

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

DISSERTAÇÃO

**AVALIAÇÃO DA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA PELA
MINERAÇÃO DE ARGILA ATRAVÉS DO PLANTIO DE *Mimosa
scabrella* Benth. (FABACEAE), SOB DUAS TÉCNICAS DE
PREPARAÇÃO DO SOLO, DOUTOR PEDRINHO, SC.**

ALMIR GIOVANI FIGUEREDO

BLUMENAU

2005

ALMIR GIOVANI FIGUEREDO

AVALIAÇÃO DA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA PELA
MINERAÇÃO DE ARGILA ATRAVÉS DO PLANTIO DE *Mimosa*
scabrella Benth. (FABACEAE), SOB DUAS TÉCNICAS DE
PREPARAÇÃO DO SOLO, DOUTOR PEDRINHO, SC

Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrado em Engenharia Ambiental, Centro
de Ciências Tecnológicas, da Universidade
Regional de Blumenau – FURB.

Orientadora: Dra. Lúcia Sevegnani
Co-orientador: MSc. Juarês José Aumond

BLUMENAU

2005

**AVALIAÇÃO DA RECUPERAÇÃO DE
ÁREA DEGRADADA PELA MINERAÇÃO
DE ARGILA ATRAVÉS DO PLANTIO DE
Mimosa scabrella Bent. (Fabaceae) SOB
DUAS TÉCNICAS DE PREPARAÇÃO DO
SOLO, DOUTOR PEDRINHO, SC**

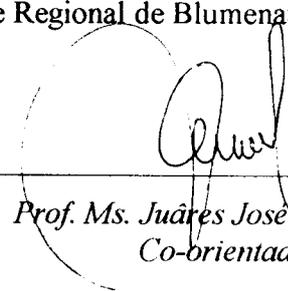
por

ALMIR GIOVANI FIGUEREDO

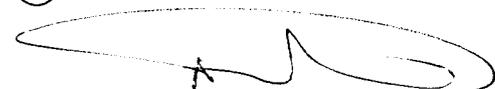
Dissertação aprovada como requisito para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Regional de Blumenau – FURB.



Profa. Dra. Lúcia Sevegnani
Orientadora



Prof. Ms. Juâres José Aumond
Co-orientador



Prof. Dr. Adilson Pinheiro
Coordenador

Banca examinadora:



Profa. Dra. Lúcia Sevegnani
Presidente



Profa. Dra. Vanilde Citadini Zanette
Examinadora externa (UNESC)



Prof. Dr. Lauri Amândio Schörn
Examinador interno

Blumenau, 26 de setembro de 2005

Dedico a minha família:

a meus irmãos Márcio e João e a meu pai José, que muito me auxiliaram nos períodos de coleta de dados;

a minha querida mãe Guerda, que sempre se preocupava com nosso bem estar naquele lugar inóspito, onde até plantas pioneiras tem dificuldades de se estabelecer.

AGRADECIMENTOS

EM ESPECIAL:

À minha orientadora Dra. Lúcia Sevegnani, que me mostrou o valor da Ciência, oportunizando-me trabalhar em projetos de iniciação científica; também por seus conselhos e lições de vida;

Ao meu orientador MSc. Juarês José Aumond, por me fazer refletir sobre a atual situação ambiental e da importância de se restaurar áreas utilizando princípios da teoria do Caos;

Ao coordenador do curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Dr. Adilson Pinheiro pelo apoio dado ao longo do curso;

À CAPES, pela bolsa de mestrado;

À minha querida amiga Sandra Garisto, que sempre incentivou a não desistir desta jornada;

Ao estimado professor e amigo Lauro Bacca, pelas primeiras lições de como amar a natureza e por despertar a preocupação para com o meio ambiente;

À todos os meus colegas biólogos que auxiliaram nos períodos de coletas de dados: Marcos Martinelli, Jonata Giovanella, Guilherme Vegini;

À todos os amigos que também auxiliaram no campo: André Ackermann, Valério Júnior, Tiago, Roberto e aqueles que por ventura não foram mencionados;

Ao Dr. Sidnei Stürmer do Laboratório de Botânica pela correção do abstract;

Ao Dr. Alexandre Uhlmann (FURB), à Dra. Ana Cláudia Araújo (UNIVALI) e ao biólogo Marcos Sobral (UFMG) pelo auxílio na identificação das amostras férteis ;

Aos monitores, amigos do Laboratório de Botânica da FURB, pelo auxílio na herborização e no período de identificação das plantas: André, Anne, Eduardo;

À Cerâmica Portobello S.A., e aos funcionários da Mineração Portobello Ltda, pelo auxílio no campo;

Enfim, a todos que, de uma forma direta ou indireta, colaboraram neste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Localização e caracterização do município de Dr. Pedrinho e da área de estudo	19
3.2 Metodologia de Preparo do Terreno	23
3.2.1 Abertura de covas e adubação das mudas	26
3.3 Escolha da Espécie	29
3.3.1 Caracterização da <i>Mimosa scabrella</i> Benth. - Fabaceae	29
3.4 Plantio das Mudanças	31
3.5 Metodologia da Coleta de Dados	31
3.5.1 Levantamento florístico	34
4 RESULTADOS	35
4.1 Taxa de Sobrevivência	35
4.2 Crescimento	36
4.2.1 Diâmetro	36
4.2.2 Altura	37
4.2.3 Área da copa	38
4.3 Percentual de Cobertura do Solo	39
4.4 Altura da Cobertura do Solo	40
4.5 Florística	41
5 DISCUSSÃO	48
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
7 REFERÊNCIAS	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo esquemático das irregularidades proposta por Aumond (2003)	17
Figura 2. Localização de Campo Formoso no município de Doutor Pedrinho e de Doutor Pedrinho em Santa Catarina e no Brasil	20
Figura 3. Croqui da área de pesquisa, mostrando o tratamento aplicado a cada uma das parcelas, bem como suas dimensões e número de mudas plantadas, Doutor Pedrinho, SC	24
Figura 4. Vista geral da área de pesquisa, no início das atividades de preparação do terreno, Doutor Pedrinho, SC	27
Figura 5. Distribuição da serapilheira e horizonte A sobre a área de pesquisa, após a regularização do terreno, Doutor Pedrinho, SC	27
Figura 6. Área adjacente de onde foi retirada a serapilheira e o horizonte A, Doutor Pedrinho, SC	27
Figura 7. Início da irregularização das parcelas após sorteio, Doutor Pedrinho, SC	27
Figura 8. Aspecto da serapilheira e horizonte A espalhados sobre todas as parcelas, Doutor Pedrinho, SC	27
Figura 9. Medição da altura das mudas de <i>Mimosa scabrella</i> e divisão em classes antes do plantio nas parcelas, Doutor Pedrinho, SC	27
Figura 10. Parcela irregularizada A após dois meses e meio da instalação do experimento, Doutor Pedrinho, SC	49
Figura 11. Parcela regularizada A após dois meses e meio da instalação do experimento, Doutor Pedrinho, SC	49
Figura 12. Parcela irregularizada A, já com retenção de águas pluviais após um mês da implantação do experimento, Doutor Pedrinho, SC	49
Figura 13. Parcela irregularizada A, mostrando a germinação de <i>Alchornea triplinervia</i> após um mês de implantação do experimento, Doutor Pedrinho, SC	49
Figura 14. Colonização espontânea e reprodução de <i>Phytolacca</i> cf. <i>thyrsiflora</i> em 4 meses após implantação do experimento, Doutor Pedrinho, SC	55
Figura 15. Indivíduo de <i>Alchornea triplinervia</i> danificado pelas geadas ocorridas em julho de 2004, Doutor Pedrinho, SC	55
Figura 16. Comparativo entre as parcelas irregularizada A (esq.) e regularizada A (dir.) Doutor Pedrinho, SC	55
Figura 17. Parcela regularizada A, Doutor Pedrinho, SC	55
Figura 18. Parcela irregularizada A, mostrando o enchimento das cavas com águas pluviais e seu escoamento superficial, Doutor Pedrinho, SC	59
Figura 19. Parcela irregularizada A, mostrando a colonização das cavas por juncáceas e ciperáceas, Doutor Pedrinho, SC	59
Figura 20. Parcela irregularizada A, mostrando uma cava seca após um período sem chuvas, Doutor Pedrinho, SC	61

Figura 21. Parcela irregularizada A, mostrando a colonização das cavas por juncáceas e ciperáceas, Doutor Pedrinho, SC	61
Figura 22. Parcela irregularizada B, mostrando a excelente resposta de <i>Mimosa scabrella</i> a essa técnica de preparo do terreno, Doutor Pedrinho, SC	61
Figura 23. Parcela regularizada B, mostrando a desenvolvimento prejudicado de <i>Mimosa scabrella</i> numa técnica comumente utilizada em recuperação ambiental, Doutor Pedrinho, SC	61
Figura 24. Parcela regularizada A (esq.), mostrando a porção inferior da parcela cujo desenvolvimento de <i>Mimosa scabrella</i> foi superior ao do restante da parcela (seta), Doutor Pedrinho, SC	63
Figura 25. Parcela regularizada A, mostrando a predação da vegetação espontânea pela fauna Doutor Pedrinho, SC	65
Figura 26. Parcela regularizada A, mostrando fezes do possível predador da vegetação espontânea. Doutor Pedrinho, SC	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Taxa de sobrevivências de <i>Mimosa scabrella</i> após um ano e dois meses, referente aos tratamentos na recuperação de área degradada, realizada em mineração de argila, Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC	35
Tabela 2. Variações no diâmetro basal médio do caule de <i>Mimosa scabrella</i> entre fevereiro de 2004 e abril 2005, referente ao experimento de recuperação de área degradada em mineração de argila, Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC	36
Tabela 3. Altura média de <i>Mimosa scabrella</i> entre fevereiro de 2004 e abril 2005, referente ao experimento de recuperação de área degradada em mineração de argila, Campo Formoso, Doutor Pedrinho,SC	38
Tabela 4. Área média da copa de <i>Mimosa scabrella</i> entre fevereiro de 2004 e abril de 2005, experimento de recuperação de área degradada em mineração de argila, Campo Formoso, Doutor Pedrinho,SC	39
Tabela 5. Percentual de cobertura do solo pela vegetação, entre fevereiro de 2004 e abril 2005, nas parcelas do experimento de recuperação de área degradada, em mineração de argila, Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC	40
Tabela 6. Altura da cobertura do solo entre fevereiro de 2004 e abril 2005, nas parcelas do experimento de recuperação de área degradada em mineração de argila, Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC	41
Tabela 7. Espécies amostradas na área de recuperação em mineração de argila, Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC	44

RESUMO

A recuperação de áreas degradadas é um conjunto de ações idealizadas e executadas por especialistas das mais diferentes áreas do conhecimento humano que visam proporcionar o restabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente à degradação, em um sistema natural. A área de estudo é uma mina de argila refratária de 96,14 ha que vem sendo minerada pela empresa Mineração Portobello Ltda., desde 1987, localizada em Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC, em 904 m de altitude. O solo original é Cambissolo Húmico alumínico, porém os rejeitos da mineração foram utilizados para recompor a topografia. O experimento foi implantado em janeiro de 2004. A área de pesquisa foi dividida em quatro parcelas; duas delas receberam a tratamento "irregular" e duas o tratamento "regular". O tratamento "irregular" consistiu na abertura de cavas com aproximadamente 1 m de largura, 1,5 m de comprimento e 50 cm de profundidade com o auxílio de escavadeira hidráulica enquanto que o tratamento "regular" consistiu em deixar a superfície do solo lisa. Em ambos os tratamentos, mudas de 4- 5 meses de *Mimosa scabrella* (bracaatinga) foram transplantadas e uma camada de 5-10 cm de serapilheira foi adicionada. Após 14 meses, a espécie *Mimosa scabrella* teve taxas de sobrevivência superiores a 92%, entretanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Em todos os parâmetros que analisaram o desenvolvimento da *Mimosa scabrella* (altura, diâmetro e área de copa), houve diferenças significativas entre as técnicas de preparação do terreno, sendo maiores os valores encontrados no tratamento irregular. Na parcela 'irregular' "B" foram encontrados os maiores valores de diâmetro (48,16 mm), altura (419,33 cm) e área de copa (25.523,85 cm²). A maior porcentagem de cobertura do solo (97.13%) também foi encontrada na parcela de tratamento 'irregular' "B", sendo significativamente maior quando comparada as outras parcelas, cuja cobertura do solo ficou em torno de 80%. Foi encontrada elevada riqueza florística, sendo amostradas 151 espécies e morfoespécies, pertencentes a 34 famílias botânicas. As famílias com maior número de espécies foram Asteraceae (39), Poaceae (25), Cyperaceae (20) e Solanaceae (6). O número de espécies exclusivas encontrado no tratamento regularizado foi 57 (54,29%). O índice de Sorensen calculado foi 0.932, e Jaccard calculado foi 0.872, ou seja, os tratamentos 'regular' e 'irregular' compartilharam de um elevado número de espécie de plantas. Nas parcelas 'irregulares', ocorreram as seguinte espécies de Juncaceae: *Juncus* cf. *capillaceus*, *Juncus* cf. *effusus*, *Juncus* cf. *microcephalus* e *Juncus* sp.; e de Cyperaceae: *Rhynchospora*, *Cyperus* cf. *polystachyos*, *Cyperus* cf. *prolixus*, que são frequentemente encontrados em ambientes húmidos. Deve-se ressaltar a eficiência de cobertura do solo considerando a curto período de tempo de acompanhamento do experimento. Pode-se afirmar que houve efetivo início de recuperação da degradação em curto espaço de tempo. A técnica para imo o tratamento 'irregular' do terreno foi mostrada para positiva no sentido de stanching a erosão intensa de uma área minada, impedindo a perda dos nutrientes e da matéria orgânica pelas águas pluviais, os quais ficam retidas nas concavidades. Além disso, esta técnica propicia a criação de micro-habitats que podem favorecer uma maior interação entre o solo, as plantas e os animais, proporcionando o aumento da biodiversidade dentro do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: recuperação de áreas degradadas, *Mimosa scabrella*, florística.

ABSTRACT

The reclamation of degraded areas is a set of idealized and executed actions carried out by specialists of the most different areas of the human knowledge seeking to provide the re-establishment of balanced and sustainable conditions existing previously to the degradation of a natural system. The study area is a mine of refractory clay of 96,14 ha that has been mined by the company Mineração Portobello Ltda. since 1987 and located in Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC, at 904 m of altitude. The original soil is Cambissolo Húmico Alumínico, although the rejects of the mining were used to recompose the topography. The experiment was implanted in January of 2004. The research area was divided in four plots, two of them received the treatment 'irregular' and two the treatment 'regular'. The 'irregular' treatment consisted of opening trenches with approximately 1 m wide, 1,5 m of length and 50 cm of depth with an hydraulic digging machine while the 'regular' treatment consisted to leave the soil surface smooth. In both treatments, 4- 5 months seedlings of *Mimosa scabrella* (bracaatinga) were transplanted and a 5-10 cm layer of litter added. After 14 months, the species *Mimosa scabrella* had survival rates higher than 92%, but no significant differences were found between the treatments. For all parameters analysed for *Mimosa scabrella* development (height, diameter and canopy area), there were significant differences between both techniques of preparation of the terrain, the values being larger in the 'irregular' treatment. Within 'irregular' plot "B" the largest diameter values (48,16 mm), height (419,33 cm) and canopy area (25.523,85 cm²) were detected. The largest percentage of soil covering (97,13%) was also found in the 'irregular' treatment plot "B", being significantly larger when compared to other plots, whose soil cover was around 80%. It was found a high plant species richness, with 151 species and morphospecies being sampled, belonging to 34 botanical families. The families with the larger numbers of species were Asteraceae (39), Poaceae (25), Cyperaceae (20) and Solanaceae (6). The number of exclusive species found within the 'regular' treatment was 57 (54,29%). The index of Sorensen calculated was 0,932, and Jaccard calculated was 0,872, in other words, the 'regular' and 'irregular' treatments shared a high number of plant species. In the 'irregular' plots, the following species of Juncaceae occurred: *Juncus* cf. *capillaceus*, *Juncus* cf. *effusus*, *Juncus* cf. *microcephalus* and *Juncus* sp. and of Cyperaceae *Rhynchospora aurea*, *Cyperus* cf. *polystachyos*, *Cyperus* cf. *prolixus*, which are often found in humid habitats. The efficiency of soil covering should be pointed out considering the short time period that the experiment was conducted. It can be affirmed that there was an effective beginning of recovery of the degradation in a short period of time. The technique to impose the 'irregular' treatment of the terrain was shown to be positive in the sense of stanching the intense erosion of a mined area, impeding the lost of nutrients and organic matter for the rainfall, which were retained in the concavities. Besides that, this technique propitiated the creation of micro-habitats which could favor a larger interaction among soil, plants and animals leading to an increase of the biodiversity within the system.

KEY-WORDS: reclamation of degraded areas, *Mimosa scabrella*, floristic.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade humana sempre esteve intimamente ligado à exploração de recursos naturais desde os tempos mais antigos, sendo que nos tempos atuais é maior volume de recursos extraídos e utilizados, visando suprir as atuais demandas.

As sociedades modernas dependem sempre mais dos recursos naturais sejam minerais ou biológicos para seu conforto e subsistência. A atividade mineradora, por exemplo, causa severos danos pontuais à área utilizada, sendo talvez, a atividade com maior exigência legal de ações de recuperação. Todas as atividades potencialmente causadoras de danos ambientais devem ser coordenadas e realizadas enfocando a posterior recuperação. Um dos agravantes danos causados pela atividade de mineração é a potencialização da ação erosiva, agindo sobre o solo desprotegido das áreas mineradas.

Alvarenga e Souza (1998) definem erosão como sendo o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado principalmente pela água. Com relação à erosão do solo, Ruelland (1998) ressalta que existe uma estreita relação entre as estruturas da cobertura do solo e os regimes hidrológicos. A mineração altera significativamente a estrutura do solo e camadas subjacentes, favorecendo o processo erosivo. Dentre as conseqüências da mineração pode-se verificar danos ao ambiente e à qualidade de vida da própria população, assoreando os rios, entupindo as tubulações, provocando a degradação de áreas úteis de terreno às margens do curso d'água e alterando as condições ambientais para a fauna e flora.

Essas situações são particularmente importantes no vale do Itajaí, onde são comuns as enchentes, as enxurradas, os deslizamentos de terras, agravados pelo excessivo transporte de partículas das regiões mais elevadas e declivosas durante os episódios de intensa precipitação.

A mineração de argila para a indústria cerâmica é uma atividade comum no vale do Itajaí, em especial, e em todo o estado de Santa Catarina. A produção de cerâmica, tijolos e telhas são destaques da indústria catarinense, sendo um dos importantes produtos de exportação.

A recuperação de áreas degradadas é um processo de reelaboração das complexas interações no espaço degradado. Para tanto, deve-se levar em consideração as características intrínsecas da área, de forma a garantir a perpetuação e evolução da comunidade no espaço e no tempo, respeitando o ecossistema local (RODRIGUES e GANDOLFI, 2000).

A tônica do momento tem sido a recuperação e a reabilitação de áreas degradadas. No entanto, quando se objetiva recuperar uma determinada área encontra-se dificuldades técnicas para a remodelagem da paisagem, a correção do substrato, as espécies e a quantidade que devem ser plantadas, as exigências ecológicas das espécies disponíveis para o projeto. Estas dificuldades, aliadas àquelas de ordem financeira, geralmente preocupam e muitas vezes dificultam a ação das instituições ou pessoas interessadas nesse trabalho (SEVEGNANI e SILVA, 2000).

As diferentes metodologias existentes nos manuais de recuperação de áreas degradadas, como aplainamento do terreno, plantio de diferentes espécies arbóreas nativas ou exóticas já foram implementados na área de mineração de argila em Dr. Pedrinho. Em alguns locais as espécies pereceram, em outros tiveram pequeno desenvolvimento, por isso, deseja-se implantar outra metodologia para averiguar

recuperação ambiental, principalmente focada na cobertura do solo por espécies nativas espontâneas, bem como, o desenvolvimento da espécie nativa introduzida *Mimosa scabrella* – braacatinga.

O modelo teórico baseia-se na premissa de que em locais com maior diversidade de microambientes - área com topografia irregular - a colonização espontânea por espécies diferentes e o desenvolvimento das introduzidas se processe com maior intensidade e velocidade que em ambientes com menor variabilidade de microambientes – área com topografia regular (AUMOND, 2003).

A hipótese de Aumond (2003), considera uma área degradada como um sistema organizacionalmente aberto, com uma estrutura dissipativa, em que flui matéria e energia, mas o sistema mantém sua estrutura estável. A principal tarefa da recuperação neste caso consiste em obter a internalização da matéria e energia no sistema. O fluxo de matéria e energia pela área degradada, como num sistema aberto, tem um efeito negativo tornando-se fonte de perdas irreversíveis e empobrecimento que pode ser traduzida em degradação ambiental crescente.

As perdas de macro e micronutrientes contidos nos sedimentos finos e de água para fora do sistema, nas áreas degradadas, representam uma elevada entropia negativa e empobrecimento do mesmo (AUMOND, 2003).

Os objetivos do presente estudo são: avaliar o processo de recuperação ambiental em área de mineração de argila sujeita a tratamento de regularização e pontual irregularização do terreno, com introdução de *Mimosa scabrella* Benth. (Fabaceae); analisar a intensidade e a altura de cobertura do solo nas áreas com os dois tratamentos; comparar a riqueza de espécies de plantas que colonizaram espontaneamente as áreas sob os dois tratamentos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A estrutura e a composição das populações vegetais são oriundas de uma série de eventos edafo-climáticos e ecológicos variáveis no tempo e no espaço. Para manter a estrutura e a composição característica de cada população, dentro das espécies, houve evolução de características que facilitam a sobrevivência e a reprodução dentro da sucessão de ambientes (PINÃ-RODRIGUES; COSTA; REIS,1990).

A Floresta Atlântica atingiu 93% de degradação devido aos elevados níveis de desmatamento nas últimas décadas, havendo necessidade da intervenção humana para a conservação dos remanescentes e recuperação ambiental. Estes altos níveis de degradação têm preocupado a comunidade em geral, fazendo-a refletir sobre suas ações predatórias e desencadeando ações de caráter multidisciplinar visando a preservação do meio ambiente, uma vez que as ameaças à vida são eminentes.

No Brasil, as ações antrópicas iniciaram-se ao longo do litoral e evoluíram em direção ao interior, particularmente sobre a Floresta Atlântica, que é um dos mais diversificados ecossistemas do mundo (SOUZA *et al.*, 2002).

A cobertura vegetal cumpre, entre outras funções, o papel de interceptar parte da precipitação nas copas das árvores e arbustos, de onde é perdida para a atmosfera por evapotranspiração ocorrida durante e após as chuvas. Quando a chuva excede a capacidade de retenção pela vegetação, a água atinge o solo por entre as copas, escoando pelos troncos. Outra parte da chuva é interceptada e/ou armazenada na parte superior do solo que comporta os detritos orgânicos que caem na vegetação (folhas, galhos, flores, frutos e sementes), o qual é denominado serapilheira. A serapilheira se desenvolve mais em solos florestados (GUERRA e CUNHA, 1995).

O solo é o resultado da ação do clima e dos organismos, especialmente da vegetação, sobre o material-matriz da superfície terrestre. Dessa forma, o solo compõe-se de um material-matriz, o substrato adjacente geológico ou mineral, e de um incremento orgânico estão misturados com o material-matriz finamente dividido e modificado. Espaços entre as partículas enchem-se de gases e água. A textura e a porosidade do solo são características altamente importantes, determinando em grande parte, a disponibilidade dos nutrientes para as plantas e animais do solo (ODUM, 1988).

Os resultados obtidos por Shladweiler e Vance (1996 *apud* CAMPELLO, 1998) mostraram que a estocagem do solo superficial por vários meses reduz a regeneração de plantas via banco de propágulos residual e que o mais recomendável para empresas de mineração seria a transferência direta desta camada de solo da frente de desmatamento para as áreas já lavradas e prontas para receberem os tratamentos de recuperação.

Conforme Dias e Arato (2004), os organismos do solo são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, produção de húmus, ciclagem de nutrientes e energia, fixação de nitrogênio atmosférico, decomposição de xenobióticos e controle biológico de pragas e doenças, além da imobilização de metais pesados e contribuição na agregação do solo. Portanto, são indispensáveis na recuperação de solos degradados e transformação de substratos em solo.

Segundo Ricklefs (2003), as partículas de argila e húmus, separadas ou associadas em complexos são conhecidas como micelas e possuem cargas elétricas negativas na sua superfície, as quais retêm os menores e mais móveis íons do solo, disponibilizando-os para as plantas. As partículas arranjadas naturalmente possuem um maior espaçamento entre si, o que aumenta a área superficial e conseqüentemente retém mais íons, disponibilizando-os para as plantas.

Segundo Seitz (1994), a questão da recuperação de áreas degradadas tem sido colocada em destaque pela preocupação atual com o meio ambiente.

Ecosistema degradado, segundo Carpanezzi *et al.*, (1990), é aquele que após distúrbios, teve eliminado juntamente com a vegetação, os seus meios de regeneração biótica como o banco de sementes, banco de plântulas, chuvas de sementes e rebrota, apresentando baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento. Já o ecossistema perturbado é aquele que sofreu distúrbios, mas manteve os meios de regeneração biótica. A ação humana não é obrigatória, mas pode auxiliar na recuperação, no entanto, a natureza executa esta tarefa lentamente. Nos ambientes degradados, a ação antrópica para a recuperação é necessária, pois eles já não dispõem de eficientes mecanismos de regeneração.

Quanto maior o nível de interação, maior a capacidade de diversificar as espécies envolvidas e conseqüentemente, mais rápida a recuperação da resiliência local (REIS; ZAMBONIN; NAKAZONO, 1999).

Melhor, do que todas as medidas para recuperar áreas degradadas, seria evitar a existência delas (GOMIDE, 1994).

O impacto causado por minerações pode afetar uma área de influência muito maior que a área de lavra, proporcionando, por exemplo, a degradação de recursos hídricos, que vão se refletir em toda a bacia (DIAS e GRIFFITH, 1998).

A degradação provocada pela mineração a céu aberto, onde o grau de perturbação do ambiente gera perda de horizontes férteis do solo, exige a necessidade de melhorias dos substratos para o recebimento de propágulos vegetativos. Este processo pode ser realizado via utilização da camada de solo superficial, quando esta é retirada no início do processo de lavra, estocada e depois devolvida às áreas já lavradas (WILLIAMS

et al., 1990, apud CAMPELLO, 1998), contudo, nem sempre é possível a realização desta seqüência de etapas, em função das condições topográficas e dos custos operacionais.

A erosão é considerada o principal fenômeno de degradação dos solos em áreas mineradas, com sérios reflexos no contexto ambiental. Sendo assim, a recuperação das áreas degradadas enfrenta um dilema: precisa de uma cobertura vegetal rápida para proteger o local degradado das chuvas tropicais intensas e freqüentemente concentradas em determinadas épocas do ano. Por outro lado, o uso exclusivo desta técnica além de não ser auto-sustentável, interfere na qualidade sucessional das plantas, pois na maioria das vezes a rápida cobertura só é conseguida com espécies exóticas (GRIFFITH; DIAS; JUCKSCH, 1994).

Em geral, a recuperação de áreas degradadas é, portanto, uma conseqüência do uso incorreto da paisagem e fundamentalmente dos solos por todo o país, sendo apenas uma tentativa limitada de remediar um dano que, na maioria das vezes, poderia ter sido evitado (RODRIGUES e GANDOLFI, 2000).

O principal objetivo da recuperação de áreas degradadas, segundo Campello (1996); Dias e Griffith (1998); Reis; Zambonin; Nakazono (1999), é proteger o solo com vegetação a fim de interromper os processos de degradação, uma vez que Balistieri (1996) afirma que a erosão causada pelas águas pluviais, associada à falta de vegetação e se constitui no fator de mais difícil controle nessa área.

Segundo Lake (2001) a meta da restauração pode ser fixada observando áreas não degradadas, ou informações do histórico local, ou por compilação de evidências observadas no local e a idealização de um cenário ou estado.

A regeneração natural é um processo importante na recuperação de áreas degradadas e sua eficiência depende de vários fatores, dos quais se destacam: a

disponibilidade de sementes, a dispersão destas sementes na área a ser regenerada e as condições do meio ambiente no qual irá se desenvolver a nova planta (SEITZ, 1994).

Reis; Zambonin; Nakazono (1999) consideram que a recuperação de uma área necessita da ação humana apenas no início do processo, sendo que a própria natureza se encarrega de sua continuidade, esperando-se que o incremento da biodiversidade local ocorra gradual e naturalmente.

Como regra básica, a regeneração natural em áreas degradadas é uma sucessão primária, tanto com relação ao papel de cada espécie nas fases serais, como com relação ao espaço temporal de cada fase. A aceleração do processo é possível, mas nessas circunstâncias normalmente será processada a regeneração artificial, com distintos graus de interferência no processo natural (SEITZ, 1994 e KAGEYAMA; BIELLA; PALERMO, 1990).

A sucessão primária é o assentamento e o desenvolvimento de comunidades de plantas em habitats recentemente formados, inicialmente desprovido de quaisquer plantas (RICKLEFS, 2003).

Quando Reis; Zambonin; Nakazono, (1999) falam em sucessão, estão se referindo a um processo que ocorre em etapas. Estas etapas se desenrolam desde a área totalmente desocupada, onde começam a se estabelecer as primeiras espécies vegetais, até a nova formação de uma floresta madura. A sucessão se faz por substituição de uma comunidade (conjunto de populações co-ocorrentes e que usualmente interagem de forma organizada) por outra, até atingir um nível onde muito mais espécies podem se expressar, no seu tamanho máximo, e onde a biodiversidade também é máxima.

Quando um ou mais desses fatores não se mostram em condições de reagir prontamente, o processo de resposta ambiental como um todo, pode falhar. Assim, a

metodologia de trabalho deve visar o rápido estabelecimento de plantas com menor uso possível de insumos, objetivando que o processo natural de sucessão vegetal seja retomado pelo ambiente (CAMPELLO, 1998).

Segundo Uhl (1987 *apud* BAIDER; TABARELLI; MANTOVANI, 1999), a sucessão da floresta tropical após distúrbio pode ser melhor explicada pelo modelo de facilitação (senso CONNELL e SLATYER, 1977). Espécies pioneiras invadem lentamente um sítio disponível à colonização e facilitam o estabelecimento de outras, pois agem como abrigo para os vetores de dispersão, melhoram as condições de fertilidade do solo e formam habitats adequados ao recrutamento, dessa forma, espécies de ervas, arbustos, árvores pioneiras de ciclo de vida curto e longo constituem grupos ecológicos com funções distintas na regeneração.

Para Valcarcel (1994) a complexidade de variáveis e interesses que conduzem a sociedade a promover a degradação de uma área, é ainda maior quando se atua na recuperação, principalmente quando se deseja reintegrá-la à paisagem original e/ou ao setor produtivo, fato este agravado pela escassa disponibilidade orçamentária do empreendedor no final da mineração, associado a “inexistência” de perspectivas de retorno econômico de forma tangível. A combinação destes efeitos permite concluir que uma boa estratégia de recuperação de áreas degradadas, passa pelos seguintes procedimentos:

- a) exploração bem planejada do recurso mineral;
- b) associação estreita entre os cronogramas de exploração e recuperação;
- c) escolha de conjunto de técnicas conservacionistas compatíveis com as peculiaridades da região minerada e do minério explorado;
- d) vinculação da exploração mineral à conclusão da recuperação.

Aronson *et al.*, (1990 *apud* RODRIGUES e GANDOLFI, 2000) sugerem os seguintes termos para a denominação do conjunto de estratégias ou ações definidas de acordo com os objetivos pretendidos para a recuperação:

- Restauração “*sensu stricto*”: ações que levam a um retorno completo do ecossistema degradado às condições ambientais originais ou pré-existentes, abrangendo os aspectos bióticos a abióticos. No entanto, esta possibilidade é remota.
- Restauração “*sensu lato*”: ações em uma área que apresenta perturbação não muito intensa e que possui capacidade de resiliência. Nesse caso, a área retornaria a um “estado estável alternativo ou intermediário”.
- Reabilitação: também ocorreria o retorno do ecossistema degradado a um “estado estável alternativo”, mas essa situação somente seria possível através de uma significativa intervenção antrópica.
- Redefinição ou redestinação: estratégias cujo objetivo é dar um destino diferente do ecossistema original ou pré-existente. Como exemplo, a transformação de uma área degradada em áreas agrícolas, pastagens entre outros.

Bitar (1997) salienta que o conceito de recuperação tem sido normalmente discutido e apresentado não somente sob os aspectos que caracterizam sua execução, mas fundamentalmente em função dos seus objetivos e metas.

A recuperação de áreas degradadas, segundo Dias e Griffith (1998), pode ser conceituada como um conjunto de ações idealizadas e executadas por especialistas das mais diferentes áreas do conhecimento humano que visam proporcionar o restabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente à degradação, em um sistema natural. O caráter multidisciplinar das ações que visam proporcionar esse retorno deve ser tomado, fundamentalmente, como ponto de partida do processo. Assim, o envolvimento direto e indireto de técnicos de diferentes especialidades permite a abordagem holística que se faz necessária.

Para se recuperar uma área degradada, deve-se atender requisitos individuais e estabelecer previamente, o nível de recuperação que se deseja alcançar, considerando-se as condições edafo-climáticas e os níveis de degradação. Outro fator muito importante e que deve ser lembrado é que cada organismo está em íntima relação com seu meio. Portanto, a sobrevivência é garantida através das interações com o meio ambiente, devendo-se adotar uma visão sistêmica. A manipulação de todos os processos requer uma visão holística do problema de degradação. Assim, as empresas de mineração poderão avançar em seu programa de recuperação de áreas degradadas se adotarem uma visão mais abrangente da dinâmica natural dos ecossistemas (GRIFFITH, 1992).

Estudos nesta linha de pesquisa são sempre importantes, principalmente porque não existem receitas, nem pacotes prontos para recuperação de áreas mineradas e degradadas, pois cada caso é um caso (GRIFFITH *et al.*, 1994).

Procedimento usual em muitas minerações a céu aberto, o retorno do horizonte superficial do solo à área minerada tem sido uma prática que tem trazido bons resultados, no entanto, esta prática tem como principal ponto negativo o custo operacional. A retirada, armazenamento e posterior retorno para área a ser lavrada implica em grande movimentação de máquinas e caminhões. Por outro lado, deve-se considerar que em

termos ecológicos o valor da matéria orgânica e dos mais diversos propágulos que existem no *topsoil* é muito alto, o suficiente para não se abrir mão deste material (DIAS, 1996).

Têm-se conseguido bons resultados quando se utiliza a reposição da camada superficial de solo *topsoil*, contendo as porções mais ricas em matéria orgânica, para uma área onde foi explorado o subsolo. Devido ao revolvimento, este material pode ser considerado um sedimento no qual uma nova gênese diferenciará os horizontes e caracterizará um novo solo. Interessante salientar que, esta prática pode ser substancialmente melhorada se for aproveitado o revolvimento do material e a ele forem incorporados condicionantes químicos e/ou fertilizantes, principalmente calcário e/ou fosfatos (ABRAHÃO e MELLO, 1998).

De acordo com Santarelli (1996), na recuperação física do solo, o mesmo deve ser manuseado o mínimo possível a fim de evitar sua exposição aos processos erosivos e, a descompactação do solo deve ser realizada caso necessário, já que áreas degradadas, na sua maioria, apresentam altos índices de compactação, dificultando o desenvolvimento da vegetação. Também em casos de empobrecimento acentuado, a correção da acidez do solo (calagem) e a suplementação com fertilizantes químicos pode se fazer necessária.

Conforme concluem Griffith; Dias; Jucksch, (1994), o uso exclusivo da técnica de “tapete verde” – muito utilizada por empresas devido à exigência da legislação brasileira em obter resultados rápidos – além de não ser auto-sustentável, prejudica a qualidade sucessional da vegetação. Em termos práticos, esse conflito significa altos custos para a empresa, especialmente a médio e longo prazo.

A colocação da serapilheira utilizada em conjunto com a recolocação do *topsoil* – uma técnica ecológica já consagrada em muitas empresas – deve propiciar efeitos ainda

maiores no processo de reação. O *topsoil* é a camada mais fértil do solo, onde se concentram valores mais altos de matéria orgânica, fauna do solo e nutrientes. Há perdas desses elementos durante o seu transporte e estocagem, por causa da ação dos raios solares, lixiviação e falta de aeração. De forma que o novo material da serapilheira reage com esse *topsoil* parcialmente empobrecido, devendo haver renovação desses valores, acelerando assim, o processo de recuperação (GRIFFITH; DIAS; JUCKSCH, 1994).

Mason (1980) caracteriza serapilheira como sendo todo tipo de material biogênico em vários estados de decomposição, o qual representa uma fonte potencial de energia para as espécies consumidoras. A produção de serapilheira florestal depende das espécies, clima, idade das árvores e densidade do plantio, entre outros.

Em Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina, Cardoso e Reis (1996 *apud* VIBRANS, 1999) constataram a queda de 8,2 e 11,6 t/ha/ano em dois sítios respectivamente, tendo como maior fração as folhas e tendo a maior deposição de folhas durante a primavera e a menor no outono.

Vibrans e Sevegnani (2000) estimaram a produção de serapilheira em dois sítios em Blumenau, SC. A produção total de serapilheira foi de 8.220 kg/ha/ano no Parque São Francisco, em floresta de encosta primária alterada. Esta produção foi significativamente maior ($p < 0,025$) na floresta aluvial secundária, no Salto Weissbach, com 9.559 kg/ha/ano.

Souza e Davide (2001) avaliaram a deposição anual de serapilheira em três ambientes distintos: floresta não minerada; um talhão com *Mimosa scabrella* e um com *Eucalyptus saligna*, obtendo respectivamente 4.490 kg.ha⁻¹, 3.460 kg.ha⁻¹ e 7.100 kg.ha⁻¹.

O banco de sementes pode ser importante no estabelecimento de espécies arbóreas e arbustivas pioneiras constituintes de grupos ecológicos envolvidos na regeneração após corte e queima da floresta (BAIDER; TABARELLI; MANTOVANI, 1999).

A estratégia de recuperação de solos degradados deve basear-se numa tecnologia que promova não apenas a utilização de espécies de rápido crescimento, mas que sejam capazes de aporte de nitrogênio e carbono ao solo e aumente a disponibilidade dos demais nutrientes (FRANCO *et al.*, 1992).

A escolha de espécies para utilização em recuperação de áreas degradadas deve ter como ponto de partida estudos da composição florística da vegetação remanescentes da região (DAVIDE; FARIA; PRADO, 1994).

A seleção de espécies que reiniciarão a sucessão local deverá atender a um conjunto de quesitos associados às condições edáficas locais e de um máximo grau de interação biótica (REIS; NAKAZONO; MATOS, 1996).

Para Reis; Zambonin; Nakazono, (1999), a seleção de espécies capazes de induzir uma nova resiliência deve basear-se na escolha de:

- espécies pioneiras, agressivas, capazes de rapidamente cobrir o solo, evitando a erosão;
- espécies especializadas em nutrir o solo, através de processos de simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio (nitritos e nitratos) e com fungos micorrízicos (fósforo) – destacam-se aqui as leguminosas (Mimosoideae e Papilionoideae)
- espécies capazes de atrair animais para a área, através dos processos de polinização e de dispersão de sementes.

Essas espécies que poderíamos chamar de colonizadoras (ou pioneiras) apresentam algumas características marcantes, como: sementes aladas, autocóricas, de

crescimento rápido, sistema radicular com rápida expansão e na maioria dos casos, associados com bactérias ou fungos fixadores de nitrogênio (SANTARELLI, 1996).

O plantio de 50% da área com uma só espécie, ainda que nativa, como por exemplo *Trema micrantha*, não compromete o trabalho quanto ao seu valor ecológico, pois, se no início o plantio fica com aspecto homogêneo, ele é compensado pela interação com a flora, pois muitos pássaros (ornitocoria) acabam por trazer até a área plantada sementes de outras espécies, que contribuirão no aumento da diversidade local (DAVIDE; FARIA; PRADO, 1994).

Segundo Reis; Nakazono; Matos, (1996), observa-se dentro das florestas tropicais grande número de interações planta-animal, onde destacam-se os processos de polinização e dispersão de sementes. Este processo, por sua vez, exige um equilíbrio entre as populações de plantas e animais, pois a falta de um dos lados pode provocar a degeneração ou a extinção do outro.

A utilização de plantas bagueiras na manutenção do equilíbrio dinâmico das florestas e recuperação de áreas degradadas pode aumentar rapidamente o nível de biodiversidade dentro de uma área a ser recuperada. O palmitreiro foi considerado como uma bagueira excepcional dentro da Floresta Ombrófila Densa atraindo animais de porte e capacidade de dispersão muito variada (REIS; NAKAZONO; MATOS, 1996).

O comportamento animal de transportar as sementes e conseqüentemente plantá-las em novos ambientes é, dentro da recuperação de áreas degradadas um auxílio fundamental e extremamente barato (REIS, 1995), a maioria das sementes pioneiras capazes de germinar em florestas tropicais, encontram-se nos primeiros 5,0 cm de profundidade do solo superficial.

Além de escolher espécies pioneiras capazes de cobrir rapidamente o solo e/ou espécies capazes de atrair a fauna, Reis; Zambonin; Nakazono, (1999) também sugerem a escolha de espécies especializadas em nutrir o solo através de processos de simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio (nitritos e nitratos) e com fungos micorrízicos (fósforo).

Espécies arbóreas, notadamente leguminosas que se associam com bactérias fixadoras de N², apresentam características que as tornam adequadas para utilização em programas de recuperação ambiental, podendo acelerar o processo de transformação de substratos em solo (DIAS e ARATO, 2004).

Vários autores estudaram espécies leguminosas arbóreas visando a recuperação de áreas degradadas em geral, dos quais destacamos os trabalhos de: Bertalot *et al.*, (2004) avaliaram o retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas (*Mimosa scabrella*, *Acacia melanoxyton*, *Leucaena diversifolia* e *Leucaena leucocephala*); Pereira; Botelho; Davide, (1999), avaliaram o desenvolvimento de espécies florestais de rápido crescimento, entre elas, *Mimosa scabrella*, em diferentes condições de sítio em plantios de recomposição de matas ciliares; Machado *et al.*, (2002) analisaram o comportamento da mortalidade natural em bracatingais nativos (*Mimosa scabrella*) em diferentes densidades iniciais; Souza *et al.*, (2001) compararam espécies arbóreas e níveis de adubação na recuperação de uma área degradada pela extração de areia, onde a leguminosa *Acacia mangium* foi uma das espécie de destaque; Balieiro *et al.*, (2004) verificaram o acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição dos filódios de *Acacia mangium*.

Experimentos passados, como o de Regensburger (2004), mostram o rápido desenvolvimento da *Mimosa scabrella* num curto espaço de tempo, podendo ultrapassar os 3 metros de altura em menos de 1 ano.

Levando em consideração a abordagem sistêmica integradora sugerida por Aumond (2003), ao estimular a desorganização espacial da área degradada por meio de rugosidades, cria-se superfícies convexas adjacentes às superfícies côncavas e, com isso, obtém-se um aumento da superfície total da área, iniciando o movimento vertical e horizontal da água, a erosão e lixiviação de sedimentos, resíduos orgânicos e colóides que irão se depositar internamente as depressões do terreno, além de aumentar a superfície de contato com oxigênio, dióxido de carbono e exposição a radiação solar (Figura 1).

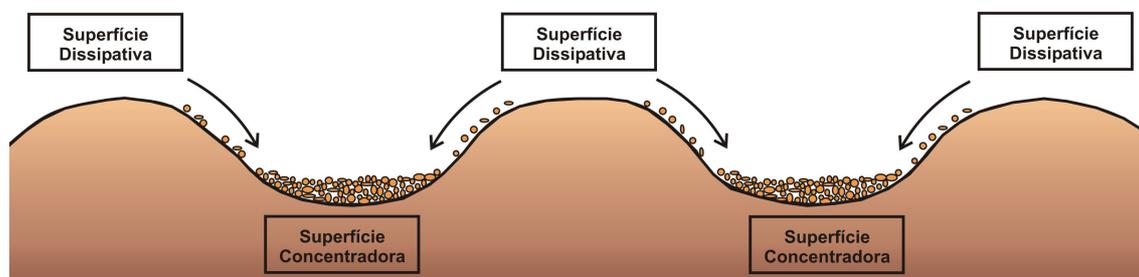


Figura 1. Modelo esquemático das irregularidades proposta por Aumond, (2003).

Estas rugosidades atuam como atratores que conduzem a uma reorganização da paisagem. Neste sentido, a vegetação em processo de recuperação deverá ser uma conseqüência de todo um conjunto de procedimentos apropriados. Cabe salientar, que se espera que a revegetação ocorra mais rapidamente, através da intervenção antrópica em todas as etapas da compartimentalização geo-ecológica, incluindo-se as rugosidades.

Com isso, gera-se a diversidade física e variação dos demais fatores ecológicos, aumentando as inter-relações entre os elementos que compõem o ecossistema local (AUMOND, 2003).

Conforme defende Aumond (2003), a técnica visa aumentar a variabilidade de micro-habitats, ampliando as possibilidades de colonização por maior número de espécies, e nas depressões reter a água das chuvas por mais tempo e também propiciar a retenção de matéria e energia. Segundo o mesmo autor, 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.

O trabalho de Neppel (2003) mostrou, após um ano, uma tendência de maior incremento no tamanho dos indivíduos de *Mimosa scabrella* plantados nos módulos de superfície irregular. Segundo a autora, esta tendência talvez pudesse ser confirmada se o intervalo de tempo da pesquisa tivesse sido maior.

Regensburger (2004) analisou a recuperação de uma área degradada pela mineração de argila através do plantio de *Mimosa scabrella*, da regularização e irregularização de topografias, da adição de insumos e de serapilheira e do uso de atratores de fauna, entretanto, para a maioria dos parâmetros estudados não houve diferenças significativas.

Remor (2004) avaliou aspectos da regeneração natural em plantios experimentais com *Mimosa scabrella* em áreas degradadas pela mineração de carvão a céu aberto em Siderópolis, SC, visando subsidiar a recuperação de áreas degradadas da região.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização do município de Doutor Pedrinho

O município de Doutor Pedrinho, SC (Figura 1), insere-se na Bacia do Rio Itajaí, distante 56 km da cidade de Blumenau, a 530 m de altitude, possuindo uma superfície territorial de 375 km². A área de estudo situa-se na localidade de Campo Formoso (S 26°39'15,0" e W 49°29'15,2), distante 13 km do centro do município de Doutor Pedrinho, a 904 m de altitude (Figura 2).

Trata-se de uma mina de argila refratária de 96,14 ha que vem sendo minerada pela empresa Mineração Portobello Ltda., desde 1987. Antes do início das atividades mineradoras, a área já se encontrava desmatada e ocupada por pastagens e atividades pecuárias. De acordo com Balistieri (1996) são extraídas anualmente 108.000 toneladas de argila da jazida de Campo Formoso. O Processo de Pesquisa de Lavra DNPM – 815.344/83 e o alvará de pesquisa compreendem uma área de 990 hectares.

A frente de lavra onde foi montada a unidade de pesquisa em janeiro de 2004, teve o processo de extração de argila encerrado em 2003, seguida de início de recuperação.

De acordo com Aumond (1984), no município de Doutor Pedrinho o relevo varia de 400 a 800 metros de altitude ao longo da parte baixa dos rios Forção e Benedito, mas eleva-se até 1.200 metros na Serra da Moema, à esquerda do Município e nas partes mais altas, a noroeste do mesmo.

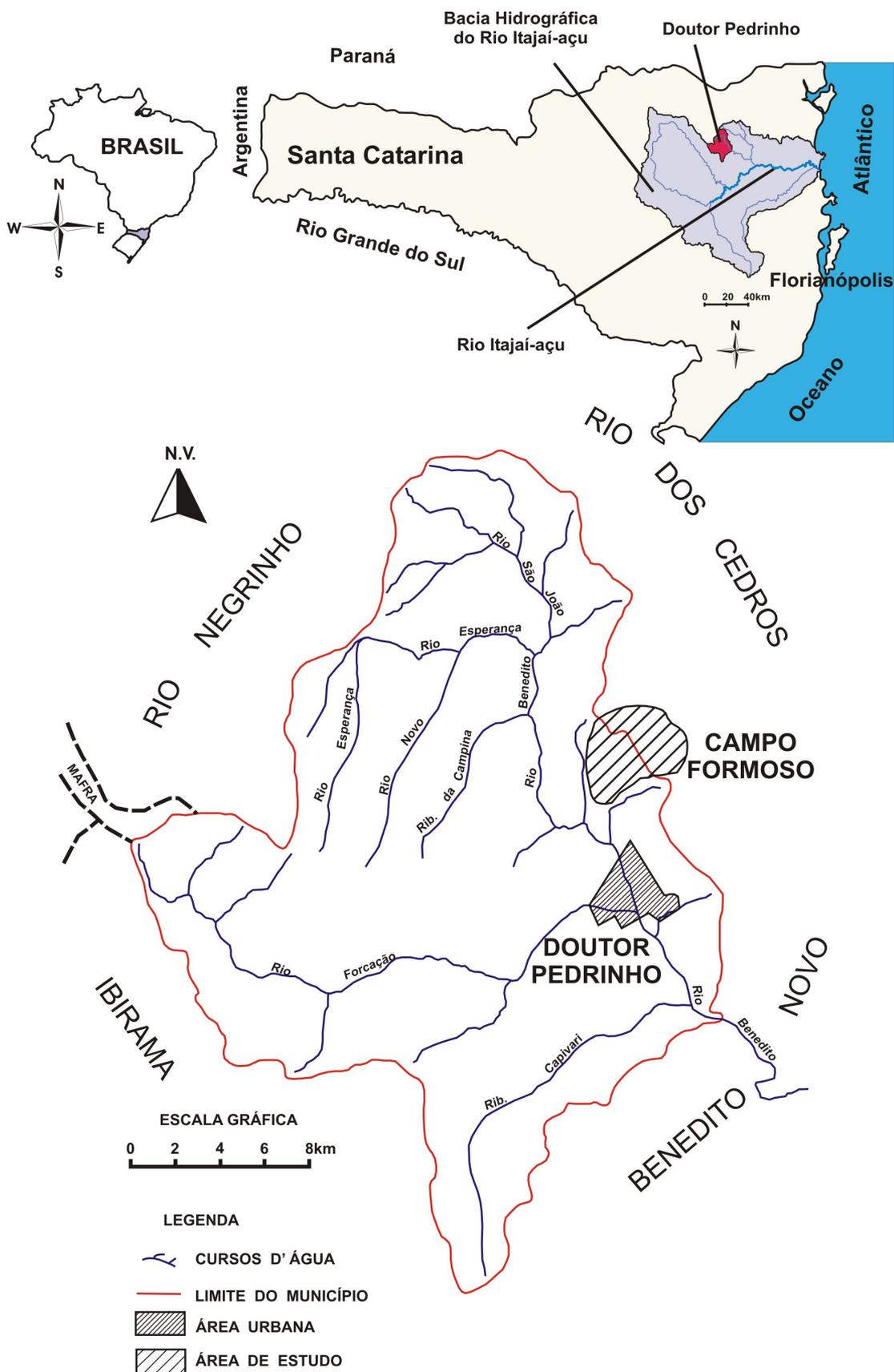


Figura 2. Localização de Campo Formoso, município de Doutor Pedrinho, Santa Catarina (S 26°39'15,0" e W 49°29'15,2, 904m de altitude). ADAPTADO de Balistieri (1996).

A região do médio rio Itajaí pertence sob o ponto de vista geomorfológico, à faixa de transição entre os domínios morfoclimáticos da araucária e dos mares de morros e chapadões (AUMOND, 1984).

A geologia da área sob mineração é muito simples e formada pelos pacotes de arenitos e folhelhos intercalando-se com espessuras de várias dezenas de metros. Na área pesquisada o topo da coluna é representado por um altiplano sustentado por um arenito, limitado por escarpas abruptas com algumas dezenas de metros de altura encoberto por um horizonte de folhelho cuja alteração gerou as argilas pesquisadas (AUMOND, 1984).

O substrato sobre o qual foi implementada a unidade de pesquisa é uma mistura composta por rejeitos de mineração, bem como, das camadas superficiais do solo (horizonte A e/ou horizonte B) que foram retirados, logo após a supressão da vegetação, para atingir as camadas subjacentes de interesse da indústria cerâmica, recebendo ainda incorporação da vegetação suprimida antes do processo de lavra. O solo original é Cambissolo Húmico alumínico (Cha) resultante da alteração *“in situ”* dos argilitos permocarboníferos, situados na unidade geomorfológica denominada “Patamares do Alto rio Itajaí”, incluída numa superfície de modelado de dissecação fluvial (AUMOND e SCHEIBE, 1995).

O clima da região classifica-se como mesotérmico úmido (Cfb), sem estação seca, com variações quentes, apresentando temperatura média anual de 19,7°C e precipitação total anual entre 1.600 a 1.700mm (GAPLAN, 1986). Trata-se de uma classificação aproximada, pois não há estação meteorológica num raio de 50 km.

Aumond (1984) descreve a rede hidrográfica regional como pertence à bacia hidrográfica do Itajaí. O rio Benedito e seu afluente, o rio Capivari, constituem-se nas principais drenagens dentro da área pesquisada. O alto poder erosivo das águas das

cabeceiras do rio Benedito, que inclusive corta a área pesquisada, justificam o perfil nitidamente imaturo, em forma de “V” fechado e de paredes laterais abruptas, da maioria de seus afluentes.

De acordo com Gaplan (1986), a cobertura florestal original consistia de espécies características da zona de ecótono entre Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista, cujas espécies mais significativas são: canela-preta (*Ocotea catharinensis*), canela-sassafrás (*Ocotea odorifera*), cedro (*Cedrela fissilis*), peroba vermelha (*Aspidosperma australe*), pau-óleo (*Copaifera trapezifolia*), canela-fogo (*Cryptocarya aschersoniana*), licurana (*Hieronyma alchorneoides*), além da garajuba (*Buchenavia kleinii*), canharana (*Cabralea canjerana*), pindabuna (*Duguetia lanceolata*), pindaíba (*Xylopia brasiliensis*), entre outras.

Nau e Sevegnani (1997) realizaram um trabalho nesta mesma mina, analisando a composição florística e a fisionomia da vegetação das áreas mineradas e não-mineradas. Foram identificadas 132 espécies, distribuídas em 103 gêneros e 54 famílias, dentre as quais 18 espécies exóticas que haviam sido plantadas visando a recuperação ambiental. Destas espécies introduzidas, destacaram-se *Brachiaria decumbens*, *Vicia sativa* e *Lolium perenne*. Naturalmente, estão se regenerando *Baccharis gaudichaudiana*, *Baccharis dracunculifolia*, *Croton celtidifolius* e *Alchornea triplinervia* nas áreas bem drenadas. Nas áreas mais úmidas predominam *Cyperus hermaphroditus*, *Eleocharis* cf. *minima*, *Eleocharis* cf. *mutata*, *Rhynchospora corymbosa*. Nos remanescentes florestais existentes nas áreas limítrofes encontram-se *Araucaria angustifolia*, *Alchornea triplinervia*, *Podocarpus lambertii*, *Drymis brasiliensis*, *Eugenia* sp., *Tabebuia* sp., *Ocotea odorifera*, *Ocotea puberula*, *Nectandra lanceolata*, entre tantas outras espécies de árvores, arbustos e numerosas epífitas, além de núcleos de taquara (*Merostachis multiramea*).

3.2 Metodologia de Preparo do Terreno

O preparo da frente de lavra onde foi implementada a unidade de pesquisa, já exaurida de toda a argila de interesse da indústria cerâmica, teve início em novembro de 2003, com as atividades de reposição do material resultante do decapeamento (horizontes A e B) do solo não aproveitados como matéria prima para cerâmica, vegetação suprimida e serapilheira e o nivelamento deste com auxílio de um trator de esteira.

As dimensões da área onde foi implementada a unidade de pesquisa são de aproximadamente 70 X 100 m, perfazendo cerca de 7.000 m², conforme Figura 3 e 4.

Este substrato ficou reservado numa área adjacente à frente de lavra desde o início das atividades de extração da argila na mesma.

Os trabalhos de preparo da unidade de pesquisa foram interrompidos em dezembro de 2003 devido às chuvas intensas que ocorreram naquele período, impedindo a circulação das máquinas na mesma (caminhões, trator de esteira, escavadeira hidráulica).

A conclusão das atividades de implementação da unidade de pesquisa (nivelamento, preparo dos tratamentos, confecção de cerca no entorno do experimento e plantio das mudas) ocorreu somente no período de 5 a 16 de janeiro de 2004.

O processo de nivelamento foi executado com o auxílio de um trator de esteira de lâmina. Após o processo de nivelamento do terreno, o mesmo foi dividido em quatro parcelas.

Devido à assimetria e inclinação do terreno, foram instaladas duas dessas parcelas com 18,5 m x 60 m (1.110 m²) de área e, as outras duas, com 20,5 m x 40 m

(820 m²). As duas parcelas de 1.110 m² possuem a mesma inclinação, a qual se faz no sentido Norte-Sul. Já as duas parcelas de 820 m² também possuem a mesma inclinação, só que no sentido Leste-Oeste, conforme indicam as setas na Figura 3.

Entre cada parcela foi deixado um intervalo de aproximadamente 4 m para circulação de serviço e, 1,5 m entre a borda das parcelas e a cerca de isolamento da área experimental (Figura 3).

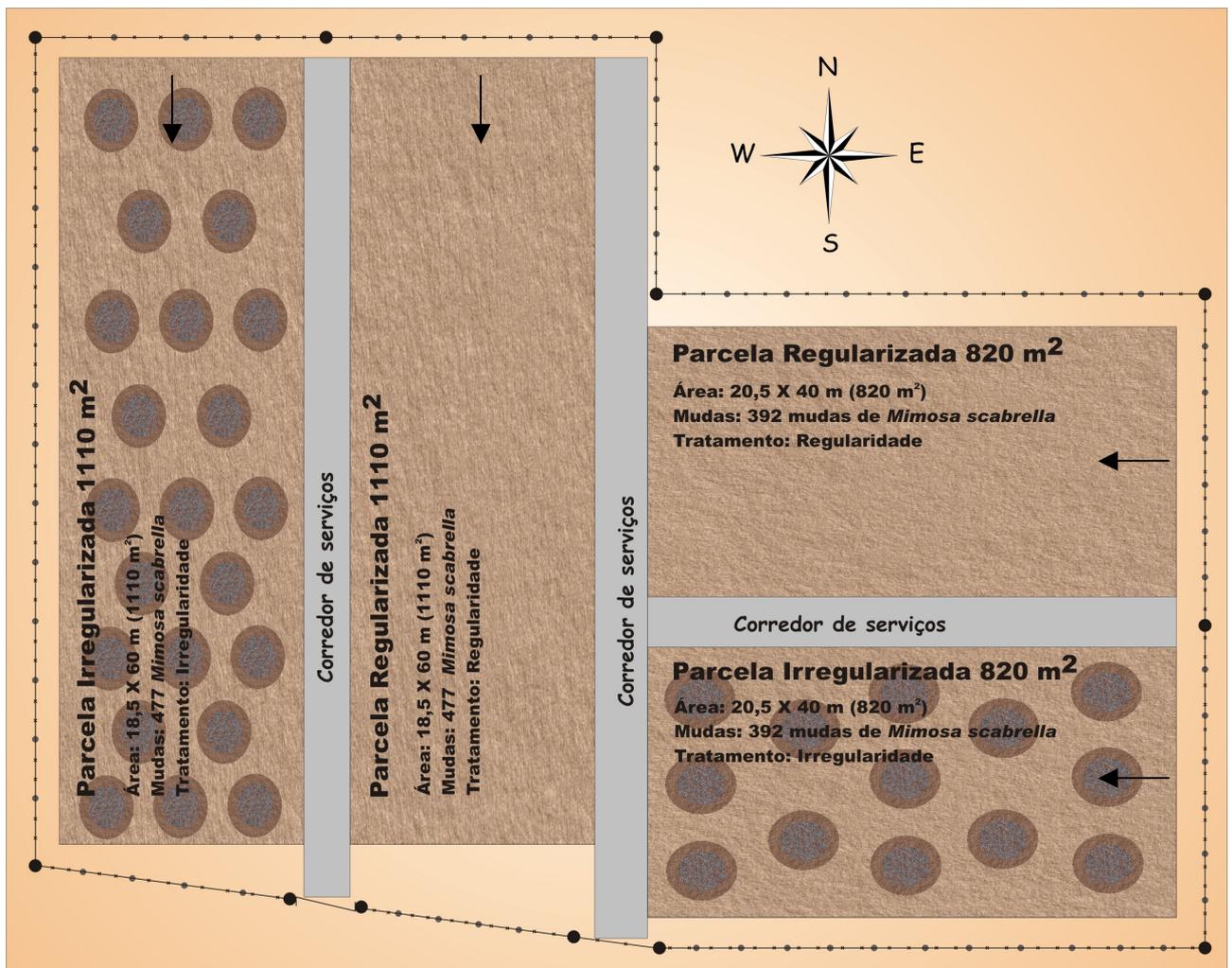


Figura 3. Croqui da área de pesquisa, indicando o tratamento aplicado a cada uma das parcelas, suas dimensões e número de mudas plantadas. As setas indicam o sentido da declividade.

Através de sorteio, foram obtidas as parcelas que receberiam um ou outro método de preparo do solo. Primeiramente, foi realizado um sorteio para definir qual das duas parcelas de área 820 m² receberia a irregularização do terreno, conforme o proposto por

Aumond (2003), e qual parcela receberia o tratamento regular conforme o utilizado por Davide; Faria; Prado, (1994) e por Der (1991). Em seguida, mais um sorteio foi realizado, para obter dentre as duas parcelas 1.110 m², qual receberia um ou outro tratamento. Não houveram parcelas testemunhas, uma vez que o objetivo deste experimento foi comparar as duas técnicas de preparo do solo.

O próximo passo foi a retirada de matéria orgânica (Horizonte A) e serapilheira de uma área de floresta secundária alterada adjacente à unidade de pesquisa, a qual posteriormente sofreu processo de decapeamento e atualmente está em processo de mineração. Com o auxílio de uma escavadeira hidráulica e de caminhões basculantes, este material foi retirado e transportado até a unidade de pesquisa, onde, com auxílio do trator de esteiras, foi distribuída homoganeamente uma camada de 5 – 10 cm desse material nas parcelas que receberiam o tratamento convencional do solo. Nas parcelas que receberam o tratamento das irregularidades, este material foi colocado em pontos estratégicos para ser distribuído pela escavadeira hidráulica à medida que essa foi confeccionando as irregularidades na parcela.

A técnica de irregularização do terreno consistiu na abertura de cavas com aproximadamente 1 m de largura, 1,5 m de comprimento e 50 cm de profundidade com o auxílio de escavadeira hidráulica.

No modelo caracterizado pelas rugosidades, pretendeu-se experimentar uma técnica inversa a utilizada convencionalmente, onde o solo será irregularizado através da “criação” de cavas (covas, valas) de tamanhos variáveis, criando micro-habitats e oportunidade para que as partículas de solo se reorganizem naturalmente. Este tratamento parte do pressuposto de que no solo que é preparado artificialmente as partículas não se organizam (configuram) como ocorre naturalmente no meio ambiente. O arranjo natural favorece a maior capacidade das partículas do solo (húmus, argila, etc) de reter água e

nutrientes pelo aumento da superfície e do número de poros da mesma, aumentando também a aeração, acelerando assim o desenvolvimento das plantas.

As técnicas convencionais de recuperação de áreas degradadas e que são recomendadas nos manuais de recuperação pelos órgãos públicos, consistem, basicamente, em fazer o nivelamento do solo, construir algumas obras de drenagem e plantar mudas de espécies vegetais em um distanciamento padronizado, resultando em custos elevados, com questionável eficácia.

O método convencional de preparo do terreno caracteriza-se pelo aplainamento da superfície do mesmo, utilizando técnicas, conforme as citada por Davide; Faria; Prado, (1994), onde os autores fazem o reafeiçoamento do terreno com trator de esteira de lâmina visando suavizar o relevo (correção das irregularidades) e facilitar as operações de preparo do solo. Já o método da irregularização é uma técnica exatamente oposta.

No caso da mineração, pelo menos em parte, as irregularidades resultam do próprio processo de extração mineral, implicando na redução dos custos para promover a recuperação.

3.2.1 Abertura das covas e adubação das mudas

O espaçamento entre as mudas recomendado para a braacatinga pela literatura é 2 x 2 m (2 500 mudas/hectare), porém se aplicam a áreas planas e niveladas. Como não foi possível utilizar a metodologia de plantio em linhas nas parcelas irregularizadas, adotou-se como critério para estas áreas, espaçamento entre as mudas de aproximadamente 1,6 m.



Figura 4. Vista geral da área de pesquisa, no início das atividades de preparação do terreno. Doutor Pedrinho, SC, em 05/01/2004.



Figura 5. Distribuição da serapilheira e horizonte A sobre a área de pesquisa. Doutor Pedrinho, SC, em 06/01/2004.



Figura 6. Área adjacente de onde foi retirada a serapilheira e o horizonte A. Doutor Pedrinho, SC, em 06/01/2004.



Figura 7. Início da irregularização das parcelas após sorteio. Doutor Pedrinho, SC, em 06/01/2004.



Figura 8. Aspecto da serapilheira e horizonte A espalhados sobre todas as parcelas. Doutor Pedrinho, SC, em 06/01/2004.



Figura 9. Medição e separação da altura das mudas de *Mimosa scabrella* em classes. Doutor Pedrinho, SC, em 07/01/2004.

Foram abertas primeiro as das áreas irregularizadas, pois como não foi adotada metodologia conhecida, seria necessário repetir a mesma densidade de plantas nas parcelas planas.

A abertura de covas se deu com cavadeira manual. As dimensões das covas em largura e profundidade foram 15 X 15 cm e 25 cm, respectivamente. Adotamos estas dimensões para as covas, as quais são diferentes das utilizadas em outros trabalhos, justamente para melhor adaptarmos à técnica de irregularização do terreno. A mesma metodologia de abertura de covas foi repetida nas parcelas regularizadas.

Como substrato para as mudas foi utilizada serapilheira misturada ao horizonte A, a qual foi retirada de áreas adjacente à unidade de pesquisa. Para esta área adjacente já havia um planejamento de iniciar a exploração em fevereiro de 2004, portanto, só se antecipou o processo de supressão da vegetação e retirada das camadas sobrejacentes ao material mineral de interesse industrial. Uma consideração importante a ser feita sobre esta ação, é o fato deste solo orgânico e serapilheira não ficarem estocados um certo período de tempo até ser transferida para ser então utilizada para a recuperação de uma frente de lavra. Desta forma este material manteve suas propriedades e estrutura pouco alteradas.

A utilização de aproximadamente 16 gramas adubo químico – NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) – na proporção 7:28:14, teve por finalidade o fornecimento de nutrientes somente para o estabelecimento inicial das mudas de braacatinga. A escolha do NPK com uma proporção de Nitrogênio (N) baixa deve-se ao fato de a braacatinga pertencer à família Fabaceae, a qual possui a capacidade de fazer simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, possibilitando assim a fixação de nitrogênio atmosférico e disponibilizando-o à planta.

3.3 Escolha da Espécie

A escolha da braacatinga (*Mimosa scabrella* Benth. – Fabaceae) como espécie vegetal a ser plantada na unidade de pesquisa foi motivada pelos resultados favoráveis desta nos experimentos passados realizados nesta área, bem como, pelas recomendações de diversos autores, como Nau e Sevegnani (1997) e Reis; Zambonin; Nakazono, (1999).

Segundo Carvalho (2003), *Mimosa scabrella* destaca-se por colonizar terrenos nus, via sementes. Muito comum na vegetação secundária, principalmente em capoeira e capoeirões e na floresta secundária, às vezes formando associações puras, conhecidas como bracatingais, formações secundárias que exprimem a capacidade invasora da espécie, após ação antrópica. É uma espécie característica do planalto sul-brasileiro e exclusiva da vegetação secundária da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), nas formações Montana e Alto-Montana. Nos pinheirais primários não-perturbados, a braacatinga é pouco abundante. Tolera terrenos pedregosos e terraplanados. Os solos mal drenados: orgânicos, Gleissolo Melânico alumínico (GMa) e Gleissolo Háptico Tb distrófico (GXvd), são pouco propícios ao seu desenvolvimento.

3.3.1 Caracterização da *Mimosa scabrella* Benth. – Fabaceae

De acordo com a classificação de Cronquist, *Mimosa scabrella* pertence à Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida, Ordem Fabales, Família Fabaceae. O nome popular braacatinga vem do guarani “abaracaatinga”: *aba* = árvore ou mata; *ra* = peras ou plumas; *caa* = árvore ou mata; *tinga* = branco; ou seja, árvore ou mata de muitas plumas brancas (CARVALHO, 2003).

Mimosa scabrella é uma árvore perenifólia, podendo atingir 50 cm ou mais de DAP (Diâmetro do caule a Altura do Peito) e até 29 m de altura. Possui folhas compostas, bipinadas, paripenadas, alternas, pequenas, com três ou nove pares de pinas oblongo-lineares. Suas flores são amarelas, pequenas e agrupadas em capítulos pedunculados, axilares ou terminais, em racemos curtos. Os seus frutos são craspédios articulados deiscentes, sésseis, pubescentes, com indumento estrelado, podendo atingir até 48 mm de comprimento por 9 mm de largura. As sementes possuem forma irregular, de coloração escura, quase preta, lustrosa, com 6 mm de comprimento e 3 mm de largura.

Ocorre de forma natural no Brasil, cuja distribuição vai de Minas Gerais ao Rio Grande do Sul, numa variação altitudinal no estado de Santa Catarina de 350 a 1.200 m.

Trata-se de uma espécie florestal comum nas submatas de pinhais da região Sul do Brasil, ocorrendo em áreas de devastação dos pinhais, principalmente no Paraná e Santa Catarina.

Segundo Carvalho (2003), *Mimosa scabrella* também é uma excelente espécie para a recuperação de áreas degradadas, tendo a capacidade de depositar até 8 toneladas de material orgânico e 200 kg de nitrogênio por hectare. Constitui-se em espécie de grande qualidade para esta finalidade principalmente por associar-se com *Rhizobium* e micorrizas arbusculares responsáveis pela absorção de nutrientes, especialmente fósforo. É polinizada por insetos e dispersa por autocoria.

A braacatinga é uma espécie pioneira, destacando-se por colonizar terrenos nus, via sementes. Muito comum na vegetação secundária, principalmente em capoeira e capoeirões e na floresta secundária, às vezes formando associações puras, conhecidas por braacatingais, formações secundárias que exprimem a capacidade invasora da espécie, após ação antrópica. É uma espécie de baixa longevidade, alcançando até 25

anos. não suportando períodos de seca prolongados, nem ambientes com saturação hídrica (CARVALHO, 2003).

3.4 Plantio das Mudanças

As mudas de braacatinga foram adquiridas junto ao Viveiro Mudar – Agrolândia, SC –sendo semeadas em 23 de setembro de 2003.

Antes do plantio, foram tomadas as medidas de altura das mudas, sendo separadas em classes de altura (□ 16 cm, 16-20 cm, 20-24 cm, 24-28 cm, 28-32 cm, 32-36 cm, 36-40 cm, 40-44 cm, 44-48 cm e □ 48 cm), conforme Figura 9. Foi então contado o número de plantas de cada classe de altura e distribuídas na mesma proporção para cada uma das parcelas.

Cada parcela recebeu uma mesma quantidade de mudas de braacatinga de cada classe de altura.

Cada parcela de 1.110 m² de área recebeu 477 mudas de *Mimosa scabrella*, independentemente do método de preparo do solo adotado para cada uma. Já as duas parcelas de 820 m² de área, receberam 392 mudas de *Mimosa scabrella* cada uma, sendo plantadas 1.738 mudas numa área total de 3.860 m².

O replantio das mudas que pereceram foi realizado somente até o início da primeira medição, a qual ocorreu até 22 de fevereiro de 2004, um mês após o plantio.

3.5 Metodologia da Coleta de Dados

A análise dos aspectos abaixo descritos teve início um mês após o plantio das mudas, oportunizando a adaptação inicial destas ao meio, e a partir de então foi sendo realizada trimestralmente.

A taxa de sobrevivência das plantas foi verificada de acordo com o percentual de plantas sobreviventes/implementadas. A substituição das mudas que pereceram foi realizado até o início da primeira coleta de dados, um mês após o plantio das mudas, bem como, o controle de pragas (formigas, lagartas, gafanhotos, etc), que foi executado manualmente ou através de produtos químicos adequado (formicidas, larvicidas, inseticidas).

Para o cálculo da taxa de mortalidade foi adotada a metodologia de Melo (2000), foram consideradas as árvores que haviam morrido no intervalo de tempo, entre os levantamentos. As árvores que foram encontradas mortas do segundo levantamento em diante não foram medidas.

A fórmula utilizada para o cálculo da taxa de mortalidade anual relativa, em percentagem (MELO, 2000), foi a seguinte:

$$Tm = \left\{ 1 - \left[\frac{(n_o - nm)}{n_o} \right]^{1/\Delta t} \right\} * 100$$

onde:

Tm = taxa média anual de mortalidade,

n_o = número de indivíduos no primeiro levantamento

nm = número de indivíduos mortos da população inicial, após o período entre os levantamentos.

Δt = média dos intervalos de tempo, em anos, entre os dois levantamentos. Serão calculadas as taxas de mortalidade e de recrutamento para cada parcela

Para a obtenção do índice de cobertura do solo, foi utilizado o método de quadrantes. Em cada parcela (unidade amostral), foi lançada uma agulha metálica de aproximadamente 60 cm de comprimento. O ponto em que a agulha penetrou o solo, representou o centro de um quadrado de 1 x 1m (1 m²), no qual por estimativa visual (em %) da área do quadrante que está coberta pela vegetação. Neste mesmo ponto onde caiu

a agulha, foi medida a altura da vegetação que tocou a agulha. Esta agulha foi lançada 10 vezes em cada parcela a partir das laterais de cada parcela.

Foram sorteados 280 indivíduos de *Mimosa scabrella*, sendo 70 de cada parcela, totalizando 140 indivíduos de cada tratamento de solo.

De cada planta foram tiradas três medidas: o diâmetro a 5 cm do solo com o auxílio de um paquímetro milimetrado e com uma repetição de duas vezes num ângulo de 90° evitando desta forma que a variação do formato do caule induza a futuros erros; obtendo-se no final uma média $(n_1 + n_2 / 2)$ do diâmetro de cada planta; outra medida realizada foi a altura até o mais elevado meristema apical; e a área da copa, a qual foi calculada obtendo-se a distância do caule até a borda da copa, em cada planta nas direções Norte, Sul, Leste e Oeste.

O cálculo da área da copa de cada planta foi obtido aplicando as quatro medidas coletadas na seguinte fórmula:

$$\frac{N + S + L + O}{4} = m = r$$

$$S = \pi \cdot r^2$$

onde:

r = raio; $\pi = 3,14$

Para avaliar se houveram diferenças significativas de tamanhos (diâmetro, altura e diâmetro de copa), sobrevivência, número de espécies espontâneas colonizadoras entre os tratamentos, foi utilizado o teste “t” para amostras independentes com nível de significância de 5%, conforme Beiguelman (2002).

3.5.1 Levantamento Florístico

Para caracterização da composição florística da vegetação espontânea elaborou-se uma lista das espécies encontradas no local de estudo, comparando-se o número de espécies entre as parcelas regulares e irregulares. Foram calculados os Índices de Similaridade de Sørensen (MÜLLER-DOMBOIS e ELLEMBERG, 1974) e de Jaccard (MAGURRAN, 1988):

$$\text{Sørensen } C_S = 2j / (a+b)$$

$$\text{Jaccard } C_J = j / (a+b-j)$$

onde:

j = número de espécies comuns entre as duas áreas

a = número de espécies exclusivas da área "A"

b = número de espécies exclusivas da área "B"

O período de coletas de amostras férteis ou não de espécies vegetais que ocorreram espontaneamente na área foi o mesmo período das coletas de dados de altura, diâmetro, área da copa de *Mimosa scabrella* e da cobertura do solo. As amostras foram herborizadas no Laboratório de Botânica da FURB, e identificadas com auxílio de bibliografia especializada e dos taxonomistas Marcos Sobral (UFMG), Dr. Alexandre Uhlmann (FURB) e Dra. Ana Cláudia Araújo (UNIVALI). As amostras férteis foram incorporadas ao Herbário FURB.

4 RESULTADOS

Os experimentos de recuperação de área minerada para extração de caulim para a indústria cerâmica mostraram variações importantes dos parâmetros analisados, tais como o diâmetro, a altura e a área da copa de *Mimosa scabrella*, bem como a altura e o percentual de cobertura do solo e a riqueza de espécies que estas áreas foram colonizadas ao longo de um ano e dois meses, conforme descritos a seguir.

4.1. Taxa de Sobrevivência

A taxa de sobrevivência da *Mimosa scabrella* em Campo Formoso, Dr. Pedrinho, SC, em um ano e dois meses de experimento foi superior a 0,929 com um número médio entre 4 e 5 de indivíduos mortos por tratamento (Tabela 1), não apresentando diferenças significativas entre tratamentos.

Tabela 1. Taxa de sobrevivências de *Mimosa scabrella* após um ano e dois meses, referente aos tratamentos na recuperação de área degradada, realizada em mineração de argila, Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC.

tratamentos	área (m ²)	n	n ^o mortos	taxa sobrevivência	Z	P
Irregular A	1.110	70	5	0,929	0,32	>0,05
Irregular B	820	70	4	0,943		
Regular A	1.110	70	4	0,943		
Regular B	820	70	4	0,943		

4.2. Crescimento

4.2.1 Diâmetro

O diâmetro de *Mimosa scabrella* apresentou incremento médio entre 36,39 e 43,37 mm nas áreas com terreno irregularizado e 29,00 e 21,79 mm nas com terreno regularizado, analisando a medida inicial (fevereiro de 2004) e a final (abril 2005) (Tabela 2). As diferenças encontradas entre áreas de tamanho diferentes, mas com mesmo tratamento não foram significativas ($p > 0,05$), no entanto, o incremento diamétrico foi significativamente diferente entre os tratamentos ($p < 0,05$).

Tabela 2. Variações no diâmetro basal médio do caule de *Mimosa scabrella* entre fevereiro de 2004 e abril 2005, referente ao experimento de recuperação de área degradada em mineração de argila, Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC.

Tratamento	Área (m ²)	n	Diâmetro médio (mm) fev. 2004	Diâmetro médio (mm) abr. 2005	Δ Diâmetro (mm)	t calculado	P calculado
Irregular A	1110	65	4,73 (±1,75) a	41,12 (±15,40) a	36,39	-19,297	7,74x10 ⁻²⁹
Irregular B	820	66	4,79 (±2,04) a	48,16 (±14,32) b	43,37	-24,359	2,61x10 ⁻³⁵
Regular A	1110	66	3,53 (±1,34) b	32,53 (±12,72) c	29,00	-18,418	1,04x10 ⁻²⁷
Regular B	820	66	3,31 (±1,33) b	25,10 (±9,35) d	21,79	-18,757	1,39x10 ⁻²⁸

* letras iguais diferença não significativa ($p > 0,05$);

** letras diferentes diferença significativa ($p < 0,05$)

Na parcela regular B (820 m²), a média de diâmetro basal em fevereiro de 2004 ficou em 3,31 mm (±1,33), passando para 25,10 mm (±9,35), em abril de 2005. Já na parcela regular A (1.110 m²), as médias de diâmetro para os meses de fevereiro de 2004 e abril de 2005, ficaram em 3,53 (±1,34) e 32,53 mm (±12,72) respectivamente, cuja diferença entre os valores do diâmetro, entre as duas parcelas de mesmo tratamento, é significativa (Tabela 2) após um ano e dois meses.

Para a parcela irregular B (820 m²), as médias de diâmetro ficaram em 4,79 mm ($\pm 2,04$) em fevereiro de 2004, e 48,16 mm ($\pm 14,32$) em abril de 2005, valores esses, muito semelhantes aos da parcela irregular A (1.110 m²), que foram 4,73 mm ($\pm 1,75$) para fevereiro de 2004 e 41,12 mm ($\pm 15,40$) para abril de 2005, havendo uma diferença significativa entre as duas parcelas de mesmo tratamento, em fevereiro de 2005 (Tabela 2).

4.2.2 Altura

Quando da primeira medida efetuada em fevereiro de 2004, um mês após o plantio, os indivíduos de *Mimosa scabrella* das parcelas com irregularização do terreno apresentaram maior altura média do que as plantadas em terreno regular, fato esse, possivelmente já é uma resposta aos tratamentos regularização e irregularização do solo (Tabela 3). Na parcela regular B (820 m²), a média em fevereiro de 2004 ficou em 23,70 ($\pm 12,52$) e 202,48 cm ($\pm 79,3$) em abril de 2005. Já na parcela regular A (1.110 m²), as médias de altura para os meses de fevereiro de 2004 e abril de 2005, respectivamente, ficaram em 23,49 ($\pm 12,26$) e 252,88 cm ($\pm 86,75$).

Para a parcela irregular B (820 m²), as médias de altura ficaram em 31,07 cm ($\pm 14,62$) em fevereiro de 2004, e 419,33 cm ($\pm 96,16$) em abril de 2005. Já para a parcela irregular A (1.110 m²), as médias de altura em fevereiro de 2004 e abril de 2005, foram respectivamente 31,72 ($\pm 12,98$) e 335,80 cm ($\pm 108,98$) (Tabela 3).

As diferenças entre alturas médias entre as parcelas regulares, em 2005, são significativas, sendo numericamente superiores entre os indivíduos plantados nas áreas com terrenos irregularizados.

Tabela 3. Altura média de *Mimosa scabrella* entre fevereiro de 2004 e abril 2005, referente ao experimento de recuperação de área degradada em mineração de argila, Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC.

Tratamento	Área (m ²)	n	Altura média (cm) fev. 2004	Altura média (cm) abr. 2005	Δ Altura	t calculado	P calculado
Irregular A	1110	65	31,72 (±12,98) a	335,80 (±108,98) a	304,08	-22,251	2,203x10 ⁻³²
Irregular B	820	66	31,07 (±14,62) a	419,33 (±96,16) b	388,26	-32,762	2,239x10 ⁻⁴³
Regular A	1110	66	23,49 (±12,26) b	252,88 (±86,75) c	229,39	21,270	9,181x10 ⁻³²
Regular B	820	66	23,70 (±12,52) b	202,48 (±79,3) d	178,78	-18,091	1,079x10 ⁻²⁷

* letras iguais diferença não significativa (p> 0,05);

** letras diferentes diferença significativa (p< 0,05)

A comparação das alturas médias entre os tratamentos mostrou que houve variação significativa entre parcelas com o mesmo tratamento do solo e entre tratamentos, Tabela 3.

4.2.3 Área da Copa

Os indivíduos avaliados na parcela regular A (1.110 m²) apresentaram 181,01 cm² (±144,57) e 10.694,22 cm² (±8.921,75) de área de copa em fevereiro de 2004 e em abril de 2005, respectivamente. Na parcela regular B (820 m²) as médias da área das copas passaram de 139,19 cm² (±152,22) para 7.369,81 cm² (±4.928,69) respectivamente. A parcela irregular A (1.110 m²) teve médias de área de copa de 394,75 cm² (±293,71) em fevereiro de 2004 e 19.611,07 cm² (±11.759,53) em abril de 2005. Na parcela irregular B (820 m²), a média da área da copa em fevereiro de 2004 ficou em 302,44 cm² (±257,06) e em abril de 2005 foi 25.523,85 cm² (±14224,33). Todas as diferenças de medidas de copa no início das avaliações e após um ano e dois meses mostraram-se significativas (Tabela 4).

A área que teve melhor desenvolvimento médio da área da copa foi a irregular B, seguida da irregular A, Tabela 4.

Tabela 4. Área média da copa de *Mimosa scabrella* entre fevereiro de 2004 e abril de 2005, experimento de recuperação de área degradada em mineração de argila, Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC.

Tratamento	área (m ²)	n	área copa (cm ²) fev. 2004	área copa (cm ²) abr. 2005	Δ Área (cm ²)	t calculado	P calculado
Irregular A	1110	65	394,75 (±293,71)	19.611,07 (±11759,53) a	19.216,32	-13,170	6,946x10 ⁻²⁰
Irregular B	820	66	302,44 (±257,06)	25.523,85 (±14224,33) b	25.221,41	-14,382	7,163x10 ⁻²²
Regular A	1110	66	181,01 (±144,57)	10.694,22 (±8921,75) c	10.513,21	9,571	4,928x10 ⁻¹⁴
Regular B	820	66	139,19 (±152,22)	7.369,81 (±4928,69) d	7.230,62	11,912	5,363x10 ⁻¹⁸

* letras iguais diferença não significativa (p> 0,05);

** letras diferentes diferença significativa (p< 0,05)

Independente do tratamento observou-se intenso crescimento dos indivíduos de *Mimosa scabrella*, ampliando sua área de captação de energia luminosa (ramos jovens e folhas), estratégia característica entre plantas pertencente à categoria ecológica das pioneiras.

4.3 Percentual de Cobertura do Solo

Quanto ao percentual de cobertura do solo, em fevereiro de 2004, constatou-se que, exceto pela área coberta pelas mudas de *Mimosa scabrella*, as parcelas regulares e irregulares não diferiram entre si. Foram observadas plântulas de diferentes espécies que iniciavam a colonização da área, sem diferenças visíveis entre os tratamentos.

O percentual de cobertura do solo leva em conta a área coberta por *Mimosa scabrella* e também pela vegetação espontânea que se instalou ao longo do tempo nas parcelas do experimento.

O índice de cobertura do solo em fevereiro de 2004 da parcela irregular A (1.110 m²) foi de 2,01 % (±0,84) e irregular B (820 m²) foi 4,28 % (±2,45). Para as parcelas regulares A (1.110 m²) e B (820 m²) foi de 1,53 % (±0,45) e 2,2 % (±1,16), respectivamente (Tabela 5).

Em abril de 2005, o percentual de cobertura do solo nas parcelas com terreno irregular A (1.110 m²) e B (820 m²) passou para 82,88 % ($\pm 17,41$) e 97,13 % ($\pm 5,4$), respectivamente. Nas parcelas com terreno regular A (1.110 m²) e B (820 m²) o índice ficou entre 79,38 % ($\pm 22,03$) e 80,31 % ($\pm 19,46$), respectivamente (Tabela 5). As diferenças de percentual de cobertura não foram significativas.

Tabela 5. Percentual de cobertura do solo pela vegetação, entre fevereiro de 2004 e abril 2005, nas parcelas do experimento de recuperação de área degradada, em mineração de argila, Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC.

Tratamento	Área (m ²)	n	Cobertura (%) fev. 2004	Cobertura (%) abr. 2005	Δ cobertura (%)	t calculado	P calculado
Irregular A	1110	65	2,01 ($\pm 0,84$) a	82,88 ($\pm 17,41$) a	80,87	-14,669	1,369x10 ⁻⁰⁷
Irregular B	820	66	4,28 ($\pm 2,45$) b	97,13 ($\pm 5,4$) b	92,85	-49,500	3,415x10 ⁻¹⁶
Regular A	1110	66	1,53 ($\pm 0,45$) a	79,38 ($\pm 22,03$) a	77,85	-11,170	1,414x10 ⁻⁰⁶
Regular B	820	66	2,2 ($\pm 1,16$) a	80,31 ($\pm 19,46$) a	78,11	12,669	4,842x10 ⁻⁰⁷

* letras iguais diferença não significativa ($p > 0,05$);

** letras diferentes diferença significativa ($p < 0,05$)

Em abril de 2005, a parcela irregular B (820m²), foi à única a atingir cobertura do solo de 97,13 % ($\pm 5,4$), enquanto que as outras ficaram entorno dos 80%, sendo esta uma diferença significativa.

4.4 Altura de Cobertura do Solo

Em fevereiro de 2004, um mês após a implantação do projeto, a esparsa cobertura do solo era praticamente efetuada pelas mudas de *Mimosa scabrella* e a altura da cobertura vegetal do solo não ultrapassava alguns centímetros, não havendo diferenças notáveis entre as parcelas regulares e irregulares. A altura da cobertura era de 1,00 cm ($\pm 2,11$) na parcela irregular A (1.110 m²) e 0,60 cm ($\pm 1,07$) na irregular B (820 m²), 3,50 cm ($\pm 2,95$) na regular A (1.110 m²) e 0,30 cm ($\pm 0,48$) na regular B (820 m²) conforme apresentado na Tabela 6.

Já em abril de 2005, houve incremento na altura da cobertura vegetal do solo passando para 211,9 ($\pm 158,08$) e 295 cm ($\pm 177,18$) nas parcelas com terreno irregular A (1.110 m²) e B (820 m²) respectivamente. Nas parcelas com terreno regular (1.110 m²) e B (820 m²) respectivamente o índice ficou entre 154,3 ($\pm 178,13$) e 106,4 cm ($\pm 57,09$), respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6. Altura da cobertura do solo entre fevereiro de 2004 e abril 2005, nas parcelas do experimento de recuperação de área degradada em mineração de argila, Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC.

Tratamento	área (m ²)	n	Altura cobertura (cm) fev. 2004	Altura cobertura (cm) abr. 2005	Δ Altura cobertura (cm)	t calculado	P calculado
Irregular A	1110	65	1,00 ($\pm 2,11$) a	211,90 ($\pm 158,08$) a	210,90	-4,218	0,00224
Irregular B	820	66	0,60 ($\pm 1,07$) a	295,00 ($\pm 177,18$) a	294,40	-5,254	0,00052
Regular A	1110	66	3,50 ($\pm 2,95$) b	154,30 ($\pm 178,13$) a	150,80	-2,6767	0,02534
Regular B	820	66	0,30 ($\pm 0,48$) a	106,40 ($\pm 57,09$) b	106,10	-5,877	0,00024

* letras iguais diferença não significativa ($p > 0,05$);

** letras diferentes diferença significativa ($p < 0,05$)

4.5 Florística

No total foram amostrados 151 táxones entre espécies e morfoespécies, pertencentes a 34 famílias botânicas, das quais foi possível identificar até o nível específico 72, até o nível de gênero 52 e até o nível família 15 (Tabela 7). A dificuldade de identificação se deve a falta de material fértil, pois muitas espécies não floriram no período avaliado, ou eram plântulas ou indivíduos muito jovens.

A riqueza de espécies herbáceo-arbustivas se fez presente e as mesmas cobriram o solo em mais de 92%.

Os tratamentos com solo irregularizado A e B (com 1.110 e 820 m²) apresentaram 94 espécies e morfoespécies. Destas, 48 (51,07%) foram comuns às áreas entre os

tratamentos com solo regularizado A e B e irregularizado A e B. O número de espécies exclusivas do tratamento irregularizado foi 46 (48,93%)

Os tratamentos com solo regularizado A e B (com 1.110 e 820 m²) apresentaram 104 espécies e morfoespécies. Destas, 48 (45,71%) foram comuns às áreas com tratamento com solo regularizado A e B e irregularizado A e B. O número de espécies exclusivas do tratamento regularizado foi 57 (54,29%).

As famílias com maior número de espécies foram: Asteraceae com 39 espécies; Poaceae com 25 espécies; Cyperaceae com 20 espécies e Solanaceae com 6 espécies.

Espontaneamente não houve instalação de Fabaceae, nem Myrtaceae, possivelmente devido às condições do sítio e ao banco de sementes do solo translocado.

O índice de Sorensen resultou em 0,932 e o de Jaccard em 0,872, ou seja, a vegetação que surgiu espontaneamente nas áreas regulares e irregulares são altamente similares. Deve-se ressaltar que as áreas se encontram muito próximas umas das outras.

A irregularização do terreno constitui-se na construção de cavas profundas o suficiente para reter água e sedimentos. A maior parte das cavas ao longo de todo o período de observação esteve com água em seu interior, formando micro-lagos rasos. À medida que a erosão transportava partículas para dentro dos mesmos a quantidade de sedimentos no interior das covas aumentava paulatinamente, formando um novo ecossistema. Nesses micro-lagos iniciou-se intensa colonização de Cyperaceae e Juncaceae, servindo de local de reprodução de anfíbios. Devido à formação desses microlagos foi possibilitada a ocorrência no interior das parcelas de espécies de Juncaceae: *Juncus* cf. *capillaceus* Lam., *Juncus* cf. *effusus* L., *Juncus* cf. *microcephalus* Kunth e *Juncus* sp. exclusivas destes ambientes. Das espécies exclusivas que colonizaram as cavas sempre com água destacam-se: *Rhynchospora aurea*, *Cyperus* cf.

polystachyos, *Cyperus* cf. *prolixus* e ocorrência em maior número de *Scleria* sp. nas áreas irregularizadas e somente um indivíduo na área com terreno regularizado.

Devido à intensa erosão do entorno e sedimentação interna no início do processo algumas cavas muito rasas somente continham água após períodos de chuva. Nas cavas com período alagado alternado com secos, constatou-se a predominância de Poaceae entremeadas por algumas espécies de Cyperaceae (Figura 21).

Ressalte-se o pequeno número de espécies arbóreas que se instalaram na área em recuperação, com exceção a *Mimosa scabrella*, que foi plantada, as demais espontâneas foram: *Alchornea triplinervia*, *Solanum sanctaecatharinae*, *Vernonia discolor*, *Melia azedarach* (exótica).

Apesar da distribuição de serapilheira, esta parece não ter sido determinante para estimular a colonização da área por espécies arbóreas.

Tabela 7. Espécies amostradas na área de recuperação em mineração de argila, Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC.

N	Família	Espécie ou morfoespécie	Irregular	Regular
1	Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i> cf. <i>lividus</i> L.	x	
2	Apiaceae	<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	x	
3	Asteraceae	<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	x	
4		<i>Acmella</i> cf. <i>brachyglossa</i> Cass.	x	
5		<i>Ageratum</i> cf. <i>conyzoides</i> L.	x	
6		<i>Baccharis</i> cf. <i>anomala</i> DC.	x	
7		<i>Baccharis</i> cf. <i>brachylaenoides</i> DC.	x	
8		<i>Baccharis</i> cf. <i>dracunculifolia</i> DC.	x	
9		<i>Baccharis</i> cf. <i>semiserrata</i> DC.	x	x
10		<i>Baccharis</i> cf. <i>uncinella</i> DC.	x	
11		<i>Baccharis</i> sp. 1	x	x
12		<i>Baccharis</i> sp. 2	x	
13		<i>Baccharis trimera</i> (Less.) DC.	x	x
14		<i>Blainvillea</i> cf. <i>latifolia</i> (L.f.) DC.		x
15		cf. <i>Jaegeria</i> Kunth		x
16		cf. <i>Symphyopappus</i> Turcz.	x	x
17		<i>Conyza</i> cf. <i>canadensis</i> (L.) Cronquist		x
18		<i>Emilia</i> Cass.		x
19		<i>Erechthites valerianifolia</i> (Wolf) DC.	x	x
20		<i>Erechtites</i> cf. <i>hieraciifolius</i> (L.) DC.	x	x
21		<i>Erechtites</i> sp. 2		x
22		<i>Eupatorium</i> cf. <i>biniifolium</i>		x
23		<i>Eupatorium</i> cf. <i>laegivatum</i> Lam.	x	x
24		<i>Eupatorium serrulatum</i> DC.	x	x
25		<i>Eupatorium</i> sp. 1	x	x
26		<i>Eupatorium</i> sp. 2		x
27		<i>Eupatorium</i> sp. 3	x	x
28		<i>Eupatorium</i> sp. 4		x
29		<i>Eupatorium</i> sp. 5	x	
30		<i>Eupatorium</i> sp. 6	x	x
31		<i>Galinsoga</i> sp. Ruiz & Pav.		x
32		<i>Gnaphalium</i> cf. <i>purpureum</i> L.		x
33		<i>Mikania</i> Willd.		x
34		<i>Parthenium</i> cf. <i>hysterophorus</i> L.		x
35		<i>Piptocarpha</i> cf. <i>tomentosa</i> Baker		x
36		<i>Senecio</i> cf. <i>brasiliensis</i> (Spreng.) Less.		x
37		<i>Sonchus</i> L.	x	
38		Asteraceae espécie 1	x	x
39		Asteraceae espécie 2	x	x
40		<i>Symphyopappus itatiayensis</i> (Hieron.) R.M. King & H. Rob.	x	x
41		<i>Symphyopappus lymansmithii</i> B.L. Rob.	x	
42		<i>Vernonia</i> cf. <i>nudiflora</i> Less.	x	
43		<i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Less.	x	
44		<i>Vernonia</i> sp. 1	x	x
45	Bignoniaceae	Bignoniaceae espécie 1	x	

segue

(continuação)

N	Família	Espécie ou morfoespécie	Irregular	Regular
46		Bignoniaceae espécie 2	x	x
47	Blechnaceae	<i>Blechnum</i> cf. <i>brasiliense</i> Desv.	x	
48	Boraginaceae	<i>Heliotropium</i> sp.	x	
49	Brassicaceae	<i>Brassica</i> cf. <i>rapa</i> L.	x	
50	Commelinaceae	<i>Commelina</i> sp.	x	
51	Cyperaceae	Cyperaceae espécie 1		x
52		Cyperaceae espécie 2		x
53		<i>Carex</i> cf. <i>brasiliensis</i> A. St.-Hil.	x	x
54		<i>Cyperus</i> cf. <i>brevifolius</i> (Rottb.) Hassk.		x
55		<i>Cyperus</i> cf. <i>distans</i> L.f.	x	x
56		<i>Cyperus</i> cf. <i>hermaphroditus</i> (Jacq.) Standl.	x	x
57		<i>Cyperus</i> cf. <i>lanceolatus</i> Poir.		x
58		<i>Cyperus</i> cf. <i>luzulae</i> (L.) Retz.	x	x
59		<i>Cyperus</i> cf. <i>meyenianus</i> Kunth	x	x
60		<i>Cyperus</i> cf. <i>polystachyos</i> Rottb.	x	
61		<i>Cyperus</i> cf. <i>prolixus</i> H.B.K.	x	
62		<i>Cyperus</i> sp. 1	x	x
63		<i>Cyperus</i> sp. 2		x
64		<i>Eleocharis geniculata</i> (L.) R. Br.	x	x
65		<i>Eleocharis</i> sp. 1	x	x
66		<i>Fimbristylis</i> sp.	x	x
67		<i>Pleurostachys</i> sp.		x
68		<i>Rhynchospora</i> cf. <i>aurea</i> Vahl.	x	
69		<i>Rhynchospora corymbosa</i> (L.) Britten		x
70		<i>Rhynchospora</i> sp. 2	x	x
71		<i>Scleria</i> sp.	x	x
72	Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Mul. Arg.	x	x
73		<i>Euphorbia hirta</i> L.	x	x
74	Fabaceae	<i>Mimosa scabrella</i> Benth*		
75	Gesneriaceae	<i>Sinningia douglasii</i> (Lindl.) Chautems	x	x
76	Hymenophyllaceae	cf. <i>Trichomanes</i> sp.		x
77	Iridaceae	<i>Sisyrinchium</i> cf. <i>vaginatum</i> Spreng.	x	x
78	Juncaceae	<i>Juncus</i> cf. <i>capillaceus</i> Lam.	x	
79		<i>Juncus</i> cf. <i>effesus</i> L.	x	
80		<i>Juncus</i> cf. <i>microcephalus</i> Kunth	x	
81		<i>Juncus</i> sp.	x	
82	Lamiaceae	<i>Hyptis</i> sp.	x	x
83	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium</i> sp.	x	
84	Lythraceae	<i>Cuphea</i> sp.	x	x
85		<i>Heimia</i> cf. <i>myrtifolia</i> Cham. & Schltld.	x	x
86	Malvaceae	<i>Sida</i> sp.	x	
87	Melastomataceae	cf. <i>Leandra</i> sp.	x	x
88		<i>Tibouchina</i> sp.	x	x
89	Meliaceae	<i>Melia</i> cf. <i>azedarach</i> L.	x	
90	Passifloraceae	<i>Passiflora</i> cf. <i>foetida</i> L.	x	
91	Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus</i> cf. <i>tenelus</i> Roxb.	x	

segue

(continuação)

N	Família	Espécie ou morfoespécie	Irregular	Regular
92	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca</i> sp.	x	
93		<i>Phytolacca</i> cf. <i>thyrsoiflora</i>	x	
94	Plantaginaceae	<i>Bacopa</i> sp.	x	
95		cf. <i>Mecardonia</i> sp.	x	
96		<i>Scoparia</i> cf. <i>dulcis</i> L.	x	
97		<i>Stemodia</i> sp.	x	
98		<i>Stemodia verticillata</i> (Mill.) Kuntze	x	x
99	Poaceae	<i>Andropogon</i> cf. <i>leucostachyus</i> H.B.K.		x
100		<i>Axonopus</i> cf. <i>compressus</i> (Sw.) P. Beauv.		x
101		<i>Axonopus</i> cf. <i>sulffultus</i> (Mikan ex Trin.) Parodi		x
102		cf. <i>Guadua angustifolia</i> Kunth.		x
103		cf. <i>Imperata</i> sp.		x
104		<i>Echinochloa</i> cf. <i>colonom</i> (L.) Link.		x
105		<i>Eragrostis</i> cf. <i>megapotamica</i> (Spreng.) Schult.		x
106		Poaceae espécie 1	x	x
107		Poaceae espécie 2	x	x
108		Poaceae espécie 3	x	x
109		Poaceae espécie 4	x	x
110		Poaceae espécie 5	x	
111		Poaceae espécie 6	x	x
112		Poaceae espécie 7	x	x
113		Poaceae espécie 8	x	x
114		Poaceae espécie 9	x	x
115		<i>Oplismenus</i> sp.		x
116		<i>Panicum</i> cf. <i>maximum</i> Jacq.		x
117		<i>Panicum</i> cf. <i>pilosum</i> Sw.		x
118		<i>Paspalum</i> cf. <i>brunneum</i> Mez.		x
119		<i>Paspalum</i> cf. <i>paniculatum</i> L.		x
120		<i>Paspalum</i> sp.		x
121		<i>Paspalum</i> sp. 2		x
122		cf. <i>Schizachyrium</i> sp.	x	x
123		<i>Setaria</i> cf. <i>geniculata</i> (Lam.) Beauv.		x
124	Polygonaceae	<i>Polygonum</i> sp.		x
125	Rosaceae	<i>Rubus</i> sp.		x
126	Rubiaceae	<i>Coccocypselum</i> cf. <i>condalia</i> Pers.		x
127		<i>Coccocypselum reitzii</i> L.B. Sm. & Downs		x
128		<i>Diodia</i> sp.		x
129	Sapindaceae	<i>Paullinia</i> sp.		x
130	Solanaceae	<i>Solanum lacerdae</i> Dusén		x
131		<i>Solanum sanctaecatharinae</i> Dunal		x
132		<i>Solanum</i> sp. 1		x
133		<i>Solanum</i> sp. 2		x
134		<i>Solanum variabile</i> Mart.	x	x
135		<i>Solanum viarum</i> Dunal		x
136	Thelypteridaceae	cf. <i>Thelypteris</i> sp. 1		x
137		cf. <i>Thelypteris</i> sp. 2		x

segue

(continuação)

N	Família	Espécie ou morfoespécie	Irregular	Regular
138	Verbenaceae	cf. <i>Verbena</i> sp.		x
139	família desconhecida	Pteridophyta 1	x	
140	família desconhecida	Pteridophyta 2	x	
141	família desconhecida	espécie 1	x	
142	família desconhecida	espécie 2		x
143	família desconhecida	espécie 3		x
144	família desconhecida	espécie 4		x
145	família desconhecida	espécie 5		x
146	família desconhecida	espécie 6	x	x
147	família desconhecida	espécie 7	x	
148	família desconhecida	espécie 8		x
149	família desconhecida	espécie 9	x	
150	família desconhecida	espécie 10		x
151	Polytrichaceae	cf. <i>Polytrichum</i> sp.	x	

5 DISCUSSÃO

O percentual de sobrevivência de *Mimosa scabrella* foi elevado, ficando entre 92,9 e 94,3%, não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos e entre as parcelas de mesmo tratamento.

A elevada taxa de sobrevivência pode estar relacionada às condições favoráveis ao estabelecimento e desenvolvimento de *Mimosa scabrella* na área, uma vez que esta espécie é nativa do local de estudo e freqüentemente dispersa pela floresta ombrófila mista, como sub-bosque de *Araucaria angustifolia* (REITZ; KLEIN; REIS, 1979, CARVALHO, 2003).

As precipitações pluviométricas que ocorreram após o término da implementação do experimento encheram as cavas das parcelas irregularizadas, formando micro-lagos. Nestas parcelas, as mudas de *Mimosa scabrella* foram plantadas nas porções mais elevadas e nas encostas das cavas, já prevendo o armazenamento de água após as chuvas, fato este desejado no experimento (Figuras 10, 11 e 12,).

Regensburger (2004) na mesma área de mineração de argila em Campo Formoso, Doutor Pedrinho, SC, obteve taxa de sobrevivência superior a 92% para *Mimosa scabrella*.

Carvalho (2003) recomenda que o plantio de *Mimosa scabrella* deve ocorrer na primavera a fim de evitar danos pelas geadas severas no primeiro ano. Nesse estudo, as geadas ocorridas no inverno de 2004 não chegaram a prejudicar as mudas de *Mimosa scabrella*, mesmo com o plantio sendo realizado no verão do mesmo ano. A maioria dos indivíduos de *Alchornea triplinervia*, espécie que surgiu na área espontaneamente, perderam suas folhas após estas terem sido afetadas pelas geadas, porém nem todos morreram, muitos rebrotando na primavera (Figura 15).



Figura 10. Parcela irregularizada A após dois meses e meio da instalação do experimento. Doutor Pedrinho, SC. 01/04/2004.



Figura 11. Parcela regularizada A após dois meses e meio da instalação do experimento. Doutor Pedrinho, SC. 01/04/2004.



Figura 12. Parcela irregularizada A, já com retenção de águas pluviais após um mês da implantação do experimento. Doutor Pedrinho, SC. 28/01/2004.



Figura 13. Parcela irregularizada A, mostrando a germinação de *Alchornea triplinervia* após um mês de implantação do experimento. Doutor Pedrinho, SC. 28/01/2004.

Nas cavas da porção inferior da parcela irregular B (820 m²) e em mais da metade das cavas da parcela irregular A (1.100 m²), houve acúmulo e retenção de águas pluviais durante todo o período de observação. No restante das cavas o acúmulo de águas pluviais somente se deu nos períodos chuvosos, permanecendo secas nos demais períodos.

Na parcela irregular A (1.100 m²), algumas das cavas da porção inferior acabaram transbordando e se interligando através do escoamento superficial das águas pluviais,

como pode ser observado na Figura 18, formando uma área úmida que restringiu o desenvolvimento da maioria dos indivíduos de *Mimosa scabrella* localizados neste trecho e ocasionou a morte de outros. Houve um grande número de plantas que pereceram neste trecho da parcela irregular A (1.100 m²), o que não foi evidenciado no taxa de sobrevivência/mortalidade pelo fato de que estes indivíduos mortos não estavam entre os 70 sorteados que faziam parte da amostra desta parcela.

A diferença significativa no desenvolvimento dos indivíduos de *Mimosa scabrella* entre as duas parcelas de tratamento irregularizado, pode estar atrelada a maior retenção de água nas cavas da parcela irregular A (1.100 m²), reforçando o alerta de Carvalho (2003) para o fato de que solos mal drenados são pouco propícios ao desenvolvimento desta espécie.

Comparando-se o resultado final do desenvolvimento de *Mimosa scabrella* em altura, diâmetro e tamanho da copa entre as parcelas regularizadas e irregularizadas, este se mostrou maior nas parcelas com solo irregularizado, as quais retinham água nos micro-lagos formados pelas concavidades construídas, e por conseqüência eram mais úmidas.

Os resultados de Pereira; Botelho; Davide, (1999) corroboram as observações de Carvalho (2003), quando aqueles realizaram trabalho de recuperação na faixa marginal dos reservatórios de Camargos (sítio 1 e 2) e de Itutinga (sítio 3), Carrancas, MG. Eles observaram mortalidade de 75% dos indivíduos entre 28 e 39 meses nas áreas que sofreram inundação ou que tinham solos encharcados.

De acordo com Carpanezzi (1994 *apud* CARVALHO, 2003), nos bracaatingais nativos a mortalidade natural é muito intensa e certamente é afetada pela densidade. Segundo Machado *et al.*, (2002) a mortalidade inicial é maior quanto maior for a densidade inicial.

No presente estudo, foram plantadas as mudas de *Mimosa scabrella* em densidade inicial de 4.336,4 mudas/ha nas parcelas de 1.110 m² e de 4.900 mudas/ha nas parcelas de 820 m², independentemente dessas terem sido plantadas em solo regularizado ou irregularizado, com taxa de mortalidade menor (0,08 a 0,06). Machado *et al.*, (2002) obteve taxa de mortalidade de 0,55 para a densidade inicial de 4.000 mudas/ha. Entretanto, deve-se ressaltar que o trabalho de Machado *et al.*, (2002) foi desenvolvido sobre braçaatingais nativos, com 12 meses de idade.

As médias de altura, diâmetro basal e área da copa obtidas no presente trabalho foram as mais elevadas do que aquelas encontradas por Primavesi; Camargo; Primavesi, (1997); Pereira; Botelho; Davide, (1999); Regensburger (2004); e Bertalot *et al.*, (2004).

Ao longo do desenvolvimento dos indivíduos de *Mimosa scabrella*, observado durante um ano e dois meses, constatou-se a formação da copa (entendida como o conjunto de ramos e folhas suportados por um tronco). O tamanho da copa ao longo e no final desse período de tempo variou e ainda continuará variando uma vez que os indivíduos ainda não atingiram a idade adulta ou reprodutiva. No mês de fevereiro de 2004 os indivíduos apenas estavam iniciando a emissão das primeiras ramificações e a densidade foliar era bastante baixa. À medida que ocorria o crescimento em altura, no número de ramificações e a quantidade de folhas, a cobertura do solo pela *Mimosa scabrella* passou a ser cada vez maior. A evolução do diâmetro da copa foi avaliada para entender melhor o processo de cobertura do solo e do desenvolvimento do indivíduo nas condições de regularização e regularização do solo.

Observou-se que nas parcelas com solo irregularizado, os indivíduos de *Mimosa scabrella* apresentaram maiores áreas médias de copas.

As médias de crescimento em altura de *Mimosa scabrella* na parcela irregularizada B (820 m²) do presente estudo, com um ano e dois meses após o plantio

(419,33 cm) foi superior ao encontrado por Pereira; Botelho; Davide (1999) no sítio 1 (640 cm), se considerarmos que as plantas tinham 28 meses de idade; sendo superior, também, em relação aos sítios 2 (220 cm) e 3 (390 cm). As médias de diâmetro (12,8 cm; 3,7 cm e 8,1 cm, respectivamente nos sítios 1, 2 e 3) também foram inferiores ao presente estudo, bem como, as médias de área de copa (7,93 m²; 0,68 m² e 4,48 m² respectivamente sítios 1, 2 e 3).

Regensburger (2004) avaliou o desenvolvimento de *Mimosa scabrella* na irregularização x regularização do terreno testando nesses tratamentos a adubação química x orgânica juntamente com ou sem adição de serapilheira, encontrando aos 9 meses de idade médias máximas em altura de 262,26 cm para o tratamento topográfico irregularizado com adubação química e 248,12 cm para o tratamento regular com adubação orgânica, valores estes inferiores aos encontrados nas parcelas irregularizadas A e B e na parcela regularizada A, sendo superior somente aos valores da parcela regularizada B, da presente pesquisa.

O trabalho de Bertalot *et al.*, (2004) que objetivou avaliar a produção de biomassa, a concentração e o acúmulo de macronutrientes de serapilheira de quatro espécies de leguminosas arbóreas, entre elas *Mimosa scabrella*, obteve, aos 24 meses de idade, 442 cm de altura e 7 cm de diâmetro, valor aquele, pouco maior que os da parcela irregularizada B aos 14 meses de idade (419,33 cm).

Experimentos com *Acacia mangium* obtiveram: 17,2 metros de altura e diâmetro de 8,7 cm, aos 5 anos de idade, em Seropédica, RJ (BALIEIRO *et al.*, 2004) e após 24 meses, em Ribeirão Vermelho, MG, essa espécie cresceu em média em altura 15 m e em diâmetro (4,84 cm) e área de copa (2,75 m²) (Souza *et al.*, 2001). Estes valores são inferiores aos obtidos nesse estudo, em Doutor Pedrinho, SC.

Barbosa; Gisler; Asperti, (1997) avaliaram o desenvolvimento inicial de oito espécies arbóreas: *Cedrela fissilis*, *Croton urucurana*, *Gallesia integrifolia*, *Jacaranda mimosaeifolia*, *Lonchoparpus muehlbergianus*, *Schizolobium parahyba*, *Tabebuia impetigiosa* e *Trema micrantha*, em dois modelos de reflorestamento implantados em áreas de mata ciliar degradada com solos mal drenados, encontrando um maior desenvolvimento em altura em *Trema micrantha*, *Jacaranda mimosaeifolia*, *Schizolobium parahyba* e *Croton urucurana*, que atingiram os 10 metros em cerca de 30 meses.

Primavesi; Camargo; Primavesi, (1997) na região de São Carlos, SP, registraram após dois anos de experimento altura média de 6,5 metros para *Mimosa scabrella*, apesar da espécie apresentar uma mortalidade de 40%, devido ao ataque das saúvas.

Davide e Faria (1997), no trabalho de revegetação de uma área de empréstimo da usina hidrelétrica de Camargos, MG, obtiveram após cinco anos as maiores médias de altura com as espécies *Acacia auriculiformis*, *Mimosa scabrella* e *Piptadenia gonoacantha* (8,95 m; 8,11 m e 8,03 m, respectivamente). Quanto à área da copa, as espécies que apresentaram as maiores médias foram *Piptadenia gonoacantha*, *Mimosa scabrella*, *Muntingia calabura* e *Inga affinis* (45; 42; 36 e 36 m², respectivamente). Ao analisarmos o tempo decorrido desde o plantio até a última coleta de dados, o presente trabalho em Doutor Pedrinho, SC obteve maiores médias que as citadas acima.

A elevada riqueza florística registrada (151 espécies) no presente trabalho, bem como, a rapidez de colonização evidenciam o *pool* gênico existente na área de entorno, além da eficiência e eficácia dos mecanismos de dispersão e a capacidade de instalação das espécies em curto espaço de tempo, ou seja, em 14 meses, em Campo Formoso, Dr. Pedrinho, SC (Figuras 13 e 14). O destaque das famílias Asteraceae, Poaceae e Cyperaceae se deve em grande parte às estratégias de dispersão e capacidade de instalação que estes grupos de planta têm.

No levantamento florístico em áreas mineradas a céu aberto na região carbonífera de Santa Catarina, Citadini-Zanette e Boff (1992) encontraram 97 espécies pertencentes à 31 famílias botânicas, sendo as famílias Asteraceae e Poaceae as mais bem representadas, com 22 espécies cada. Segundo os mesmos autores, as gramíneas em geral, pelo seu sistema radicular, são importantes na fixação do solo e controle da erosão.

Os componentes naturais que atuam na sucessão e que respondem às perturbações do meio são, as fontes de propágulos, os agentes de dispersão, as condições microclimáticas e o substrato para o estabelecimento das plantas ingressantes (CAMPELLO, 1998).

A ocorrência do grande número de espécies exclusivas para cada tratamento deveu-se, provavelmente pelas suas características ecológicas e pelas condições de cada sítio. Dentre as espécies cuja ocorrência deu-se exclusivamente nas parcelas irregularizadas: *Scoparia* cf. *dulcis*, *Commelina* sp., *Cyperus* cf. *polystachyos*, *Cyperus* cf. *prolixus*, *Rhynchospora* cf. *aurea*, *Juncus* cf. *capillaceus*, *Juncus* cf. *effusus*, *Juncus* cf. *microcephalus*, *Juncus* sp., *Centella asiatica*, *Achyrocline satureioides*, *Acmella* cf. *brachyglossa*, *Ageratum* cf. *conyzoides*, *Brassica* cf. *rapa*, *Solanum variabile*, entre outras amostradas em Doutor Pedrinho, são caracterizadas por Citadini-Zanette e Boff (1992) e por Kissmann e Groth (1997) como sendo plantas que preferem desde lugares úmidos até solos ligeiramente úmidos.

Citadini-Zanette e Boff (1992) citam a ocorrência de *Solanum lacerdiae* para solos úmidos até mais enxutos, no entanto a espécie somente foi registrada para as parcelas regularizadas do atual estudo, em Doutor Pedrinho.