias de diferentes áreas do conhecimento deve buscar o entendimento dos mecanismos e o desenvolvimento de técnicas de recuperação de áreas degradadas (KOBIYAMA et al., 2001).

Encontram-se na literatura muitos exemplos significativos do uso de espécies nativas e exóticas na recuperação da cobertura vegetal em áreas degradadas, destacando-se trabalhos que incluem a utilização de leguminosas arbóreas e técnicas de inoculação de rizóbio e de micorrizas em sementes e mudas (FRANCO et al., 1992); preconizando a importância de solos e substratos em áreas degradadas (FONTES, 1991); e enfatizando maior necessidade do conhecimento das espécies no que se refere ao comportamento silvicultural e a sua auto-ecologia (FARIA et al., 1997; MOREIRA, 1999; DURIGAN; SILVEIRA, 1999); recomendando a implantação de plantios de alta diversidade para recuperação de grandes áreas (PARROTTA; KONOWLES, 2003); e

demonstrando os fatores determinantes do crescimento, da sobrevivência e da riqueza de espécies (LEMENIH et al., 2004).

Quanto ao manejo e planejamento da recuperação sobressaem os trabalhos de fertilização mineral de espécies nativas (SILVA et al., 1997; FURTINI NETO et al., 2003); utilização de duas fases integradas para melhorar o desempenho da recuperação ambiental do setor de mineração (UHL, 1980; GRIFFITH et al., 1996); necessidade do reconhecimento de fitogeografia, fitossociologia e sucessão ecológica (RODRIGUES; GANDOLFI, 1996; FERNANDES, 2003); sistema de plantio adensado para revegetação de áreas degradadas (PIÑA-RODRIGUES et al., 1997) análises físico-hídricas e químicas de subsolos expostos, a extração mineral (FRANCO et al., 1994; OLIVEIRA NETO, 1997); tamanho de mudas para serem usadas em diferentes situações de degradação ambiental (PRIMACK; RODRIGUES, 2002); potencial de uso da serapilheira (GISLER 1995; SILVA et al., 2000; OZÓRIO, 2000); e implantação de espécies em solos degradados através da semeadura direta (ENGEL et al., 2002). Neste contexto, os projetos de recuperação e revegetação reconhecem, cada vez mais, a importância de se utilizar espécies da flora regional por razões ambientais e sociais (GARDNER, 2001).

As espécies arbóreas podem ser agrupadas segundo critérios de funcionalidade (grupos funcionais), que caracterizam dois grandes grupos sucessionais: espécies sucessionais iniciais, que demandam luz e apresentam crescimento rápido, e espécies sucessionais tardias, que são tolerantes ao sombreamento e apresentam crescimento lento (BAZZAZ; PICKETT, 1980; GUZMÁN, 2000; SÃO PAULO, 2004). Neste trabalho foi adotada esta classificação para a separação de espécies.

Segundo Demattê (2001), para manejar adequadamente uma área são necessários conhecimentos sobre o comportamento das espécies e de suas relações com os meios abiótico e biótico, além da adequação química efísica do solo.

Atendendo a esses interesses é presumível que, em função do tempo, será possível a detecção de espécies arbóreas da flora regional mais adaptadas ás condições das áreas degradadas pela extração de bauxita. Os diferentes tratamentos de manejo conforme descrito no capítulo 1, utilizados para implantá-las servirá como subsídio para a interpretação dos resultados obtidos na análise de crescimento e de sobrevivência da vegetação.

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do manejo, das interações entre o manejo do solo e o elenco das dezoito espécies utilizadas para recomposição da vegetação por meio das análises de sua capacidade de sobrevivência e crescimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo da produção do estabelecimento das espécies arbóreas utilizou-se o mesmo delineamento experimental já descrito no capítulo 1, onde os tratamentos primários testados foram (com e sem subsolagem) e os secundários: L; F; C e T.

2.1 Plantio Misto das Espécies Arbóreas Nativas

No florestamento misto da área de estudo foram utilizadas dezoito espécies arbóreas da flora regional. Foi adotado um método de implantação com base na dinâmica da sucessão ecológica secundária, que leva em conta os diferentes comportamentos dos grupos ecológicos ou guilda, que se define como um grupo de espécies que explora a mesma classe de recursos do ambiente de uma maneira similar segundo suas exigências, utilizando classificação silvicultural e ecológica para áreas reflorestadas com essências nativas (BAZZAZ; PICKETT, 1980; GUZMÀN, 1997; SÃO PAULO , 2003).

2.2 Abertura das covas para o plantio de cada subparcela/tratamento

O coveamento foi realizado por meio de enxadas, nas dimensões 50x50x50 cm. sendo que parte do solo retirado foi reutilizado com a adição de 2,0 Kg da formulação NPK (20:10:20 kg/planta), mais a adição de quinze 15 kg de esterco curtido de gado.

2.3 Aplicação de gesso e fertilização solo/cova

Posterior ao manejo do solo, tratos culturais e enriquecimento com adubação verde, conforme os tratamentos indicados no estudo, foi efetuada a aplicação de gesso agrícola e fertilização na cova de acordo com a interpretação dos resultados da análise do substrato de fundo de mina da área experimental (Figura 1).

O gesso agrícola foi aplicado, na área total do experimento (7600 m^2) na proporção de 2400 $Kg.ha^{-1}$, enquanto que a adubação foi efetuada em cada cova, segundo as dosagens de adubação por cova/planta descritas no item 2.2

Figura 1 – Fertilização e adição de esterco de gado nas covas de cada subparcela da área experimental.

2.4 Seleção e distribuição das mudas

As 18 espécies arbóreas da flora regional descrita na Tabela 1b, vide capítulo 1, foram eleitas para compor o elenco utilizado no estudo. A escolha das espécies foi feita com base no seguinte critério: a) as espécies sucessionias iniciais (pioneiras e secundárias iniciais) tiveram prioridade na seleção b) em informações encontradas na literatura sobre a flora da região onde foi efetuado o estudo, disponíveis em levantamentos florísticos realizados pela Alcoa Alumínio S.A. (LEITÃO FILHO, 1984).

É importante salientar que o substrato que se encontra no fundo de mina é um solo muito alterado e praticamente sem matéria orgânica. As mudas foram levadas ao campo, após serem rustificadas e em condições para o seu estabelecimento e desenvolvimento (Figura 2).

Durante o transporte e distribuição das mudas na área experimental para o plantio, evitou-se traumatismos que pudessem provocar injúrias às mesmas.

Figura 2 - Viveiro da Alcoa com mudas prontas para serem expedidas para área experimental.

2.5 Sistema de plantio e tratos culturais.

O espaçamento adotado foi de 3,0 x 2,0 m, equivalente a 1667 árvores/ha. Neste sistema, as mudas das espécies arbóreas iniciais (pioneiras e secundárias iniciais) e tardias (secundárias tardias e climácicas) foram plantadas segundo uma distribuição aleatória, anteriormente estabelecida para todas as subparcelas, exceto para o controle (T). A proporcionalidade utilizada entre as espécies foi de uma não pioneira para cada quatro plantas pioneiras (1: 4). Nos tratamentos F; L e C foram utilizadas as mesmas combinações das 18 espécies arbóreas da flora regional.

O plantio da bordadura, que representa uma fileira externa das subparcelas do experimento, seguiu uma distribuição de modo a não manter duas plantas da mesma espécie nas covas vizinhas.

Foram tomados os seguintes cuidados na preparação da muda no ato do plantio: a) retirou-se totalmente o recipiente sem destruir o torrão; b) introduziu-se a planta na cova preparada, sobre pequena porção de terra fertilizada e com o restante da mistura foi recoberto o torrão e compactada a terra ao redor do mesmo, deixando o colo da planta rente à superfície do solo, porém com o torrão original recoberto com pequena camada de terra preparada; c) o excesso de terra foi retirado da cova e espalhado num raio de 30 cm ao redor da planta para propiciar acúmulo e armazenamento de água das chuvas (Figuras 3 e4).

Figura 3 - Área experimental após plantio das espécies arbóreas

Os tratos culturais foram constituídos de roçadas, capina mecânica e combate às formigas durante os dois primeiros anos.

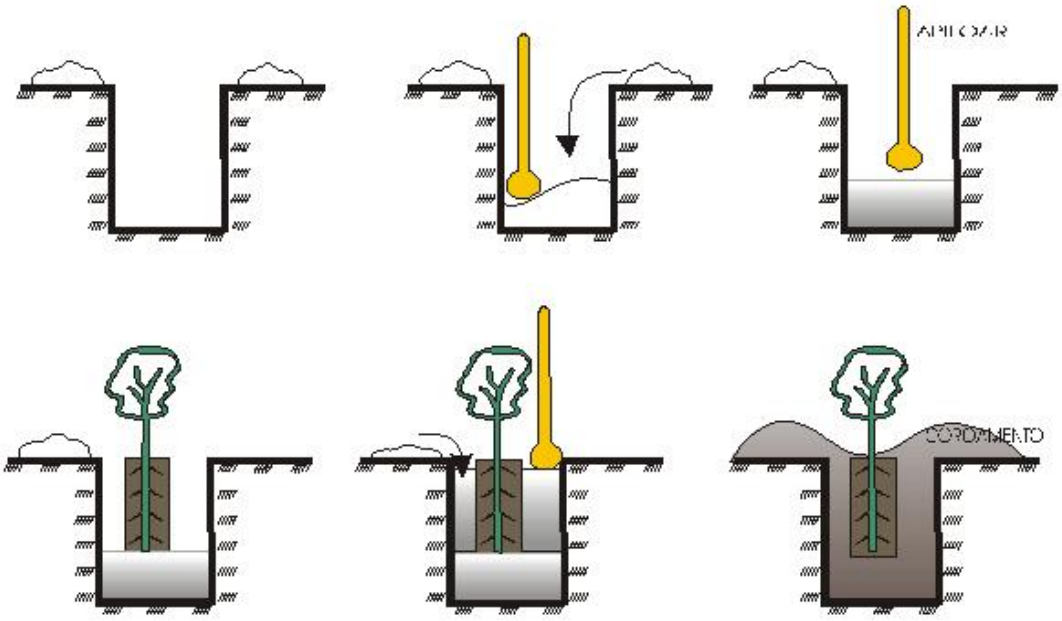


Figura 4- Ilustração da seqüência de passos re seguidos para o plantio das mudas

2.6 Avaliações dendrométricas/silviculturais

Para verificação do crescimento das plantas foram efetuadas medições de altura, DAS (diâmetro na altura do solo) aos 12 e 24 meses após o plantio e área da copa 18 meses após o plantio, de todos indivíduos que se localizam na área útil de cada unidade amostral.

O aparelho utilizado para efetuar as medições de altura das árvores foi a régua graduada de topografia, enquanto que para o DAS as medições foram efetuadas com auxílio de um paquímetro (Figura 5). A área de copa (AC) foi calculada através da formula da elipse $AC = \prod A\ b$ onde:

A = maior diâmetro da copa e b = menor diâmetro da copa, tomando-se duas medidas ortogonais com trena.

A ficha de campo para o registro dos dados de altura, DAS, sobrevivência e nome das espécies e que compõem cada unidade amostral foi adaptada do modelo utilizado por Silva; Lopes, (1984).

Figura 5- Medição da altura das árvores com auxílio de régua graduada de topografia.

2.7 Grau de cobertura da copa ou fração de sombreamento

O grau de cobertura ou fração de sombreamento foi definido no presente estudo como a fração sombreada ocupada pela somatória da parte aérea de cada árvore nos diferentes tratamentos, podendo ser estimada ou medida e expressa em porcentagem. Neste estudo determinou-se a cobertura através da fórmula:

$$C = \frac{\sum_{i=1} Ao}{\sum_{i=1} As} \times 100$$ onde:

C = (%) de cobertura;

$\sum$ Ao = área de projeção da copa do indivíduo;

$\sum$ As = área da parcela útil (m^2);

Ao = $\prod$ A b onde: A = maior diâmetro da copa;
b= menor diâmetro da copa

Assim se procedeu por causa da forma aproximadamente elíptica da copa.

2.8 Semeadura das espécies arbóreas no tratamenmto T

Foi semeado a lanço em sulcos preparados com enxada, as sementes das 10 espécies nativas da flora regional descritas na (Tabela 1a), no capítulo 1. Efetuou-se a quebra de dormência e/ou embebição previa das sementes em água, de acordo com a espécie.

2.9 Serapilheira

Em fragmento florestal próximo à área experimental, foram feitas coletas de serapilheira com o auxílio de um gabarito retangular de 50 x 50 cm ($0,25m^2$), para posterior distribuição manual na superfície do tratamento T (fundo de mina), onde foi efetuada calagem conforme item 2.3. A proporção utilizada foi de 28Kg de serapilheira / parcela $168m^2$ ou 167 gm^2, com semeadura direta de sementes de espécies arbóreas da flora regional, Tabela 2 a, em anexo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento das Espécies

3.1.1 Altura

Não foi observado efeito significativo para o parâmetro altura média decorrente da interação de espécies com tratamentos.

De maneira geral, a 7-*Gochnatia polymorpha* (Cambará) *posicionou* entre as espécies que apresentaram uma altura média maior, após 12 e 24 meses do plantio, nos tratamentos F, L, e C, enquanto a espécies 3-*Lafoensia pacari* (Dedaleiro) apresentou-se em um posicionamento abaixo, seguida da *4-Chorisia speciosa* (Paineira rosa) e 2-*Luehea divaricata* (açoita cavalo miúdo) para os quesitos citados (Tabela 1). Os crescimentos destas espécies nos tratamentos utilizados demonstraram maior plasticidade e melhor aptidão às condições ambientais do local do estudo. No grupo das espécies com o menor crescimento médio em altura destacan-se a 18-*Calyptranthes clusiaefolia* (Araçarana) e o 13-*Lonchocarpus muehlbergianus* (Embira de sapo).

Após 12 meses do plantio, para o tratamento F as espécies que apresentaram os melhores crescimentos médios de altura foram 7-*Gochnatia polymorpha* (Cambará); *4-Chorisia speciosa* (Paineira rosa); *3-Lafoensia pacari* (Dedaleiro) e 5-*Rapanea umbellata* (Capororoca), enquanto que as espécies 17-*Eugenia florida* (Pitanga Preta) e 18-*Calyptranthes clusiaefolia* (Araçarana) encontram-se em um nível abaixo do maior crescimento médio. Os menores crescimentos médios de altura foram das espécies 2-*Luehea divaricata* (Açoita cavalo miúdo); 16-*Astronium graveolens* (Guaritá); a 6-*Acacia polyphylla* (Monjoleiro); a 10-*Tapirira guianensis* (Peito de pombo); o 9-*Machaerium nyctitans* (Bico de pato); a 15-*Tabebuia impetiginosa* (Ipê roxo de bola); o 12-*Jacaranda micrantha* (Caroba); o 8-*Vitex polygama* (Tarumã do cerrado) e o 13-*Lonchocarpus muehlbergianus* (Embira de sapo). Aos 24 meses após o plantio acrescentou-se às espécies com os maiores crescimentos em altura, o 12-*Jacaranda micrantha*, a *6-Acacia polyphylla* e a 2-*Luehea divaricata*, com 92, 49 e 43 cm de incremento, respectivamente, e passando para uma posição intermediaria a 4-*Chorisia speciosa* (Paneira rosa) e *10-Rapanea umbellata* (Capororoca). Aparecendo o a 18-*Calyptranthes clusiaefolia* (Araçarana) com o menor crescimento em altura.

No tratamento L, aos 12 meses após o plantio as espécies que apresentaram os maiores crescimentos médios em altura foram 7-*Gochnatia polymorpha* (Cambará), 10-*Tapirira guianensis* (Peito de pombo) e 3-*Lafoensia pacari* (dedaleiro), em um nível abaixo, aparece à espécie 4-*Chorisia speciosa* (Paineira rosa). Em uma posição intermediaria encontram-se as espécies 2-*Luehea divaricata* (Açoita cavalo miúdo); 9-*Machaerium nyctitans* (Bico de pato); 17-*Eugenia florida* (Pitanga Preta); 18-*Calyptranthes clusiaefolia* (Araçarana); 14-*Piptadenia gonoacantha* (Pau jacaré), com as demais espécies apresentando os piores desempenhos em altura. Aos 24 meses após o plantio acrescentaram-se as espécies com maior desempenho em altura, o 9-*Machaerium nyctitans* (Bico de pato) com incremento médio anual de 52 cm em altura, enquanto que a 10-*Tapirira guianensis* (Peito de pombo) não foi estimada em função de sua alta mortalidade. Entre as espécies que tiveram um desempenho intermediário estão 2-*Luehea divaricata* (Açoita cavalo miúdo); 4-*Chorisia speciosa* (Paineira rosa); 12-*Jacaranda micrantha* (Caroba) e 6-*Acacia polyphylla* (Monjoleiro). Os menores crescimentos médios em altura foram das espécies 14-*Piptadenia gonoacantha* (Pau jacaré); 16-*Astronium graveolens* (Guaritá); 8-*Vitex polygama* (Tarumã do cerrado); 18-*Calyptranthes clusiaefolia* (Araçarana); 17-*Eugenia florida* (Pitanga preta), 15-*Tabebuia impetiginosa* (Ipê roxo de bola) e 13-*Lonchocarpus muehlbergianus* (Embira de sapo).

De acordo com o parâmetro avaliado altura, verifica-se que no tratamento C aos 12 meses após o plantio as espécies que apresentaram os melhores crescimentos médios foram 7-*Gochmatia polymorpha* (Cambará); 4-*Chorisia speciosa* (Paineira rosa); 2-*Luehea divaricata* (Açoita cavalo miúdo); 3-*Lafoensai pacari* (Dedaleiro), 11-*Alchormea triplinervia* (Tapia); 8-*Vitex polygama* (Tarumã do cerrado) e 6-*Acacia polyphylla* (Monjoleiro), com um desempenho intermediário aparece o 14-*Piptadenia gonoacantha* (Pau jacaré). As demais espécies apresentam-se com os menores crescimentos médios em altura. De acordo com o tratamento C aos 24 meses após o plantio o melhor crescimento foi da 7-*Gochmatia polymorpha* (Cambará) e em um nível abaixo ficaram 8-*Vitex polygama* (Tarumã do cerrado); 2-*Luehea divaricata* (Açoita cavalo miúdo); 3-*Lafoensia pacari* (Dedaleiro); 6-*Acacia polyphylla* (Monjoleiro), 16-*Astronium graveolens* (Guaritá); 4-*Chorisia speciosa* (Paineira rosa) e

9-*Machaerium nyctitans* (Bico de pato), e as demais com os menores crescimentos médios em altura.

O alto coeficiente de variação (69%) apresentado para esta variável, demonstra a alta variabilidade que ocorreu dentro de cada espécie e na área experimental. Ficando como sugestão para novos estudos com este enfoque, a implantação de vários experimentos menores, com maior numero de repetições.

O ritmo de crescimento das espécies correspondeu à expectativa de acordo com os tratamentos efetuados na área em início de recuperação e do grupo ecológico em que se encontram. Com o uso da subsolagem, gesso e a correção da fertilidade do solo, é possível proporcionar um melhor desenvolvimento do sistema radicular, espera-se que este consiga explorar o solo fora da cova eliminando o efeito vaso, e fornecendo assim os requerimentos de água e nutrientes necessários para a vegetação. Com o esgotamento dos nutrientes colocados nas covas pela adubação de plantio, as plantas começaram a apresentar uma redução no crescimento, por volta de cinco anos após a revegetação em áreas degradadas pela mineração de bauxita no planalto de Poços de Caldas, e não conseguiram explorar o solo fora da mesma, de acordo com as exigências de água e nutrientes (FERNANDES, 2003).

É importante ressaltar que espécies pioneiras apresentaram melhor desenvolvimento inicial em função das próprias características deste grupo ecológico. Entretanto, espécie como 17-*Eugenia florida* (Pitanga preta), embora sendo do grupo ecológico das tardias, apresentaram um desempenho intermediário nos tratamentos L e F, quanto ao seu crescimento em altura, provavelmente em função do clima da região que proporciona uma menor evapotranspiração e condições mais favoráveis á estas essências florestais, demonstrando a complexidade da classificação das espécies em grupos ecológicos. Embora trabalhando com outro elenco de plantas, esta situação também foi constatada no estabelecimento de espécies arbóreas na recuperação de área degradada pela extração de areia (SOUZA et al., 2001).

Se considerarmos que na ocasião do plantio as mudas tinham em média 70 cm de altura, com exceção das espécies 8- *Vitex polygama* (Tarumã do cerrado), 12-*Jacaranda macrantha* (Caroba), 13- *Lonchocarpus muehlbergianus* (Embira de sapo), 15-*Tabebuia impetiginosa* (Ipê roxo de bola) e 18-*Calyptranthes clusiaefolia* (Araçarana), com cerca de 40 cm de altura, houve um incremento médio anual em torno

de 45 cm para as espécies que apresentaram maior crescimento (pioneiras) e 15 cm para espécies com menor crescimento (tardias). Os crescimentos em altura das espécies arbóreas estão bem próximos dos obtidos por Gisler (1995), que trabalhou com espécies nativas e exóticas na recuperação de áreas de extração de bauxita em Poços de Caldas, MG. Entretanto, no tratamento C, em que foi utilizado o *topsoil*, os crescimentos das árvores foram superiores quando comparado com o desempenho das plantas obtidos por (GISLER, 1995). Em estudo de revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas, PA, usando leguminosas arbóreas nativas e exóticas, que, respectivamente, nodulam e não nodulam, obtiveram resultados superiores em altura (FRANCO et. al., 1994). Neste caso deve-se considerar a região tropical em que foi realizado o estudo, onde as condições de temperatura umidade e fotoperíodo favorecem um desenvolvimento vegetal mais acentuado, contribuindo também para maior atividade da microbiota do solo, concordando com diferenças que ocorrem no estabelecimento de florestas em sítios tropicais degradados (LEMENIH et al., 2004).

Tabela 1 - Resultados das comparações das médias de altura (m) das espécies arbóreas nos tratamentos F; L; C, 12 e 24 meses após o plantio. ALCOA, Poços de Caldas, MG.

Tratamento F				**Tratamento L**				**Tratamento C**			
Nº da sp Nome cientifico Abrev.	Média(m) 12meses	Nº da sp Nome cientifico Abrev..	Média(m) 24 meses	Nº da sp Nomecientífico Abrev..	Média(m) 12 meses	Nº da sp Nome científico Abrev..	Média(m) 24 meses	Nº da sp Nome científico Abrev..	Média(m) 12 meses	Nº da sp Nome cienífico Abrev..	Média(m) 24 meses
	m		m		m		m		m		m
7. GOPH	1,30 a	7. GOPH	1,75 a	7 GOPH	1,40 a	7 GOPH	1,85 a	7 GOPH	1,15 a	7 GOPH	2,01 a
4. CHSP	1,10 ab	12 JAMA	1,42 ab	10 TAGU	1,32 a	3 LAPA	1,45 ab	4 CHSP	1,13 a	8 VIPO	1,69 b
3. LAPA	0,97 ab	6 ACPO	1,28 ab	3 LAPA	1,18 ab	9 MANY	1,39 ab	2 LUDI	1,12 ab	2 LUDI	1,61 b
5. RAUM	0,97 ab	2 LUDI	1,26 ab	4 CHSP	1,01 b	2 LUDI	1,33 b	3 LAPA	1,11 ab	3 LAPA	1,59 b
17. EUFL	0,88 b	3. LAPA	1,25a b	2 LUDI	0,93 bc	4 CHSP	1,30 b	11 ALTR	0,99 ab	6 ACPO	1,46 b
18. CACL	0,85 b	4 CHSP	1,11 b	9 MANY	0,87 bc	12 JAMA	1,26 b	8 VIPO	0,97 ab	16 ASGR	1,42 b
2. LUDI	0,83 bc	16 ASGR	1,06 b	17 EUFL	0,85 bc	6 ACPO	1,20 b	6 ACPO	0,95 abc	4 CHSP	1,36 bc
16. ASGR	0,81 bc	5 RAUM	1,02 b	18 EUFL	0,83 bc	14 RAUM	1,03 bc	14 PIGO	0,90 bc	9 MANY	1,25 bc
6. ACPO	0,79 bc	15 TAIM	1,01 b	14 PIGO	0,72 bc	16 ASGR	1,01 bc	16 ASGR	0,87 bcd	15 TAIM	1,07 c
10. TAGU	0,78 bc	8 VIPO	1,00 b	6 ACPO	0,65 c	8 VIPO	0,98 bc	9 MANY	0,85 bcd	13 LOMU	1,06 c
9. MANY	0,78 bc	17 EUFL	0,94 b	8 VIPO	0,61 c	18 CACL	0,94 c	10 TAGU	0,83 bcd	12 JAMA	1,00 c
15. TAIM	0,56 bc	13 LOMU	0,92 b	12 JAMA	0,59 c	17 EUFL	0,89 cd	1 PEPY	0,82 bcd	14 JAMA	0,99 cd
12. .JAMA	0,50 c	18 EUFL	0,91 b	15 TAIM	0,58 c	15 TAIM	0,75 cd	17 EUFL	0,80 bcd	17 EUFL	0,94 cd
8. VIPO	0,45 cd	9 MANY	S/ est	13 LOMU	0,54 c	13 LOMU	0,73 cd	15 TAIM	0,74 bcd	18 EUFL	0,65 cd
13.LOMU	0,44 cd	10 TAGUs	S/ est	16 ASGR	0,52 c	10 TAGU	S/ est	5 RAUM	0,73 bcd	10 TAGU	S/ est
1. PEPY	S/est.	1 PEPY	S/ est	1 PEPY	S/ est	1 PEPY	S/ est	12 JAMA	0,55 d	1 PEPY	S/ est
11 .ALTR	S/est.	11 ALTR	S/ est	5 RAUM	S/ est	5 RAUM	S/ est	13 LOMU	0,51 d	5 RAUM	S/ est
14 .PIGO	S/est.	14 .PIGO	S/ est	11 ALTR	S/ est	11 ALTR	S/ est	18 EUFL	0,50 d	11 ALTR	S/ est

Tratamento T não foi apresentado na tabela uma vez que não ocorreu a emergência de plântulas dos propágulos que foram semeados
Abrev.: abeviação do nome científico das espécies arbóreas
S/st.: Média não estimada devido a alta mortalidade da espécie no tratamento
Nº = Número que a espécie arbórea recebeu no experimento para fins das análises estatísticas
Sp = Espécies arbóreas .
C = Com *topsoil* +F
F = Fertilização mineral + essências nativas da flora regional + adubação na cova (2,0 Kg formulação NPK 20:10:20 kg/planta) +15 kg de esterco.
L = Fertilização mineral + leguminosa forrageira C*rotalaria juncea* + F
Detalhes da fertilização mineral estão mencionados no material e métodos
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ,pelo teste de Tukey, a 5% probabilidade.

A subsolagem não apresentou efeito significativo na altura média das espécies implantadas na área experimental aos 12 e 24 meses após o plantio, entretanto o incremento médio anual (IMA) nos tratamentos com susolagem foi de 70 cm enquanto, que nos tratamentos sem subsolagem foi de 40 cm (Tabela 2). Espera-se que com o passar dos anos esta diferença deva ser aumentada pelos motivos benéficos desta técnica de manejo que foram observadas por Kobiyama et al., (2001) e Parrotta; Konowles, (2003) em estudos de recuperação de áreas degradadas.

Tabela 2– Efeito da subsolagem na altura média das das espécies arbóreas, aos doze e vinte e quatro meses após o plantio. ALCOA, Poços de Caldas, MG.

Altura média aos12 meses	Altura média aos 24 meses	Tratamentos
m	m	
1,5 a	2,2 a	com subsolagem
0,9 a	1,3 a	sem sub solagem

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de tukey, a 5% de probabilidade.

Quanto à altura média das espécies arbóreas, não ocorreu diferença estatística significativa entre os tratamentos, 24 meses após o plantio (Tabela 3).

Tabela 3 – Altura das espécies arbóreas nos diferentes tratamentos aos 24 meses após o plantio. ALCOA, Poços de Caldas, MG.

Altura Média	Tratamentos
m	
2,0 a	C – com top soil+F
1,8 a	L - sem top soil + adubaçãoverde deverão
1,4 a	F – sem top soil + Fertilização mineral

C = Com *topsoil* +F
F = Fertilização mineral + essências nativas da flora regional + adubação na cova (2,0 Kg formulação NPK (20:10:20 kg/planta) +15 kg de esterco curtido de gado.
L = Fertilização mineral + leguminosa forrageira C*rotalaria juncea* + F
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de tukey, a 5 % de probabilidade.

Com relação, a adição da camada superficial do solo e seu efeito na altura média das espécies arbóreas, não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos, 24 meses após o plantio (Tabela 4). Entretanto, foi essencial para regeneração natural da vegetação conforme descrito no capítulo 1.

Tabela 4– Influência do *topsoil* na altura das espécies arbóreas aos 24 meses após plantio. AlCOA, Poços de Caldas, MG.

Altura Média	Tratamentos
m	
2,0 a	C – com *topsoil*+F
1,4 a	F – sem *topsoil* + Fertilização mineral

C Com *topsoil* +F
F: Fertilização mineral + essências nativas da flora regional + adubação na cova (2,0 Kg formulação NPK (20:10:20 kg/planta) +15 kg de esterco curtido de gado.
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de tukey, a 5 % de probabilidade

3.1.2 Diâmetro à altura do solo – DAS

Os resultados da análise estatistica demonstraram que ocorreu interação interação entre o DAS de cada espécie x tratamento como demonstra a (Tabela 5), para as espécies 2-*Luehea divaricata* (Açoita cavalo miúdo) e 4-*Chorisia speciosa* (Paineira rosa), os efeitos dos tratamentos F, L e C foram significativos, sendo o tratamento C superior aos demais.

Para outras espécies, embora a interação DAS x tratamentos não fosse significativa, existiu para cada espécie (caracterizada por numeração), um comportamento diferenciado para períodos de 12 e 24 meses após o plantio, conforme demonstrado no item (3.1.2.1).

Tabela – 5 Resultados das comparações dos valores médios do DAS (cm), das espécies arbóreas, aos 12 meses após o plantio nos tratamentos: F, L e C – (referente ao efeito da interação tratamento x espécies 2 - *Luehea divaricata* e 4 - *Chorisia speciosa*), ALCOA Poços de Caldas, MG.

2 - *Luehea divaricata*	DAS (cm)	Tratamento
	3,51 a	C
	1,85.b	L
	1,41 c	F
4 - *Chorisia speciosa*	4,03 a	C
	2,44 b	L
	2,22 c	F

C = Com *topsoil* +F
F = Fertilização mineral + essências nativas da flora regional + adubação na cova (2,0 Kg formulação NPK 20:10:20 kg/planta) +15 kg de esterco.
L = Fertilização mineral + leguminosa forrageira C*rotalaria juncea* + F
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ,pelo teste de Tukey, a 5% probabilidade.

3.1.2.1 Avaliação geral dos resultados de DAS

O desempenho das espécies arbóreas para os tratamentos F, L e C, com relação ao DAS, após doze e vinte e quatro meses do plantio pode ser observado na Tabela 6.

As espécies 4-*Chorisia speciosa* (Paineira rosa) 2-*Luehea divaricata* (Açoita cavalo miúdo) e *7-Gochnatia polymorpha* (Cambará) apresentaram–se entre os crescimentos mais elevados e constantes de DAS. Com relação a *Chorisia speciosa* e *a Luehea divaricata,* estas se mostraram, após 12 e 24 meses, em todos os três tratamentos efetuados, entre as espécies com o maior DAS médio. Por sua vez, a espécie *7- Gochnatia polymorpha* (Cambará), teve desempenho em um nível abaixo do maior crescimento médio no tratamento C, quando comparado aos demais. De uma maneira geral, as espécies que apresentaram entre os piores crescimentos médios do DAS foram 15-*Tabebuia impetiginosa* (Ipê roxo de bola), 18-*Calyptranthes clusiaefolia* (Araçarana), 17-*Eugenia florida* (Pitanga preta) provavelmente por serem tardias e o 13- *Lonchocarpus muehlbergianus* (Embira de sapo) representante das iniciais.

Villa Nova et al. (2003), estudando a eficiência de captura de energia solar por um dossel *de Eucalyptus pellita* sob várias densidades de plantio, observaram que o diâmetro das árvores e, conseqüentemente, a área basal e o volume são as características mais afetadas pela densidade de plantio. Em geral, espaçamentos amplos favorecem o crescimento em diâmetro das plantas, como resultado da maior disponibilidade de água, radiação solar e nutrientes (menor competição), o que se traduz no comportamento do DAS.

A densidade de plantio utilizada, apesar da possível limitação esperada em um sítio degradado embora fertilizado, não comprometeu o crescimento das plantas, conforme demonstra os resultados obtidos. Entretanto, para áreas acidentadas o sistema adensado tem-se mostrado uma boa alternativa, com resultados a curto prazo, comparativamente aos sistemas tradicionais de revegetação de áreas degradadas (PIÑA-RODRIGUES et al., 1997). Resultados obtidos em estudo silvicultural e econômico de povoamentos de eucalipto com 7 anos de idade em diferentes espaçamentos no município de Lagoa Grande, MG, constatou que a densidade de

plantio afeta a sobrevivência das árvores, devido a competição entre plantas por água e nutrientes (MARQUEZ, 1997).

Tabela 6 - Resultados das comparações das médias de DAS (cm) das espécies arbóreas nos tratamentos F, L e C, 12 e 24 meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG.

Tratamento F				**Tratamento L**				**Tratamento C**			
Nº da sp Nome cientifico	(cm) 12meses	Nº da sp Nome científico Abrev.	(cm) 24 meses	Nº da sp Nome científico Abrev.	(cm) 12 meses	Nº da sp Nome científico Abrev.	(cm) 24 meses	Nº da s Nome científico Abrev.	(cm) 12 meses	Nº da sp Nome científico Abrev.	(cm) 24 meses
	cm		cm		cm		cm		cm		cm
4. CHSP	2,2 a	7 GOPH	3,8 a	4 CHSP	2,4 a	7 GOPH	5,1 a	4 CHSP	4,0 a	4 CHSP	6,2 a
9. MANY	1,8 ab	4 CHSP	3,8 a	7 GOPH	2,1 a	4 CHSP	4,5 ab	2 LUDI	3,5 a	2 LUDI	5,9 a
5. RAUM	1,5 ab	2 LUDI	3,7 ab	10 TAGU	1,9 a	2 LUDI	4,5 ab	11 ALTR	3,2 ab	3 LAPA	5,1 ab
16. ASGR	1,5 ab	6 ACPO	3,5 ab	2 LUDI	1,8 ab	3 LAPA	3,9 ab	14 PIGO	2,4 bc	7 GOPH	4,7 b
7. GOPH	1,4 ab	3 LAPA	3,5 ab	9 MANY	1,5 ab	10 TAGU	2,9 b	7 GOPH	2,3 bc	14 PIGO	4,6 b
2. LUDI	1,4 ab	10 TAGU	3,5 ab	3 LAPA	1,5 ab	12 .JAMA	2,6 b	3 LAPA	2,0 cd	8 VIPO	4,2 bc
10. TAGU	1,3 ab	5 RAUM	2,6 b	12 .JAMA	1,3 ab	1 PEPY	2,2 b	8 VIPO	1,9 cd	6 ACPO	3,3 c
3. LAPA	1,3 ab	13 LOMU	2,5 b	17 EUFL	1,2 ab	9 MANY	2,1 b	16 ASGR	1,9 cd	9 MANY	3,3 c
8. VIPO	1,2 bc	15 TAIM	2,5 b	8 VIPO	1,1 ab	8 VIPO	1,9 b	10 TAGU	1,8 cd	16 ASGR	3,2 c
17 EUFL	1,2 bc	16 ASGR	2,2 b	14 PIGO	1,1 ab	14 PIGO	1,9 b	12 JAMA	1,6 cd	13 LOMU	3,0 c
6. ACPO	1,2 bc	17 EUFL	2,2 b	16 ASGR	1,1 ab	18 CACL	1,7 b	9 MANY	1,5 cd	12 JAMA	2,7 cd
15. TAIM	1,0 bc	8 VIPO	2,1 bc	13 LOMU	1,0 ab	6 ACPO	1,6 b	13 LOMU	1,5 cd	15 TAIM	2,5 cd
12. .JAMA	1,0 bc	9 MANY	1,9 bc	18 CACL	0,9 bc	15 TAIM	1,6 b	15 TAIM	1,4 d	17 EUFL	1,7d
18. CACL	0,9 bc	18 .CACL	1,6 c	1 PEPY	0,9 b	13 LOMU	1,6 b	6 ACPO	1,3 d	18 CACL	1,4 d
13. .LOMU	0,8 bc	12 .JAMA	1,1 c	15 TAIM	0,9 b	16 ASGR	1,6 b	17 EUFL	1,2 d	10 TAGU	S/ est
1. PEPY	S/ est.	1 PEPY	S/ est.	6 ACPO	0,8 b	17 EUFL	1,2 bc	1 PEPY	1,2 d	1 PEPY	S/ est
11 .ALTR	S/ est.	11 ALTR	S/ est.	5 RAUM	S/ est	5 RAUM	S/st	5 RAUM	1,2 d	5 RAUM	S /est
14 .PIGO	S/ est.	14 PIGO	S/ est.	11 ALTR	S/ est	11 ALTR	S/st.	18 CACL	1,1 d	11 ALTR	S/ est

S/est.: Média não estimada devido a alta mortalidade da espécie no tratamento
Abrev. : Abreviação do nome cientíufico
sp: espécies.
C = Com *topsoil* +F;
F = Fertilização mineral + essências nativas da flora regional + adubação na cova (2,0 Kg formulação NPK 20:10:20 kg/planta) +15 kg de esterco.
L = Fertilização mineral + leguminosa forrageira C*rotalaria juncea*.+ F.
T = com semeadura direta de sementes de 10 espécies arbóreas da flora regional (Tabela 1ª - capítulo 1) e mais adição de serapilheira (28Kg/ parcela 168 m^{-2}).
Detalhes da fertilização mineral estão mencionados no material e métodos.
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ,pelo teste de Tukey, a 5% probabilidade.

3.1.3 Área da copa

A subsolagem teve efeito significativo para área da copa 18 meses após o plantio (Tabela 7).

Tabela 7 – Influência da subsolagem na área média de copa das espécies arbóreas, 18 meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG.

Área média da copa	Tratamentos
m²	
5,3 a	com subsolagem
4,2 b	sem subsolagem

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade

Solos bem preparados apresentam condições físicas balanceadas, isto é, a disponibilidade de água, a aeração e a resistência mecânica do solo variam entre limites que proporcionam facilidade de manejo e boa produtividade (LETEY, 1985). No presente estudo, localizado em área declivosa, sem impedimento físico e/ou densidade elevada do solo, a subsolagem efetuada teve um papel de uma prática conservacionista, melhorando a infiltração de água no solo. Sabe-se, que a subsolagem é uma técnica que proporciona uma maior aeração, armazenamento de água, facilita a movimentação de água e ar no solo ao longo do perfil e as raízes conseguem aprofundar-se mais, melhorando muito o desenvolvimento das plantas, sendo a área da copa um indicativo do crescimento e desenvolvimento das plantas.

Quanto aos tratamentos F, L e C, estes não apresentaram diferenças siguinificativas entre si para área da copa, aos 18 meses de idade, (Tabela 8). É possível que em um plantio com maior idade estas diferenças entre os tratamentos de manejo ocorram. Em plantios de *Eucalyptus grandis* em regiões subtropicais, segundo Landsberg (1997), a área ocupada pelas copas e seu estabelecimento dependem das condições de fertilidade do solo, sendo 5 anos para o plantio fertilizado e 3 anos depois para o não fertilizado. Acredita-se que para espécies nativas o comportamento de tempo de fechamento das copas também seja uma função da fertilidade.

Tabela 8 – Influência dos tratamentos na área média da copa das espécies arbóreas aos 18 meses após plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG.

Área média da copa	Tratamentos de manejo
m²	
5,2 a	C = com *topsoil* +F
4,9 a	L = sem *topsoil* + adubação verde deverão
4,1 a	F = sem *topsoil* + Fertilização mineral

C Com *topsoil* +F
F: Fertilização mineral + essências nativas da flora regional + adubação na cova (2,0 Kg formulação NPK (20:10:20 kg/planta) +15 kg de esterco curtido de gado.
L: Fertilização mineral + leguminosa forrageira C*rotalaria juncea* + F
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Das espécies iniciais a que apresentou o maior valor médio de área da copa foi a *Acacia polyphylla* (Monjoleiro), em seguida a *Gochnatia polymorpha* (Cambará) e a *Luehea divaricata* (Açoita cavalo miúdo); em um nível abaixo a *Lafoensia pacari* (Dedaleiro) e o *Jacaranda* macrantha (caroba), (Tabela 9). As espécies *Vitex polygama* (Tarumã do cerrado) *Lonchocarpus muehlbergianus* (Embira de sapo) e *Chorisia speciosa* (Paineira rosa) apresentaram-se com os piores desempenhos, com poucos galhos e arquitetura de copa que proporciona pouca proteção ao solo, com exceção ao *Lonchocarpus muehlbergianus* (Embira de sapo) que apresentou uma melhor arquitetura de copa. Sousa (2001), utilizando outras espécies nativas para recuperação de área degradada pela extração de areia, com aplicação de diferentes níveis de fósforo (100, 200 e 400 g/cova), 60 g de sulfato de magnésio, 5 g de sulfato de zinco e 10 litros de esterco de gado por cova e sem subsolagem, obteve resultados inferiores de área da copa, em plantios mistos com espécies exóticas e nativas de mesma idade. O mesmo ocorreu com Faria et al. (1997), aos 36 meses após plantio misto com espécies nativas, às margens do reservatório de Itutinga/Camargos, constatando que a área da copa foi influenciada pela adição de esterco. Por outro lado, Barbosa et al. (1997), embora com dados obtidos em área de mata ciliar degradada, obteve valores semelhantes de área da copa para *Lonchocarpus muehlbergianus* (Embira de sapo), dezesseis meses após o plantio.

Tabela 9 - Área média da copa das espécies iniciais dezoito meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG.

Espécies	**Área de copa Média**
	m^2
6 - *Acacia polyphylla*	11,2 a
7 - *Gochnatia polymorpha*	8,2 b
2- *Luehea divaricata*	7,2 bc
3 - *Lafoensia pacari*	4,9 cd
12 – *Jacaranda macrantha*	2,6 cd
8 - *Vitex polygama*	2,2 de
13 - *Lonchocarpus muehlbergianus*	1,1 e
4 - *Chorisia speciosa*	0,6 e
Média da área de copa	4,75

As espécies 5-*Rapanea umbellata* (Capororoca); 9-*Machaerium nyctitans* (Bico de pato), 10-*Tapirira guianensis* (Peito de pombo), 11-*Alchormea triplinervia* (Tapia) e 14-*Piptadenia gonoacantha* (Pau jacaré) , não foram estimadas por apresentarem al ta mortalidade.
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Das espécies tardias as que apresentaram os maiores valores médios de área da copa foram *Eugenia florida* (Pitanga preta), *Tabebuia impetiginosa* (Ipê roxo de bola) e o *Astronium graveolens* (Guaritá), ficando entre os piores desempenhos o *Calyptranthes clusiaefolia* (Araçarana). Demonstraram um crescimento mais lento para formar copa em relação às pioneiras, entretanto o resultado era esperado, uma vez que as espécies tardias se caracterizam entre outros aspectos, por um crescimento mais lento (Tabela 10). O mesmo ocorreu com o desempenho das espécies tardias nos trabalhos de Faria et al., (1997), Barbosa et al. (1997), Durigan & Silveira (1999) e Souza (2001).

Tabela 10 - Área média da copa das espécies tardias dezoito meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG.

Espécies	Área de copa
	(m^2)
17 – *Eugenia florida*	1,1 a
15 - *Tabebuia impetiginosa*	1,0 a
16 - *Astronium graveolens*	0,9 ab
18 - *Calyptranthes clusiaefolia*	0,2 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade

3.1.4. Grau de cobertura da copa ou fração de sombreamento

No processo de revegetação é desejável o recobrimento rápido do terreno. Os resultados obtidos para o grau de cobertura em relação aos tratamentos utilizados são apresentados na Tabela 11.

Os maiores valores médios do grau de cobertura das copas, após 18 meses de plantio, foram obtidos no tratamento C (com *topsoil*), o qual proporcionou valores médios significativamente maiores que os demais tratamentos concordando com os resultado obtidos em relação à sobrevivência das espécies arbóreas (MOREIRA et al., 2004), onde o retorno da camada superficial do solo, *topsoil*, aproximadamente os 20 primeiros centímetros do solo original, resultou na maior sobrevivência das espécies, significativamente superior aos tratamentos L, F que não receberam *topsoil.*

Tabela 11 – Grau de cobertura da copa de espécies arbóreas da flora regional nos diferentes tratamentos, 18 meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG.

Grau de cobertura de copa (Média)	Tratamentos
m	
8,9 a	C = com *topsoil* +F
5,9 b	F = sem *topsoil* + Fertilização mineral
4,8 b	L = sem *topsoil* + adubação verde deverão

C = Com *topsoil* +F.
F = Fertilização mineral + essências nativas da flora regional + adubação na cova (2,0 Kg formulação NPK. (20:10:20 kg/planta) +15 kg de esterco curtido de gado.
L = Fertilização mineral + leguminosa forrageira C*rotalaria juncea* + F.
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

A subsolagem, por outro lado não teve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade para grau de cobertura da copa (Tabela 12). Neste caso, espera-se que com as técnicas de manejo utilizadas e com o passar dos anos, quando o sistema radicular das árvores começar explorar o solo fora da cova e a ciclagem de nutrientes tiver iniciado no sistema, o efeito da subsolagem seja evidenciado.

Tabela 12 – Influência da subsolagem no grau de cobertura da copa de espécies arbóreas da flora regional nos diferentes tratamentos com e sem sub-solagem, 18 meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG.

Grau de cobertura de copa (Média)	Tratamentos
%	
7,0 a	com subsolagem
6,1 a	sem subsolagem

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade

3.1.5. Sobrevivência das espécies

A origem do material genético, área da copa, grau de cobertura da copa e altura das árvores foram analisados conjuntamente com a sobrevivência, como indicadores para a seleção das espécies com maior potencial para serem utilizadas na recuperação de áreas degradadas devido à extração de bauxita no planalto de Poços de Caldas.

O desempenho das espécies arbóreas, em ordem decrescente, com relação a sua sobrevivência/adaptabilidade, após doze meses do plantio, pode ser observado na (Tabela 13). Estatisticamente aparecem dois grupos (acima de 42% e abaixo de 42% de sobrevivência). Esta alta variabilidade dentro de cada espécie pode ser explicada pelo elevado coeficiente de variação observado. Mesmo pertencendo ao mesmo grupo estatístico podemos observar que as espécies 3-*Lafoensia pacari* (Dedaleiro), 13-*Lonchocarpus muehlbergianus* (Embira de sapo) e 4-*Chorisia speciosa* (Paineira), todas consideradas do grupo ecológico das espécies arbóreas iniciais, apresentaram-se entre os maiores valores de sobrevivência (83 a 90 %). A regularidade do desempenho destas espécies, com relação à sobrevivência/adaptabilidade, nos tratamentos utilizados, foi mais regular que as demais, demonstrando sua plasticidade, ou seja, sua maior capacidade de adaptação às condições ambientais. Dentre as espécies que apresentaram em uma posição intermediária com relação à sobrevivência (75 a 67 %), mas que ainda torna-se viável seu plantio, estão 6-*Acácia polyphylla*, (Monjoleiro) 8-*Vitex polygama* (Tarumã do cerrado), *16-Astronious graveolens* (Guaritá), 2-*Luehea divaricata* (Açoita cavalo miúdo), *Eugenia florida* (Pitanga preta) e 7-*Gochnatia polymorfa* (Cambará), somente as espécies Guaritá e Pitanga preta são considerados do grupo ecológico das tardias, enquanto as demais são iniciais. Com 47% de sobrevivência encontra-se a espécie 9-*Machaerium nyctitans* (Bico de pato)

pertencendo ao grupo de melhor desempenho estatístico, enquanto que entre as piores médias de sobrevivência estão a *Rapanea umbellata* (Capororoca), a *Piptadenia gonoacantha* (Pau jacaré), a *Tapira guianensis* (Peito de pombo), a *Alchormea triplinervia* (Tapia) e a *Persia pyrifolia* (Abacateiro do mato), todas do grupo ecológico das espécies iniciais. As modificações das propriedades químicas, físicas e biológicas encontradas na área devido às atividades de mineração tiveram que ser inicialmente recuperadas através da fertilização, calagem, gessagem, preparo do solo, plantio de adubo verde e recolocação da camada superficial do solo. O experimento demonstrou que a adoção destas intervenções de manejo são necessárias e fundamentais para recuperação destas áreas e estabelecimento da vegetação. Foi observado com os resultados obtidos com relação à sobrevivência e crescimento inicial da vegetação, que conforme se aumenta o conjunto das técnicas adotadas nos diferentes tratamentos melhora o desempenho das espécies no que diz respeito ao seu estabelecimento inicial.

Devido à alta variabilidade dos efeitos a análise estatística não pode demonstrar com alta significância a influência dos tratamentos, entretanto, observa-se que estes resultados foram bastante evidentes nas observações visuais como demonstra o relatório fotográfico 4. Considerando a porcentagem de sobrevivência, pode-se inferir que 70 % das espécies testadas estão aptas para serem usadas na recuperação de áreas com degradação similar e com o mesmo nível de intervenção de manejo, uma vez que sua sobrevivência variou de 67 a 90%.

Trabalhando com duas estratégias de recuperação em locais submetidos à extração de bauxita em Poços de Caldas, MG (*topsoil* + subsolagem e plantio de espécies arbóreas nativas com semeadura a lanço de gramíneas e herbáceas nas entre linhas e na área toda), fertilização com 80 g Termofosfato Yoorim na Cova, 80 g/planta duas vezes/ano de adubação de cobertura da formulação NPK 4: 14: 8 e 8 kg/planta de esterco de gado, Dutra et al. (2002), obteve resultados de sobrevivência (0 a 38%), inferiores ao do presente estudo.

Tabela 13 - Potencial de sobrevivência/adaptabilidade, doze meses após o plantio, de 18 espécies, de diferentes grupos ecológicos da flora regional que foram utilizados nos tratamentos (com e sem subsolagem), Alcoa Poços de Caldas, MG.

Espécies			
Nome comum	Nome Científico	% Sobv.	Grupo Ecológico
3-Dedaleiro	*Lafoensia pacari*	90 a	I
18-*Araçarana	*Calyptranthes clusiaefolia*	90 a	T
13-Embira de sapo	*Lonchocarpus muehlbergianus*	87 a	I
12-*Caroba	*Jacaranda macrantha*	87 a	I
4-Paineira rosa	*Chorisia speciosa*	83 a	I
6-Monjoleiro	*Acacia polyphylla*	75 ab	I
8-Tarumã do cerrado	*Vitex polygama*	75 ab	I
15-*Ipê roxo de bola	*Tabebuia impetiginosa*	73 ab	T
2-Açoita cavalo miúdo	*Luehea divaricata*	70 ab	I
17-Pitanga preta	*Eugenia florida*	67 abc	T
7-*Cambará	*Gochnatia polymorpha*	67 abc	I
16-Guaritá	*Astronium graveolens*	67 abc	T
9-Bico de pato	*Machaerium nyctitans*	47 abd	I
5-Capororoca	*Rapanea umbellata*	37 cd	I
14-Pau jacaré	*Piptadenia gonoacantha*	33 cd	I
10-Peito de pombo	*Tapirira guianensis*	33 cd	I
11-Tápia	*Alchormea triplinervia*	30 d	I
1-Abacateiro do Mato	*Persea pyrifolia*	16 d	I

*Espécies replantadas aos seis meses após plantio
Grupo Ecológico: I = iniciais; T = tardias
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ,pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O grupo ecológico a que uma espécie pertence não garante, por si só, um bom desempenho quando se tratar de áreas degradadas. Deve também ser considerada a sua adaptabilidade à condição local, em termos edáficos e de clima, que são expressas pelo seu ritmo de crescimento, sobrevivência, área da copa e fenologia.

Conforme discutido por Moreira et al., (2004) com o retorno da camada superficial do solo, *topsoil*, aproximadamente os 20 primeiros centímetros do solo original da área a ser recuperada, a sobrevivência da vegetação no tratamento C, que recebeu *topsoil* foi maior que nos tratamentos L, F que não receberam (Tabela 14).

Tabela 14 - Influência do *topsoil* na sobrevivência das espécies arbóreas nos diferentes tratamentos, aos 12 meses.após o plantio. ALCOA, Poços de Caldas, MG.

Sobrevivência (Média)	Tratamento
%	
76 a	C – com top soil+F
61 b	L - sem top soil + adubo verde de verão
56 b	F – sem top soil + Fertilização mineral

Efetuou-se a transformação dos dados log (x+1), para estabilizar a variância, onde o coeficiente de variação (CV) anterior a transformação era de 279,4 e após tranformação ficou com 37,2
C = Com *topsoil* +F; F = Fertilização mineral + essências nativas da flora regional + adubação na cova (2,0 Kg formulação NPK (20:10:20 kg/planta) +15 kg de esterco curtido de gado; L = Fertilização mineral + adubo verde de verão C*rotalaria juncea* + F
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de tukey, a 5 % de probabilidade.

A subsolagem não influenciou na sobrevivência das espécies arbóreas aos doze meses após plantio (Tabela 15). Esta resposta das espécies em relação à sobrevivência já era esperada, pois, o volume que o sistema radicular que cada planta explorou se limitou ao volume de substrato contido na cova, onde a confecção da mesma teve um objetivo similar à subsolagem, neste período de avaliação.

Tabela 15 – Sobrevivência de espécies arbóreas da flora regional nos diferentes tratamentos, 12 meses após o plantio, ALCOA Poços de Caldas, MG.

sobrevivência	Tratamentos
%	
76 a	C = com *topsoil*+F
61 b	F = sem *topsoil* + Fertilização mineral
56 b	L = sem *topsoil* + adubação verde deverão

C = Com *topsoil* +F
F = Fertilização mineral + essências nativas da flora regional + adubação na cova (2,0 Kg formulação NPK (20:10:20 kg/planta) +15 kg de esterco curtido de gado.
L = Fertilização mineral + leguminosa forrageira C*rotalaria juncea* + F
T = com semeadura direta de sementes de 10 espécies arbóreas da flora regional (Tabela 1[a] - capítulo 1) e mais adição de serapilheira (28Kg/ parcela 168 m^{-2})
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

3.1.6 Uso da Serapilheira

Devido à perda de serapilheira e propágulos, que foram levados pela água da chuva, uma vez que a área experimental é inclinada, não ocorreu emergência de plântulas na área do tratamento T, mostrando necessidade de melhorar a técnica visando a retenção da serapilheira no local de aplicação (Figura6).

Estudo realizado por Ozório, (2000) obteve sucesso com o uso da serapilheira, coletada até 5 cm de profundidade, quando levou também para área a ser revegetada, parte do solo e, conseqüentemente, o banco de sementes contido nos

primeiros cinco cm de profundidade do solo. Silva et al. (2000) acondicionou a serapilheira em sacos de ráfia abertos e também obteve sucesso com esta intervenção para regeneração da vegetação em áreas íngremes.

Acredita-se que, para as condições ambientais e de relevo no planalto de Poços de Caldas, a interação das técnicas utilizadas por Ozório (2000) e Silva (2000), de utilização da serapilheira como fonte de sementes para revegetação, são as que apresentam maior potencial para serem utilizadas na recuperação das áreas que foram submetidas à exploração de bauxita.

Figura 6 – Em primeiro plano o tratamento T sem regeneração e ao fundo os demais

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos ao longo de vinte e quatro meses após o plantio permitiram concluir que as práticas de manejo proporcionaram respostas diferenciadas no estabelecimento das espécies utilizadas com relação à altura, à sobrevivência, à área de copa, grau de cobertura de copa e ao DAS, sendo que a subsolagem teve efeito significativo para a área da copa dezoito meses após plantio, enquanto que a recolocação do *topsoil* teve efeito significativo para sobrevivência das espécies, grau de cobertura da copa e DAS.

Das espécies testadas aquelas que melhor sobrevivência e crescimento apresentaram e, portanto, mais promissoras para a revegetação da área estudada, foram *Lafoensia pacari, Lonchocarpus muehlbergianus, Luehea divaricata, Chorisia speciosa, Acacia polyphylla e Vitex polygama.*

Portanto, para projetos similares de recuperação de áreas degradadas, o tratamento C, em combinação com as espécies supracitadas, pelos resultados obtidos nesta pesquisa, seria o mais recomendado.

5 REFERÊNCIAS

BAZZAZ, F. A.; PICKETT, S. T. The phisiological ecology of tropical succession comparative review. **Annual Review of Ecology and Systematis**. Palo Alto, v. 11, p. 287–310, 1980.

BARBOSA, L. M. GISLER, C. V. T.; ASPERTI, L. M. Desenvolvimento inicial de oito esécies vegetais aebóreas em dois modelos de reflorestamento implantados em área de mata ciliar degradada em Santa Cruz das Palmeiras,SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3.,Ouro Preto, 1997. **Anais.** Viçosa: UFV / SOBRADE, 1997. p.437-445.

COSTA, E. S.; LUISÃO, R. C.; LUIZÃO, F. J. Soil microbial biomass and organic carbon in reforested sites degraded by bauxite mining in the Amazon. In: BLUME, H. P.; EGER, E.; FLEISCHHAUER.; HEBEL, A.; REIJ,C.; STEINER,K. G. **Advances in geoecology.** Reiskirchen: ISSS, 1998. v. 31. p. 443-450.

DEMATTÊ, J. L. I. **Apontamentos do curso de manejo de solos tropicais**: LSN –620 Piracicaba: ESALQ, Departamento de Solos e Nutrição de plantas, 2001. 442p.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E. R. Recomposição da mata ciliar em domínio de Cerrado, Assis, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p.135 – 144, 1999.

DUTRA, G. C.; BOTELHO S.A.; FERREIRA, C. A. G; DAVIDE, A. C. Avaliação do crescimento de espécies arbóreas plantadas em duas estratégias de recuperação de áreas degradadas pela mineração In: SIMPOSÍO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002 Belo horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2002 p.331-33.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 411 p.

ENGEL, V. L.; MASSOCA, P.E.S.; PATRÍCIO, .A. L.; MUNHOZ, M.O. Inplantação de espécies nativas em solos degradados através de semedura direta In: SIMPOSÍO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2002 p.407-409.

FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, **Crop Water Requirements.** Roma, 1975. 179 p**.** (Irrigation and Drainage Paper,24.).

FARIA, J. M. R.; DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. Comportamento de nove espécies florestais em área degradada, com duas adubações de plantio. **Cerne,** Lavras, v.19, n. 3, p.25-44, 1997.

FRANCO, A. A. Recomposição/restauração em áreas de mineração.In: WORKSHOP RECUPERAÇÃO E MANEJO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1997, Campinas. **Memória ...** Jaguariúna: EMBRAPA, CNPMA,1998. p. 15-18. (EMBRAPA – CNPMA. Documentos, 13).

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; SILVA, E. M. R da.; FARIA, S. M de. **Revegetação de solos degradados**. Seropédica: EMBRAPA –CNPAB, 1992. 11p (Comunicado Técnico, 9).

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M de. Revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pacom Leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas. In: SIMPOSÍO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1994. p.145-153.

FERNANDES, F. A. B. **Estudo de gradientes vegetacionais em uma floresta semidecídua altimontana no planalto de Poços de Caldas, MG.** 2003. 157f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FONTES, M. P. F. Estudo pedológico reduz impacto da mineração. **Revista Cetesb de Tecnologia Ambiental**, São Paulo, v. 5, n. 1. p. 58-61, 1991.

FURTINI NETO, A. E.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; MOREIRA, F. M. S. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2000. p. 352-379.

GARDNER, J. Rehabilitación de minas para el mejor uso del terreno: la minería de bauxita en el bosque de jarrah de Australia Occidental. **Unasylva**, Roma, v. 52, n. 207, p. 3-8, 2001.

GISLER, C. V. T. **O uso da serapilheira na recomposição da cobertura vegetal em áreas mineradas de Bauxita, Poços de Caldas, MG.** 1995. 146f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GUZMÁM, R. A. Consideracionaes teóricas y metodologías práticas para la asignación de gremios ecológicos para las especies forestales de bosques húmidos tropicales. Documento Técnico, 58. Santa Cruz, 1997. Disponível em: < http://WWW.bolfor.chenonics.net/document/dt58e.pdf. Acesso em : 5/mai. 2000.

GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I. Recuperação de áreas degradadas usando vegetação nativa. **Saneamento Ambiental,** São Paulo, n.37, p.28- 37,1996.

KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 210, v.22, p.10–17, 2001.

LANDSBERG, J. J. The biophysical environmental. In: NAMBIAR, E. K. S., BROWN, A. G. **Management and soil, nutrients and water in tropical plantation forests.** Camberra: ACIAR, 1997. p. 65-92.

LEITÃO FILHO, H. L. (coord.). **A vegetação de Poços de Caldas (MG) e suas espécies mais representativas**. Campinas: FUMCAMP/UNICAMP, 1984. 88 p. (Relatório final). Convênio Companhia Geral de Minas/ FUMCAMP / UNICAMP.

LEMENIH, M.; GIDEYELEW, T.; TEKETAY, D. Effects of canopy cover and understory environment of tree plantations on richness, density and size of colonizing woody species in southen Ethiopia. **Forest Ecology and Management,** Amsterdam, v. 194, n. 1-3, p. 1-10, 2004.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, 1984.45p.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, Amsterdam, v.1, p. 277-294, 1985.

MARQUEZ, C. E. C. **Estudo silvicultural e econômico de povoamentos de eucalipto na região de Cerrado de Minas Gerais**. 1997. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MOREIRA, P. R. **Contribuição ao estudo auto-ecológico de três espécies em área reflorestada com essências nativas.** 1999. 111 f**.** Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos) – Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

MOREIRA, P. R.; CASAGRANDE, J. C.; SILVA, O. A.; VILLA NOVA, N. A.; MAZZA, J. A. Manejo do solo para revegetação de área degradada pela extração de bauxita. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, 2004. Submetido para publicação.

OLIVEIRA NETO, S. N.; PAULA, R. C.; BARROS, N. F. Adequação química de um solo degradado para revegetação. In: SIMPOSÍO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2000. p. 181-186.

OZÒRIO, T. F. **Potencial de uso da serapilheira, na recuperação de áreas degradadas por mineração de ferro Mariana – MG**. Viçosa, 2000. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

PARROTA, J. A.; KNOWLES, O. H. Restauração florestal em áreas de mineração de bauxita Amazônia. In: KAGEYAMA, P.Y. (org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF, 2003. p.308-330.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; REIS, L. L.; MARQUES, S. S. Sistema de plantio adensado para a revegetação de áreas degradadas da Mata Atlântica: Bases ecológicas e comparações de custo/benefício com o sistema tradicional. **Floresta e Ambiente,** Seropédica, v. 4, n. 4, p. 31-41, 1997

PRIMACK, B. R.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Vida, 2002. 327 p.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Recomposição de florestas naturais: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 2 , n. 1, p. 4-15, 1996.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente**. Resolução SMA 47.** São Paulo 2003. Disponível em: < http//www.ibot.sp.gov.br/resolução_sma47/txt_resolução47 .htm
Acesso em : 19/mai. 2004.

SILVA, I. R.; FURNTINI NETO, A. E.; CURI, N.; VALE, F. R. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 204- 212, 1997.

SILVA, M. G.; SANTOS, C .J. F.; COELHO NETO FARIA, FARIA, S. M. Adição de serapilheira para aceleração de revegetação em cicratizes de deslizamentos por movimento de massa no Parque Nacional da Tijuca, R.J. In: SIMPOSÍO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2000. 1CD-ROM.

SOUZA, P. A.; VENTORIN, N.; MACEDO, R. L. G.; ALVARENGA, M. I. N.; SILVA W. F. Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de áreas degradadas pela extração de areia. **Cerne,** Lavras, v.7, n.2, p.43-52, 2001.

UHL, C. Recovery following disturbance of different intensities in the Amazon Rain Forest of Venezuela. **Interciência,** Caracas, v. 7, n. 1, p.19-24, 1982.

VILLA NOVA, N. A.; MOREIRA, P. R.; PEREIRA, A. B. Análise da eficiência de captura de energia solar por um dossel de *Eucalyptus pellita* F.Muell sob várias densidades de plantio. **Revista Brasileira de Agrometeorologia,** Santa Maria, v.11, n. 2, p. 269-274, 2003.

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA 3

Foto 1 – Colocação da serapilheira no tratamento T.

Foto 2 – Em primeiro plano detalhe das covas na área experimental.

Foto 3 – Preparo das covas na área experimental.

Foto 4 – Plantio das mudas das espécies arbóreas.

Foto 5 – Detalhe da operação de plantio.

Foto 6 – Vista geral da área experimental durante a operação de plantio.

Foto 7 – Detalhe da muda de *Luehea divaricata*

Foto 8 – Área experimental após o plantio.

Foto 9 – Área experimental seis meses após o plantio.

Foto 10 – Detalhe de pássaro na área experimental.

Foto 11 – Área experimental 12 meses após o plantio.

Foto 12 – Avaliação dendrometrica 12 meses após o plantio.

Foto 13 – Avaliação dendrometrica 12 meses após o plantio.

Foto 14 – Vista geral da área experimental 12 meses após o plantio.

Foto 15 – Operação de manutenção, com o detalhe do coroamento das espécies arbóreas.

Foto 16 – Área experimental 24 meses após o plantio.

Foto 17 – Detalhe da área experimental 33 meses após o plantio.

Foto 18 – Detalhe da área experimental 36 meses após o plantio.

I. CONSIDERAÇÕES FINAIS

I. 1 Aspectos gerais

A execução de um projeto de pesquisa pretende sempre responder perguntas previamente formuladas, novas questões que surgem no decorrer do estudo e também lançar diversas outras perguntas que sugerem investigações posteriores. Qualquer análise de área degradada mostra que ela se caracteriza por quatro aspectos ecológicos: baixa diversidade biológica, baixa fertilidade do solo, baixos teores de matéria orgânica e erosão. As técnicas de recuperação de áreas para reconstrução de ecossistemas degradados estão evoluindo, cada vez mais, para aumentar a resiliência dessas áreas, considerando a estrutura da comunidade vegetal, a composição das espécies e o restabelecimento dos processos biogeoquímicos, ecológico e evolucionário através de um ativo programa de modificação do sítio e re-introdução de espécies.

A tarefa de buscar o equilíbrio ambiental o mais rápido possível em um ecossistema degradado, conforme foi o propósito no presente estudo, dependeu de um conjunto de práticas de manejo, efetuadas no sítio de forma integrada, para dar início à recuperação da área. Evidências de que a metodologia estava no caminho certo foram obtidas com as práticas de manejo utilizadas como subsolagem, que teve efeito significativo para o aumento da área da copa das árvores e para produção de matéria seca do adubo verde; a fertilização mineral em conformidade com as análises químicas e físico-hídrica e a recolocação do *topsoil* contribuíram para a melhoria da fertilidade do solo, da sobrevivência das árvores e da regeneração natural, proporcionando maior capacidade para exercer as funções de produção biológica e qualidade do ambiente.

Foi de fundamental importância, na fase que antecedeu o plantio das espécies arbóreas, a semeadura de um coquetel de propágulos de adubo verde para melhoria da proteção do solo contra erosão, elevação da taxa de infiltração e aumento da capacidade de retenção de água, recuperação da estrutura, adição de matéria orgânica e principalmente a melhoria da microbiota do solo. A adubação verde constitui-se em uma importante prática dentre um conjunto de ações integradas que trazem grandes benefícios aos solos degradados em geral.

Das espécies testadas para recuperação as que melhor sobrevivência e crescimento apresentaram e, portanto, mais promissoras, foram *Lafoensia pacari, Lonchocarpus muehlbergianus, Luehea divaricata e Chorisia speciosa do grupo ecológico* das espécies iniciais, enquanto *Eugenia florida* foi a que melhor representou as espécies tardias.

Apesar da grande dificuldade em recuperar áreas degradadas tal como elas se apresentavam no passado, é sempre possível induzir o desenvolvimento de uma vegetação protetora que permita conservar e incrementar a fertilidade do solo e parte da diversidade de plantas e animais.

A potencialidade de espécies nativas para o crescimento e desenvolvimento em áreas profundamente degradadas constitui aspecto relevante para o retorno à condição original ou próxima da original de modo que estas, com o passar do tempo, tornam possível a recuperação da fertilidade do solo, de microclima e ciclo hidrológico similares ao original e o restabelecimento de ao menos parte da flora e fauna nativa.

Algumas perguntas surgiram durante o presente estudo, decorrentes do pouco entendimento sobre como funcionam os ecossistemas em recuperação como, por exemplo, seria interessante a quantificação da produção de serapilheira, e da ciclagem de nutrientes para que se possa ter uma melhor compreensão quanto a sustentabilidade destas áreas? Tais conhecimentos contribuiriam para a viabilização econômica da recuperação de áreas degradadas de fato, a partir de uma produção significativa de serapilheira que possibilite a redução de custos com a reposição de nutrientes, matéria orgânica, tratos culturais e idade, necessários para a sustentabilidade do novo ecossistema implantado.

A recuperação de áreas degradadas é uma necessidade ambiental que tem urgência de pesquisa em varias áreas e precisa de ações conjuntas entre os diversos setores da sociedade. A variável ambiental deve estar inserida na estratégia de qualquer empresa, como prevê a legislação, e principalmente de empreendimentos que visem o extrativismo mineral, consoante ao imensurável impacto que causa ao ambiente. A recuperação de áreas degradadas outrora não considerada como variável ambiental importante e, por conseguinte de objetivo inútil, atualmente tem recebido atenção por parte das que percebem não ser possível fazer lucro deixando um passivo ambiental para amanhã que acarretaria implicações legais, com prejuízo da imagem da empresa e do seu valor patrimonial.

I.2 Custo estimado das operações efetuadas em cada tratamento do experimento

Na Tabela I esta apresentada uma estimativa de custos das operações descritas em cada tratamento.

Tabela I - Estimativa de custo/tratamento efetuado no experimento em R$ (Reais) - por ha

Tratamentos	Custo total /ha
F - com subsolagem	15.574,00
L - com subsolagem	15.665,40
C – com subsolagem	16.704,00
F – sem subsolagem	15521,5
L - sem subsolagem	15612,9
C - sem subsolagem	16.651,5
T - sem subsolagem	2.410,3

C = Com *topsoil* +F;
F = Fertilização mineral + essências nativas da flora regional + adubação na cova (2,0 Kg formulação NPK 20:10:20 kg/planta) +15 kg de esterco.
L = Fertilização mineral + leguminosa forrageira C*rotalaria juncea*.+ F.
T = com semeadura direta de sementes de 10 espécies arbóreas da flora regional (Tabela 1ª - capítulo 1) e mais adição de serapilheira (28Kg/ parcela 168 m^{-2}).
Detalhes da fertilização mineral estão mencionados no material e métodos do capítulo 1.