

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS

**RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE
ARGILA ATRAVÉS DA REGULARIZAÇÃO TOPOGRÁFICA, DA ADIÇÃO
DE INSUMOS E SERRAPILHEIRA, E DE ATRATORES DA FAUNA**

BRIGITE REGENSBURGER

Florianópolis, fevereiro de 2004.

BRIGITE REGENSBURGER

**RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE ARGILA
ATRAVÉS DA REGULARIZAÇÃO TOPOGRÁFICA, DA ADIÇÃO DE
INSUMOS E SERRAPILHEIRA, E DE ATRADORES DA FAUNA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Jucinei José Comin

Co-orientador: Juarês José Aumond

FLORIANÓPOLIS

2004.

Regensburger, Brigitte

Recuperação de áreas degradadas pela mineração de argila através da regularização topográfica, da adição de insumos e serrapilheira, e de atratores da fauna. / Brigitte Regensburger. -- Florianópolis, 2004.

97f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Título em inglês: Reclamation of areas degraded by clay mining using topographic regularization, inputs and litter adds, and fauna attraction.

1. Bracatinga. 2. Técnicas de recuperação. 3. Mineração

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Cristiane Luiz / CRB 645

BRIGITE REGENSBURGER

**RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE ARGILA
ATRAVÉS DA REGULARIZAÇÃO TOPOGRÁFICA, DA ADIÇÃO DE INSUMOS E
SERRAPILHEIRA, E DE ATRADORES DA FAUNA**

Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas

Centro de Ciências Agrárias

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Jucinei José Comin - Orientador/ CCA – UFSC

Prof. M.sc. Juarês José Aumond - Co-orientador/ CCEN - FURB

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Paul Richard Monsen Miller - Presidente da Banca/ CCA - UFSC

Prof. Dra. Lúcia Sevegnani - Avaliadora/ CCEN - FURB

Prof. Dr. Darcí Odílio Trebien - Avaliador/ CCA – UFSC

Prof. Dra. Ana Rita Rodrigues Vieira - Avaliadora/ CCA – UFSC

Florianópolis, fevereiro de 2004.

*Dedico a você **Simone**,
Que de algum lugar nos acompanha.*

AGRADECIMENTOS

EM ESPECIAL:

Ao meu orientador Jucinei José Comin e,

Ao colaborador Antônio Lourenço Guidoni (EMBRAPA).

À DEUS;

Ao meu co-orientador Juarês José Aumond

Aos professores: Ademir Reis; Ana Maria Viana; Antônio Ayrton Auzani Uberti; Darci Odílio Paul Trebien; José Antônio Ribas Ribeiro; Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho; Maurício Sedrez dos Reis; Paul Richard Momsen Miller; Paulo Emílio Lovato;

À CAPES pela bolsa de estudos;

À EPAGRI/Chapecó e Florianópolis;

Aos funcionários da Mineração Portobello LTDA e à Cerâmica Portobello S.A.

Ao meu noivo Gabriel;

À minha Família: Sofia e Sigmundo, Cris e Roberto, Fran e Maycon, Marlene e Íris;

Aos meus amigos: Márcia, Élen e Ramona, Arthur, Carol e Tércio, Cida e Guilherme, Clau e Ivar, Fabi e Sérgio, Gaúcho, Gaya, Giu, Júlio, Kátia, Leandro, Luciano, Patrícia, Sérgio, Vanice, Vlad, Yúri e Elder,

Aos funcionários, professores e colegas do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina

À todos, que de forma direta ou indireta, colaboraram para a construção desse trabalho.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

A questão discutida no presente trabalho, é a recuperação de áreas degradadas pela mineração de argila, que se faz necessária para o resgate da biodiversidade e por força da Lei. A área de estudo está localizada em Doutor Pedrinho/SC, em meio à Floresta Atlântica, cujo solo é caracterizado como Cambissolo Húmico Alumínico. O ato da exploração mineral, implica na retirada da vegetação e dos horizontes A, B e C (nos dois últimos se encontra a matéria-prima de interesse para a indústria). A fim de amenizar alguns impactos, o horizonte A é adicionado imediatamente sobre uma área adjacente que recebeu os rejeitos da mineração para preencher as cavas e recompor a topografia. Neste trabalho, realizou-se um estudo experimental, para recuperar uma área degradada, buscando técnicas que integrem o solo, as plantas e os animais. Foram testados dois níveis de topografia, regular e irregular; dois níveis de adubação, orgânica e química; e dois níveis de serrapilheira, com e sem adição. A espécie selecionada para iniciar a revegetação, foi a Leguminosa *Mimosa scabrella* (bracatinga), que por suas características, contribui para a formação de um novo solo e facilita a sucessão vegetal. Poleiros artificiais foram instalados na área a fim de incrementar a chuva de sementes. Aos nove meses de avaliação, constatou-se que a bracatinga é uma espécie bem adaptada às adversidades do meio, apresentando índice de sobrevivência superior a 92%. Houve incremento em altura das bracatingas ao longo das avaliações, mas não foram encontradas diferenças significativas para esta variável entre os oito tratamentos testados. Entretanto, a cobertura do solo pela copa das árvores apresentou diferença significativa para os tratamentos que receberam serrapilheira, cuja cobertura foi superior a 67%, enquanto nos tratamentos sem serrapilheira esse valor foi inferior a 57%. A partir das análises químicas de solo não foram verificados incrementos nutricionais no intervalo de tempo desse estudo. Os poleiros artificiais, foram responsáveis pela vinda de vinte e uma sementes pertencentes a seis morfoespécies distintas. A revegetação natural foi superior na topografia regular. Entre as doze famílias botânicas identificadas, a maior parte apresentou síndrome de polinização zoofílica, dispersão de sementes anemocórica e hábito herbáceo. Estudos complementares são necessários.

PALAVRAS-CHAVE: Bracatinga, Técnicas de Recuperação, Mineração de Argila.

ABSTRACT

The subject under discussion in the present paper is the reclamation of areas degraded by clay mining, in order to recover their biodiversity, as well as on the strength of the law. The area of study is located in Doutor Pedrinho/SC amid the Floresta Atlântica (Atlantic Forest), whose characteristic soil is Cambissolo Húmico Alumínico. The act of mining implies the removal of the vegetation and of the horizons A, B and C (both last mentioned horizons contain the raw material needed by industry). To soften some impacts the suitable soil substitute is immediately added to another area that will be reclaimed, and the mining remains are replaced to fill in the pits and make topographic recovery. In the present paper an experimental study on area reclamation due to clay mining was made, looking for techniques that combine the soil, the plants and the animals. Two types of topography (regular and irregular), two types of inputs (organic and chemical), and two types of litter (with and without) were tested. The selected species was the legume *mimosa scabrella* (bracatinga) that for its characteristics helps to make a new soil and facilitates the vegetal succession. Artificial perches were installed in the area in order to increase the seed rain. At the evaluation after nine months, it could be noticed that the *bracatinga* is a well adapted species in adverse environment, showing a survival index over 92%. Height increase of *bracatingas* were observed in course of evaluations, although significant differences for this variable could not be found among the eight tested treatments. At least, the soil recover by *bracatinga* top showed significant differences on the treatments where litter was added, whose cover was higher than 67%, while on treatments without litter this value was less than 57%. The chemical soil analysis did not allowed to verify nutritional increase in the course of the present study. The artificial perches were responsible for bringing seeds from 6 distinct morph species. The natural revegetation was higher in regular topography. Among the 12 identified botanic families the greater part of it showed zoofilic pollinization, anemocoria seeds dispersal and herbaceous habit. Extra studies are necessary.

KEY-WORDS: Bracatinga, Recovery Tecnicas, Clay Mining.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. A associação de formas de superfícies côncavas (concentradoras) com formas de superfícies convexas (dissipadoras) induz ao fechamento e reorganização do sistema com introspecção dos fatores ecológicos, provocando a complementaridade e autonomia do mesmo. As superfícies côncavas funcionam como atratores de uma reorganização ambiental. 28*
- Figura 2. Em destaque, no Estado de Santa Catarina, está o Município de Doutor Pedrinho. Na ampliação, destaque para a localidade de Campo Formoso, onde se encontra a mina de argila e a área do presente estudo. 47*
- Figura 3. Croqui do experimento instalado no campo em Dezembro de 2002, Doutor Pedrinho/SC..... 51*
- Figura 4. Taxa de sobrevivência (%) das bracatingas, aos 09 meses, referente ao experimento de recuperação de área degradada, realizado na mina de argila em Campo Formoso, Doutor Pedrinho/SC, 2003. TR_AO (T1)= topografia regular, adubação orgânica, com serrapilheira. TR_AO (T2)= topografia regular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TR_AQ (T3)= topografia regular, adubação química, com serrapilheira. TR_AQ (T4)= topografia regular, adubação química, sem serrapilheira. TI_AO (T5)= topografia irregular, adubação orgânica, com serrapilheira. TI_AO (T6)= topografia irregular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TI_AQ (T7)= topografia irregular, adubação química, com serrapilheira. TI_AQ (T8)= topografia irregular, adubação química, sem serrapilheira. 58*
- Figura 5. Curva de crescimento das bracatingas no 1º, 3º, 6º e 9º mês de avaliação, Doutor Pedrinho/SC, 2003. T1= topografia regular (TR), adubação orgânica (AO), com serrapilheira (CS). T2= TR, AO, sem serrapilheira (SS). T3= TR, adubação química (AQ), CS. T4= TR, AQ, SS. T5= topografia irregular (TI), AO, CS. T6= TI, AO, SS. T7= TI, AQ, CS. T8= TI, AQ, SS..... 60*
- Figura 6. Cobertura do solo (%) pela copa das bracatingas, no 3º mês, referente ao experimento de recuperação de área degradada, realizado na mina de argila em Campo Formoso, Doutor Pedrinho/SC, 2003. TR_AO (T1)= topografia regular, adubação orgânica, com serrapilheira. TR_AO (T2)= topografia regular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TR_AQ (T3)= topografia regular, adubação química, com serrapilheira. TR_AQ (T4)= topografia regular, adubação química, sem serrapilheira. TI_AO (T5)= topografia irregular, adubação orgânica, com serrapilheira. TI_AO (T6)= topografia irregular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TI_AQ (T7)= topografia irregular, adubação química, com serrapilheira. TI_AQ (T8)= topografia irregular, adubação química, sem serrapilheira. 63*
- Figura 7. Cobertura do solo (%) pela copa das bracatingas, no 6º mês, referente ao experimento de recuperação de área degradada, realizado na mina de argila em Campo*

Formoso, Doutor Pedrinho/SC, 2003. TR_AO (T1)= topografia regular, adubação orgânica, com serrapilheira. TR_AO (T2)= topografia regular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TR_AQ (T3)= topografia regular, adubação química, com serrapilheira. TR_AQ (T4)= topografia regular, adubação química, sem serrapilheira. TI_AO (T5)= topografia irregular, adubação orgânica, com serrapilheira. TI_AO (T6)= topografia irregular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TI_AQ (T7)= topografia irregular, adubação química, com serrapilheira. TI_AQ (T8)= topografia irregular, adubação química, sem serrapilheira. 63

Figura 8. Cobertura do solo (%) pela copa das bracatingas, no 9º mês, referente ao experimento de recuperação de área degradada, realizado na mina de argila em Campo Formoso, Doutor Pedrinho/SC, 2003. TR_AO (T1)= topografia regular, adubação orgânica, com serrapilheira. TR_AO (T2)= topografia regular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TR_AQ (T3)= topografia regular, adubação química, com serrapilheira. TR_AQ (T4)= topografia regular, adubação química, sem serrapilheira. TI_AO (T5)= topografia irregular, adubação orgânica, com serrapilheira. TI_AO (T6)= topografia irregular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TI_AQ (T7)= topografia irregular, adubação química, com serrapilheira. TI_AQ (T8)= topografia irregular, adubação química, sem serrapilheira. 64

Figura 9. Cobertura do solo (%) pela revegetação natural, realizada aos 09 meses, nas parcelas experimentais da área degradada de uma mina de argila em Campo Formoso, Doutor Pedrinho/SC, 2003. TR_AO (T1)= topografia regular, adubação orgânica, com serrapilheira. TR_AO (T2)= topografia regular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TR_AQ (T3)= topografia regular, adubação química, com serrapilheira. TR_AQ (T4)= topografia regular, adubação química, sem serrapilheira. TI_AO (T5)= topografia irregular, adubação orgânica, com serrapilheira. TI_AO (T6)= topografia irregular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TI_AQ (T7)= topografia irregular, adubação química, com serrapilheira. TI_AQ (T8)= topografia irregular, adubação química, sem serrapilheira. 65

Figura 10. Representação das famílias botânicas que revegetaram naturalmente a área experimental em Campo Formoso/ Doutor Pedrinho-SC, 2003. 72

Figura 11. Síndromes de polinização das famílias que revegetaram naturalmente a área experimental em Campo Formoso/ Doutor Pedrinho-SC, 2003. 74

Figura 12. Síndromes de dispersão de sementes das famílias que revegetaram naturalmente a área experimental em Campo Formoso/ Doutor Pedrinho-SC, 2003. 75

Figura 13. Hábito das famílias identificadas que se regeneraram naturalmente na área experimental. Campo Formoso/Doutor Pedrinho-SC, 2003. 76

LISTA DE FOTOS

- Foto 1. Vista geral da topografia regular e da topografia irregular. Doutor Pedrinho/SC, 2003. Fonte: Regensburger, B. 2003..... 52*
- Foto 2. Dique e bacia de contenção, que formam a topografia irregular. Doutor Pedrinho/SC, 2003. Fonte: Regensburger, B. 2003..... 52*
- Foto 3. Poleiro artificial e coletores de sementes instalados na área experimental em Doutor Pedrinho/SC, 2003. Fonte: Regensburger, B. 2003..... 54*
- Foto 4. Desenvolvimento das bracingas ao longo das avaliações na área experimental em Doutor Pedrinho/SC, 2003. A- 1º mês de avaliação. B- 6º mês de avaliação. C- 9º mês de avaliação. 61*
- Foto 5. Representação da área experimental ao longo do tempo, na mina de argila em Doutor Pedrinho/SC. A – topografia regular (à esquerda da foto) e topografia irregular (à direita da foto), na fase de implantação. B – topografia regular e irregular, após 09 meses de avaliação. Fonte: Regensburger, B. 2003. 62*
- Foto 6. Vista parcial da cobertura do solo pela revegetação natural, no 6º mês de avaliação, em parcelas do tratamento 4. Doutor Pedrinho/SC, 2003. Fonte: Regensburger, B. 2003... 66*
- Foto 7. Amostra de algumas famílias que se regeneraram naturalmente na área experimental. Doutor Pedrinho/SC, 2003. A= Phytolacaceae B= Euphorbiaceae (tanheiro). C= Leguminosae (bracinga). D= Solanaceae. E e F= Cyperaceae. Fonte: Regensburger, B. 2003..... 67*
- Foto 8. Sementes encontradas nos coletores dos poleiros artificiais. A= morfoespécie 6. B e D= morfoespécie 3. C= morfoespécie 5. E= morfoespécie 2. F= morfoespécie 1. Fotografias retiradas em Estéreo Microspópio Olympus S2H10 - FIT/UFSC. 2003..... 79*

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Relação dos municípios de SC que possuem reservas de argilas refratárias (DNPM, 2000).</i>	20
<i>Tabela 2. Regimes de aproveitamento mineral para argila.</i>	42
<i>Tabela 3: Principais diplomas legais de âmbito federal e estadual incidentes na mineração de argila.</i>	42
<i>Tabela 4: Principais normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que incidem na mineração de argila.</i>	45
<i>Tabela 5: Análise química de rotina de solo efetuada antes da implantação do experimento na topografia regular (Top. Reg.) e irregular (Top. Irreg.), pelo Laboratório de Solos/CIDASC/Florianópolis. Campo Formoso, Doutor Pedrinho/SC, 2003.</i>	53
<i>Tabela 6. Altura média das bracingas (cm) no 1º, 3º, 6º e 9º mês de avaliação, Doutor Pedrinho/SC, 2003.</i>	59
<i>Tabela 7. Lista das espécies que se regeneraram naturalmente na área de experimental em Campo Formoso, Doutor Pedrinho/SC, 2003.</i>	68
<i>Tabela 8. Número das sementes das morfoespécies deixadas nos coletores sob os poleiros artificiais. Doutor Pedrinho, 2003.</i>	78

ANEXOS

- Tabela 9. Análise de variância da variável taxa de sobrevivência no 09º mês. GL= número de graus de liberdade. SQ= soma de quadrados. QM= quadrado médio. P>F= nível mínimo de significância..... 95*
- Tabela 10. Média ± Erro Padrão (EP), inerente a interação tripla, as interações duplas e aos efeitos principais para a taxa de sobrevivência no 09º mês de avaliação (9º mês – 1º mês)..... 95*
- Tabela 11. Análise de Variância inerente a variável cobertura do solo pela copa das bracatingas no 03º mês de avaliação. GL= número de graus de liberdade. SQ= soma de quadrados. QM= quadrado médio. P>F= nível mínimo de significância. 96*
- Tabela 12. Análise de Variância inerente a variável cobertura do solo pela copa das bracatingas no 06º mês de avaliação. GL= número de graus de liberdade. SQ= soma de quadrados. QM= quadrado médio. P>F= nível mínimo de significância. 96*
- Tabela 13. Análise de Variância inerente a variável cobertura do solo pela copa das bracatingas no 09º mês de avaliação. GL= número de graus de liberdade. SQ= soma de quadrados. QM= quadrado médio. P>F= nível mínimo de significância. 96*
- Tabela 14. Planilha de dados referente a cobertura do solo pela revegetação natural (Reveg.) no 09º mês de avaliação, e pela cobertura do solo pela copa das árvores aos 03 meses (copa t3), aos 06 meses (copa t6) e aos 09 meses (copa t9). T1= topografia regular, adubação orgânica, com serrapilheira. T2= topografia regular, adubação orgânica, sem serrapilheira. T3= topografia regular, adubação química, com serrapilheira. T4= topografia regular, adubação química, sem serrapilheira. T5= topografia irregular, adubação orgânica, com serrapilheira. T6= topografia irregular, adubação orgânica, sem serrapilheira. T7= topografia irregular, adubação química, com serrapilheira. T8= topografia irregular, adubação química, sem serrapilheira..... 97*

SUMÁRIO

RESUMO	V
ABSTRACT	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE FOTOS	IX
LISTA DE TABELAS	X
ANEXOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
SUMÁRIO	XII
1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	17
3.1.1. <i>Área Degradada e Causas da Degradação do Solo</i>	17
3.1.2. <i>Impactos Ambientais da Mineração</i>	18
3.1.3. <i>Mineração de Argila em Santa Catarina</i>	19
3.2. RECUPERAÇÃO, REABILITAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	21
3.3. TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL	23
3.3.1. <i>Transposição do solo</i>	24
3.3.2. <i>Hipótese Aumond</i>	26
3.3.3. <i>Serrapilheira</i>	28
3.3.4. <i>Poleiros Artificiais</i>	29
3.3.5. <i>Caso da Exploração de Argila</i>	31
3.4. LEGUMINOSAS	35
3.4.1. <i>Leguminosas na Recuperação de Áreas Degradadas</i>	35
3.4.2. <i>Características Ecológicas da Bracatinga e Uso na Recuperação de Áreas Degradadas</i>	37
3.5. LEGISLAÇÃO NO CONTEXTO DA MINERAÇÃO	41
4. MATERIAL & MÉTODOS	46
4.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	46
4.1.1. <i>Geologia</i>	47
4.1.2. <i>Relevo</i>	48
4.1.3. <i>Hidrografia</i>	48
4.1.4. <i>Clima</i>	48
4.1.5. <i>Vegetação</i>	48
4.1.6. <i>Solo</i>	49

4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E EXECUÇÃO.....	50
4.2.1. <i>Topografia Regular e Irregular</i>	51
4.2.2. <i>Análise de Solo, Adubação Química e Orgânica e Plantio</i>	52
4.2.3. <i>Adição de Serrapilheira</i>	53
4.2.4. <i>Poleiros Artificiais</i>	54
4.2.5. <i>Cobertura do Solo pela Revegetação Natural e pelas Bracatingas</i>	55
4.2.6. <i>Identificação Taxonômica</i>	55
4.3. MEDIÇÃO DE CRESCIMENTO E COBERTURA DO SOLO.....	56
4.3.1. <i>Poleiros Artificiais</i>	57
4.3.2. <i>Análise de solo</i>	57
5. RESULTADOS & DISCUSSÃO	58
5.1. BRACATINGA	58
5.1.1. <i>Taxa de Sobrevivência</i>	58
5.1.2. <i>Crescimento das Bracatingas</i>	59
5.1.3. <i>Cobertura do solo pela copa das árvores de bracatinga</i>	62
5.2. REVEGETAÇÃO NATURAL	65
5.2.1. <i>Cobertura do solo pela revegetação natural</i>	65
5.2.2. <i>Levantamento de Espécies da Revegetação Natural</i>	67
5.2.3. <i>Características das Famílias</i>	71
5.3. POLEIROS ARTIFICIAIS	78
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS.....	955

1. INTRODUÇÃO

Diversos processos naturais, tais como a formação dos solos, a lixiviação, a erosão, os deslizamentos, a modificação do regime hidrológico e a cobertura vegetal, ocorrem naturalmente, mesmo sem intervenção humana. Entretanto, quando o homem desmata, planta, constrói, transforma o ambiente, esses processos tendem a ocorrer com maior intensidade (GUERRA e CUNHA, 2003). Dessa forma, pode-se considerar que a degradação do solo é uma consequência da ação nociva das atividades humanas e suas interações com os ambientes naturais.

Dentre os diversos fatores de degradação do solo, destacam-se: o desmatamento para fins de exploração agrícola, florestal, construção de estradas e urbanização; o pastoreio excessivo com elevada carga animal; o uso de práticas agrícolas inadequadas; e as atividades industriais e bioindustriais (OLDEMAN, 1994; LAL e STUART, 1990). Apesar de a agricultura e a pecuária serem consideradas as principais atividades responsáveis pelo processo de degradação ambiental através dos tempos (BALENSIEFER, 1997; REIS, ZAMBONIN e NAKAZONO, 1999), entre as atividades que causam degradação, está a mineração.

No que concerne as atividades industriais, a mineração de superfície é uma geradora de grande impacto sobre o ambiente, uma vez que pode alterar grandes extensões de terras. Keller (2000) citado por Zimmermann e Trebien (2001) estima que nos últimos 24 anos foram degradados 37.000km² da superfície terrestre. Nesse contexto, o estado de Santa Catarina, é o maior produtor de louças (cerâmica branca), destacando os pólos de Criciúma e Tijucas, além de possuir importantes pólos de cerâmica estrutural (cerâmica vermelha) (ZIMMERMANN e TREBIEN, 2001). As possibilidades de utilização das argilas são amplas uma vez que elas são usadas na confecção de cerâmica artesanal (vasos e estatuetas), na cerâmica vermelha estrutural (telhas e tijolos), na cerâmica vermelha esmaltada (pisos e lajotas, na cerâmica branca (azulejos e louças) e na cerâmica fina (filtros para a siderurgia e ferramentas para corte) (BALISTIERI e AUMOND, 1997).

Pelo exposto, se por um lado, a exploração de argila pela empresa Mineração Portobello Ltda. que é proprietária da área do presente estudo, tem amplo campo de aplicação e gera empregos, por outro degrada o ambiente. Assim, a questão a ser discutida nesse trabalho é a restauração de áreas degradadas pela mineração de argila destinada à produção de cerâmica.

Para realizar a exploração mineral a vegetação original é eliminada já no início das atividades de lavra, sendo o horizonte A e parte do B retirados para a obtenção da matéria prima que se encontra no horizonte C e em menor extensão no B. Dessa forma, após distúrbio tão expressivo sobre o ambiente, é necessária a intervenção humana para criar novas condições para que a revegetação ocorra, implicando em custos e atendimento à legislação ambiental para a recuperação do ambiente para futuras gerações.

Considerando a degradação ambiental intrínseca ao processo da mineração a céu aberto, objetiva-se no presente estudo, *recuperar* uma área. O termo adotado é baseado na Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, e que regulamente o art. 225 e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

A recuperação de áreas degradadas é um processo em constante aprimoramento que exige conhecimento, tecnologia e permanente monitoramento. Trata-se de criar condições para o restabelecimento de complexas redes de relações ecológicas entre solo, plantas, animais e microclima, que permitam o reequilíbrio dinâmico da natureza em áreas hoje desprovidas dessas condições (REIS, ZAMBONIN E NAKAZONO, 1999). O objetivo maior da recuperação ambiental deve ser o de buscar restabelecer as estruturas e as funções ecológicas que havia no ecossistema, antes da degradação (AUMOND, 2003.)

Nesse sentido, buscou-se estudar a recuperação da área pela integração das técnicas de regularização topográfica, tipos de adubação, adição de serrapilheira e atratores da fauna.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar a recuperação de uma área degradada por mineração de argila através de técnicas de regularização de topografias, de adição de insumos, de adição de serrapilheira e do uso de atratores da fauna.

2.2. Objetivos Específicos

- ♦ Avaliar o efeito do tipo de topografia, regular e irregular, no repovoamento da área degradada;
- ♦ Avaliar o efeito do tipo de adubação, orgânica e inorgânica, no repovoamento da área degradada;
- ♦ Avaliar o efeito da adição de serrapilheira, no repovoamento da área degradada;
- ♦ Avaliar o efeito do tipo de topografia, de adubação e de adição de serrapilheira no repovoamento da área degradada;
- ♦ Testar o uso de poleiros artificiais secos para incrementar a dispersão de sementes na área degradada.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

3.1.1. Área Degradada e Causas da Degradação do Solo

De acordo com o uso atribuído ao solo, a definição de degradação pode variar, mas de modo geral os raciocínios são paralelos:

Para Carpanezzi *et al.* (1990) citados por Kageyama, Reis e Carpanezzi (1992) considera-se área degradada aquela que, após distúrbio, teve minimizado seus meios de regeneração natural. Em contraste, é considerada área perturbada a que sofreu distúrbio, mas manteve meios de regeneração biótica. Para o autor, a ação antrópica é necessária para a recuperação de ecossistemas degradados.

Do ponto de vista do Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração (IBAMA, 1990) - “a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a qualidade e vazão do regime hídrico forem alteradas”. Para o presente estudo, foi adotada a definição acima descrita.

Conforme o Artigo 2º do Decreto 97.632/89 (Brasil, 1989), que regulamenta o Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938/81, “são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a capacidade produtiva dos recursos ambientais”.

Dedecek (1996); Dias e Griffith (1998) afirmam que solo é tido por muitos como recurso não renovável e a sua degradação é um processo avaliado na medida em que suas características físicas, químicas e biológicas são alteradas. Quando isso acontece, ocorre queda na produtividade e prejuízo no desenvolvimento sócio-econômico.

Uma análise global do problema demonstra que a degradação pode ter diversas origens, sendo as atividades econômicas mais degradantes aquelas relacionadas ao manejo inadequado do solo e ausência de práticas conservacionistas pela agricultura; e em menor grau, a exploração florestal, a urbanização que envolve obras de engenharia (construção civil, estradas, ferrovias, barragens etc.), as indústrias básicas (químicas e metalúrgicas ou bioindustriais) e a mineração (FONSECA, 1989; BALENSIEFER, 1997; DIAS e GRIFFITH, 1998; ZIMMERMANN e TREBIEN, 2001).

Estima-se que 15% de todo o solo da superfície terrestre (1.966×10^6 ha) encontra-se de uma forma ou de outra degradada. Desse total de áreas degradadas, 14% encontra-se na América do Sul, 5% na América do Norte, 12% na Oceania, 17% na África, 18% na Ásia, 21% na América Central e 23% na Europa (DIAS e GRIFFITH, 1998).

Tomando como base a avaliação do projeto holandês (Centro Internacional de Informação e Referência de Solos - ISRIC) a América do Sul possui 244×10^6 ha de solos degradados, dos quais 41% são consequência do desmatamento. Apesar de não existirem dados precisos no Brasil, todas as estimativas apontam para o desmatamento e para as atividades agrícolas manejadas de forma inadequada como principais fatores de degradação de nossos solos (DIAS e GRIFFITH, 1998).

Kageyama, Reis e Carpanezzi (1992) apresentam dados sobre a degradação da Floresta Tropical Atlântica, que abrange 16 estados brasileiros. Originalmente a floresta possuía 108 milhões de hectares, restando atualmente 9,5 milhões de hectares (8%). Considerando uma cobertura florestal ideal de 20%, verifica-se que uma das principais prioridades no Centro Sul do país deveria ser a revegetação, ou o plantio de espécies arbóreas para a recuperação de áreas degradadas.

3.1.2. Impactos Ambientais da Mineração

A mineração a céu aberto causa destruição completa da área da jazida, e das áreas usadas para depósito de estéril e bacias de rejeito. Esses impactos provocam alterações sobre a água, o ar, o solo, o subsolo e a paisagem como um todo, desequilibrando processos dinâmicos ambientais, os quais são sentidos por toda população, pois as terras alteradas estarão modificadas para sempre (GRIFFITH, 1980; FONSECA, 1989; DIAS e GRIFFITH, 1998; ZIMMERMANN e TREBIEN, 2001).

O impacto ambiental causado pela mineração, pode ser tanto intenso, quanto extenso. Quanto à intensidade, o impacto da mineração de argila depende de diversos fatores, dos quais pode-se destacar a topografia original, o volume total de material extraído, o método de lavra, a característica do material extraído e a relação quantidade de minério-rejeito-estéril (GRIFFITH, 1980; ZIMMERMANN e TREBIEN, 2001; COLTURATO, 2002). Quanto à extensão, destaca-se a erosão de material superficial pela chuva, que acaba poluindo recursos hídricos, refletindo em toda a bacia na qual a mina está inserida. Os

prejuízos não são somente dos proprietários, pois os impactos se estendem por todo ambiente circunvizinho (DEDECEK, 1996; DIAS e GRIFFITH, 1998).

No processo de mineração, os impactos diretos alteram características físicas, químicas e biológicas do ambiente. O resultado é um forte impacto visual, em função da morte das comunidades de espécies vegetais e animais, alteração no relevo pela modificação da topografia, desestruturação do solo, erosão, assoreamento do sistema de drenagem, perda de matéria orgânica, maior incidência de raios solares e maiores amplitudes térmicas. Comumente podem ser verificadas condições muito favoráveis para a formação de camadas compactadas no solo (substrato) que depende de maior ou menor grau das características do substrato, principalmente em decorrência do intenso movimento de máquinas (FONSECA, 1989; DIAS, 1996; BALISTIERI e AUMOND, 1997; NAU e SEVEGNANI, 1997; ZIMMERMANN e TREBIEN, 2001; COLTURATO, 2002).

Dentre os impactos indiretos, incluem-se mudanças na ciclagem de nutrientes, biomassa total, diversidade de espécies, instabilidade do ecossistema, alteração no nível do lençol freático e na disponibilidade de água superficial (ZIMMERMANN e TREBIEN, 2001). As alterações na topografia podem causar mudanças de direção de fluxos das águas de escoamento superficial, fazendo com que áreas que antes estavam em domínio da ação erosiva tornem-se áreas de domínio de deposição e vice-versa. No caso da mineração de argila, lagoas de decantação podem desempenhar bem o papel na sedimentação de material particulado, sendo necessário fazer manutenção regular para evitar o seu rompimento. Também pode ocorrer contaminação química do solo por vazamento e derramamento de óleos e graxas das máquinas que operam no local, ficando a utilização da área comprometida para as futuras gerações (FONSECA, 1989; COLTURATO, 2002).

3.1.3. Mineração de Argila em Santa Catarina

O pólo cerâmico da Região Sul de Santa Catarina é o maior produtor nacional de cerâmica vermelha. A concentração de olarias e empresas cerâmicas nessa região constitui um forte problema ambiental (ZIMMERMANN e TREBIEN, 2001).

Com relação a formação geológica do município de Doutor Pedrinho-SC, os solos em geral possuem textura argilosa, tornando a região em alvo para a extração de argila. A argila refratária encontrada na região, é um material de grande interesse econômico para indústria. A partir dela se produz a cerâmica branca, caracterizada pela cor branca ou clara de queima

de sua massa básica, em temperaturas superiores a 1.000° C, e sendo considerada um segmento da cerâmica tradicional (ou de silicatos). A preparação de um produto cerâmico desta classe abrange, de maneira geral, as seguintes etapas: seleção das matérias-primas, preparação, composição e homogeneização da massa cerâmica; formação dos corpos cerâmicos; secagem; queima; e acabamento (MOTTA, 2000).

Em Santa Catarina existem 15 municípios que possuem reservas de argilas refratárias, segundo informações do Departamento Nacional de Mineração – DNPM (2000), (Tabela 1), ou sob outro ponto de vista, existem 1.245.626.437 de toneladas em potencial para serem exploradas.

Tabela 1: Relação dos municípios de SC que possuem reservas de argilas refratárias (DNPM, 2000).

Municípios	Minério Contido (t)	Indicada	Inferida
Angelina	1.423.961		
Blumenau	1.953.548	308.550	
Campo Alegre	698.334	104.144	
Canelinha	4.467.868		
Canoinhas	1.507.040	5.577.812	
Criciúma	1.730.356	690.696	
Garuva	6.284.600		
Gaspar	698.355	1.629.495	
Ibirama	3.077.256	459.113	163.405
Lages	4.202.209	108.390.373	125.065.200
Navegantes	1.204.157.804	342.440.465	
Pomerode	1.958.400	979.200	
São Bento do Sul	1.635.687		
Timbe do Sul	10.245.678	5.980.725	2.990.362
Vidal Ramos	1.585.341	1.257.570	2.070.917
Santa Catarina	1.245.626.437	467.818.143	130.289.884

Fonte: DNPM (2000).

3.2. RECUPERAÇÃO, REABILITAÇÃO e RESTAURAÇÃO de ÁREAS DEGRADADAS

É comum encontrar os termos recuperação, reabilitação ou restauração em trabalhos que tratam da “recuperação” ambiental. O fato decorre principalmente da tradução desses termos do idioma inglês. Em certos momentos percebe-se que esses conceitos são tratados como sinônimos de um mesmo processo, mas em outros, os conceitos são acompanhados de polêmica e de choque entre si. Dessa forma, o objetivo aqui é apresentar os conflitos entre autores e órgão públicos sobre o assunto.

Praticamente toda legislação utiliza o termo recuperar, inclusive a Constituição Federal. Para o IBAMA (1990), a recuperação significa que o sítio degradado será retornado a uma forma e utilizado de acordo com o plano preestabelecido para o uso do solo. Implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais da circunvizinhança. Significa, também, que o sítio degradado terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem. Majer (1989), define recuperação como um termo genérico que cobre todos os aspectos de qualquer processo que visa a obtenção de uma nova utilização para a área. Inclui o planejamento e o trabalho de engenharia e normalmente, mas nem sempre, processos biológicos.

Do ponto de vista de Castro (1998), que discute aspectos legais da degradação ambiental, o termo - recuperar áreas degradadas - usado na legislação, não é adequado; deveria ser reabilitar que traduz corretamente o objetivo dessa obrigação. O verbo recuperar tem, na língua portuguesa e no latim (*recuperare*), o sentido de “adquirir novamente”, enquanto o verbo reabilitar significa “restituir ao estado anterior” ou “restituir à normalidade”. Por esse motivo o autor defende a idéia de que a legislação deveria usar o termo reabilitar. Ao citar outros autores, Majer (1989) define a reabilitação como retorno da área a um estado apropriado. Esse retorno não pode significar o uso produtivo da área em longo prazo, como a implantação de uma atividade que renderá lucro, ou atividades menos tangíveis em termos monetários, visando a recreação ou a valorização estético-ecológica. Brown e Lugo (1994) se opõem à definição anterior e consideram que reabilitação seja restituir ao estado anterior, à normalidade, retornando um sistema convertido ao estado relativamente original.

Brown e Lugo (1994) afirmam que restaurar se refere ao ecossistema convertido ao estado relativamente original e deve ser empregado para locais de preservação. Para Dias e Griffith (1998) o termo restauração é o mais impróprio a ser utilizado para os processos que

normalmente são executados, pois esse conceito refere-se à obrigatoriedade do retorno ao estado original da área, antes da degradação. Por retorno ao estado original entende-se que todos os aspectos relacionados com a topografia, a vegetação, a fauna, o solo, a hidrologia, etc, apresentem as mesmas características de antes da degradação, tratando-se de um objetivo inatingível.

A Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, regulamenta o art. 225 e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

Em seu Art. 2º Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

XIII - recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original;

XIV - restauração: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original.

Baseado nessa Lei, Reis, Espíndola e Vieira (2003) acrescentam que chegar o mais próximo possível de sua condição original significa trazer novamente ao ambiente todas as espécies e todas as interações existentes entre as mesmas. Isto, evidentemente, não pode ser pré-definido dentro de um espaço de tempo por executores de projetos de restauração, mas apenas serem previstas as probabilidades de um dia ser alcançado a semelhança com o ecossistema anteriormente degradado.

Pelo exposto e de acordo com a Lei 9985 (18/05/2000), será utilizado o termo recuperação nesse trabalho, que segundo definição é o que melhor se enquadra ao propósito do presente trabalho.

3.3. TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

A escolha ou criação de um modelo de restauração é um processo em constante aprimoramento, que vai desde a utilização de obras de engenharia, de adubações, à utilização de forrageiras, lianas, ervas, arbustos, arbóreas (nativas ou exóticas), ou mesmo a utilização de tecnologias como a inoculação de micorrizas e bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico nas raízes das plantas.

O plano de revegetação de uma área degradada deve ser a sucessão secundária¹, no sentido de recuperar a forma e a função da paisagem anterior. Este processo caracteriza-se principalmente por seu gradual aumento e substituição de espécies no tempo, em função das diferentes condições ambientais que vão se estabelecendo, às quais diferentes espécies se adaptam melhor. A substituição de uma comunidade por outra ocorre até ser atingido um nível onde muito mais espécies podem se expressar, no seu tamanho máximo, e onde a biodiversidade também é máxima (REIS, ZAMBONIN e NAKAZONO, 1999). Quanto maior o nível de interação entre as espécies da fauna, da flora e da comunidade do solo, mais eficiente será a dinâmica sucessional e, conseqüentemente a recuperação da resiliência local, ou seja, quanto maior a capacidade de uma comunidade em atrair, nutrir e dar condições de reprodução, mais rápida será sua restauração (REIS, ESPÍNDOLA e VIEIRA, 2003).

A condição para ocorrer a sucessão é ditada inicialmente pelo solo ou substrato, que é a base para a recuperação ambiental, pois nele será introduzida a vegetação, proposta pela maioria dos programas de recuperação. Assim, a presença da camada fértil com elevados teores de matéria orgânica² do solo, como a adição de serrapilheira, contribuem e dinamizam o desenvolvimento vegetal; são fontes de nutrientes e de sementes da vegetação local. A matéria orgânica varia consideravelmente entre um solo e outro, em diferentes sítios num mesmo perfil, e decresce com a profundidade. Seus teores em solos de superfície contêm desde traços até 20 ou 30% de carbono (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002). Sua função é: a) melhorar as características físicas do terreno com o aumento da porosidade (aeração) e da retenção de água, através da formação de grânulos no solo; b) servir de fonte de minerais

¹ A sucessão secundária é aquela iniciada em uma área habitada após a ocorrência de perturbação e influenciada pelo tipo de comunidade previamente existente (REIS, ESPÍNDOLA e VIEIRA, 2003). O conceito de sucessão define a tendência da natureza em estabelecer novo desenvolvimento em uma determinada área, correspondente com o clima e com as condições de solo locais. Se este desenvolvimento ocorre em uma área que já sofreu modificações, como uma área utilizada pela agricultura, ou que sofreu desmatamento, chamamos de sucessão secundária (ODUM, 1988).

² Matéria orgânica: fração orgânica, incluindo resíduos (frescos e em todos os estádios de decomposição) de plantas, micro e mesofauna, e o húmus relativamente estável (NELSON e SOMMERS, 1982).

para as plantas, pois a ela estão ligados o nitrogênio, o fósforo e o enxofre e; c) propiciar o desenvolvimento da comunidade microbiana do solo, formada por bactérias, fungos, algas, vírus e protozoários que atuam na decomposição de matéria orgânica (CARVALHO, 1998).

O estabelecimento da vegetação no solo é um dos passos necessários para formar a camada fértil, por meio da deposição de material orgânico, das excreções radiculares e matéria orgânica, quando ocorre a morte das raízes, da atração da fauna e das complexas interações solo-planta-animal. A diferente capacidade de penetração das raízes das plantas é conhecida de longa data. As raízes crescem e morrem no solo e neste processo, fornecem alimento e energia à fauna e à microflora do solo. Devido a produção de compostos orgânicos em quantidades significativas liberados na superfície das raízes, o desenvolvimento de organismos na rizosfera, pode ser 100 vezes maior do que em qualquer outro lugar no solo. Ao mesmo tempo, as raízes vivas modificam fisicamente o solo penetrando pelas fendas e abrindo novos condutos, que inicialmente são finos, mas aumentam à medida que as raízes engrossam e crescem (BRANDY, 1989). Essas galerias possuem enorme funcionalidade quanto ao arejamento do solo e aumento da infiltração de água (REINERT, 1998).

3.3.1. Transposição do solo

A regeneração natural também contribui para melhorar a fertilidade do solo, mas depende da dispersão de sementes das áreas de entorno e/ou de um banco de sementes, que se encontra na camada superficial do solo. Entretanto, em áreas degradadas as fontes de sementes e propágulos podem ter sido eliminados ou enterrados em profundidade, o que impede a sua emergência (CAMPELLO, 1996; DIAS e GRIFFITH, 1998). A transposição de solo de pequenos núcleos das áreas de entorno, e de distintos níveis sucessionais, de solo não degradado representa grande probabilidade de recolonização da área com a comunidade de microorganismos, sementes e propágulos de espécies vegetais pioneiras (REIS, ESPÍNDOLA e VIEIRA, 2003). Esta técnica permite a reintrodução de populações de espécies da micro, meso e macro fauna/flora do solo, incluindo os microorganismos decompositores, fungos micorrízicos, bactérias nitrificantes, minhocas, algas, etc, fundamentais no processo de ciclagem de nutrientes, reestruturação e fertilidade do solo, além das sementes de diferentes espécies (SILVA *et al.*, 1994).

Uma estratégia antiga é a criação de um tapete verde através da semeadura direta ou mais recente a hidrossemeadura, ambas utilizando coquetéis de gramíneas perenes exóticas e leguminosas. Esta estratégia visa a rápida cobertura do solo, a interrupção do processo erosivo, o desenvolvimento de sistemas radiculares profundos e o fornecimento de matéria orgânica ao solo. Estas características contribuem para melhorar as condições edáficas da área degradada, permitindo a instalação de espécies mais exigentes no local (REIS, ZAMBONIN e NAKAZONO, 1999).

Reis, Espíndola e Vieira (2003) ao invés de utilizar gramíneas perenes, recomendam gramíneas anuais, pois são capazes de produzir serrapilheira e promover o processo sucessional, tais como, a aveia preta (*Avena* sp. L.) e o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) para o inverno e o milheto (*Pennisetwn glaucum* (L.) r. Br.), o sorgo (*Sorghum bicolori* (L.) Moench.) e o teosinto (*Euchlaena mexicana* Schrad.) para o período de verão.

Ao invés do tapete verde, utilizar espécies arbóreas nativas ou exóticas (originadas fora da região onde ocorre a recuperação) num primeiro momento é incentivado por Kageyama, Reis e Carpanezzi (1992). A cobertura do solo pela comunidade vegetal em geral (lianas, arbustos e arbóreas) contribui para a formação do solo e para atingir o ponto de resiliência da área, sendo possível o retorno da situação desejável com custos reduzidos (CAMPELLO, 1996; DIAS e GRIFFITH, 1998).

Faria e Franco (1994) recomendam revegetar totalmente a área a ser recuperada, utilizando espécies florestais de rápido crescimento, combinadas com espécies de crescimento mais lento, pois essa técnica tem se destacado por fornecer o rápido recobrimento do solo, auxiliar na redução dos efeitos das chuvas e garantir a continuidade no processo de regeneração.

Outra possibilidade de restaurar áreas degradadas é por meio de ilhas de vegetação, onde o plantio ocorre na forma de ilhas e não em toda a área, com pioneiras e não pioneiras (secundária iniciais ou tardias e clímax) ou ilhas de não pioneiras e plantio de pioneiras por toda a área. Kageyama e Gandara (1994) defendem a utilização de espécies nativas com o máximo de diversidade possível, procurando recuperar tanto a estrutura, como a dinâmica da floresta, assim como Reis, Zambonin e Nakazono (1999) e Reis, Espíndola e Vieira (2003) afirmam que as espécies a serem introduzidas nas ilhas devem apresentar alta diversidade funcional. Uma técnica para selecionar espécies adequadas é coletar sementes presentes no banco de sementes das áreas de entorno por meio de coletores, ou coletar a partir de árvores matrizes dentro da floresta (a matriz deve ser sadia, de bom porte, com copas bem formadas e livres de doenças) de diferentes estágios sucessionais e período sazonais, para incluir

variadas formas de vida (ervas, arbustos, lianas, árvores e epífitas), e variadas síndromes de polinização e dispersão de sementes, a fim de garantir a produção de alimentos para esses animais durante todo o ano (REIS, ZAMBONIN e NAKAZONO, 1999).

A tendência natural da sucessão desse modelo, é avançar não de modo uniforme, mas em forma de manchas ou ilhas de vegetação, que se expandem para ocupar os espaços vazios. Essas ilhas de vegetação no meio da área degradada servem de postos de “avanços” para propagar o recobrimento vegetal (KAGEYAMA e GANDARA, 1994; GRIFFITH, 1994). Uma vez estabelecidas, as plantas crescem e se diversificam, melhorando os solos e o microclima do entorno da ilha. Dessa maneira, a comunidade vegetal da ilha consegue expandir por novos territórios até cobrir totalmente a área degradada (GRIFFITH, 1994). Deve-se levar em conta que o tempo para recolonizar a área varia entre o plantio em ilhas e o plantio extensivo, sendo que o primeiro apresenta recolonização mais lenta e custos menores, enquanto o segundo apresenta recolonização mais rápida e custos mais elevados.

Os polinizadores e dispersores de sementes são fundamentais para a manutenção do desenvolvimento das plantas em longo prazo (RICKLEFS, 1993), como por exemplo aves, morcegos, roedores e outros animais responsáveis por promover o cruzamento entre árvores, disseminando suas sementes pela floresta e contribuindo para a manutenção do fluxo gênico. Poleiros artificiais secos podem ser utilizados para atrair aves e morcegos, pois servem de opção de repouso em vôos realizados entre fragmentos vizinhos da área degradada.

O aumento do ritmo de colonização a partir de uma espécie promotora, no sentido de incrementar a diversidade florística e faunística, foi denominado nucleação. Essas características são observadas principalmente em espécies pioneiras capazes de ocuparem áreas em processo primário de formação do solo. Plantas que produzem muitos frutos e atraem aves dispersoras dessas sementes (plantas bagueiras), são nucleadoras como *Alchornea triplinervia*, *Ficus* sp., algumas palmeiras e muitas mirtáceas, sendo essas indicadas em programas de recuperação ambiental (REIS, ESPÍNDOLA e VIEIRA, 2003).

3.3.2. Hipótese Aumond

A técnica da formação de irregularidades no terreno (diques e bacias de contenção), vem sendo desenvolvida por Aumond (Geólogo e responsável técnico da Mineração Portobello Ltda.) e foi preliminarmente estudada por Regensburger (2000) e por Neppel

(2003). A seguir, serão apresentados os argumentos para a utilização da técnica, de acordo com Aumond (2003).

Nos sistemas degradados, as variáveis ecológicas (luminosidade, temperatura do solo, escoamento de água, ciclagem de nutrientes, entre outros), dificultam o aparecimento e enriquecimento da vida. A água que escoar na superfície desnuda, erode ainda mais o solo carreando macro e micronutrientes e, empobrece ainda mais a área degradada. A retenção da água será sempre menor nas áreas sem vegetação do que nas áreas em que essa viceja. A insolação direta na superfície do solo via condução, radiação solar e convecção provocam grande oscilação térmica no solo, seguida de enormes perdas de energia para a atmosfera.

Nas áreas degradadas, ocorrem grandes perdas de matéria e energia e, nesse sentido, surge a proposta para a formação da topografia irregular a fim de aumentar o fluxo de matéria e energia internamente nesse sistema (considerando que a área degradada seja um sistema). Nesta situação, a velocidade de escoamento superficial da água e o carreamento de partículas de solo são reduzidos, além de as partículas serem interceptadas e depositadas nas bacias de contenção. A água também será armazenada melhorando o abastecimento hídrico para as plantas, tanto em períodos normais como em períodos de seca. Os diques e bacias de contenção também propiciam maior variabilidade em nichos ambientais que poderão facilitar o estabelecimento e aumento da biodiversidade.

Superfície

Ao irregularizar a superfície do terreno (com diques e bacias de contenção), aumenta-se a superfície total da área, a heterogeneidade física, criando gradientes mais amenos de luz, temperatura e umidade do ar, além de aumentar a circulação interna de matéria (solo, água e nutrientes) (Figura 1). Por exemplo, parte da energia da água será gasta na erosão e sedimentação do solo, mas que nesse caso será mantido dentro do sistema. Haverá uma internalização da energia e da matéria no sistema que resultará num enriquecimento ecológico com maior variabilidade ambiental.

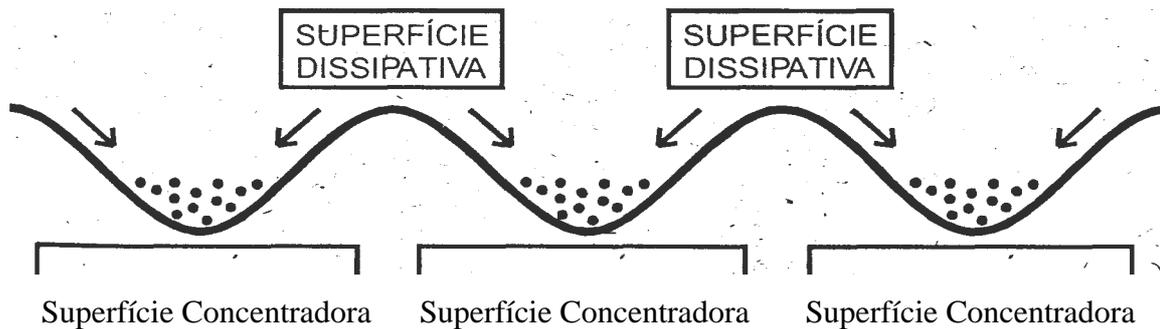


Figura 1. A associação de formas de superfícies côncavas (concentradoras) com formas de superfícies convexas (dissipadoras) induz ao fechamento e reorganização do sistema com introspecção dos fatores ecológicos, provocando a complementaridade e autonomia do mesmo. As superfícies côncavas funcionam como atratores de uma reorganização ambiental.

Outro aspecto importante da topografia irregular é o fato de que o material superficial que sofre erosão permanecerá dentro da área, diminuindo consideravelmente a poluição dos recursos hídricos.

Gradiente Térmico

A temperatura é um fator limitante dos processos fisiológicos e por conseguinte da própria fotossíntese, porque pode acelerar ou inibir as reações metabólicas. Em áreas com topografia irregular, a temperatura do solo e do ar é amenizada devido ao menor tempo de exposição direta ao espectro eletromagnético por unidade de área e devido ao processo de difusão da luz, mantendo-o numa faixa mais constante e propício ao metabolismo das plantas.

3.3.3. Serrapilheira

A serrapilheira é um importante componente do ecossistema florestal e compreende o material precipitado no solo pela biota. Este material inclui principalmente folhas, caules, frutos, sementes, flores e resíduos de animais (DIAS e OLIVEIRA, 1997). Alguns autores utilizam como sinônimos de serrapilheira os termos liteira ou “litter”.

A produção de serrapilheira controla diretamente a quantidade de nutrientes que retornam ao solo e por esta razão constitui um importante processo de controle da ciclagem

de nutrientes (BARNES *et al.*, 1997). Os nutrientes, fornecidos pela degradação desse material, são absorvidos pelas raízes das plantas e são usados no metabolismo das plantas, como crescimento e manutenção dos tecidos, proporcionando o desenvolvimento dos vegetais e, conseqüentemente, de todo o ecossistema.

A serrapilheira sobre o solo produz sombra e retém umidade, criando condições microclimáticas que influenciam na germinação de sementes e no estabelecimento de plântulas (MORAES *et al.*, 1998).

Os ecossistemas florestais tropicais apresentam produção contínua de serrapilheira no decorrer do ano (WERNECK *et al.*, 2001), sendo que a quantidade total produzida nas diferentes épocas depende do tipo de vegetação (LEITÃO FILHO *et al.*, 1993). Fatores bióticos e abióticos também influenciam na deposição da serrapilheira. Dentre eles destacam-se: latitude, altitude, temperatura, precipitação, estágio sucessional, herbivoria, disponibilidade hídrica e estoque de nutrientes no solo (PORTES *et al.*, 1996), umidade do solo (BURGHOUTS, PEDRALLI e GIESEKE, 1994) e vento (DIAS e OLIVEIRA, 1997).

A quantidade de serrapilheira depositada também pode variar dentro de um mesmo tipo de vegetação, dependendo do grau de perturbação da área. Áreas com elevado grau de perturbação, possuem mais espécies pioneiras, de crescimento rápido, que investem muito em produção de biomassa e acaba produzindo maior quantidade de serrapilheira. A situação é diferente em áreas menos perturbadas, pois apresentam mais espécies secundárias tardias, que produzem menos biomassa, mas apresenta maior longevidade.

3.3.4. Poleiros Artificiais

Dentro das florestas tropicais os níveis de interação planta/animal são intensos, destacando-se os processos de polinização, dispersão de sementes e herbivoria. A dispersão é o deslocamento dos propágulos vegetais (frutos ou sementes) a partir da planta-matriz. Assim, um animal frugívoro, ao transportar e perder uma semente ou fruto, executa o papel de dispersor (HOWE e SMALWOOD, 1982).

A interação entre plantas e animais é essencial para a diversidade genética dentro das populações arbóreas tropicais, através do fluxo gênico realizado via polinização e dispersão de sementes. Nas florestas tropicais a forma mais freqüente de dispersão das sementes é através dos animais (zoocoria). Cerca de 60 a 90% das espécies vegetais dessas florestas são adaptadas a esse tipo de transporte de propágulos (BAWA, *et al.*, 1985; MORELLATO e

LEITÃO-FILHO, 1992); para as árvores a dispersão de sementes é também em boa parte realizada por animais frugívoros (HOWE e SMALLWOOD, 1982). Este processo envolve animais mais generalistas do que na polinização, ou seja, uma espécie que possui fruto zoocórico, geralmente pode atrair animais de espécies, habitats, tipos e tamanhos bastante distintos, mostrando o papel essencial dos animais não só na continuidade da biodiversidade, mas também como construtores da diversidade das espécies tropicais.

Estudos que enfocam a dispersão de sementes são importantes por vários motivos. Entre eles, destaca-se o entendimento do processo de sucessão vegetal, uma vez que é a dispersão que o inicia. A dispersão de sementes também é importante para a recuperação de áreas degradadas, pois, para que se obtenham paisagens harmoniosas e auto-sustentáveis, é necessário que se considere a sucessão vegetal na recuperação dessas áreas (GRIFFITH, 1994).

McDonnell e Stiles (1983), estudaram a dispersão de sementes em campos abandonados e constataram que naqueles recém abandonados, com baixa complexidade estrutural de vegetação, houve menor dispersão de sementes do que nos mais antigos, onde são formadas manchas de vegetação que funcionam como focos de recrutamento de sementes. Quando a complexidade estrutural de campos recém-abandonados foi aumentada com poleiros artificiais, a dispersão de sementes foi incrementada. Os autores afirmam que a dispersão de sementes por aves parece estar diretamente relacionada com a complexidade estrutural da vegetação. Nessa situação de sinergia, a deposição de sementes por aves influencia a vegetação, e, reciprocamente, a presença de focos de recrutamento na vegetação pode influenciar os padrões de distribuição das aves que dispersam sementes. MacArthur e MacArthur (1961) e Erdelen (1984), citados por McClanahan e Wolfe (1987) sugerem que a altura e o desenvolvimento estrutural da vegetação, mais do que a composição florística, afetam a abundância e a diversidade de espécies de aves.

Uma contribuição para acelerar a sucessão vegetal, com o objetivo de revegetar áreas degradadas ou alteradas por ações antrópicas, é utilizar poleiros artificiais para pouso de avifauna como foco de recrutamento de sementes (GUEVARA e LABORDE, 1993; MELO, 1997; REIS, ESPÍNDOLA e VIEIRA, 2003). Muitas aves características de locais abertos, tais como bem-te-vi, siriri, sabiás, preferem pousar em galhos secos que dominam a região. A colocação de varas secas ao longo de áreas degradadas, oferece esse recurso para as aves, que por sua vez, ao ficarem pousadas mais tempo nesses poleiros artificiais, deixarão sobre o solo, sementes trazidas em seu intestino ou papo.

Bechara (2003) utilizou alguns modelos de poleiros artificiais aproveitando os recursos disponíveis em sua área de estudo como: o anelamento de pinus (“morte em pé”) mantendo os ramos da copa para servirem de poleiros; colocação de bambus de 7m de comprimento formando uma base triangular e com as pontas amarradas, realizando o plantio de mucuna na base do poleiro a fim de obter um poleiro verde e; montagem de um “poleiro de cabo aéreo”, que foi constituído pela ligação por meio de corda, entre as copas de 2 árvores adultas de *Pinus* (mortas) distantes aproximadamente 50m, imitando o fenômeno do pouso de aves na fiação da rede elétrica em paisagens rurais. O autor obteve resultados satisfatórios ao incrementar a chuva de sementes (dispersa por aves que pousaram nos poleiros) na área de estudo.

A grande vantagem dessa técnica, quando comparada às tradicionais técnicas de recobrimento vegetal, está no fato de que a composição florística da vegetação que cobrirá a área será semelhante à das áreas adjacentes, pois os propágulos serão provenientes dessas áreas. O seu baixo custo representa outra grande vantagem, uma vez que há necessidade de estabelecer apenas pontos artificiais de pouso para animais dispersores de sementes. A continuidade do processo de sucessão vegetal ocorrerá naturalmente após a dispersão dos propágulos no local. Como desvantagens e exigência da técnica, pode-se citar: lenta cobertura do local pela vegetação, necessidade de uma fonte de sementes próxima e presença de dispersores de sementes no local.

3.3.5. Caso da Exploração de Argila

No processo de mineração, as máquinas retiram a vegetação e as camadas superficiais do solo para explorar a matéria-prima de interesse, resultando em cavas e taludes que variam de 2 a 20 metros de profundidade. Isso gera a exposição de materiais altamente susceptíveis à fragmentação, desestruturados, sem agregados, em razão da ausência de matéria orgânica que atua como agente cimentante das partículas do solo na formação de agregados (ZIMMERMAN e TREBIEN, 2001). Por consequência, através da chuva, ocorre erosão do material superficial para os recursos hídricos e perda da resiliência na área, ou seja, alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo, sendo nessa fase, imprescindível a ação do homem para a recuperação ambiental. Assim, a atividade de mineração de argila refratária tem a degradação ambiental como uma consequência inerente ao processo.

Mas quando os trabalhos de exploração e recuperação são dinâmicos e simultâneos, o potencial para recuperar a área aumenta. Nau e Sevegnani (1997) e Carvalho (1998) sugerem que se tomem algumas medidas preventivas no controle de erosão e carreamento de sedimentos já no momento da abertura da mina como: a remoção da cobertura vegetal por etapas, em função do avanço da extração; cuidados com a drenagem através de abertura de valetas laterais; escarificação³ do substrato para aumentar a porosidade e permeabilidade.

De maneira geral, os trabalhos de extração de argila são iniciados com a retirada da vegetação, remoção e armazenamento da camada superficial (camada fértil do solo) ou aplicação imediata desta sobre uma outra área a ser recuperada. A seguir é feita a retirada de estéril, que não deve ser misturado com a camada fértil de solo para não comprometer a sua qualidade. O desmonte do estéril também é realizado com carregadeira, e transportado em caminhões, para preencher as outras cavas já exploradas.

Ao atingir o nível onde se encontra a argila refratária (matéria-prima de interesse) realiza-se a extração desse material utilizando retro-escavadeira, carregadeira e caminhões (COLTURATO, 2002). Os próximos passos se referem a recuperação ambiental.

Na área onde o presente estudo está inserido, Balistieri e Aumond (1997) descreveram a extração de argila em quatro etapas: 1) realiza-se a retirada da camada de matéria orgânica e põe-se em um local ao lado, com o auxílio de um trator de esteira, para ser utilizada posteriormente; 2) com a retroescavadeira, faz-se canais de drenagem, para que a água intersticial e pluvial escoe, permitindo a drenagem superficial e profunda; 3) retira-se desta região toda a argila adequada para uso cerâmico e separam-se os rejeitos (parte do solo que não é aproveitada na cerâmica, como arguas escuras, horizontes menos degradados quimicamente, etc.); 4) a argila extraída é levada a galpões de estoque em caminhões caçamba. Uma vez nos galpões, os diferentes tipos de argila encontradas no local (branca, cinza, amarela) são misturados até que se tenha a matéria prima adequada para uso em pisos cerâmicos. Medidas como, preenchimento de cavas, recomposição da topografia, reutilização de material superficial, plantios de forrageiras e/ou arbóreas ocorrem há muitos anos nessa área, sempre buscando melhorias nas técnicas de recuperação.

Nesse sentido, uma etapa importante na recuperação da área, é a recomposição da topografia com o auxílio de trator de esteiras (CARVALHO, 1998). O objetivo da recomposição topográfica é recriar uma paisagem numa condição aproximada ao estado

³ A escarificação visa a descompactação do terreno, através do aumento da porosidade e da permeabilidade do solo com a utilização de máquinas, revolvendo a camada superficial até a profundidade de 50cm (Carvalho, 1998).

anterior (TOY, 1998). Assim, os taludes formados na abertura da cava podem ser suavizados ou podem ser preenchidos com material estéril (parte do horizonte B e/ou C). Sabe-se que o manejo adequado (preenchimento da cava com horizonte C e B respectivamente) nessa fase contribui, consideravelmente para o processo de recuperação da área, como afirma Toy (1998): “a recomposição topográfica será o fundamento para o restante das práticas de recuperação ambiental que envolve paisagem, solo, vegetação, fauna etc”.

Entretanto Zimmerman e Trebien, (2001) e Colturato (2002) afirmam que comumente, no preenchimento das cavas ocorre a inversão dos horizontes originais do solo, ou seja, primeiro o horizonte B seguido pelo C ou ainda a mistura dos dois. Como consequência desse manejo inadequado haverá, entre outros problemas, a redução da fertilidade do solo, a compactação e a dificuldade no estabelecimento da vegetação. Em geral, quando isso acontece, as preocupações que regem essa etapa são no sentido de esconder as cavas produzidas no momento da lavra e burlar a fiscalização, ignorando todos os demais objetivos.

Outro procedimento imprescindível na fase de recuperação da área lavrada em mineração a céu aberto e que tem trazido bons resultados, é o retorno do horizonte superficial do solo à área minerada. Este material ao ser retirado de área adjacente deve ser imediatamente espalhado sobre uma outra área a ser recuperada, para maximizar seus efeitos biológicos, além de evitar o seu armazenamento para minimizar custos de transporte. Em adição, o armazenamento implica em perda de material biológico, perda de sementes trazidas junto com o banco de sementes, e compactação do solo devido a intensa movimentação de máquinas (NAPPO, 1999; DIAS, 1996; CARVALHO, 1998).

Na área de estudo do presente trabalho, após alguns anos de experimentação, a etapa 1, anteriormente descrita, foi alterada no sentido de maximizar os efeitos do “solo orgânico” (material superficial), evitando que o mesmo seja armazenado, sendo o mesmo imediatamente espalhado sobre outra área a ser recuperada. Também foram melhoradas as condições de contenção de sedimentos decorrentes da erosão do material superficial. Anteriormente havia duas lagoas que receptavam os sedimentos de toda a área minerada e isso implicava custos horas/máquinas para os trabalhos constantes de desassoreamento das mesmas. Atualmente, como parte do processo de recuperação, são produzidos diques e bacias de contenção na área total a ser recuperada, verificou-se logo no primeiro ano de uso da prática, a redução de 140 horas/máquina/ano para 20 horas/máquina/ano.

A rápida cobertura do solo tem sido enfatizada em trabalhos que abordam questões de recuperação de áreas degradadas em função dos seus benefícios. Se a área continuar

desnuda, a camada superficial (fértil) será erodida, deixando o solo quase tão pobre quanto o rejeito de minério. Nesse sentido, o solo superficial espalhado sobre a área traz sementes ao local que germinam e cumprem o primeiro papel de recobrimento do solo. Sempre que as condições do solo permitirem, deve-se fazer plantios de enriquecimento com herbáceas, arbustos ou arbóreas, selecionando preferencialmente espécies nativas e visando à combinação de grupos ecológicos (pioneiras, secundárias e clímax), podendo o arranjo de plantio ser realizado de diversas maneiras (blocos, quincôncios, ilhas de vegetação, plantios densos etc.). Estes aspectos têm implicações diretas quanto à eficácia e custos das recuperações (FONSECA, 1989; NAU e SEVEGNANI, 1997; NAPPO, 1999; COLTURATO, 2002).

Nau e Sevegnani (1997), recomendam o plantio de nativas ou exóticas em área de mineração de argila como *Lupinus* sp., *Vicia sativa*, *Mimosa scabrella*, *Mimosa bimucronata*, *Crotalaria* sp., *Mucuna* sp. pelo alto potencial que as leguminosas oferecem para a reconstituição de um novo solo. Acrescentam que os berços (covas) devem ser largos, profundos e bem adubados, uma vez que os rejeitos de mineração são de textura argilosa e pobre em matéria orgânica o que dificulta a percolação da água e a expansão radicular para além dos limites desses berços. No caso específico da área de estudo, como agravante tem-se teores de silte no solo que variam de 38 a 40 %.

3.4. LEGUMINOSAS

3.4.1. Leguminosas na Recuperação de Áreas Degradadas

O uso de leguminosas para a recuperação de solos degradados pela agricultura, pastagem, mineração e áreas degradadas em geral tem se mostrado como uma técnica de grande viabilidade econômica. As leguminosas desenvolvem-se bem em ampla faixa de condições edáficas, toleram condições ambientais extremamente adversas, apresentam elevada produção de biomassa, e principalmente, apresentam associações simbióticas (POGGIANI, 1981; FRANCO, DIAS e FARIA, 1992; FERNANDEZ, MACHADO e DIAS, 1994; FARIA e FRANCO, 1994; KAGEYAMA e CARPANEZZI, 1992; CAMPELLO, 1996; DIAS, 1996; SOUZA e SILVA 1996; NAU e SEVEGNANI, 1997; REGENSBURGER, 2000).

O nitrogênio da atmosfera corresponde a 93,8% do nitrogênio total, sendo que apenas 0,04% está disponível para os organismos. As principais formas para fixar nitrogênio ocorre por descargas elétricas, por processos industriais (Haber-Bosch⁴), e por fixação biológica de nitrogênio (FBN). Apenas poucos procariontes possuem a enzima nitrogenase capaz de reduzir o N₂ para a forma inorgânica combinada NH₃ que pode então se tornar disponível para plantas e outros organismos. Esses organismos são chamados de fixadores de N₂ ou diazotróficos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002), dando-se às leguminosas o papel principal nesse processo. Essa simbiose⁵ se caracteriza pela formação de nódulos nas raízes e excepcionalmente no caule.

O grupo de maior importância, para a fixação de nitrogênio nos ecossistemas, identifica-se como o das bactérias diazotróficas do gênero *Rhizobium* em associação com plantas da família das Leguminosae. O termo rizóbio é normalmente utilizado de forma genérica, mas em termos taxonômicos as bactérias são classificadas como *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium* e *Sinorhizobium* (CAMPELLO, 1996). A fixação de N₂ atmosférico está restrita a essas bactérias que ocorrem no solo ou associadas a algumas espécies vegetais.

⁴ Produção industrial de fertilizantes nitrogenados utilizando temperaturas (>400°C) e pressões elevadas (>10⁷ Pascal) para quebrar a ligação tripla do N₂ e o transformando em N₃.

⁵ No conceito original simbiose significa vida conjunta de organismos dissimilares sem levar em conta a natureza da relação, isto é se parasítica ou mutualista. A simbiose rizóbio com leguminosas é geralmente subentendida como sendo mutualista (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

Com relação aos aspectos ecológicos, as leguminosas fixadoras de nitrogênio atmosférico tendem a dominar os estágios iniciais da sucessão secundária. À medida que a sucessão ecológica avança, as taxas de nitrogênio vão sendo incrementadas no solo e o ecossistema adquire maior capacidade para suportar uma comunidade vegetal mais complexa. A FBN ocorre somente sob condições muito baixas de nitrogênio no solo, e a partir dessa fase, as espécies fixadoras vão sendo lentamente substituídas por espécies de outros estágios serais.

Pesquisas sobre processos microbiológicos em leguminosas como fixação biológica de nitrogênio, possibilita seu uso sob reduzidos custos. Levantamentos da capacidade de nodulação e fixação de nitrogênio em espécies arbóreas e arbustivas de leguminosas, bem como da associação com fungos micorrízicos, possibilitou a produção de estirpes desses rizóbios e fungos em laboratório, proporcionando após a inoculação, maior sobrevivência das espécies em ambientes mais rústicos (CAMPELLO *et al.*, 1994; FARIA e FRANCO, 1994).

Um levantamento realizado no Brasil diagnosticou 635 espécies leguminosas nativas ou exóticas, com capacidade de fixar nitrogênio, sendo muitas delas com potencial para recuperação de solos degradados. Silva *et al.* (1994) recomendam a inoculação de rizóbio juntamente com fungos micorrízicos para maximizar o potencial de algumas leguminosas quando utilizadas na recuperação de solos.

Franco, Campello e Faria (1995), recuperaram uma área degradada pela mineração de bauxita plantando leguminosas arbóreas associadas a microrganismos fixadores de nitrogênio (rizóbios) e fungos micorrízicos. As árvores promoveram a produção abundante de biomassa que está diretamente associada a formação da matéria orgânica. Essa por sua vez, ao sofrer o processo de decomposição, disponibilizou nutrientes e aumentou o potencial produtivo daqueles solos. O sucesso desta técnica de recuperação já havia sido constatado em áreas de mineração em Porto Trombetas (PA), Barcarena (PA), São Luiz (MA) e Paracatu (MG).

Em ensaios conduzidos em Porto Trombetas/PA, em área de mineração de bauxita, foram testadas as espécies arbóreas *Eucalyptus pellita* e a leguminosa *Acacia mangium* (essa inoculada com rizóbio e micorrizada). Verificou-se que num período de nove a dez anos de cultivo que *A. mangium* apresentou maior produção de folhas e ramos (melhores condições de fertilidade do solo) do que o eucalipto (DIAS, 1996). Solos degradados necessitam, além de um grande aporte de carbono e de demais nutrientes, também de proteção contra o impacto da chuva e da ação direta dos raios solares.

Em outro ensaio instalado sob estéril de mineração de bauxita, comparou-se o crescimento de leguminosas e não leguminosas de rápido crescimento. Aos 19 meses as espécies fixadoras de nitrogênio apresentaram no geral melhor crescimento a citar *Acacia mangium*, *A. auriculiformis*, *A. holocericea*, *Mimosa cesalpiniaefolia* do que as não fixadoras como *Senna siamea*, *Byasonina crassifolia*, *Cassia leiandea* e *Gopia glaba* (Souza e Silva, 1996).

3.4.2. Características Ecológicas da Bracatinga e Uso na Recuperação de Áreas Degradadas

Tratando-se especificamente da *Mimosa scabrella* (bracatinga), levantamentos históricos revelaram que o seu plantio já era praticado desde 1909, sendo usada para diversos fins, diretos e indiretos, como: arborização urbana e paisagismo, sombreamento de cafezais (em outros países), forragem, produção de lenha, carvão e como melífera (CARPANEZZI, 1997).

A espécie já foi amplamente estudada (CÂNDIDO e GRIFFTH, 1978; POGGIANI, 1981; MASCHIO, MACEDA e RAMOS, 1990; PROJETO FAO-GCP/BRA/025/FRA, 1990; MONTOYA e MASCHIO, 1993; JESUS, 1994; GAIAD e CARPANEZZI, 1984; NAU e SEVEGNANI, 1997; CARPANEZZI, 1997, REGENSBURGER, 2000), para a conservação e recuperação de solos degradados, tais como: solos decapitados por terraplanagem; solos alterados pela mineração; solos erodidos; áreas de empréstimo e margens de reservatórios de hidrelétricas. Normalmente apresenta resultados surpreendentes, principalmente quando plantada dentre de sua faixa altimétrica (800 a 1.600 metros de altitude).

O Projeto FAO-GCP/BRA/025/FRA (1990) testou o desenvolvimento da bracatinga em sistema de plantio por mudas (cujas sementes foram inoculadas com rizóbio), semeadura direta com inoculação de rizóbio e semeadura direta sem inoculação aos 18 meses. Foi constatado que o desenvolvimento em altura, diâmetro e volume foi respectivamente de 4,0m; 2,4m²/ha e 11,1m³/ha para as mudas; 3,9m; 2,3m²/ha e 8,9m³/ha para a semeadura com rizóbio e; 3,7m; 1,9m²/ha e 7,6m³/ha para semeadura sem rizóbio. Concluiu-se que os povoamentos implantados com mudas apresentaram maior sobrevivência e maior incremento em volume final por hectare, considerando a média dos tratamentos. Entretanto, esse fato foi

influenciado principalmente pela densidade, que foi maior nesse tratamento, além de que a superioridade do plantio por mudas não passou de 10 a 15% em relação à semeadura direta.

Regensburger (2000), comparando o desenvolvimento de bracatingas inoculadas e não inoculadas em área degradada pela mineração de argila, não encontrou diferenças significativas entre um tratamento e outro, além de que a espécie apresenta associação simbiótica com rizóbio de modo promíscuo. Por essa razão, optou-se por não inocular as plantas no presente estudo. Considerando que as sementes foram germinadas em solo nativo, considerou-se que as bracatingas poderiam desenvolver associação simbiótica.

A bracatinga é considerada uma espécie facilitadora da sucessão secundária devido à melhoria nutricional conseguida pela deposição de serrapilheira que é rica em nitrogênio fixado simbioticamente da atmosfera (CALLAWAY, 1995), além de contribuir para o desenvolvimento e reprodução da comunidade do solo, que constitui elos importantes das cadeias biológicas (MASCHIO, MACEDA e RAMOS, 1990). Também observou-se que mesmo em altas densidades, o sub-bosque do bracatingal é bastante diversificado (Klein, 1981).

Baggio *et al.* (1995), avaliaram o sub-bosque de bracatingas com altura a partir de 2m em talhões de 7 anos de idade, e encontraram 82 espécies arbóreas, pertencentes a 34 famílias. O fato pode ser atribuído a um conjunto de fatores como sombreamento moderado, serrapilheira espessa e com materiais em variados graus de decomposição, e condições químicas do solo, decorrentes da deposição do folhedo.

Uma mineradora de bauxita realizou o plantio homogêneo de bracatingas aproximadamente há 20 anos, sendo observado atualmente o declínio dos indivíduos oriundos do plantio. Entretanto, o sub-bosque apresenta diversas espécies arbóreas e arbustivas, o que sugere a retomada da diversidade florística no processo de sucessão secundária. Nappo (1999), estudou a regeneração natural dessa área e identificou 69 espécies pertencentes a 30 famílias, constatando que a área se encontra em processo de sucessão secundária.

Em um estudo realizado na mina de argila da Mineração Portobello Ltda., em Doutor Pedrinho/SC, Regensburger (2000) avaliou leguminosas e não-leguminosas, constatando que a bracatinga foi a espécie que melhor suportou as condições adversas, apresentando índice de sobrevivência de 70%. Após 1,5 ano a altura média das árvores era de 4,5 metros, sendo observado um sub-bosque diversificado. Outro estudo na Costa Rica verificou que a sobrevivência da espécie chegou a 94% (PROJETO FAO-GCP/BRA/025/FRA, 1990).

Reichmann Neto e Santos Filho (1982), estudando o efeito do plantio de bracatinga e gramíneas em área de afloramento de um horizonte C, denominada área de empréstimo, obtiveram resultados satisfatórios: formação de um pequeno horizonte superficial orgânico; diminuição da densidade do solo e incorporação de matéria orgânica.

Ao estudarem a produção de folheto da bracatinga em áreas de mineração de xisto betuminoso, Poggiani e Monteiro (1990) observaram mudança acentuada na produção deste à medida que as árvores envelheciam. A deposição de folheto de bracatinga dos 4 aos 6 anos de idade, apresentou valores totais anuais entre 5t e 7t por hectare/ano, e a seguir dos 7 aos 11 anos, valores entre 2t e 3t.

Em se tratando das características ecológicas da bracatinga, *Mimosa scabrella* Benth, a espécie pertence à família das Leguminosae, sub-família Mimosoideae. A espécie ocorre preferencialmente entre 400m e 1800m de altitude, onde a precipitação média anual fica entre 1300mm e 2300mm, com distribuição uniforme e sem estação seca (Região Sul), com diminuição das chuvas no inverno, podendo ocorrer déficit hídrico leve neste período (Região Sudeste). A temperatura média anual na região de ocorrência varia entre 12° e 20°C (CARPANEZZI e CARPANEZZI, 1992; PROJETO FAO-GCP/BRA/025/FRA, 1990).

A espécie é nativa do Sul do Brasil, encontrada na Floresta Ombrófila Mista (presença de araucária) nas formações Montana e Alto Montana, bem como nas florestas secundárias, principalmente em capoeiras e capoeirões (LORENZI, 1998). Distribui-se geograficamente nos estados de MG, PR, RJ, RS, SC, SP (CARVALHO, 1994; CARPANEZZI, 1997).

A vida da bracatinga é relativamente curta, admitindo-se que a duração individual máxima não ultrapasse 25-30 anos, em sua ocorrência natural (LORENZI, 1998).

A espécie é arbórea, semidecídua, pioneira edáfica⁶, heliófila⁷, atingindo normalmente 12m de altura. É uma planta bastante indiferente quanto às condições físicas do solo, ocorrendo espontaneamente em terrenos rasos a profundos e de fertilidade variável, na maioria pobre, com pH entre 3,5 a 5,5, com textura franca a argilosa e bem drenado. Tolera terrenos pedregosos e terraplenados e se destaca por colonizar terrenos nus via sementes (CARPANEZZI e CARPANEZZI, 1992). Por outro lado, pode-se afirmar que a bracatinga é muito sensível às condições de drenagem dos terrenos; e em solos mal drenados, apresenta

⁶ Pioneira edáfica – ocupa locais onde as condições do solo são muito adversas. Essas espécies representam um grande potencial para recuperação de áreas degradadas.

⁷ Heliófila – planta que necessita da incidência direta de raios solares para seu melhor desenvolvimento.

crescimento reduzido e elevada mortalidade, sendo essa considerada restrição edáfica (PROJETO FAO-GCP/BRA/025/FRA, 1990).

A floração, ocorre nos meses de junho a outubro e frutifica nos meses de novembro a março. O fruto é anual e do tipo vagem contendo de 2 a 4 sementes pretas (CARPANEZZI, 1997).

Árvores com copas desenvolvidas, de crescimento livre, produzem em média de 1 a 2 quilos de sementes/pé ano. O número de sementes por quilograma varia entre 58.000 e 80.000. As sementes apresentam dormência tegumentar, podendo ser superada através da imersão em água quente a 80°C, deixando-se esfriar até a temperatura ambiente; ou por imersão em ácido sulfúrico concentrado (93% de pureza) por 4 minutos, sendo em seguida lavado com água. Em ambientes naturais a quebra de dormência se dá pelo aquecimento solar ou fogo. (PROJETO FAO-GCP/BRA/025/FRA, 1990; CARVALHO, 1994; CARPANEZZI, 1997). A produção de sementes da bracatinga pode iniciar no primeiro ano, em árvores vigorosas, mas ocorre, comumente, a partir de três anos de idade, sempre em árvores bem ensolaradas (EMBRAPA, 1988).

Seu sistema radicular é superficial e apresenta associação simbiótica de modo promíscuo, com *Rhizobium* sp., formando nódulos coralóides, com distribuição homogênea e com atividade da nitrogenase, indicando a fixação de nitrogênio atmosférico (FARIA, MOREIRA e FRANCO, 1984; GAIAD e CARPANEZZI, 1984).

3.5. LEGISLAÇÃO NO CONTEXTO DA MINERAÇÃO

Por ser a mineração uma atividade causadora de impacto ambiental, a importância da recuperação das áreas degradadas por essa atividade tem sido ressaltada em vários trabalhos, entre eles: IBAMA (1990), Carpanezzi *et al.* (1990), Kageyama, Reis e Carpanezzi (1992), Griffith (1994), Jesus (1994), Nau e Sevegnani (1997), Balistieri e Aumond (1997), Carvalho (1998), Reis, Zamboni e Nakazono (1999), Zimmermann e Trebien, (2001). Por outro lado, a atividade mineral é plenamente lícita e tem gerado inúmeros recursos para os municípios e estados, sendo que desde o Brasil Colônia, tal atividade tem papel importante na economia do país. Convém ressaltar, entretanto, que durante o regime imperial não havia tratamento legal sobre tal atividade.

Os recursos minerais são bens da União (Constituição Federal Art. 20), a quem compete legislar sobre eles (Art. 22). Atualmente, o Decreto-lei nº 227 de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração) e a legislação correlata constituem-se nos pilares legais da atividade mineral, sendo a administração de recursos minerais realizada pela União através do Departamento Mineral do Ministério das Minas e Energia.

Convém ressaltar, que a Constituição Federal de 1988, também passou a regulamentar devidamente a atividade mineral. Consoante se percebe, o art. 20, IX da referida Carta Magna, que prescreve que os recursos minerais, inclusive os do subsolo são bens da União, sendo que o art. 22, XII complementa que compete privativamente à União legislar sobre jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia. No que concerne a questão ambiental, a Lei Maior passou a tratá-la de forma mais específica, principalmente em relação à exploração e recuperação de áreas degradadas pela mineração.

A extração de argila pode ser enquadrada em três regimes de aproveitamento definidos no Código de Mineração: o Regime de Licenciamento; o Regime de Autorização e o Regime de Concessão (Tabela 2).

Tabela 2. Regimes de aproveitamento mineral para argila.

Regimes de aproveitamento e exploração	Objetivo	Instituto Formal	Competência
Autorização	Pesquisa mineral	Alvará de Autorização de Pesquisa	Diretor Geral do DNPM
Concessão	Lavra da jazida	Portaria de concessão da lavra	Ministro das Minas e Energia
Licenciamento	Lavra da jazida para uso imediato na construção civil ou fabrico de cerâmica vermelha	Licença específica do município e Registro da Licença no DNPM	Prefeitura Municipal e Diretor de Distrito do DNPM

Fonte: Código de Mineração.

Levando em consideração o fato da atividade de mineração causar intenso impacto ambiental (FONSECA, 1989), mas ser extremamente importante para o desenvolvimento econômico do país, impõem-se a necessidade de haver normas específicas reguladoras sobre a questão.

Neste ponto, na tabela 3 estão apresentados os principais diplomas legais incidentes sobre a mineração de argila em âmbito federal e estadual, respectivamente.

Tabela 3: Principais diplomas legais de âmbito federal e estadual incidentes na mineração de argila.

	Diploma	Ano	Descrição
Âmbito Federal	Lei Federal 4771	1965	Código Florestal: disciplina e uso dos recursos naturais.
	Decreto-Lei 227	1967	Código de Mineração: dispõe sobre a competência da União em administrar os recursos minerais entre outros.
	Lei Federal 6567	1978	Dispõe sobre regime especial para exploração e aproveitamento das substâncias minerais.
	Lei Federal 6938	1981	Dispõe sobre a política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.

Continuação			
	Constituição Federal	1988	Artigos 21, 22, 23, 24, 26, 48, 49, 91, 153, 155, 170, 174, 176, 177, 225 e 231.
	Lei Federal 7805	1989	Altera o Código de Mineração.
	Lei Federal 8982	1995	Dispõe sobre a exploração e aproveitamento das substâncias minerais.
	Lei Federal 9314	1996	Altera dispositivos do Código de Mineração.
	Lei Federal 9605	1998	Lei de Crimes Ambientais: dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
	Decreto Federal 98812	1990	Regulamenta a Lei 7805/89.
	Resol. CONAMA 01	1986	Estabelece a obrigatoriedade de elaboração de EIA/RIMA para várias atividades potencialmente poluidoras, dentre elas e mineração.
	Resol. CONAMA 09	1990	Estabelece normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral das classes I, III, IV, V, VI, VII, VIII e IX.
	Resol. CONAMA 10	1990	Estabelece normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral da classe II.
	Instrução Normativa DNPM 05	2000	Estabelece elementos de instrução e prova para requerimentos de registro de licença, de pesquisa.
	Portaria DNPM 315	1986	Define as argilas empregadas no fabrico de cerâmica vermelha.
	Portaria DNPM 237	2001	Aprova as Normas Reguladoras de Mineração (NRM). Contém 22 anexos que estabelecem normas para diferentes aspectos da mineração.
Âmbito Estadual	Lei Estadual 5.793	1980	Dispõe sobre a proteção e melhoria da qualidade ambiental e dá outras providências
	Constituição do Estado de Santa Catarina	1989	Trata sobre o Meio Ambiente

Continuação

Lei Estadual 9.428	1994	Dispõe sobre Política Florestal do Estado de Santa Catarina e dá outras providências.
Lei Estadual 9.807	1994	Define a vegetação primária e secundária nos estágios avançado, médio e inicial de regeneração da MATA ATLÂNTICA, sua supressão e exploração, e dá outras providências
Lei Estadual 10.472	1997	Dispõe sobre a política florestal do Estado de Santa Catarina e adota outras providências.
Lei Estadual 9.748	1997	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências
Lei Estadual 10.720	1998	Dispõe sobre a realização de auditorias ambientais e estabelece outras providências.
Lei Estadual 12.566	2003	Institui o Código Estadual de Proteção aos Animais
Decreto 14.250	1981	Regulamenta dispositivos da Lei nº 5.793, referentes à proteção e a melhoria da qualidade ambiental
Portaria Intersetorial	1992	Aprova a Listagem das Atividades Consideradas Potencialmente Causadoras de Degradação Ambiental.
Resolução Conjunta	1995	Regulamenta o corte, a supressão e exploração de Vegetação Secundária no estágio inicial de regeneração da Mata Atlântica, no Estado de Santa Catarina, conforme artigo 4º do Decreto Federal 750 de 10 de fevereiro de 1993, e dá outras providências
Lei Estadual 5.793	1980	Dispõe sobre a proteção e melhoria da qualidade ambiental e dá outras providências

Fonte: Legislação Federal e Estadual

Além das normas estabelecidas pelos diplomas legais listados, há também outras normas, de caráter técnico, editadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas

(ABNT), que incidem sobre a mineração. Esses instrumentos normativos são amplamente úteis e necessários como referenciais para todos os procedimentos realizados na mineração.

As principais normas editadas pela ABNT que incidem sobre a mineração são apresentadas na tabela 4.

Tabela 4: Principais normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que incidem na mineração de argila.

Norma Técnica	Ano	Descrição
NBR 8885	1985	Grandezas e unidades de medida na lavra a céu aberto.
NBR 8969	1985	Poluição do ar.
NBR 9061 (NB 942)	1985	Segurança de escavação a céu aberto.
NBR 9355 (NT 285)	1986	Pesquisa de jazidas de minerais metálicos, não metálicos e carvão.
NBR 9653 (NB 1036)	1986	Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos em minerações em áreas urbanas.
NBR 9896 (TB 145)	1987	Poluição das águas.
NBR 10004 (CB 155)	1987	Resíduos sólidos
NBR 10151 (NB 1095)	1987	Avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade.
NBR 10181 (TB 319)	1988	Lavra de jazida de minerais metálicos, não metálicos e carvão.
NBR 11682	1991	Estabilidade de taludes.
NBR 12649	1992	Caracterização de cargas poluidoras em mineração.
NBR 13028 (NB 1464)	1993	Elaboração e apresentação de projeto de disposição de rejeitos de beneficiamento, em barramento, em mineração.
NBR 13029	1993	Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril, em pilha, em mineração.
NBR 14063	1998	Óleos e graxas – processos de tratamento em efluentes de mineração.
NBR 13030	1999	Elaboração e apresentação de projetos de reabilitação de áreas degradadas pela mineração.

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

4. MATERIAL & MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se no município de Doutor Pedrinho-SC, no Médio Vale do Itajaí a uma latitude de 26°42'52'' S, longitude de 49°29'00'' W de Greenwich e altitude de 530 metros. O município tem área de 375 Km² e limites territoriais ao norte com os municípios Rio dos Cedros e Rio Negrinho; ao sul com Benedito Novo e José Boiteux; a leste com Benedito Novo e Rio dos Cedros e a oeste com José Boiteux, Mafra e Rio Negrinho (Figura 2). A agropecuária é a principal atividade econômica do município, que apresenta 497 estabelecimentos. Apesar de muitas áreas serem exploradas e devastadas, 40% da área do município ainda é ocupada por florestas nativas (EMSTERS, 1997).

A área de pesquisa é uma mina de argila refratária destinada à produção de cerâmica e vem sendo explorada desde 1987 pela empresa Cerâmica Portobello S.A. Essa mina possui 96,14 hectares, dos quais aproximadamente 35 hectares já foram explorados, ficando a 12km do centro do município, numa localidade chamada de Campo Formoso, cuja altitude aproximada é de 900 m. Antes do processo de mineração havia uma parte coberta por floresta, outra com pastagens e ainda três lagoas, as quais foram mantidas.

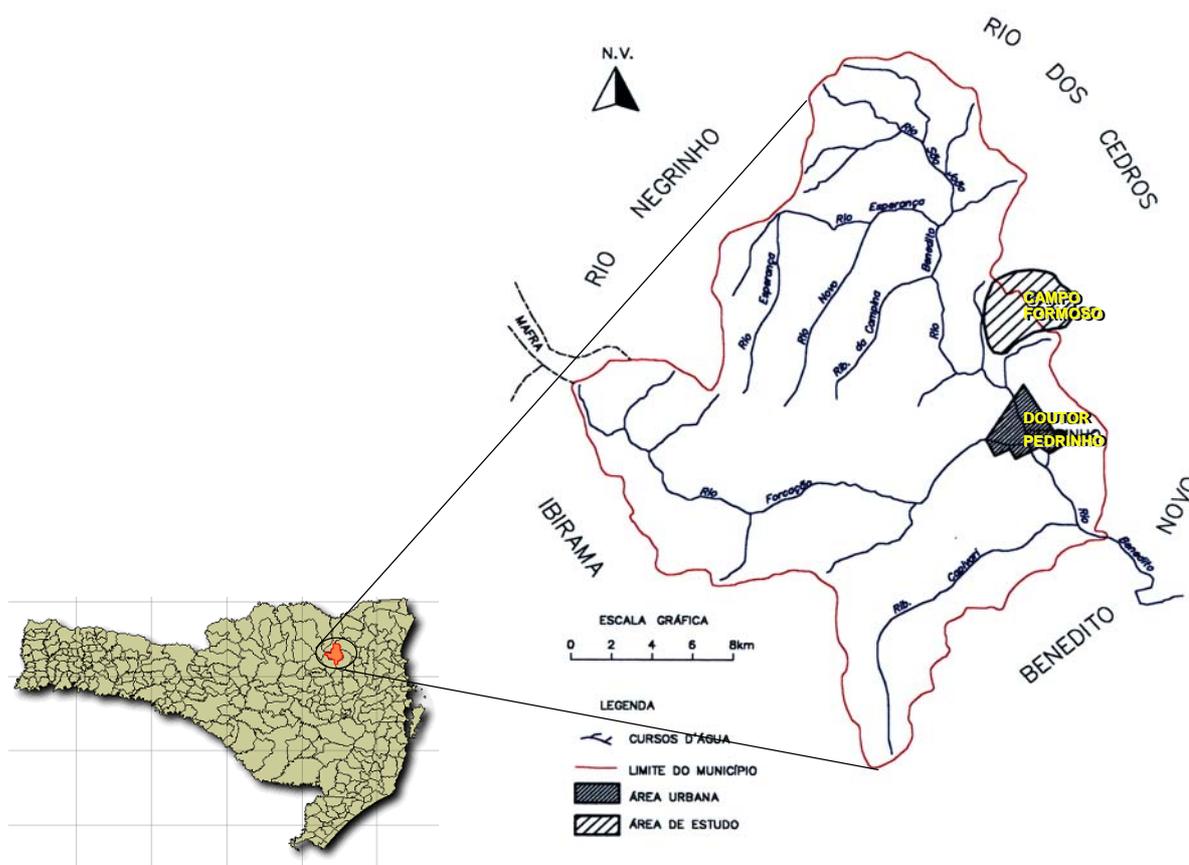


Figura 2. Em destaque, no Estado de Santa Catarina, está o Município de Doutor Pedrinho. Na ampliação, destaque para a localidade de Campo Formoso, onde se encontra a mina de argila e a área do presente estudo.

4.1.1. Geologia

A coluna estratigráfica regional resultou da deposição, na Bacia do Paraná, de espessas e extensas seqüências de sedimentos predominantemente finos, desde o Carbonífero até o início do Mesozóico. Tais sedimentos formaram estratos de siltitos, folhelhos, argilitos, arenitos, arcóseos e conglomerados, com intercalações de lentes e camadas de carvão e calcário. A alteração intempérica dos folhelhos gondwânicos, que leva à formação de argilas de interesse econômico, ocorre na forma verticalizada, iniciando-se na porção superior da camada de solo orgânico, migrando para o horizonte B, e chegando até o horizonte C, onde são encontrados fragmentos de folhelhos alterados quimicamente (AUMOND, 1984). O material de interesse para a produção de cerâmica encontra-se especialmente no horizonte C e em parte do B.

4.1.2. Relevo

O relevo desta micro-região abrange principalmente colinas de perfis arredondados e pouco florestados, separadas por vales abertos, com encostas suavemente inclinadas e talwegues assoreados. Os desníveis topográficos da região não excedem 300 metros em seus extensos altimétricos (AUMOND, 1984).

4.1.3. Hidrografia

A área de pesquisa abrange parte das bacias hidrográficas do Rio Benedito e do Rio dos Cedros, tributários do Rio Itajaí que fazem parte da vertente do Atlântico (ATLAS DE SANTA CATARINA, 1986). O principal rio é o Rio Benedito e apresenta, como seus principais afluentes, os rios Forcação, Nova Esperança e São João (EMSTER, 1997).

4.1.4. Clima

Segundo Köppen, predomina o clima mesotérmico úmido, sem estação seca (Cfb) e segundo Thornthwaite, o clima é úmido, com temperatura média anual entre 18°C e 20°C. Quanto à pluviosidade a quantidade de chuva varia entre 1.600 e 1.800mm anuais (KLEIN, 1980).

4.1.5. Vegetação

A cobertura florestal original da região consistia de espécies características da zona ecótono⁸ entre a Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica) e a Floresta Ombrófila Mista (mata de araucária) (KLEIN, 1980). A vegetação de áreas remanescente da floresta se entremeia com a vegetação secundária e atividades agrícolas (ATLAS DE SANTA CATARINA, 1986), dependendo dos usos históricos que o local teve.

Assim, a vegetação do município se caracteriza pelos remanescentes da Floresta Ombrófila Densa, de montanha, cujas espécies mais significativas são: canela-preta (*Ocotea*

⁸ Uma zona de transição entre dois tipos diferentes de habitats; um habitat criado pela justaposição de habitats distintamente diferentes (RICKLEFS, 1993).

catharinensis Mez), a canela sassafrás (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer), a peroba-vermelha (*Aspidosperma olivaceum* M. Arg.), a canela-fogo (*Cryptocarya aschersoniana* Mez), o pau-óleo (*Copaifera trapezifolia* Hayne), a laranjeira do mato (*Pilocarpus pennatifolius* Lem.) entre outras. Já na Floresta Ombrófila Mista as espécies mais importantes são o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia* (Bertol.), a canela-lageana (*Ocotea pulchella* (Nees) Mez), a canela-amarela (*Ocotea* sp.), a bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), o angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina*), entre outras.

Na região da área de estudo ocorrem altiplanos com vegetação rasteira ladeados superior e inferiormente por escarpas abruptas de constituição arenítica. Nos vales e nas encostas desenvolve-se uma vegetação de porte, apenas ocasionalmente com ocorrência de pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*) (AUMOND, 1984). Parte desta propriedade passou por longos períodos de devastação da floresta que ocorreu muito antes da exploração mineral. Anteriormente havia sido explorada pela agricultura e parte da cobertura vegetal foi perdida nesse período. Antes de esgotar a fertilidade do solo, parte da área foi transformada em pastagem. Em 1987 a empresa Mineração Portobello Ltda adquiriu esta área, quando iniciou o processo da lavra.

4.1.6. Solo

Na área de estudo os solos predominantes são os Cambissolos Húmico Alumínico. São solos desenvolvidos de rocha sedimentar com algumas intrusões de rochas intrusivas ácidas (granito), ocorrem em clima Cfb, Floresta Ombrófila Mista, em cotas altimétricas superiores a 900m. Nesse contexto, as características físicas mais importantes desses solos em ordem decrescente são: ausência de gradiente textural e conseqüente ausência de cerosidade, alta floclulação de argilas, perfis de solo mediantemente profundos ou profundos, altos teores de silte, que conjuntamente com a argila, forma a classe textural argilo-siltosa, abundância de material ainda não-intemperizado na massa do solo, cores brunadas e horizonte A húmico. Das propriedades químicas, destaca-se a baixa fertilidade natural decorrente da rocha matriz, razão do caráter alumínico, CTC alta e relação silte/argila em torno de 1. Essas duas características indicam a jovialidade do solo (UBERTI, A. A., 2003. Depoimento pessoal)

4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E EXECUÇÃO

O experimento foi realizado em uma área de 1500m² que havia sido recentemente minerada; dessa forma foi realizada a recomposição topográfica para suavizar os taludes formados no momento da exploração de argila. Posteriormente o substrato⁹ foi recoberto com 10 a 15cm de espessura de solo superficial (antigo horizonte A) retirado de outra área onde seria explorada argila. A seleção dessa área ocorreu no mês de maio de 2002, quando a área ainda não havia sido explorada. A implantação do experimento iniciou na última quinzena de novembro de 2002.

De forma geral, o experimento consistiu em comparar duas áreas com topografias distintas, regular e irregular. O solo recebeu dois tipos de adubação, química e orgânica e dois tipos de enriquecimento (com serrapilheira e sem serrapilheira), conforme o croqui da figura 3.

Dessa forma, o experimento foi composto por 8 tratamentos, resultantes da combinação fatorial: 2 tipos de topografia X 2 tipos de adubação X 2 tipos de adição de serrapilheira. As combinações foram as seguintes:

- ♦ T1= Topografia Regular x Adubação Orgânica x Com Serrapilheira
- ♦ T2= Topografia Regular x Adubação Orgânica x Sem Serrapilheira
- ♦ T3= Topografia Regular x Adubação Química x Com Serrapilheira
- ♦ T4= Topografia Regular x Adubação Química x Sem Serrapilheira e,
- ♦ T5= Topografia Irregular x Adubação Orgânica x Com Serrapilheira
- ♦ T6= Topografia Irregular x Adubação Orgânica x Sem Serrapilheira
- ♦ T7= Topografia Irregular x Adubação Química x Com Serrapilheira
- ♦ T8= Topografia Irregular x Adubação Química x Sem Serrapilheira.

Cada tratamento foi repetido 4 vezes no experimento, alocado em parcelas experimentais com dimensões 15m x 3m = 45m², onde foram transplantados 20 plantas com 120 dias de idade.

⁹ Foi dada a designação de substrato e não de solo, porque no momento da exploração de argila, os horizontes do solo foram descaracterizados, sobrando apenas um substrato.

Também foram implantados 4 poleiros artificiais acompanhados de coletor de sementes igualmente distribuídos nas áreas, e mais quatro coletores de semente que serviram de testemunha.

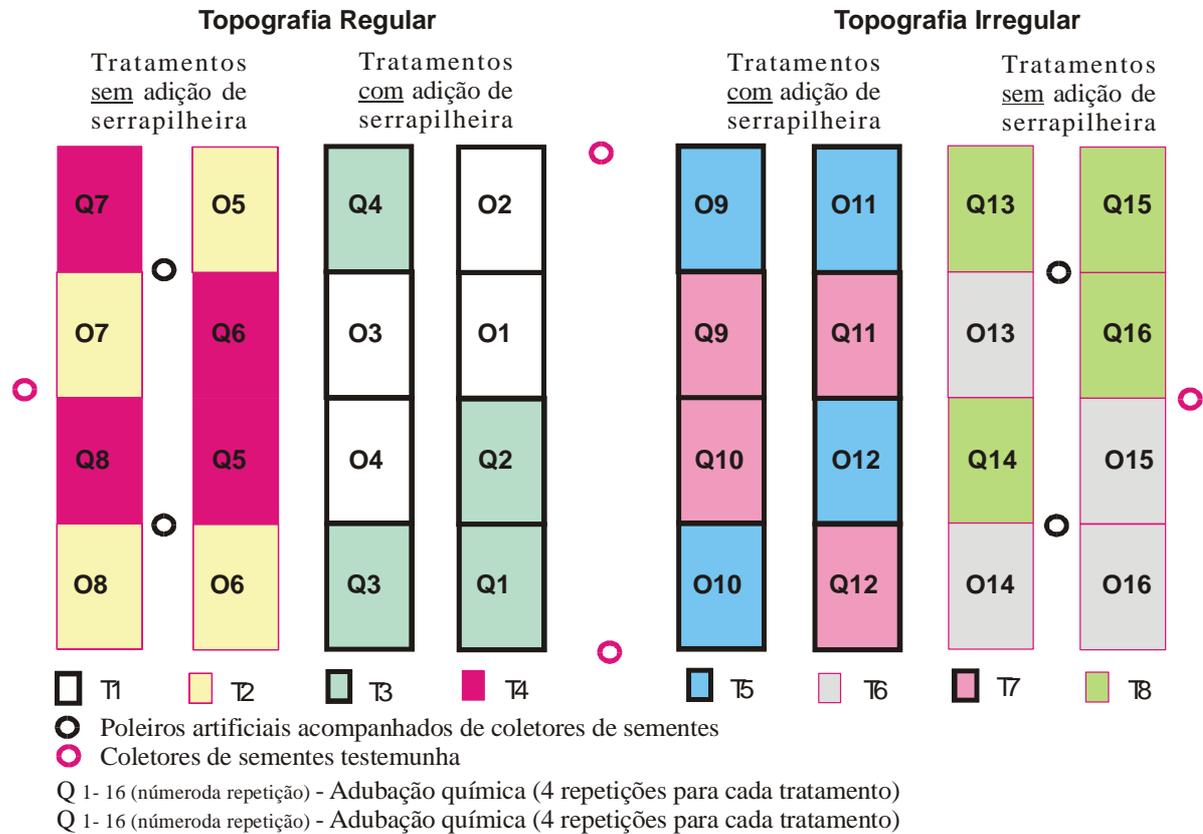


Figura 3. Croqui do experimento instalado no campo em Dezembro de 2002, Doutor Pedrinho/SC.

4.2.1. Topografia Regular e Irregular

A área que caracteriza a topografia regular, ficou como estava após a recomposição topográfica. Já a topografia irregular foi preparada com diques (superfície convexa) e bacias de contenção (superfície côncava) com o auxílio de uma retro escavadeira (foto 1). Como a área apresentava uma pequena declividade (aproximadamente 12°) os diques e as bacias foram preparados similares às curvas de nível utilizadas na agricultura. As bacias de contenção têm dimensão aproximada de 1,5m de profundidade x 1,5m de largura x 4m de comprimento. O material retirado para preparar as bacias de contenção foi depositado logo acima, formando os diques (foto 2).



Foto 1. Vista geral da topografia regular e da topografia irregular. Doutor Pedrinho/SC, 2003. **Fonte:** Regensburger, B. 2003.

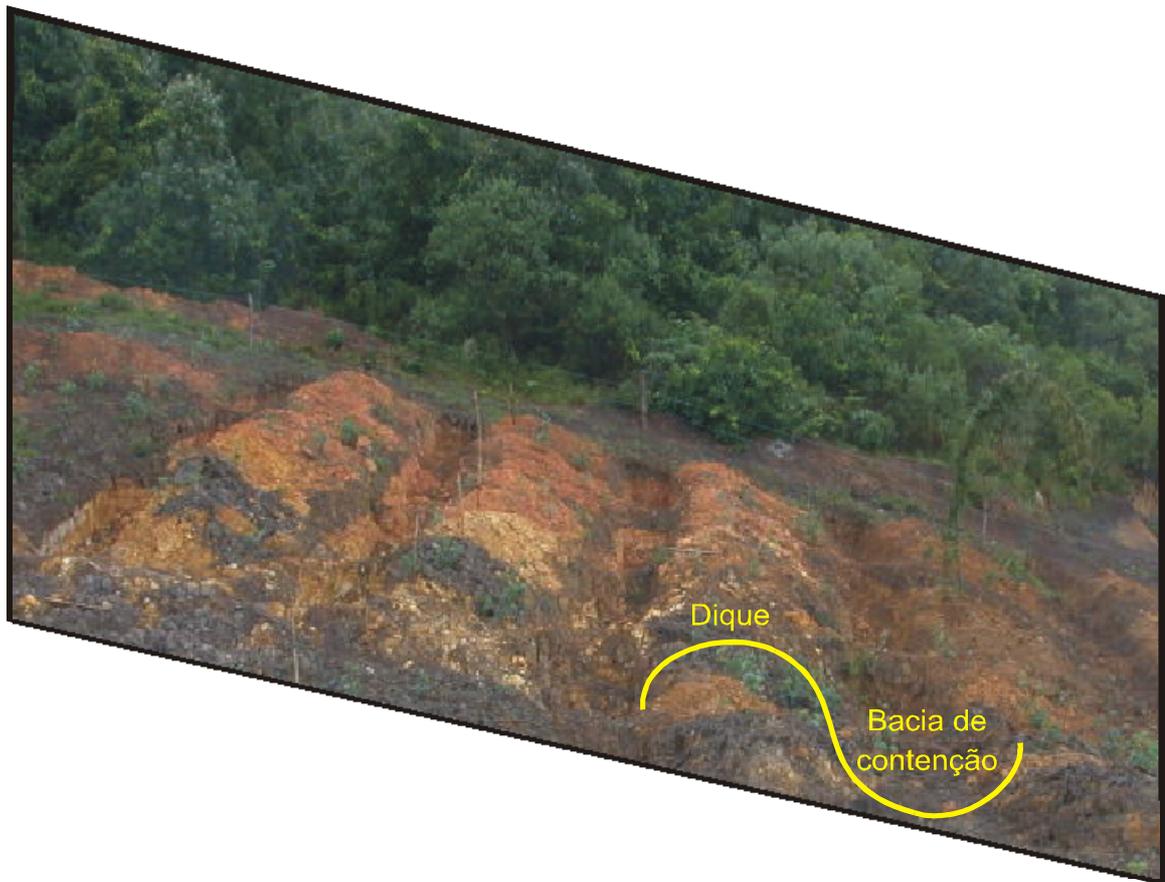


Foto 2. Dique e bacia de contenção, que formam a topografia irregular. Doutor Pedrinho/SC, 2003. **Fonte:** Regensburger, B. 2003.

4.2.2. Análise de Solo, Adubação Química e Orgânica e Plantio

Logo após a recomposição topográfica foram coletadas duas amostras de solo compostas (com cinco sub-amostras) nas profundidades de 0-15cm, que em seguida foram encaminhadas para análise no Laboratório de Solos da Cidasc/Florianópolis. O resultado encontra-se na tabela 5.

Tabela 5: Análise química de rotina de solo efetuada antes da implantação do experimento na topografia regular (Top. Reg.) e irregular (Top. Irreg.), pelo Laboratório de Solos/CIDASC/Florianópolis. Campo Formoso, Doutor Pedrinho/SC, 2003.

Tratamentos	% argila	pH	P (ppm)	K (ppm)	% M.O.	Al cmolc/l	Ca cmolc/l	Mg cmolc/l
Top. Reg.	41	4,10	1,20	62,00	3,60	6,60	0,40	0,30
Top. Irreg.	41	4,10	0,60	60,00	4,50	8,3	0,30	0,20

As doses da adubação química e orgânica foram realizadas com base na análise química do solo e pelo Sistema de Recomendação de Adubação e Calagem do RS e SC - Rolas (1994). Tecnicamente as doses de nitrogênio, fósforo e potássio são similares. A adubação orgânica consistiu na adição de 2kg de esterco bovino por berço¹⁰ e a adubação química em 6g de uréia, 10g de cloreto de potássio e 140g superfosfato simples por berço. O preparo dos berços foi realizado com o auxílio de enxadões, apresentando dimensões de 30x30x30cm. O espaçamento aproximado entre plantas foi de 1,125m x 1,125m (2,25m²/planta).

Para a revegetação foram introduzidas 640 mudas de *Mimosa scabrella* (bracatinga) obtidas na APREMAVI (Associação de Preservação do Meio Ambiente do Vale do Itajaí) – Atalanta/SC. Em cada parcela foram transplantadas 20 mudas de bracatinga, o que representa 4.444 plantas/ha (segundo o Projeto FAO-GCP/BRA/025/FRA (1990), a melhor configuração do povoamento em termos de produção de volume é entre 4.500 a 6.000 plantas por hectare). Cada planta foi identificada com uma pequena placa de alumínio onde foi registrado o número da parcela (de 1 a 16), o número da planta (de 1 a 20) e o tipo de adubação (química ou orgânica).

4.2.3. Adição de Serrapilheira

Como pode ser observado na foto 1, a topografia regular e irregular foi subdividida igualmente para receber a serrapilheira. A serrapilheira é composta por detritos, folheto, pequenos galhos, sementes, micro e mesofauna presentes na camada que cobre o solo (CARPANEZZI, 1997). Como num processo dinâmico, outra área na mina estava sendo desmatada para exploração da argila, onde funcionários da empresa retiraram a serrapilheira, com o auxílio de pás. O material foi transportado em carrinho de mão até a

¹⁰ Local onde é acomodado o ser vivo com potencial para se desenvolver.

área experimental, onde espalhou-se manualmente, uma camada de aproximadamente 5 a 10cm sobre as parcelas selecionadas a receberem este tratamento. Esse procedimento ocorreu uma semana após o plantio das bracatingas.

4.2.4. Poleiros Artificiais

Por último, foram instalados quatro poleiros artificiais de seis metros de altura. Para tal utilizou-se três varas de bambu, conservando seus galhos, enterrando-os 50cm de profundidade no solo para formar uma base triangular. As três varas foram amarradas com corda descendo em espiral do topo até próximo a base. Para a realização da coleta de sementes instalou-se ao lado dos poleiros, coletor de sementes permanente de 1m² (molduras de madeira com fundo de sombrite em forma de “U”), dispostos a 1m de altura do solo. Também foram instalados quatro coletores de sementes, sem os poleiros (testemunha), distantes aproximadamente 50m dos poleiros (foto 3).

Ao redor do poleiro, o solo foi preparado com uma camada de cobertura morta (palhada) para manter a umidade e alguma matéria orgânica, e para incrementar as possibilidades de germinação e estabelecimento das espécies.



Foto 3. Poleiro artificial e coletores de sementes instalados na área experimental em Doutor Pedrinho/SC, 2003. **Fonte:** Regensburger, B. 2003.

4.2.5. Cobertura do Solo pela Revegetação Natural e pelas Bracatingas

Foi feita uma avaliação qualitativa quanto à cobertura do solo, segundo escala adaptada de Fournier (1974), que utiliza uma escala de pontuações onde cada ponto corresponde a um intervalo aproximado de porcentagem de cobertura:

- 1 - corresponde à cobertura do solo de 0 a 25%;
- 2 - 26 a 50%;
- 3 - 51 a 75%; e
- 4 - 76 a 100%.

Assim, cada unidade experimental recebeu uma nota (de 1 a 4) de acordo com o exposto anteriormente (Tabela 14 em Anexo).

Esse método foi utilizado em dois momentos:

- 1) para avaliar a cobertura do solo pela revegetação natural aos 9 meses.
- 2) para avaliar a cobertura do solo pela copa das plantas no tempo aos 3, 6 e 9 meses.

4.2.6. Identificação Taxonômica

No intuito de identificar as espécies que se estabeleceram naturalmente, realizou-se em maio de 2003 (espécies de verão concluindo o ciclo vital), uma coleta de amostras da vegetação na área de estudo. O material foi herborizado e a identificação taxonômica foi realizada com o auxílio dos professores Ademir Reis e Ana Maria Viana do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Santa Catarina. A identificação taxonômica das plantas que se estabeleceram naturalmente na área de estudo tem fundamental importância no que se refere à biodiversidade. Para a maior parte dos espécimes identificados chegou-se ao gênero, correlacionando-as à síndrome de polinização e de dispersão de sementes.

4.3. MEDIÇÃO DE CRESCIMENTO E COBERTURA DO SOLO

Dentro de cada parcela experimental e época de avaliação, foram geradas variáveis e essas submetidas a análise de variância. São elas:

- ♦ Altura média das bracatingas no 1º, 3º, 6º e 9º mês de avaliação;
- ♦ Sobrevivência;
- ♦ Cobertura do solo pela revegetação natural;
- ♦ Cobertura do solo pelas copas das *Mimosa scabrella*;

Foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$\text{Altura média: } \frac{x_i}{n}$$

Onde:

x_i = soma da altura das plantas vivas em cada parcela.

$$\text{Taxa de Sobrevivência}_{ij} = 100 \times \left[1 - \frac{(n_j - n_i)}{n_i} \right]$$

i = tempo anterior

j = tempo posterior

Análise de Variância

Realizou-se análise de variância para testar as hipóteses sobre o efeito entre os oito tratamentos e entre os efeitos principais (topografia, adubação e serrapilheira), e respectivas interações duplas (topografia X adubação; topografia X serrapilheira e; adubação X serrapilheira) e interação tripla (topografia X adubação X serrapilheira). As informações foram ordenadas em tabelas e encontram-se em anexo.

Todas as hipóteses sobre os efeitos principais, interações duplas e tripla foram submetidas à prova do teste F. Comparações múltiplas de contrastes foram realizadas pelo teste t, protegido pela significância do teste F, ao nível mínimo de significância de até 10%.

4.3.1. Poleiros Artificiais

Foram realizadas coletas de sementes nos coletores instaladas ao lado dos poleiros, bem como coleta de sementes nos coletores testemunha no 1º, 3º, 6º e 9º mês. As sementes foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente especificados e acondicionadas em geladeira.

As sementes foram separadas e contadas com o auxílio de lupa. As variedades de sementes verificadas foram classificadas como morfoespécies. Cada morfoespécie foi devidamente fotografada, utilizando para esse propósito, Estéreo Microscópio Olympus S2H10 do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Catarina.

4.3.2. Análise de solo

Para verificar a evolução das condições químicas do solo realizou-se coletas de solo de 0-15cm com trado holandês (5 amostras compostas) em cada parcela, em setembro de 2003. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos/EPAGRI/Chapecó.

5. RESULTADOS & DISCUSSÃO

5.1. BRACATINGA

5.1.1. Taxa de Sobrevivência

A taxa de sobrevivência das plantas de bracatinga, apesar de não apresentar diferenças entre tratamentos, foi no geral, superior a 92% com um número médio de plantas entre 15 e 19 por tratamento (Figura 4). A análise de variância está apresentada na tabela 9 e 10 em anexo.

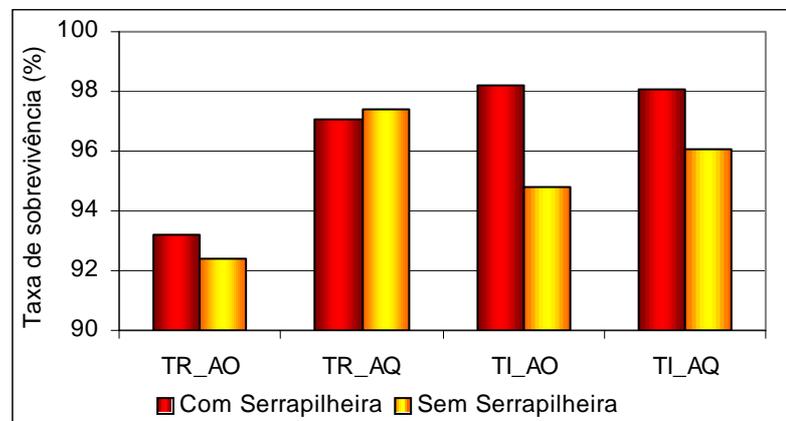


Figura 4. Taxa de sobrevivência (%) das bracatingas, aos 09 meses, referente ao experimento de recuperação de área degradada, realizado na mina de argila em Campo Formoso, Doutor Pedrinho/SC, 2003. TR_AO (T1)= topografia regular, adubação orgânica, com serrapilheira. TR_AO (T2)= topografia regular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TR_AQ (T3)= topografia regular, adubação química, com serrapilheira. TR_AQ (T4)= topografia regular, adubação química, sem serrapilheira. TI_AO (T5)= topografia irregular, adubação orgânica, com serrapilheira. TI_AO (T6)= topografia irregular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TI_AQ (T7)= topografia irregular, adubação química, com serrapilheira. TI_AQ (T8)= topografia irregular, adubação química, sem serrapilheira.

Dados apresentados por Rachwal, Curcio e Souza (1999), sobre a recuperação de floresta ciliar no Rio Cascavel, município de Campo do Tenente/PR, em Cambissolo Húmico Alumínico, demonstraram que a taxa de sobrevivência das bracatingas aos dois anos de avaliação foi de 80%, mantendo esse percentual aos 3 anos de avaliação (Rachwal, Curcio e Souza, 2000).

Ferreira, Tauk-Tornisielo e Chaves (2002) estudaram o comportamento da bracatinga em uma área de rejeitos de mineração de bauxita, em Poços de Caldas/MG, cujos solos da região se caracterizam como associações de Latossolos Vermelho Amarelo e Vermelho Escuro Distróficos, Argissolo Vermelho Amarelo e Cambissolos Alumínico e Distróficos. Todas as mudas foram adubadas com 150g de NPK, sendo que o experimento constou de diferentes doses de gesso (10, 20 e 30t/ha) e adição de diferentes espessuras de solo (10, 20,

30 e 40cm). A taxa de sobrevivência mais elevada, foi de apenas 30%, observada no tratamento com 10t/ha de gesso e 40cm de solo. Os demais tratamentos apresentaram taxa de sobrevivência inferior a 15%.

Dados retirados de Regensburger (2000), demonstraram que a sobrevivência da bracatinga foi superior a 42% num experimento realizado em rejeitos de mineração de argila, em diferente área da propriedade do presente estudo, em Doutor Pedrinho/SC, cuja topografia era irregular (preparada com diques e bacias de contenção). Este índice de sobrevivência consideravelmente diferente para o presente estudo, está relacionado a deficiências hídricas e temperaturas extremamente baixas que ocorreram no ano 2000.

5.1.2. Crescimento das Bracatingas

Na tabela 6 são apresentadas as alturas médias das bracatingas, onde se observa o incremento da altura média, em todos os tratamentos, ao longo dos 09 meses de avaliação. Não encontrou-se diferenças entre os tratamentos, mas o crescimento das plantas, de modo geral, confirma o seu aspecto ecológico como espécie pioneira de rápido crescimento, bem adaptada a solos ácidos e altitude aproximada de 900m (PROJETO FAO-GCP, 1990; CARPANEZZI, 1997).

Tabela 6. Altura média das bracatingas (cm) no 1º, 3º, 6º e 9º mês de avaliação, Doutor Pedrinho/SC, 2003.

		Topografia Regular				Topografia Irregular			
		Adub. Orgânica		Adub. Química		Adub. Orgânica		Adub. Química	
		Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
Mês	1	58,82	45,95	52,22	66,92	45,47	42,89	56,71	47,39
	3	202,92	126,17	182,97	199,35	185,4	182,74	203,56	158,87
	6	221,24	140,54	204,49	220,93	220,3	213,63	237,55	180,01
	9	248,12	154,19	229,92	237,3	242,91	233,4	262,26	193,78

A análise da figura 5 permite observar que a altura inicial das plantas, realizada aos 30 dias (1º mês) após a implantação do experimento, já apresentava heterogeneidade. Isto significa que existiu grande variabilidade entre as parcelas experimentais. De qualquer forma, as curvas de crescimento apresentaram um comportamento similar em todos os tratamentos. Houve uma fase de crescimento rápido que pode ser observada entre a primeira e a segunda avaliação (verão), seguida por uma redução na taxa de crescimento entre a segunda, a terceira e a quarta avaliação (inverno).

Observa-se na curva de crescimento, ao longo de quatro avaliações, a existência de dois blocos distintos, onde os tratamentos 2 e 8 apresentam desenvolvimento vegetativo inferior aos demais tratamentos; enquanto os tratamentos 7, 1, 5, 4, 6 e 3 ficaram agrupados com desenvolvimento superior das bracatingas. Entretanto, do ponto de vista estatístico, não foram encontradas diferenças significativas para a altura das bracatingas entre os oito tratamentos testados.

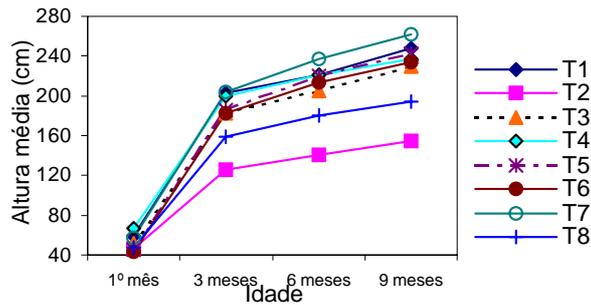


Figura 5. Curva de crescimento das bracatingas no 1º, 3º, 6º e 9º mês de avaliação, Doutor Pedrinho/SC, 2003. T1= topografia regular (TR), adubação orgânica (AO), com serrapilheira (CS). T2= TR, AO, sem serrapilheira (SS). T3= TR, adubação química (AQ), CS. T4= TR, AQ, SS. T5= topografia irregular (TI), AO, CS. T6= TI, adubação orgânica (AO), SS. T7= TI, AQ, CS. T8= TI, AQ, SS.

Na foto 4 são apresentadas as bracatingas em três avaliações diferentes. Observa-se o incremento em altura ao longo do tempo. Para demonstrar o desenvolvimento das bracatingas, de forma geral na área experimental, a foto 5 apresenta as topografias regular e irregular na fase de implantação e após nove meses de experimentação.

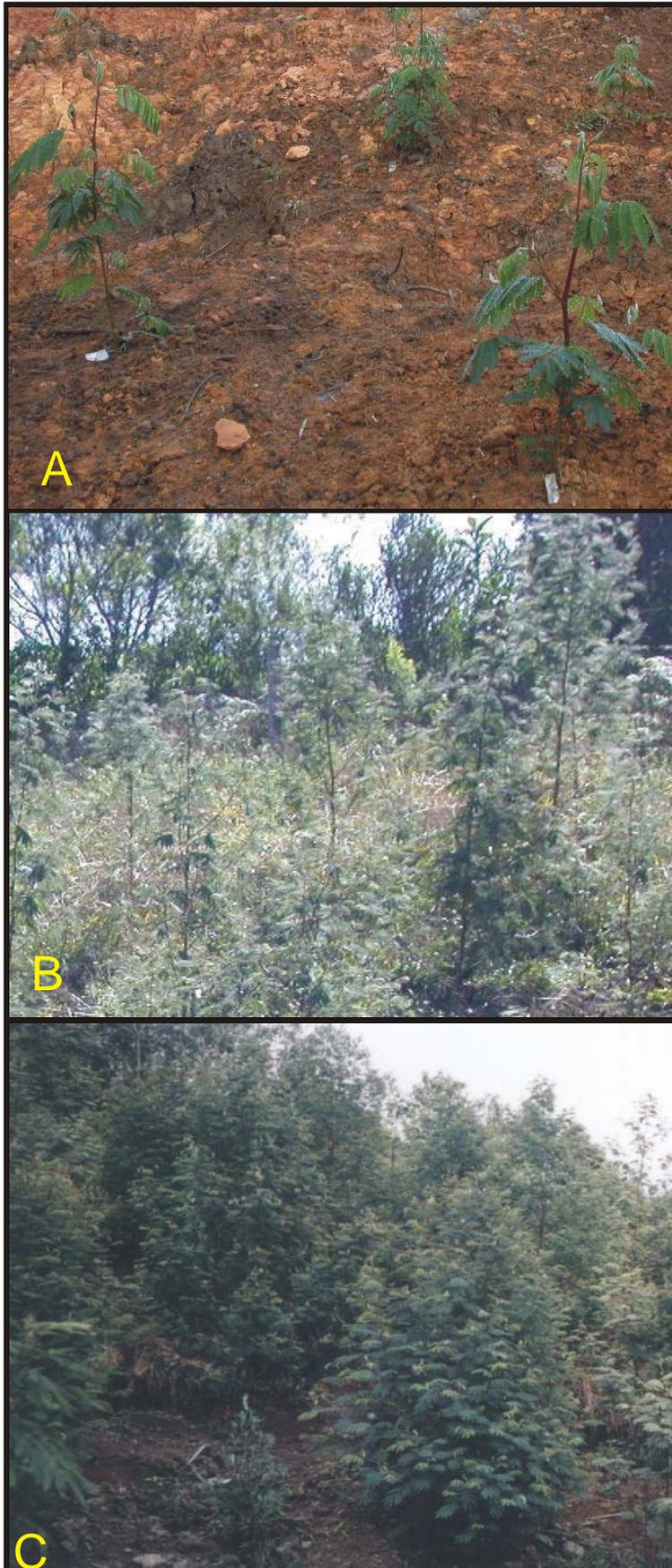


Foto 4. Desenvolvimento das bracatingas ao longo das avaliações na área experimental em Doutor Pedrinho/SC, 2003. A- 1º mês de avaliação. B- 6º mês de avaliação. C- 9º mês de avaliação.



Foto 5. Representação da área experimental ao longo do tempo, na mina de argila em Doutor Pedrinho/SC. A – topografia regular (à esquerda da foto) e topografia irregular (à direita da foto), na fase de implantação. B – topografia regular e irregular, após 09 meses de avaliação. **Fonte:** Regensburger, B. 2003.

5.1.3. Cobertura do solo pela copa das árvores de bracatinga

O crescimento das bracatingas foi bastante satisfatório em 09 meses de avaliação e conseqüentemente repercutiu na cobertura do solo pelas suas copas. A análise de variância da cobertura do solo pela copa das árvores demonstrou, ao longo das avaliações uma tendência gradual de efeito positivo da adição da serrapilheira (Tabelas 11 e 12 em Anexo), que se confirmou no 9º mês de avaliação (Tabela 13 em Anexo).

A figura 6 apresenta a cobertura do solo pela copa das bracatingas, aos 03 meses de avaliação. Essa avaliação não demonstrou diferença significativa, entretanto verifica-se que o tratamento 7 alcançou índice de cobertura pela copa das bracatingas de 80%, o que condiz com os excelentes resultados obtidos para o crescimento vegetativo da espécie (tabela 6). Por outro lado o tratamento 2 apresentou apenas 28,2% de cobertura.

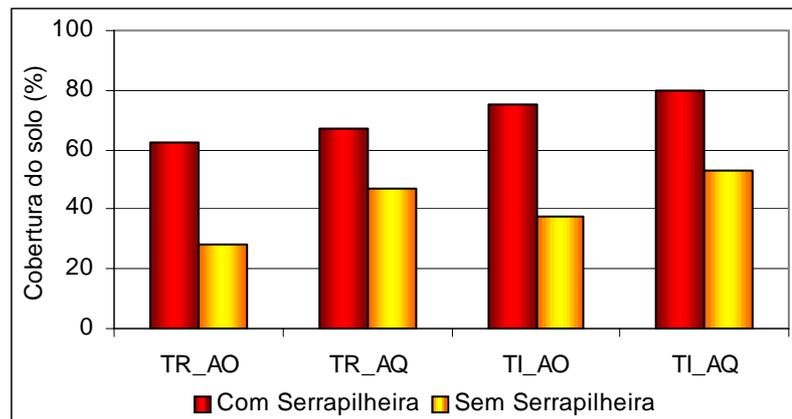


Figura 6. Cobertura do solo (%) pela copa das bracatingas, no 3º mês, referente ao experimento de recuperação de área degradada, realizado na mina de argila em Campo Formoso, Doutor Pedrinho/SC, 2003. TR_AO (T1)= topografia regular, adubação orgânica, com serrapilheira. TR_AO (T2)= topografia regular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TR_AQ (T3)= topografia regular, adubação química, com serrapilheira. TR_AQ (T4)= topografia regular, adubação química, sem serrapilheira. TI_AO (T5)= topografia irregular, adubação orgânica, com serrapilheira. TI_AO (T6)= topografia irregular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TI_AQ (T7)= topografia irregular, adubação química, com serrapilheira. TI_AQ (T8)= topografia irregular, adubação química, sem serrapilheira.

A avaliação realizada no 6º mês, ainda não apresentou resultados significativos (Tabela 12 em Anexo), mas pode ser observada uma tendência gradual para atingir tais resultados. Assim, a cobertura do solo pela copa das árvores de bracatinga nos tratamentos 5, 7 e 3 atingiu mais de 70% de cobertura (Figura 7). De maneira oposta, os tratamentos 8 e 2 apresentaram cobertura do solo de apenas 32%.

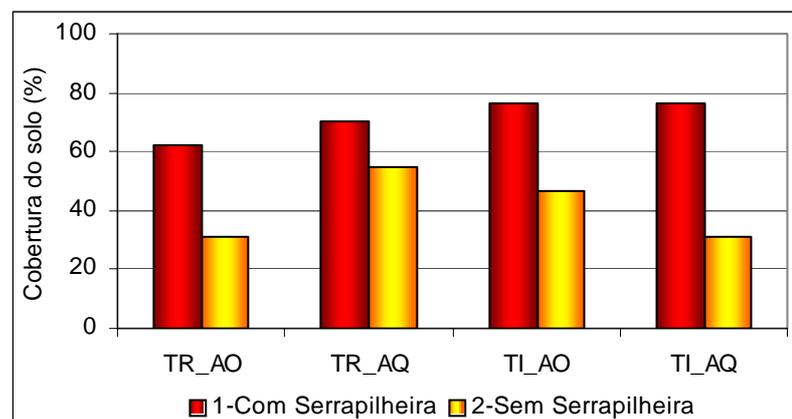


Figura 7. Cobertura do solo (%) pela copa das bracatingas, no 6º mês, referente ao experimento de recuperação de área degradada, realizado na mina de argila em Campo Formoso, Doutor Pedrinho/SC, 2003. TR_AO (T1)= topografia regular, adubação orgânica, com serrapilheira. TR_AO (T2)= topografia regular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TR_AQ (T3)= topografia regular, adubação química, com serrapilheira. TR_AQ (T4)= topografia regular, adubação química, sem serrapilheira. TI_AO (T5)= topografia irregular, adubação orgânica, com serrapilheira. TI_AO (T6)= topografia irregular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TI_AQ (T7)= topografia irregular, adubação química, com serrapilheira. TI_AQ (T8)= topografia irregular, adubação química, sem serrapilheira.

Finalmente, na avaliação realizada no 9º mês, a cobertura do solo pela copa das árvores de bracatinga apresentou diferenças significativas para os tratamentos que receberam adição de serrapilheira (Tabela 11 em Anexo).

Os tratamentos 1, 3 e 7, tiveram mais de 73,5% do solo coberto pela copa das bracatingas nessa avaliação. Esses tratamentos também apresentaram bom desenvolvimento das bracatingas em altura média (Tabela 6). Verificou-se que o tratamento 2 apresentou cobertura de apenas 23,5%.

Assim sendo, os tratamentos que receberam adição de serrapilheira, apresentaram cobertura do solo pela copa das árvores de bracatinga superior a 73,5% quando comparados aos tratamentos que não receberam esse material, cuja cobertura não ultrapassou 39,1% (Figura 8).

Do ponto de vista da recuperação de áreas degradadas, os resultados obtidos tanto no crescimento das mudas, quando na cobertura do solo pelas suas copas, foi extremamente satisfatório em 09 meses de avaliação. O objetivo inicial da recuperação de áreas degradadas de acordo com Campello (1996); Dias e Griffith (1998); Reis, Zamboni e Nakazono (1999) é proteger o solo com vegetação a fim de interromper os processos de degradação. No presente estudo, tal objetivo foi alcançado com sucesso em 09 meses, sendo ainda complementado com a revegetação natural, que ocorreu de forma muito intensa.

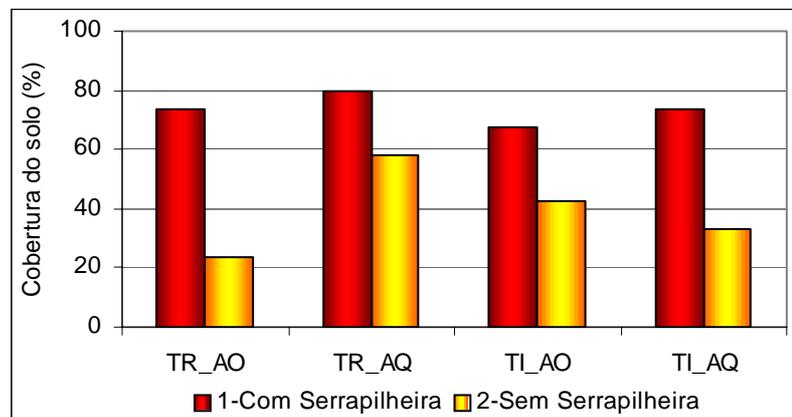


Figura 8. Cobertura do solo (%) pela copa das bracatingas, no 9º mês, referente ao experimento de recuperação de área degradada, realizado na mina de argila em Campo Formoso, Doutor Pedrinho/SC, 2003. TR_AO (T1)= topografia regular, adubação orgânica, com serrapilheira. TR_AO (T2)= topografia regular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TR_AQ (T3)= topografia regular, adubação química, com serrapilheira. TR_AQ (T4)= topografia regular, adubação química, sem serrapilheira. TI_AO (T5)= topografia irregular, adubação orgânica, com serrapilheira. TI_AO (T6)= topografia irregular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TI_AQ (T7)= topografia irregular, adubação química, com serrapilheira. TI_AQ (T8)= topografia irregular, adubação química, sem serrapilheira.

5.2. REVEGETAÇÃO NATURAL

5.2.1. Cobertura do solo pela revegetação natural

Os resultados da análise de variância (Tabela 14 em Anexo) para a cobertura do solo pela revegetação natural não apresentaram significância na avaliação realizada no 9º mês (Figura 9).

Entretanto, a cobertura do solo em alguns tratamentos da topografia regular, como em T1, T4 e T3 alcançou 71%, enquanto que outros da topografia irregular, como T5, T6 e T7 apresentaram menos de 40% de cobertura do solo pela revegetação natural. Por outro lado, T5 e T7 apresentaram elevada cobertura do solo pela copa das bracatingas.

Constatou-se que em ambos os tratamentos da topografia regular e, com adição de serrapilheira, T1 (adubação orgânica) e T4 (adubação química), de um modo geral (Foto 6), tiveram um bom desenvolvimento tanto em crescimento das bracatingas, quanto em relação a revegetação natural. Somando os dois fatores, as parcelas que compuseram esses tratamentos, tiveram um recobrimento mais eficientemente.

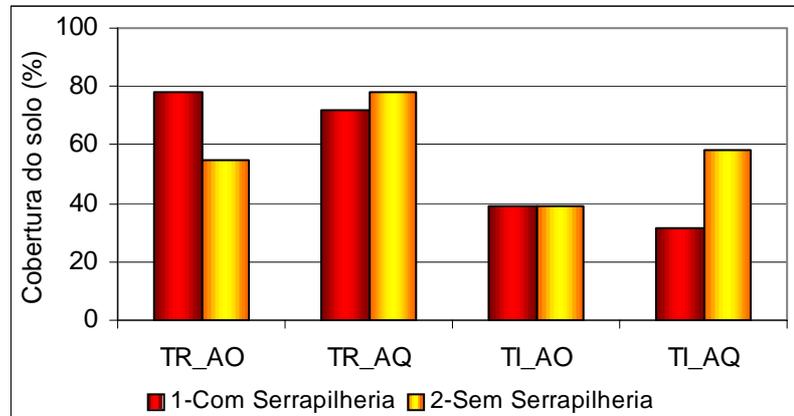


Figura 9. Cobertura do solo (%) pela revegetação natural, realizada aos 09 meses, nas parcelas experimentais da área degradada de uma mina de argila em Campo Formoso, Doutor Pedrinho/SC, 2003. TR_AO (T1)= topografia regular, adubação orgânica, com serrapilheira. TR_AO (T2)= topografia regular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TR_AQ (T3)= topografia regular, adubação química, com serrapilheira. TR_AQ (T4)= topografia regular, adubação química, sem serrapilheira. TI_AO (T5)= topografia irregular, adubação orgânica, com serrapilheira. TI_AO (T6)= topografia irregular, adubação orgânica, sem serrapilheira. TI_AQ (T7)= topografia irregular, adubação química, com serrapilheira. TI_AQ (T8)= topografia irregular, adubação química, sem serrapilheira.



Foto 6. Vista parcial da cobertura do solo pela revegetação natural, no 6º mês de avaliação, em parcelas do tratamento 4. Doutor Pedrinho/SC, 2003. **Fonte:** Regensburger, B. 2003.

Para Dias e Griffith (1998), a regeneração natural contribui para melhorar a fertilidade do solo. Também exerce sua função de proteger o solo contra o impacto da gota da chuva e conseqüentemente da erosão, bem como dando início a reconstrução do solo pela formação de uma rizosfera diversificada proporcionando hábitat para a mais variada microfauna do solo (MASCHIO, MACEDA e RAMOS, 1990; CALLAWAY, 1995; REINERT, 1998).

Para Lourenzo (1991), na recuperação de áreas degradadas pela mineração, a revegetação é considerada parte essencial não só pelo plantio de espécies vegetais, mas também pela seleção adequada destas, para reconstituir e acelerar o processo de sucessão natural. Gomes, Pessoti e Pacheco (1996) afirmam que a recomposição vegetal diminui a perda dos nutrientes por lixiviação e erosão, e mantém a sustentabilidade do ecossistema. Com a revegetação, o solo estará protegido dos danos causados pela exposição ao sol e chuvas, evitando o assoreamento de rios, restabelecendo a fauna e a flora e ainda

contribuindo para a melhoria da qualidade de vida em geral (ar, água e alimentos), entre outros fatores benéficos.

5.2.2. Levantamento de Espécies da Revegetação Natural

A maior parte das amostras coletadas foi identificada ao nível de gênero, sendo estas relacionadas à síndrome de polinização, à síndrome de dispersão de sementes e ao hábito de vida, conforme apresentado na tabela 7. Foram identificados representantes de 12 famílias, das quais 10 são Asteraceae, 01 Comelinaceae, 03 Cyperaceae, 02 Euphorbiaceae, 03 Poaceae, 01 Myrcinaceae, 01 Phytolacaceae, 01 Poligonaceae, 01 Rubiaceae, 01 Solanaceae, 01 Apiaceae e 01 Verbenaceae. A foto 7, ilustra algumas espécies identificadas no campo.

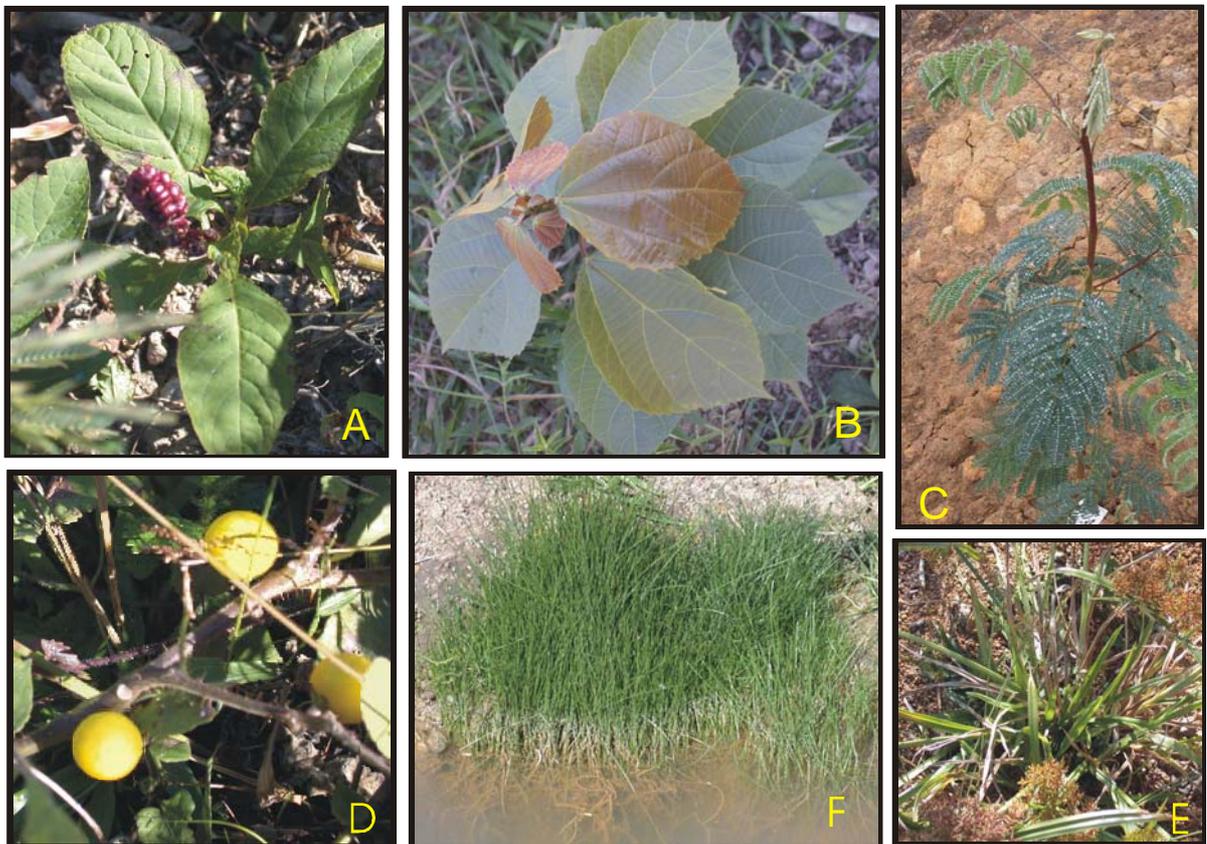


Foto 7. Amostra de algumas famílias que se regeneraram naturalmente na área experimental. Doutor Pedrinho/SC, 2003. A= Phytolacaceae B= Euphorbiaceae (tanheiro). C= Leguminosae (bracatinga). D= Solanaceae. E e F= Cyperaceae. **Fonte:** Regensburger, B. 2003.

Tabela 7. Lista das espécies que se regeneraram naturalmente na área de experimental em Campo Formoso, Doutor Pedrinho/SC, 2003.

Família	Gênero	Espécie	Síndrome de Polinização	Síndrome de Dispersão	Hábito
1. Apiaceae	<i>Hydrocotyle</i>	<i>Hydrocotyle</i> sp.	Zoofílica	Endozoocórica	Erva perene
2. Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis</i> sp.	Zoofílica	Anemocórica	Arbusto perene
3. Asteraceae	<i>Elephantopus</i>	<i>Elephantopus mollis</i> H.B.K.	Zoofílica	Anemocórica	Erva perene
4. Asteraceae	<i>Mykania</i>	<i>Mykania</i> cf. <i>glomerata</i>	Zoofílica	Anemocórica	Liana anual
5. Asteraceae	<i>Tagetes</i>	<i>Tagetes minuta</i> L.	Zoofílica	Anemocórica	Erva anual
6. Asteraceae	<i>Erechtites</i>	<i>Erechtites valerianaefolia</i> (Wolf.) DC.	Zoofílica	Anemocórica	Erva anual
7. Asteraceae	<i>Eupatorium</i>	<i>Eupatorium</i> sp.	Zoofílica	Anemocórica	Erva perene
8. Asteraceae	<i>Senecium</i>	<i>Senecium brasiliensis</i> (Spr.) Less.	Zoofílica	Anemocórica	Erva perene
9. Asteraceae	<i>n° 1</i>		Zoofílica	Anemocórica	Erva
10. Asteraceae	<i>n° 2</i>		Zoofílica	Anemocórica	Erva
11. Asteraceae	<i>n° 3</i>		Zoofílica	Anemocórica	Erva
12. Commelinaceae	<i>Commelina</i>	<i>Commelina</i> sp.	Zoofílica	Autocórica	Erva perene
13. Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	<i>Cyperus iria</i> L.	Anemofílica	Anemocórica	Erva anual
14. Cyperaceae	<i>Cyperus n°1</i>	<i>Cyperus</i> sp.	Anemofílica	Anemocórica	Erva
15. Cyperaceae	<i>Cyperus n°2</i>	<i>Cyperus</i> sp.	Anemofílica	Anemocórica	Erva
16. Euphorbiaceae	<i>Cróton</i>	<i>Croton</i> sp.	Zoofílica	Autocórica	Erva anual
17. Euphorbiaceae		<i>Alchornea triplinervia</i>	Zoofílica	Endozoocórica	Árvore
18. Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>Paspalum</i> sp.	Anemofílica	Anemocórica	Erva perene
19. Poaceae	<i>Axonopus</i>	<i>Axonopus</i> sp.	Anemofílica	Anemocórica	Erva perene
20. Poaceae	<i>Panicum</i>	<i>Panicum</i> sp.	Anemofílica	Anemocórica	Erva perene
21. Myrsinaceae	<i>Myrsine</i>	<i>Myrsine</i> sp.	Anemofílica	Endozoocórica	Árvore
22. Phytolacaceae	<i>Phytolacca</i>	<i>Phytolacca thyrsoiflora</i> Fenze.	Zoofílica	Endozoocórica	Erva ou subarbustiva, perene
23. Polygonacea	<i>n° 1</i>				
24. Rubiaceae	<i>n° 1</i>		Zoofílica	Epizoocórica	Erva
25. Rubiaceae	<i>Spermacoce</i>	<i>Spermacoce</i> sp.	Zoofílica	Epizoocórica	Erva perene ou anual
26. Solanaceae	<i>Solanum 1</i>	<i>Solanum</i> sp.	Zoofílica	Endozoocórica	Arbusto
27. Solanaceae	<i>Solanum 2</i>	<i>Solanum</i> sp.	Zoofílica	Endozoocórica	Erva anual
28. Verbenaceae	<i>Aegiphila</i>	<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	Zoofílica	Endozoocórica	Árvore

A regeneração natural é um processo importante na recuperação de áreas degradadas. De acordo com Seitz, (1984), existem alguns fatores que determinam a eficiência da regeneração natural inicial das espécies, podendo-se citar: a disponibilidade e produção de sementes e propágulos; a dispersão de sementes (os agentes de dispersão vento, aves e roedores sem dúvida alguma são os mais importantes); a presença de predadores; a sanidade das sementes; os fatores que afetam a germinação das sementes (umidade do substrato, temperatura, inibidores químicos, predadores como herbívoros; entre outros) e as condições do ambiente no qual se deve desenvolver a nova planta.

Considerando que a área de estudo se encontrava em elevado grau de degradação causada pela mineração, as condições de regeneração natural aconteceriam de forma muito lenta, visto que poucos fatores citados por Seitz (1984), estavam presentes na área.

Entretanto, foi constatado o oposto. Apesar das adversidades intrínsecas ao processo pós-mineração, vários aspectos positivos colaboram para a revegetação através das ações de recuperação efetuadas na área, como a recomposição da topografia, a adição da camada superficial do solo e da adição de serrapilheira. Juntamente com este material, chegaram sementes, propágulos, fauna do solo (que implica numa ampla gama de microrganismos e animais e suas infinitas interações planta-solo-animal), nutrientes etc.

Para Reis, Espíndola e Vieira (2003) e Silva (2003) essa técnica representa grande probabilidade de recolonização da área com sementes e propágulos de espécies vegetais pioneiras, além de populações de espécies da micro, meso e macro fauna/flora do solo, incluindo os microrganismos decompositores, fungos micorrízicos, bactérias nitrificantes, minhocas, algas, etc, fundamentais no processo de ciclagem de nutrientes, reestruturação e fertilidade do solo.

Acredita-se que esse foi o impulso inicial, que será estimulado posteriormente pelos fragmentos em diferentes estágios de sucessão que dispersaram suas sementes pelo vento, insetos, pássaros e outros animais em geral, até a área de estudo.

Vale também recordar as tradições das antigas colonizações com relação ao desmatamento, agricultura e queima, que influenciaram as mudanças da paisagem na região. Historicamente, o Vale do Itajaí/SC, foi ocupado por colonos de origem alemã e italiana e esses aprenderam uma técnica utilizada pelos indígenas locais – a coivara. Essa técnica consistia na derrubada da vegetação e sua queima, deixando o terreno limpo para a plantação. Devido aos terrenos muito ondulados, dois ou três ciclos de cultura eram suficientes para o esgotamento do solo e isso obrigava a novas coivaras. Tornou-se tradição o pousio, ou seja a recuperação do solo na forma de descanso da terra. Esse fato deu margem

a um processo sucessional local caracterizando as propriedades como mosaicos formados por diferentes níveis de sucessão relacionados com o tempo de abandono da cultura e com a capacidade de resiliência local do solo (KAGEYAMA e GANDARA, 1994). Essa tradição também pode ser encontrada na região de Campo Formoso/ Doutor Pedrinho-SC onde está situada a área de estudo, sendo comum observar fragmentos florestais em distintos estágios de sucessão.

Considerando que a área de estudo passou pelos processos de desmatamento da vegetação para produção de lavouras e posteriormente pastagens, certamente muitas espécies presentes atualmente na área, sejam provenientes da época anterior à mineração. Existem muitos fragmentos na área com diferentes fases de sucessão vegetal, sendo que um desses fragmentos que se encontra na fronteira da área de estudo, está ainda num estágio inicial (capoeirinha). As sementes das herbáceas *Cyperus iria* L., *Cyperus* sp., *Paspalum* sp., *Axonopus* sp., *Panicum* sp. e *Myrsine* sp, provavelmente chegaram até a área pela ação do vento, visto que a síndrome de dispersão dessas sementes é pelo vento (LORENZI, 1998), ou mesmo juntamente com o material superficial espalhado na área ou com a serrapilheira.

Nau e Sevegnani (1997), destacam que as espécies que colonizam áreas degradadas como a área do presente estudo, pertencem principalmente as famílias Poaceae, Asteraceae e Cyperaceae. A colonização dessas pioneiras, ocorre através de manchas que aos poucos, por reprodução vegetativa, unem-se umas às outras formando densos tapetes.

Essas espécies tiveram um importante papel na fase inicial de recuperação da área, pois uma necessidade fundamental é o recobrimento do solo que fica exposto às condições de sol e chuva, cujas conseqüências são bem conhecidas. No início da restauração, a característica mais importante é incrementar a formação de uma cobertura vegetal, capaz de evitar processos drásticos de erosão e dar início a formação de uma camada de solo. Para Sevegnani (2002), as gramíneas colaboram com a rápida cobertura do solo; a proteção do solo contra o impacto das gotas da chuva; a diminuição da incidência dos raios solares no solo; a interrupção do processo erosivo; o desenvolvimento de sistemas radiculares profundos e o fornecimento de matéria orgânica ao solo.

Para este início, especialmente as gramíneas, as ciperáceas e as asteráceas, foram capazes de cobrir rapidamente o solo e formar uma camada de serrapilheira, que é um ambiente propício para os primeiros decompositores. Esses por sua vez, disponibilizam nutrientes para outras plantas. Estas características contribuem para melhorar as condições edáficas da área degradada, permitindo a instalação de espécies mais exigentes no local.

Vale lembrar que as condições de pH do solo são muito baixas, e esse fator dificulta a propagação da fauna do solo.

As gramíneas devido à sua fisiologia específica do tipo C4, são plantas capazes de grande produtividade primária. A diferença é a maior eficiência do processo fotossintético das plantas C4 em relação ao C3. Devido a esta característica, as gramíneas conseguem acumular uma grande quantidade de matéria orgânica em pouco tempo. Se por um lado essas plantas tornam-se um grande aliado da restauração, normalmente, em fases subsequentes, tornam-se um empecilho para a sucessão, uma vez que muitas destas gramíneas além de sua capacidade de acúmulo de matéria orgânica produzem substâncias capazes de inibir o crescimento de outras espécies, e apresentam o inconveniente de se manterem por muitos anos. Neste sentido, destacam-se as braquiárias (*Brachiaria* spp.), o capim colônia (*Panicum maximum*) e o capim-melado (*Melinis minutiflora*) (REIS, 2001).

Por outro lado, não significa que as gramíneas devam ser evitadas nos processos de restauração. Estas gramíneas se caracterizam por proporcionar maior probabilidade de interações interespecíficas, pois sua biomassa é muito acentuada, além de suas sementes serem alimentação para muitos pássaros e roedores. Diante de sua capacidade de colonização, de produção de matéria orgânica e da melhoria das qualidades do solo, Reis (2001) sugerem selecionar gramíneas que apresentem baixos níveis de inibição de crescimento de outras espécies, tais como aquelas anuais, além daquelas mais rústicas.

Quanto às bracatingas plantadas na área experimental, com o intuito de contribuir com a recuperação da área degradada, as mesmas além de contribuírem com a formação de uma camada de serrapilheira rica em nitrogênio, também são plantas de vida curta e são facilitadora do processo de sucessão vegetal. Nappo (1999) realizou um estudo sobre a regeneração no sub-bosque de um bracatingal, constatando um avanço vigoroso de outras espécies. O autor identificou 69 espécies, pertencentes a 30 famílias.

5.2.3. Características das Famílias

As famílias botânicas que revegetaram a área naturalmente, foram predominantemente Asteraceae (35,7%), seguido por Cyperaceae e Poaceae (ambas com 10,7%), Euphorbiaceae, Rubiaceae e Solanaceae (7,1%) e, Commelinaceae, Myrsinaceae, Phytolacaceae, Polygonaceae, Apiaceae e Laminaceae (3,6%) (Figura 10).

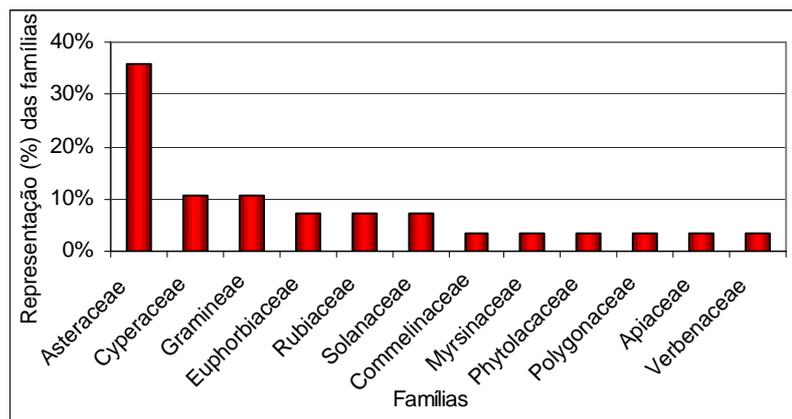


Figura 10. Representação das famílias botânicas que revegetaram naturalmente a área experimental em Campo Formoso/ Doutor Pedrinho-SC, 2003.

À medida que a sucessão se processa, as espécies vegetais vão sendo substituídas. Klein, (1980), classificou os estádios da sucessão como pioneiro, capoeira, capoeirão e floresta secundária, sendo essa terminologia popular para o Sul e Sudeste do Brasil. Essa classificação é apresentada de maneira diferente por Kageyama, Biella e Palermo (1990), que divide as características sucessionais em quatro grupos: pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e climáticas. A classificação Kageyama, Biella e Palermo (1990) tem sido usada no Brasil para caracterizar grupos de espécies vegetais em recuperação de áreas degradadas.

Segundo Klein (1980) a fase de capoeirinha se caracteriza pelo aparecimento dos primeiros arbustos do gênero *Baccharis* (Asteraceae), denominadas de carquejas e vassouras, que surgem progressivamente, na medida que as ervas da fase anterior vão desaparecendo. Na segunda coleta realizada em maio de 2003, foi constatada a presença de *Baccharis* sp. entre outras compostas. Entretanto, as características da sucessão constatada nesse estudo não se parecem com a descrita por Klein (1980). Embora a sucessão seja determinada pelas condições do sítio e seu entorno, o processo de mineração, como pôde ser constatado no local, alterou o curso sucessional.

Apesar da sucessão não seguir os padrões observados por Klein (1980), a revegetação está ocorrendo de modo intenso e protegendo a camada superficial do solo, proporcionando maiores possibilidades para o estabelecimento de outras espécies.

A identificação a herbácea *Phytolacca thyrsoiflora*, e a arbórea *Alchornea triplinervia* (tanheiro), cuja síndrome de dispersão é endozoocórica, demonstra a importância destas espécies quanto a atração de fauna.

O tanheiro é uma espécie nativa e pioneira, já observado por Nau e Sevegnani (1997) e também recomendado para ser utilizada em programas de recuperação naquele local.

Também é considerada uma espécie bagueira (termo utilizado por caçadores) pois quando com frutos maduros atrai grande número de animais que dispersam suas sementes. O efeito bagueira do tanheiro foi avaliado por Reis e Port (2000) citados por Reis, Espíndola e Vieira (2003), que registraram durante 12 horas de observação, a presença de 15 espécies de pássaros, dos quais 09 se caracterizaram com comportamento de frugivoria. Estes pássaros depositaram sementes de 08 outras espécies vegetais sob a copa da planta observada, numa densidade de 96 sementes/m²/12 horas. A contagem de sementes foi realizada após a germinação, para a determinação das espécies, garantindo com isso que os dados apresentados fossem de sementes viáveis transportadas por uma relativa diversidade de pássaros, devido ao efeito bagueira do tanheiro.

Bechara (2003) identificou 35 espécies pertencentes a 22 famílias botânicas presentes no banco de sementes, coletados até 5 cm de profundidade, no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC.

Ao utilizar galharia e solo transportado da área a ser inundada na Hidrelétrica de Itá/SC, para a recuperação de uma área de empréstimo, Reis (2001) identificaram 54 espécies pertencentes a 24 famílias botânicas que se regeneraram sobre os montes de galharia.

Quanto à síndrome de polinização

As síndromes de polinização¹¹ das espécies que revegetaram a área naturalmente, está apresentada na figura 11, e caracteriza a predominância das espécies zoofílicas¹² (71,4%) sobre as anemofílicas¹³ (25%).

¹¹ A polinização envolve o processo de transporte de um grão de pólen (célula masculina) até o aparelho reprodutor feminino na flor, o estigma.

¹² Zoofilia: polinização realizada por animais.

¹³ Anemofilia: polinização realizada pelo vento.

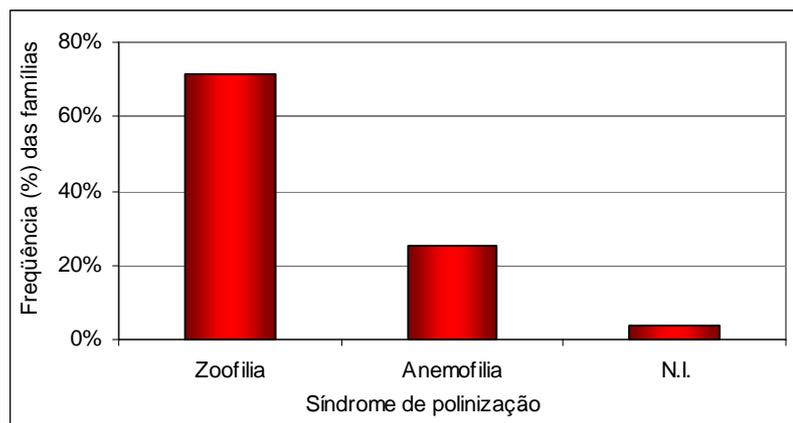


Figura 11. Síndromes de polinização das famílias que revegetaram naturalmente a área experimental em Campo Formoso/ Doutor Pedrinho-SC, 2003.

Durante um estudo em floresta tropical no México, Bawa *et al.* (1985), detectaram que o vento participa em apenas 2% na polinização, sendo os animais os principais responsáveis por esse fenômeno. No entanto, no presente estudo, constatou-se que a polinização pelo vento foi responsável por 25%, um número elevado se comparado aos estudos em florestas tropicais. Isso se deve ao fato de que a área está em fase inicial de recuperação, aonde as primeiras sementes provavelmente chegaram dispersas pelo vento (anemocórica), cujas plantas são anemofílicas.

Os autores também estudaram o processo de polinização em uma amostra de 143 espécies de árvores na floresta tropical do México, e verificaram que: abelhas médias e grandes são responsáveis por 27,5%; abelhas pequenas 14%; beija-flores 4,3%; besouros 7,3%; borboletas 4,9%; morcegos 3%; mariposas 15,8%; vento 2,5% e outros insetos 20,8%. Esses resultados confirmam a importância da polinização realizada por animais, sendo essencial para a perpetuação das espécies. Na área de estudo a zoofilia foi responsável por 71,4% desse processo, mesmo em fase inicial de recuperação, mas com tendência a aumentar durante a sucessão ecológica.

Bechara (2003) observou as síndromes de polinização das espécies registradas no banco de sementes de restingas e sob talhões de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* no Parque Florestal do Rio Vermelho em Florianópolis-SC, e verificou a predominância de 22 espécies zoofílicas, contra 13 das anemofílicas. Reis, Schlee e Espíndola (2002) também observaram a predominância de polinização zoofílicas (84,9%), sobre a zoofílica (15,1%) de espécies que se regeneraram sob montes de galharia e solo transportado da área a ser inundada na Hidrelétrica de Itá/SC.

Quanto à síndrome de dispersão de sementes

A síndrome de dispersão¹⁴ das espécies que revegetaram a área naturalmente, está apresentada na figura 10. Verificou-se a predominância das espécies anemocóricas¹⁵ (57,1%). A endozoocoria¹⁶ representou 25%, seguido pela epizoocoria¹⁷ e autocoria¹⁸ (ambas com 7,1%) (Figura 12).

No presente estudo verificou-se que a dispersão de sementes que chegaram até a área de estudo grudadas na plumagem/pele de animais correspondeu a 7,1% das espécies, enquanto que as sementes que passaram pelo trato digestivo dos mais diversos animais correspondeu a 25% das espécies. Nesse sentido, um animal predador, ao defecar ou perder uma semente ou fruto, executa o papel de dispersor. Nas florestas tropicais, a forma mais freqüente de dispersar sementes é através dos animais, com cerca de 60 a 90% das espécies florestais adaptadas a esse tipo de transporte (MORELLATTO e LEITÃO-FILHO, 1992).

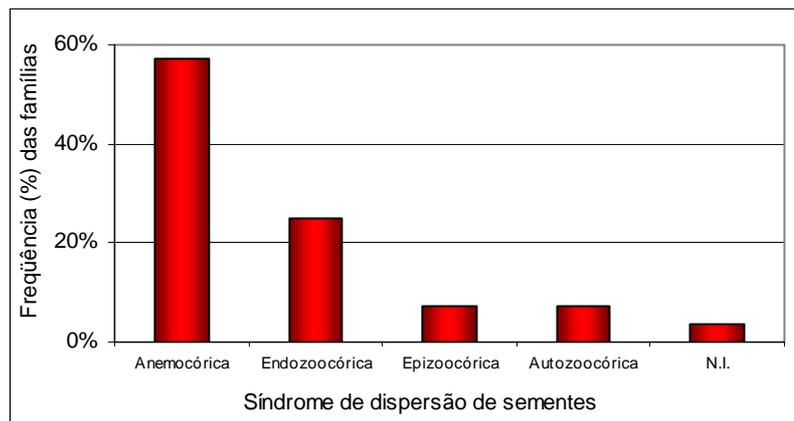


Figura 12. Síndromes de dispersão de sementes das famílias que revegetaram naturalmente a área experimental em Campo Formoso/ Doutor Pedrinho-SC, 2003.

Segundo Seitz, (1984), as primeiras espécies a se estabelecerem após a destruição total da vegetação, são espécies cujas sementes ou frutos são dispersos pelo vento, e que germinam em solo mineral, sendo isso de fato verificado na área de estudo. Essas sementes normalmente não têm endosperma volumoso, sendo os cotilédones assimilatórios (germinação epígea). Das espécies estabelecidas no local de estudo, 57,1% foram dispersas pelo vento. O fato da relação da dispersão de sementes ser maior pelo vento do que por

¹⁴ A dispersão é o transporte das sementes de um local próximo ou distante da planta geradora dessas sementes (planta-matriz).

¹⁵ Anemocoria: síndrome de dispersão de semente realizada através do vento.

¹⁶ Endozoocoria: semente passa pelo trato digestivo do animal para ser dispersa

¹⁷ Epizoocoria: semente transportada na pelagem dos animais.

¹⁸ Autocoria: dispersão realizada pela própria planta.

animais, provavelmente se justifica pelas condições iniciais de recuperação da área, pois logo após essa fase inicial, à medida que a revegetação avança as interações solo-planta-animal também aumentam.

Bechara (2003) observou as síndromes de dispersão das espécies registradas no banco de sementes de restingas e sob talhões de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* no Parque Florestal do Rio Vermelho em Florianópolis-SC, e constatou a predominância de 20 espécies anemocóricas, sobre as zoocóricas (12) e autocóricas (3). Reis, Schlee e Espíndola (2002) observaram a predominância de dispersão autocórica (45,3%), sobre a anemocórica (34%), epizoocórica (7,5%), e endozoocórica (13,2%) de espécies que se regeneraram sob montes de galharia e solo transportado da área a ser inundada na Hidrelétrica de Itá/SC.

Quanto ao hábito

A figura 13 apresenta as formas de vida das espécies identificadas que se regeneraram naturalmente na área, caracterizando a predominância de espécies herbáceas (75%), seguida das árvores (10,7%), arbustos (7,1%) e lianas (3,5%).

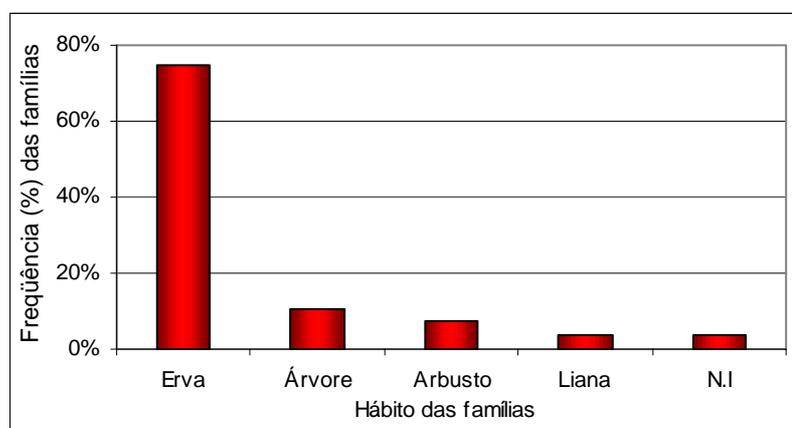


Figura 13. Hábito das famílias identificadas que se regeneraram naturalmente na área experimental. Campo Formoso/Doutor Pedrinho-SC, 2003.

Nau e Sevegnani (1997) realizaram levantamento em uma área de recuperação de argila em Doutor Pedrinho e verificaram que 32% das espécies eram árvores, 4,5% eram arbustos, 62,7% ervas, sem que se verificassem lianas. Considerando o presente estudo, a maior abundância de espécies também possui hábito herbáceo num total de 71,4%.

Bechara (2003), ao avaliar a distribuição de hábitos das espécies registradas no banco de sementes de restingas e sob talhões de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis-SC, constatou os mesmos padrões ao verificado no

presente estudo, sendo sua medida em número de espécies. Assim, o autor encontrou 24 ervas, 6 árvores, 4 arbustos e 1 liana.

Reis, Schlee e Espíndola (2002) realizaram um levantamento em uma área de empréstimo, de espécies que se regeneraram sob montes de galharia e solo, que fora transportado de uma área a ser inundada na Hidrelétrica de Itá/SC. Os autores observaram o hábito dessas espécies e constataram que 64,2% eram ervas, 9,4% subarbustos, 11,3% arbustos, 2% arbustos ou árvores, 7,5% ervas-subarbustos, e 3,8% árvores.

5.3. POLEIROS ARTIFICIAIS

Os quatro poleiros artificiais instalados na área experimental contribuíram para pouso de aves que se alimentam de frutos e sementes. Essas aves ao tentarem ingerir sementes/frutos mais volumosos e os perderem, ou eliminando sementes através das fezes, dispersaram várias espécies vegetais. As sementes que não germinam em pleno sol são favorecidas pelo leve sombreamento de gramíneas e arbustos, como por exemplo, *Baccharis* sp. que se estabeleceram na área ao longo do estudo.

Dos quatro coletores instalados ao lado dos poleiros artificiais, foram encontradas sementes em 03 deles, enquanto que no outro e demais coletores testemunha não se detectou sementes. Optou-se por classificar as sementes por morfoespécies, conforme exposto na tabela 8 e na foto 8.

Tabela 8. Número das sementes das morfoespécies deixadas nos coletores sob os poleiros artificiais. Doutor Pedrinho, 2003.

Coletores dos poleiros artificiais	Mês da coleta	Morfoespécies					
		1	2	3	4	5	6
Coletor 3	Junho	1		2	1	8	
Coletor 4	Junho	1					
Coletor 3	Julho	4	3				
Coletor 2	Setembro						1

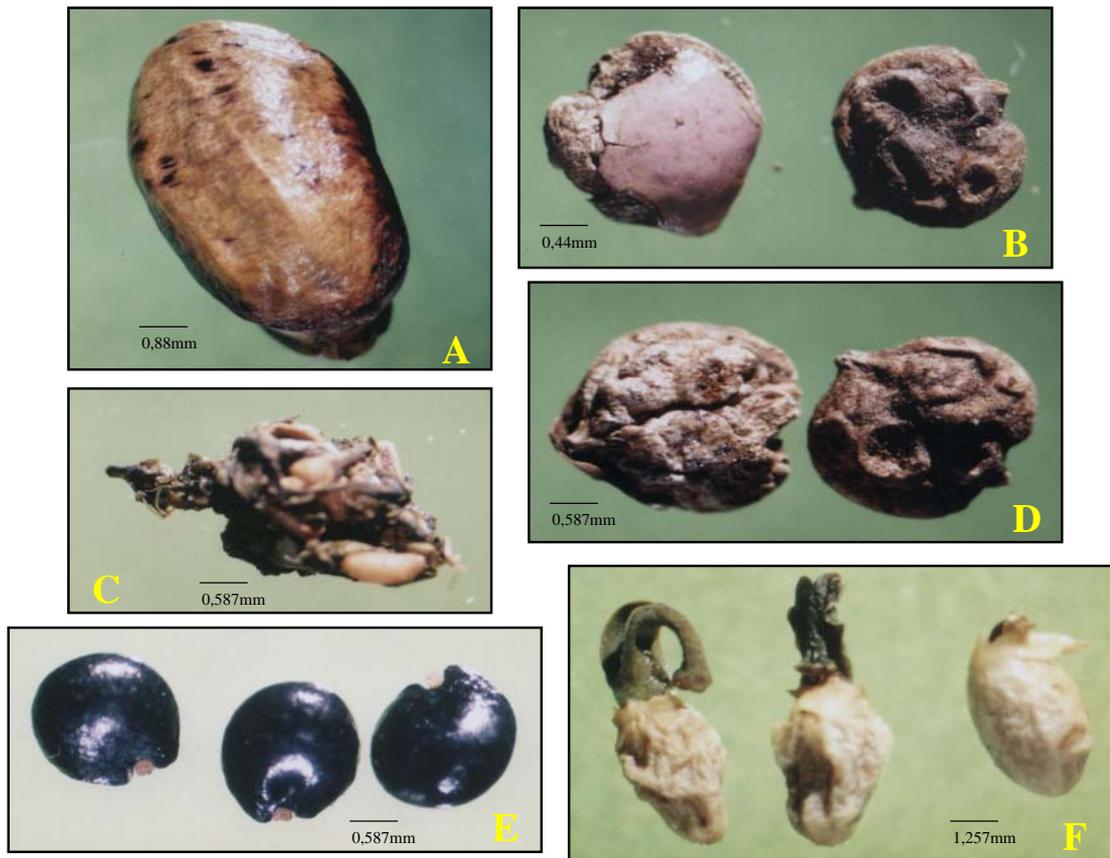


Foto 8. Sementes encontradas nos coletores dos poleiros artificiais. A= morfoespécie 6. B e D= morfoespécie 3. C= morfoespécie 5. E= morfoespécie 2. F= morfoespécie 1. Fotografias retiradas em Estéreo Microspópio Olympus S2H10 - FIT/UFSC. 2003

No total foram encontradas 21 sementes nos coletores sob os poleiros, o que equivale a 52.500 sementes em um hectare (10.000 m²).

A morfoespécie 5 foi o dado mais consistente de que houve aves pousando nos poleiros artificiais e dispersando sementes dos seus tratos digestivos, pois na coleta de suas fezes foram encontradas oito pequenas sementes de uma espécie que parece ser de uma gramínea. Melo (1997) avaliou a presença de aves e a dispersão de sementes utilizando outro modelo de poleiro artificial em Minas Gerais, registrando a presença de 94 espécies de aves diferentes, pertencentes a 28 famílias, e encontrou 12.387 sementes de 10 espécies e 40 morfoespécies vegetais. No total encontraram-se 11.505 sementes nos coletores sob poleiros e 882 sementes nos poleiros testemunha. O autor concluiu que os poleiros artificiais incrementam consideravelmente a dispersão de sementes.

O plantio de bracatingas efetuado na área de estudo, pode ter mascarado o real potencial dos poleiros artificiais constatado no estudo de Melo (1997), uma vez que a bracatinga é uma pioneira de rápido crescimento e a média da altura das plantas foi de 52,2;

178; 204,6; 224,5 centímetros no 1º, 3º, 6º e 9º mês de avaliação, respectivamente. Assim, os ramos das plantas provavelmente serviram de poleiros para diversas aves, diminuindo o efeito dos poleiros de bambu.

Entretanto, pela facilidade de instalação, baixo custo e pelo fato de muitas aves preferirem pousar sobre galhos secos para ficarem esperando suas presas (insetos), poleiros artificiais podem ser instalados em áreas onde existam poucos indivíduos arbóreos para que possam exercer sua função com máxima eficiência nos processos de recuperação ambiental.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Abrangendo o contexto da degradação e recuperação de áreas degradadas no cenário nacional, verifica-se que a preocupação com a recuperação, a conservação e a preservação dos recursos naturais, cresceu muito nos últimos anos. Entretanto, os aspectos legais e institucionais continuam precários, principalmente no que tange à fiscalização.

Se por um lado grandes avanços foram obtidos na recuperação de áreas degradadas, recursos vultuosos são desperdiçados em projetos de recuperação que deixam a desejar nos aspectos de produção de biomassa e diversidade de espécies nas áreas impactadas. Ainda há de se considerar que em muitos casos existe preocupação apenas em explorar o material de interesse, e os supostos projetos de recuperação, apenas mascaram a degradação da área, por meio de uma recuperação “estética” que apenas melhora o visual da paisagem, mas não recupera nem a sua forma, nem a sua função. A recuperação de áreas degradadas, independente da técnica empregada, é dever da empresa mineradora, até que se atinja o ponto de resiliência, onde a sucessão natural possa ocorrer, sem a intervenção humana.

As técnicas de recomposição da topografia de áreas mineradas, estão bem difundidas, mas implicam em custos adicionais. Assim, o que normalmente acontece é o preenchimento das cavas com estéril e adição de uma mistura da camada superficial do solo com rejeitos da mineração, quando os diferentes materiais deveriam ser cuidadosamente separados.

Como conseqüências intrínsecas ao processo de mineração, está a queda da atividade biológica, a compactação dos solos, os problemas de drenagem e a perda da fertilidade natural. A retirada do horizonte superficial conduz à exposição de horizontes com elevada acidez e conseqüentemente grande capacidade de adsorção de fosfatos. Por sua vez, essas características interferem no processo de revegetação de áreas degradadas, por ação direta sobre a planta ou pela menor eficiência de adubos fosfatados.

Esses problemas que não existiam antes da degradação dificultam a recuperação das características químicas, físicas e biológicas do solo. O retorno dessas características anteriores à degradação é possível, mas requer conhecimentos acadêmicos e práticos. Fatores como adição de insumos, revegetação diversificada, controle de erosão e constante monitoramento são fundamentais nesse processo.

Dessa forma, as informações prévias devem guiar as estratégias e as técnicas, adequando-as de acordo com as peculiaridades de cada local, bem como visando a cobertura do solo e a facilitação da sucessão ecológica. Para auxiliar a auto-suficiência das áreas

degradadas é necessário escolher espécies pioneiras (capazes de cobrir rapidamente o solo), e que interajam com a fauna.

Fala-se tanto em multidisciplinariedade, mas na prática muitas ações têm ficado restritas aos problemas individuais de cada setor. Nos projetos de obras de engenharia, tais como a construção de rodovias, a camada superficial do solo considerada um problema para engenheiros, para outros como os biólogos, os engenheiros agrônomos e florestais, entre outros, é a solução para muitos problemas, pois é justamente esse material que é utilizado na transposição de solo para a recuperação de áreas degradadas buscando a melhoria da fertilidade do substrato e fornecendo um banco de sementes. Assim pergunta-se: Porque não utilizar essa camada superficial do solo (“rejeitos”) na recuperação de áreas degradadas? Em cada região aonde se deseja recuperar áreas degradadas, deveria ser observado o contexto em que a região está inserida, a fim de aproveitar materiais que para outros serão descartados.

Neste sentido, destaca-se o trabalho realizado com sucesso, integrando o setor da engenharia e da biologia, que ocorreu durante a construção da usina de hidrelétrica de Itá/SC, onde foram retiradas as árvores da mata ciliar, da área a ser inundada, e a sobra da galharia (material orgânico) que representava um problema adicional ao empreendedor, e utilizando-as, juntamente com solo, para recobrir uma área de empréstimo. Tal iniciativa impulsionou positivamente a recuperação da área (REIS, SCHLEE e ESPÍNDOLA, 2002).

Nesse contexto, a construção do presente estudo buscou respeitar e aproveitar as informações descritas por vários autores que focam a recuperação de áreas degradadas, implantando um experimento que consistiu na integração de diversas técnicas.

Os resultados do experimento confirmaram que a bracatinga é uma espécie arbórea bem adaptada às condições adversas da área de estudo, a mesma apresentou taxa de sobrevivência superior a 92%. Em adição, a cobertura do solo pelas suas copas, foi superior a 67% nos tratamentos aonde foi adicionado serrapilheira, tanto na topografia regular como na irregular. Considerando estes aspectos estudados, e tendo conhecimento do seu potencial da espécie tanto para a construção do solo pela adição de serrapilheira rica em nitrogênio, quanto para a facilitação da sucessão ecológica, conclui-se que a espécie deve ser utilizada para fins de recuperação em áreas com características semelhantes ao do presente estudo.

Sugere-se ainda, em fases posteriores, realizar o enriquecimento da área com outras espécies, a fim de maximizar as interações solo-planta-animal, e buscar atingir a forma e a função do ecossistema o mais próximo possível da condição original. Pode-se afirmar, que a recuperação da área está em estágio inicial de desenvolvimento, encontrando-se ainda, distante do ponto de resiliência. Para tanto, há necessidade de monitoramento, e de tempo,

sendo responsabilidade da empresa Mineração Portobello LTDA, até a área atingir estabilidade.

Nesse estudo, tratou-se de utilizar a serrapilheira como fonte de sementes e propágulos de áreas adjacentes, propiciando entre outros aspectos, a interceptação de luz, o sombreando de sementes e nascediças, e a redução da amplitude térmica do solo. Muitas sementes germinaram e recobriram o solo vigorosamente, minimizando processos erosivos causados pelo vento e chuva. A serrapilheira também é fonte de matéria orgânica e sais minerais para meso, microrganismos e plantas, contribuindo assim, para a formação do novo perfil do solo. O estudo não constatou incrementos nos atributos químicos do solo, entretanto a técnica é eficiente para recuperar áreas degradadas, principalmente quando se trata da revegetação. Por outro lado, o estudo demonstrou que a utilização de serrapilheira trouxe benefícios para a recuperação ambiental. Todos os tratamentos instalados na área regular, com exceção do tratamento 2 (adubação orgânica e sem serrapilheira), tiveram mais de 71% de cobertura, contra menos de 40% na topografia irregular, com exceção do tratamento 8 (adubação química e sem serrapilheira). Esses resultados permitiram concluir, que aos 09 meses de avaliação, a área regular encontrava-se satisfatoriamente revegetada. Porém, quanto ao uso da técnica, esta não poderá prejudicar outros ambientes pela retirada do material.

A comparação entre os dois tipos de topografias, não demonstrou diferenças significativas para a maioria dos parâmetros estudados. No entanto, como segundo Aumond (2003), o uso da topografia irregular, apresenta diversos aspectos positivos, como a formação de nichos ecológicos diversificados, diminuição de extremos de temperaturas, retenção de material coluvial nas bacias de contenção dentro do sistema, entre outros. Entretanto, o presente estudo foi conduzido por apenas 09 meses, sugerindo-se a realização de estudos complementares para confirmar o seu potencial da técnica.

Como a mineração de argila implica em grandes extensões de áreas degradadas, a utilização de poleiros artificiais como atratores da avifauna é uma alternativa barata, e que pode aumentar consideravelmente a chuva de sementes com espécies de florestas do entorno para dentro da área degradada. No presente estudo foram encontradas 21 sementes nos coletores de 1m² instalados ao lado de 4 poleiros artificiais dentro da área experimental. Os poleiros em áreas abertas fornecem um ponto alternativo para o pouso de aves entre um fragmento e outro. Para maximizar a germinação das sementes que poderão ser depositadas na área, sugere-se que seja colocada uma camada de cobertura, verde ou morta, ao redor dos poleiros, a fim de manter a umidade e diminuir extremos de temperatura.

A análise da composição florística do experimento, identificou que algumas espécies que revegetaram naturalmente a área, pertencem a 22 famílias botânicas, possuindo principalmente síndrome de polinização zoofílica, o que é fundamental para a interação planta/animal; dispersão anemocórica; e hábito herbáceo. Sugere-se entretanto, realizar outro levantamento botânico, para verificar a evolução do processo de sucessão natural.

Em resumo, o conjunto das técnicas empregadas para a recuperação da área de estudo, como: a revegetação pelo uso da bracatinga, a serrapilheira, os poleiros artificiais e a topografia irregular, tiveram o propósito de ampliar as interações que ocorrem na natureza para atrair sementes e biodiversidade para dentro da comunidade, pois quanto maior for a capacidade de uma comunidade em atrair, nutrir e dar condições de reprodução, mais rápida será sua recuperação. A proposta da integração dessas técnicas na área de estudo foi de grande valia, entretanto, 09 meses de avaliação não é tempo suficiente para destacar seu potencial.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATLAS DE SANTA CATARINA. Gabinete do Planejamento e Coordenação Geral. Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro, Aerofoto Cruzeiro. 1986. p. 173.

AUMOND, J. J. Relatório de pesquisa de argila de Campo Formoso, município de Doutor Pedrinho, SC. (não publicado). 1894.

AUMOND, J. J. Teoria dos sistemas: Uma nova abordagem para recuperação e restauração ambiental. In: II Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, 2003, Itajaí. **Anais...** Itajaí, 2003, 6 p.

BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A.; CARVALHO, P. E. R.; SOARES, A. O. Levantamento das espécies lenhosas em sub-bosques de bracatingais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo/PR, n. 30-31, 1995, p. 69-74,.

BALENSIEFER, M. Recuperação de Áreas Degradadas na Mata Atlântica: catálogo bibliográfico/Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. São Paulo: CNRB, 1997.

BALISTIERI, P. R. M. N.; AUMOND, J. J. Recuperação ambiental em mina de argila, Doutor Pedrinho-SC. In: III SINRAD – III Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 1997, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, 1997, p. 36-41.

BARNES, B. V.; ZAK, D. R. DENTON, S. R.; SPURR, S. H.; **Forest Ecology**. Oxford: John Willey & sons. 1997.

BAWA, K. S.; BULLOCK, S. H.; PERRY, D. R.; COVILLE, R. E.; GRAYUM, M. H. Reproductive biology of tropical rain forest trees. II Pollination systems. **American journal of botany**. 1985. 72: 346-356.

BECHARA, F. C. Restauração ecológica de restingas contaminadas por pinus no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC. Florianópolis, 2003. 125p. **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

BRANDY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. ed.7. Rio de Janeiro:Freitas Bastos. 1989. 898p.

BRASIL. Decreto nº 97.632, de 31 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências.

Diário oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília/DF, 31 de abr. 1989.

Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm_legis/d09763289.html> Acesso em: 17 de nov. 2003.

BROWN, S. LUGO, A. E. Rehabilitation of tropical landes: a key ti sustaining development. **Restoration Ecology**. Malden/MA, v. 2, 1994. p. 97-111.

CALLAWAY, R. M. Positive interactions among plants. **The botanical review**, New York, v. 61, n. 4, p. 306—349, 1995.

CAMPELLO, E. F. C. O papel de leguminosas arbóreas e noduladas e micorrizas na recuperação de áreas degradadas (parte I). In: Recuperação de áreas degradadas – III curso de atualização, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1996. p. 9-15.

CAMPELLO, E.F. C; VASCONCELOS, A. N.; EINLOFT, R.; GRIFFTH, J. J. Utilização de composto de lixo urbano e inoculação com microrganismos para o estabelecimento de plantas em substratos de mineração de ferro. In: I Simpósio Sul-Americano e II Simpósio Nacional – Recuperação de áreas degradadas. Trabalhos voluntários. 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 1994.

CÂNDIDO, J. F.; GRIFFITH, J. J. **Recomendações para a recuperação de superfícies mineradas de bauxita**. Viçosa -MG, Escola Superior de Florestas. 1978, 170p.

CARPANEZZI, A. A. Banco de sementes e deposição de folheda e seus nutrientes em povoamentos de bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) na região metropolitana de Curitiba/PR. Rio Claro, SP. 1997. 177p. **Tese** (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista.

CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B.; Cultivo da bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) no Brasil e prioridades para o seu aperfeiçoamento. In: Congresso Florestal Estaual, 7, Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria, 1992. **Anais...** Santa Maria, 1992.

CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G. S.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Espécies pioneiras para a recuperação de áreas degradadas: observações de laboratórios naturais In:

Congresso Florestal Brasileiro, 6, Sociedade Brasileira de Silvicultura, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** Campos do Jordão, 1990.

CARVALHO, R. M. Recomendação de controle ambiental na exploração de jazidas de laterita no Planalto Central. IIIº Encontro Ibero-Americano de Unidades Ambientais do Setor Transportes. **Resumos CD-Room**. 1998. 10p.

CASTRO, J. P. C. de. Reabilitação de áreas degradadas – Aspectos Legais. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. de. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa:UFV/ SOBRADE, 1998. p. 9-13.

COLTURATO, S. C. O. Aspectos e impactos ambientais da mineração de argila na região de Rio Claro e Santa Gertrudes, SP: proposta metodológica para ponderação dos impactos negativos, Rio Claro, SP. 2002. 137p. **Dissertação** (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista.

DEDECEK, R. A. A dinâmica dos solos em áreas degradadas. Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas – Palestras convidadas. In: Recuperação de Áreas Degradadas – III Curso de atualização, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1996. p. 44-57.

DIAS, H. C. T.; OLIVEIRA, A. T. Filho. Variação temporal e espacial da produção de serrapilheira em uma área em uma área de Floresta Semidecídua Montana em Lavras/MG. **Revista Árvore**, v. 21, n. 1, p. 11-26, 1997.

DIAS, L. E. O papel de leguminosas arbóreas e noduladas e micorrizas na recuperação de áreas degradadas (parte II). In: Recuperação de áreas degradadas – III curso de atualização, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1996. p. 17-25.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: Recuperação de Áreas Degradadas. Viçosa: UFV/SOBRADE, 1998. p. 1-7

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (Curitiba, PR). Manual técnico da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). Colombo, 1988. 70p. (EEMBRAPA-CNPF. Documentos, 20).

EMSTERS, J. Análise do Desenvolvimento Sócio-Econômico do Município de Doutor Pedrinho. Blumenau, 1997. **Monografia** (Bachareu em Ciências Econômicas) – Universidade Regional de Blumenau.

FARIA, S. M. de; MOREIRA, V. G.; FRANCO, A. A. Seleção de estirpes de *Rhizobium* para leguminosas florestais. **Revista agropecuária Brasileira**, 19, 1984, p. 175-180.

FARIA, S. M.; FRANCO, A. A. Espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio para revegetação de áreas degradadas. In: I Simpósio Sul-Americano e II Simpósio Nacional – Recuperação de áreas degradadas. Trabalhos voluntários. 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 1994.

FERNANDEZ, J. Q. P.; MACHADO, M. C.; DIAS, L. E. Crescimento de sete espécies leguminosas em colunas de solo compactado. In: X Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 1994, Florianópolis. **Resumos**. Florianópolis, 1994, p. 242-244.

FERREIRA, C. A. G.; TAU-K-TORNISIELO, S. M.; Chaves, M. M. F. Comportamento de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e sesbânia (*Sesbania sesban*) em áreas degradadas, pela disposição de resíduos provenientes do processamento da bauxita. **In: HOLOS Environment**, v.2 n.2, 2002. p.156-173.

FOURNIER, L. A. 1974. **Un método cuantitativo para la medición de las características fenológicas en árboles**. Turrialba 24: 422-423.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; DIAS, L. E. Revegetação em áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas-PA com leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas. I Simpósio Sul-Americano e II Simpósio Nacional – Recuperação de Áreas Degradadas. Foz do Iguaçu-PR. 1994. **Anais...** Foz do Iguaçu, 1994. p. 145-153.

FRANCO, A. A.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas com agentes de recuperação e manutenção de vida no solo: um modelo tecnológico. **In: Simpósio sobre estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas**, 1. Rio de Janeiro. 1992. p. 93

FONSECA, F. Os efeitos da mineração sobre o meio ambiente. In: Brasil Mineral – Especial: Meio Ambiente. 1989. p 74-80.

GAIAD, S.; CARPANEZZI, A. A. **Ocorrência de *Rhizobium* em leguminosas de interesse silvicultural para a região sul.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília - DF, 1984, v. 19, p. 156-158.

GOMES, Frederico Pimentel. **Curso de Estatística Experimental.** ed. 13. Piracicaba: Nobel S.A. 1990. p 391-397.

GRIFFITH, J. J. O estado da arte de recuperação de áreas mineradas no Brasil. I Simpósio Sul-Americano e II Simpósio Nacional – Recuperação de Áreas Degradadas. Foz do Iguaçu-PR. 1994. **Anais...** Foz do Iguaçu, 1994. p. 77-82.

GRIFFITH, J. J. Recuperação conservacionista da superfície das áreas mineradas: Uma revisão de literatura. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais. UFV. **Boletim Técnico** n. 79, 1980. 106p.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e meio ambiente.** 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 394p.

GUEVARA, S.; LABORDE, J. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability. **Vegetatio** 107/108. Kluwer Academic Publishers. Bélgica, 1993. p. 319-338.

HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual review of ecology and systematics.** 1982. 13: 201-228.

IBAMA. **Manual de Recuperação de áreas degradadas pela mineração.** Brasília, IBAMA, 1990. 96p.

JESUS, R. M. Revegetação: da teoria a prática técnica de implantação. In: I Simpósio Sul Americano e II Simpósio Nacional – Recuperação de áreas degradadas, 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 1994. p. 123-134.

KAGEYAMA, P. Y.; BIELLA, L. C.; PALERMO, Jr. A. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção a reservatórios. In: 6º Congresso Florestal Brasileiro, Sociedade Brasileira de Silvicultura. 1990. Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, 1990.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Dinâmica de populações de espécies arbóreas. Implicações para o manejo e a conservação. III Simpósio de ecossistemas. Academia de Ciências do Solo de São Paulo. v.2. - São Paulo, **Anais...** São Paulo, 1994, p. 1-9.

KAGEYAMA, P. Y.; REIS, A.; CARPANEZZI, A. A. Potencialidades e restrições da regeneração artificial na recuperação de áreas degradadas. Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 1992, Universidade Federal do Paraná - Curitiba, **Anais...** Palestras Convidadas. Curitiba, 1992, p. 01-07.

KLEIN, R. M.. Ecologia da flora e vegetação do vale do Itajaí. **Sellowia**, n. 32. 1980. p. 389.

KLEIN, R.M. Aspectos fitossociológicos da bracatinga (*Mimosa scabrella*): Bracatinga uma alternativa para reflorestamento. In: Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais, 4, 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1981. p.145-148

LAL, R.; STUART, B. A. **Soil degradation**. New York: Springer Verlag. 1990. 345p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 1 e 2 ed. São Paulo: Editora Plantarum, 1998.

LOURENZO, 1991.

MAJER, J. D. Fauna studies and land reclamation technology: a review of the history and need for such studies. **In:** Animals in primary succession: the role of fauna in reclaimed lands, J. D. coordinator, Londres, Cambridge University Press. 1989. p. 3-33.

MASCHIO, L. M. A.; MACEDA, A.; RAMOS, A. Fungos em sementes de espécies florestais com potencial agrosilvicultural no Paraná. In: 6º Congresso Florestal Brasileiro, Sociedade Brasileira de Silvicultura. Campos do Jordão - São Paulo. **Anais...** Campos do Jordão, SP. v.3, p. 555-564, 1990.

McCLANAHAN, T.R., WOLFE, R.W. Dispersal of ornithochorus seeds from forest edges in Central Florida. **Vegetatio**, n.71, p.107-112, 1987.

McDONNELL, M.J., STILES, E.W. The structural complexity of old field vegetation and recruitment of bird-dispersed plant species. **Vegetatio**, n.56, p.109-116, 1983.

MELO, V. A. Poleiros artificiais e dispersão de sementes por aves em uma área de reflorestamento, no estado de minas gerais. **Tese**. Universidade Federal de Viçosa para obtenção do título de Magister Scientiae. Viçosa – MG, 1997, 50p.

MONTOYA, L. J.; MASCHIO, L. M. de A. **Avaliação da eficiência da bracatinga (*Mimosa scabrella benth*) na recuperação de solos degradados.** Centro Nacional de Pesquisas de Florestas – CNP/Florestas Embrapa, Colombo, Paraná, 1993.

MORAES, R. M.; DELITTI, W. B.; RINALDI, M. C. REBECO, C. F. Ciclagem mineral em Mata Atlântica de encosta e mata sobre restinga, Ilha do Cardoso, SP: Nutrientes na serrapilheira acumulada. In: Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, 4., 1998, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: ACIESP, 1998. p. 71-77.

MOREIRA, F. M. De S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras: Editora UFLA, 2002. 626p.

MORELLATO, L. P.; LEITÃO FILHO, H. F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. (Coord). **História natural da Serra do Japi: Ecologia e preservação de uma floresta no sudeste do Brasil.** Editora da UNICAMP/FAPESP, São Paulo. 1992. p. 112-141.

MOTTA, J. F. M. Panorama das matérias-primas utilizadas na indústria de revestimentos cerâmicos. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. (n. 2607). 2000. 7p.

NAPPO, M. E. Inventário florístico e estrutural na regeneração natural de sub-bosque de povoamentos de *Mimosa scabrella* Bentham, implantadas em áreas mineradas, em Poços de Caldas, MG. Lavras: UFLA, 1999. 87p. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

NAU, S. R.; SEVEGNANI, L. Vegetação recolonizadora em mina de argila e propostas para recuperação ambiental. In: III SINRAD – III Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 1997, Ouro Preto, **Anais...** Ouro Preto, 1997, p. 54-66.

NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENNEY, D.R. (eds.) *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1982. v.2, p.539-579.

NEPPEL, M. Sucessão secundária da vegetação em diferentes modelos de recuperação ambiental em planície aluvial do Rio Benedito, em Timbó, SC. Blumenau: FURB, 2003. 74p. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Regional de Blumenau.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434p.

POGGIANI, F. Utilização de espécies florestais de rápido crescimento na recuperação de áreas degradadas. **Série técnica IPEF**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 1-26. 1981.

POGGIANI, F.; MONTEIRO, C. C. Efeito da implantação de maciços florestais puros na reabilitação do solo degradado pela mineração de xisto betuminoso. In: 6º Congresso Florestal Brasileiro, Sociedade Brasileira de Silvicultura. 1990. Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, 1990. p. 275-281.

PORTES, M. C. G. O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação sazonal de deposição de serrapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhangava/PR. **Floresta**, v. 26, n. 1/2, p. 3-10, 1996.

PROJETO FAO-GCP/BRA/025/FRA. Convênio Brasil/Paraná – FRANÇA – FAO. **Melhoramento do sistema agroflorestal da bracatinga**. 1990. 106p.

RACHWAL, M. F. G.; CURCIO, G. R.; SOUZA, B. D. Recuperação de Floresta Ciliar aos 2 anos de idade em ambiente de cabeceira de drenagem, sobre cambissolo húmico gleico em Campo do Tenente-PR. **Pesquisa em andamento/Embrapa**. ISSN 1517-5022. n. 78, p.1-3, 1999.

RACHWAL, M. F. G.; CURCIO, G. R.; SOUZA, B. D. Recuperação de floresta ciliar no rio cascavel, município de Campo do Tenente-PR, em cambissolo húmico – 3º ano de observação. **Pesquisa em andamento/Embrapa**. ISSN 1517-5022. n. 90, p.1-5, 2000.

REGENSBURGER, B. Estímulo à sucessão secundária para a recuperação de uma área degradada pela mineração de argila, Campo Formoso/Doutor Pedrinho-SC. **Monografia**. Universidade Regional de Blumenau. 2000. 54p.

REICHMANN NETO, F. SANTOS FILHO, A. Desenvolvimento de solos em áreas de empréstimo, resultante do plantio de gramíneas e bracatinga. In. CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS. 1982. Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: Silvicultura em São Paulo. V.16-a, Parte 3. São Paulo, 1982. p.1896-1899.

REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. **In:** Dias, L.E.; Vargas, J.W.M. (eds) Recuperação de áreas degradadas. Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, Viçosa, 1998. p.163-176.

REIS, A. Avaliação da recuperação de taludes de área de empréstimo na Usina Hidrelétrica de Itá, através da sucessão e dispersão de sementes. **Relatório FAPEU-GERASUL 24.** Florianópolis. Não publicado. 2001.

REIS, A., ZAMBONIN, R. M.; NAKAZONO, E. M. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. **Série Cadernos da Biosfera 14.** Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, 1999. 42 p.

REIS, A.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K. Restauração de áreas degradadas: imitando a natureza. Florianópolis: LEF. Maio, 2003. p. 38.

RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza.** 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993.

ROLAS. **Recomendação de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** Passo Fundo: SBCS – Núcleo Regional Sul, 3^a ed., 1994. 224 p.

SEITZ, R. A.; CORVELLO, W. B. V. Qualidade de mudas obtidas na regeneração natural. **In:** Métodos de produção e controle de qualidade de sementes e mudas florestais, Curitiba, 1984. p. 392-402.

SEVEGNANI, L. **A Mata Atlântica e você.** Como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada Floresta Brasileira. **In:** SCHÄFFER, W. B.; PROCHNOW, M. Brasília: APREMAVI, 2002. 156p.

SILVA, E. B. da. Metodologia e avaliação dos indicadores na recuperação de áreas degradadas. **Monografia.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. 61p.

SILVA, E. M. R.; FRANCO, A. A.; DIAS, L. E.; CAMPELLO, E. F. C. Fungos micorrízicos em leguminosas arbóreas revegetando solos degradados. **In:** Reunião Brasileira de Micorrizas, Florianópolis, 1994.

SOUZA, F. A. de.; SILVA, E. M. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J. O. **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: UFV. 1996. p. 255-290.

TOY, T. J. Topographic reconstruction: the foundation of reclamation. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. de. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV/Sobrade, 1988. p. 107-115.

UBERTI, A. A. Professor da Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC. Departamento de Engenharia Rural. 2003.

WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serrapilheira em três trechos de floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na estação ecológica de Tripuí, Ouro Preto/MG. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 24, n. 2, p. 195-198, 2001.

ZIMMERMANN, D. G.; TREBIEN, D. O. P. Solos construídos em áreas mineradas como fundamento para recuperar o ambiente. In: **Revista de tecnologia e ambiente**. Universidade do Extremo Sul Catarinense. v. 7, n. 1. Criciúma: FUCR/UNESC, 2001. p. 61-103.

ANEXOS

Tabela 9. Análise de variância da variável taxa de sobrevivência no 09º mês. GL= número de graus de liberdade. SQ= soma de quadrados. QM= quadrado médio. P>F= nível mínimo de significância.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	Qm	Teste F	P>F
taxa_sob41 Blocos	3	40,64	13,55	0,45	71,90
Tratamentos	7	136,61	19,52	0,65	71,02
Interação Topografia X Adubação X Serrapilheira	1	0,05	0,05	0,00	96,77
Interação Adubação X Serrapilheira	1	3,02	3,02	0,10	75,42
Interação Topografia X Serrapilheira	1	12,43	12,43	0,41	52,69
Interação Topografia X Adubação	1	29,54	29,54	0,98	33,25
Entre Níveis de Serrapilheira	1	17,33	17,33	0,58	45,58
Entre Níveis de Adubação	1	49,12	49,12	1,64	21,47
Entre Níveis de Topografia	1	25,14	25,14	0,84	37,05
Erro Experimental	21	630,23	30,01		
Total	31	807,48			

R²=21,95%; CV=5,71%; DPR=5,48cm; \bar{x} =95,90cm.

Tabela 10. Média ± Erro Padrão (EP), inerente a interação tripla, as interações duplas e aos efeitos principais para a taxa de sobrevivência no 09º mês de avaliação (9º mês – 1º mês).

TOPOGRAFIA	ADUBAÇÃO	SERRAPILHEIRA	N	MÉDIA ± EP
Interação Tripla				
1-Regular	1-Orgânica	1-Com	4	93,19 ± 1,44
1-Regular	1-Orgânica	2-Sem	4	92,43 ± 3,97
1-Regular	2-Química	1-Com	4	97,06 ± 2,94
1-Regular	2-Química	2-Sem	4	97,37 ± 1,52
2-Irregular	1-Orgânica	1-Com	4	98,21 ± 1,79
2-Irregular	1-Orgânica	2-Sem	4	94,80 ± 3,72
2-Irregular	2-Química	1-Com	4	98,08 ± 1,92
2-Irregular	2-Química	2-Sem	4	96,05 ± 2,52
Interações Duplas				
	1-Orgânica	1-Com	8	95,70 ± 1,42
	1-Orgânica	2-Sem	8	93,62 ± 2,56
	2-Química	1-Com	8	97,57 ± 1,64
	2-Química	2-Sem	8	96,71 ± 1,38
1-Regular		1-Com	8	95,13 ± 1,68
1-Regular		2-Sem	8	94,90 ± 2,18
2-Irregular		1-Com	8	98,15 ± 1,22
2-Irregular		2-Sem	8	95,43 ± 2,09
1-Regular	1-Orgânica		8	92,81 ± 1,96
1-Regular	2-Química		8	97,21 ± 1,53
2-Irregular	1-Orgânica		8	96,51 ± 2,02
2-Irregular	2-Química		8	97,06 ± 1,52
Efeitos Principais				
		1-Com	16	96,64 ± 1,08
		2-Sem	16	95,16 ± 1,46
	1-Orgânica		16	94,66 ± 1,44
	2-Química		16	97,14 ± 1,04
1-Regular			16	95,01 ± 1,33
2-Irregular			16	96,79 ± 1,22

Tabela 11. Análise de Variância inerente a variável cobertura do solo pela copa das bracingas no 03º mês de avaliação. GL= número de graus de liberdade. SQ= soma de quadrados. QM= quadrado médio. P>F= nível mínimo de significância.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	Qm	Teste F	P>F
Tratamento	7	58,875	8,41	2,20	7,61
Interação Topografia X Adubação X Serrapilheira	1	0,031	0,03	0,01	92,87
Interação Adubação X Serrapilheira	1	2,000	2,00	0,52	47,71
Interação Topografia X Serrapilheira	1	0,281	0,28	0,07	78,87
Interação Topografia X Adubação	1	0,031	0,03	0,01	92,87
Entre Níveis de Serrapilheira	1	45,125	45,13	11,83	0,25
Entre Níveis de Adubação	1	6,125	6,13	1,61	21,90
Entre Níveis de Topografia	1	5,281	5,28	1,38	25,26
Erro Experimental	21	80,125	3,82		
Total	31	139,000			

$R^2=0,43\%$; $CV=43,41\%$; $DPR=1,95\%$; $\bar{x}=4,50\%$.

Tabela 12. Análise de Variância inerente a variável cobertura do solo pela copa das bracingas no 06º mês de avaliação. GL= número de graus de liberdade. SQ= soma de quadrados. QM= quadrado médio. P>F= nível mínimo de significância.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	Qm	Teste F	P>F
Tratamento	7	61,500	8,79	2,67	3,81
Interação Topografia X Adubação X Serrapilheira	1	3,125	3,13	0,95	34,05
Interação Adubação X Serrapilheira	1	0,000	0,00	0,00	100,00
Interação Topografia X Serrapilheira	1	2,531	2,53	0,77	39,00
Interação Topografia X Adubação	1	7,031	7,03	2,14	15,83
Entre Níveis de Serrapilheira	1	47,531	47,53	14,47	0,10
Entre Níveis de Adubação	1	0,781	0,78	0,24	63,09
Entre Níveis de Topografia	1	0,500	0,50	0,15	70,04
Erro Experimental	21	69,000	3,29		
Total	31	130,500			

$R^2=0,47\%$; $CV=40,28\%$; $DPR=1,81\text{cm}$; $\bar{x}=4,50\text{cm}$.

Tabela 13. Análise de Variância inerente a variável cobertura do solo pela copa das bracingas no 09º mês de avaliação. GL= número de graus de liberdade. SQ= soma de quadrados. QM= quadrado médio. P>F= nível mínimo de significância.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	Qm	Teste F	P>F
Tratamento	7	79,000	11,29	4,23	0,47
Interação Topografia X Adubação X Serrapilheira	1	6,125	6,13	2,30	14,45
Interação Adubação X Serrapilheira	1	0,500	0,50	0,19	66,94
Interação Topografia X Serrapilheira	1	0,125	0,13	0,05	83,07
Interação Topografia X Adubação	1	6,125	6,13	2,30	14,45
Entre Níveis de Serrapilheira	1	60,500	60,50	22,69	0,01
Entre Níveis de Adubação	1	4,500	4,50	1,69	20,80
Entre Níveis de Topografia	1	1,125	1,13	0,42	52,30
Erro Experimental	21	56,000	2,67		
Total	31	135,000			

$R^2=0,59\%$; $CV=36,29\%$; $DPR=1,63\text{cm}$; $\bar{x}=4,50\text{cm}$.

Tabela 14. Planilha de dados referente a cobertura do solo pela revegetação natural (Reveg.) no 09º mês de avaliação, e pela cobertura do solo pela copa das árvores aos 03 meses (copa t3), aos 06 meses (copa t6) e aos 09 meses (copa t9). T1= topografia regular, adubação orgânica, com serrapilheira. T2= topografia regular, adubação orgânica, sem serrapilheira. T3= topografia regular, adubação química, com serrapilheira. T4= topografia regular, adubação química, sem serrapilheira. T5= topografia irregular, adubação orgânica, com serrapilheira. T6= topografia irregular, adubação orgânica, sem serrapilheira. T7= topografia irregular, adubação química, com serrapilheira. T8= topografia irregular, adubação química, sem serrapilheira.

Os números de 1 a 4 fora dos parênteses, se referem a escala de Fournier (1974). Os números entre parênteses se referem à ordem dos dados, cujo modelo da análise foi caracterizado para o delineamento em Blocos casualizados completos com 8 tratamentos e quatro repetições (blocos). O teste se baseia exclusivamente nesses valores.

Variável	Bloco	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Reveg.	1	4 (6,5)	1 (2)	4 (6,5)	4 (6,5)	1 (2)	1 (2)	2 (4)	4 (6,5)
Reveg.	2	4 (7,5)	1 (2,5)	3 (5,5)	3 (5,5)	1 (2,5)	1 (2,5)	1 (2,5)	4 (7,5)
Reveg.	3	4 (5,5)	4 (5,5)	4 (5,5)	4 (5,5)	4 (5,5)	4 (5,5)	1 (1)	2 (2)
Reveg.	4	3 (5,5)	4 (7,5)	3 (5,5)	4 (7,5)	1 (2,5)	1 (2,5)	1 (2,5)	1 (2,5)
copa t3	1	2 (5)	1 (2)	3 (7,5)	2 (5)	3 (7,5)	1 (2)	2 (5)	1 (2)
copa t3	2	1 (2)	1 (2)	2 (5)	2 (5)	3 (7,5)	2 (5)	3 (7,5)	1 (2)
copa t3	3	3 (6,5)	2 (2,5)	2 (2,5)	2 (2,5)	3 (6,5)	2 (2,5)	3 (6,5)	3 (6,5)
copa t3	4	3 (6,5)	2 (2,5)	3 (6,5)	2 (2,5)	2 (2,5)	2 (2,5)	3 (6,5)	3 (6,5)
copa t6	1	3 (7)	1 (1,5)	3 (7)	2 (4)	3 (7)	2 (4)	2 (4)	1 (1,5)
copa t6	2	1 (2)	1 (2)	2 (4,5)	3 (7)	3 (7)	2 (4,5)	3 (7)	1 (2)
copa t6	3	2 (3,5)	2 (3,5)	2 (3,5)	2 (3,5)	3 (7,5)	2 (3,5)	3 (7,5)	2 (3,5)
copa t6	4	4 (7,5)	2 (3)	4 (7,5)	2 (3)	2 (3)	2 (3)	3 (7,5)	2 (3)
copa t9	1	2 (4,5)	1 (2)	3 (7)	3 (7)	3 (7)	1 (2)	2 (4,5)	1 (2)
copa t9	2	2 (4,5)	1 (1,5)	3 (7,5)	2 (4,5)	3 (7,5)	2 (4,5)	2 (4,5)	1 (1,5)
copa t9	3	3 (7,5)	1 (1)	2 (4)	2 (4)	2 (4)	2 (4)	3 (7,5)	2 (4)
copa t9	4	3 (7)	2 (3)	3 (7)	2 (3)	2 (3)	2 (3)	3 (7)	2 (3)