UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

AVALIAÇÃO DA REABILITAÇÃO *IN LOCO* COM ESPÉCIES NATIVAS, DE PILHA DE ESTÉRIL GERADA POR MINERAÇÃO DE QUARTZITO, NO MUNICÍPIO DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS, MINAS GERAIS.

Maria Guimarães Vieira dos Santos

Belo Horizonte

2005

AVALIAÇÃO DA REABILITAÇÃO *IN LOCO* COM ESPÉCIES NATIVAS, DE PILHA DE ESTÉRIL GERADA POR MINERAÇÃO DE QUARTZITO, NO MUNICÍPIO DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS, MINAS GERAIS.

Maria Guimarães Vieira dos Santos

Maria Guimarães Vieira dos Santos

AVALIAÇÃO DA REABILITAÇÃO *IN LOCO* COM ESPÉCIES NATIVAS, DE PILHA DE ESTÉRIL GERADA POR MINERAÇÃO DE QUARTZITO, NO MUNICÍPIO DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS, MINAS GERAIS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Meio Ambiente

Linha de pesquisa: Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais

Orientador: Wilfrid Keller Schwabe

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Av. Contorno 842 – 7º andar 30110-060 Belo Horizonte – BRASIL
Tel: 55 (31) 3238-1882 Fax: 55 (31) 3238-1882 posgrad@desa.ufmg.br
www.smarh.eng.ufmg.br

UFMG

ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE **MARIA GUIMARÃES VIEIRA DOS SANTOS**
NÚMERO DE REGISTRO: 257

Às 09:00 horas do dia 27 de Setembro de 2005, reuniu-se na Escola de Engenharia da UFMG a Comissão Examinadora de DISSERTAÇÃO, indicada pelo Colegiado do PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, para julgar, em exame final, o trabalho final intitulado:

"AVALIAÇÃO DA REABILITAÇÃO *IN LOCO* COM ESPÉCIES NATIVAS, DE PILHA DE ESTÉRIL GERADA POR MINERAÇÃO DE QUARTZITO, NO MUNICÍPIO DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS, MINAS GERAIS"

requisito para a obtenção do Grau de MESTRE em SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS , Área de Concentração: MEIO AMBIENTE

Abrindo a sessão, o Orientador, Prof. Wilfrid Keller Schwabe, após dar conhecimento aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores com a respectiva defesa pela candidata. Logo após, a Comissão se reuniu sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Foram atribuídas as seguintes indicações:

BANCA EXAMINADORA	INSTITUIÇÃO	INDICAÇÃO
Prof. Dr. Wilfrid Keller Schwabe - Orientador	DESA/UFMG	Aprovada
Prof. Dr. Maria Eleonora Deschamps Pires Carneiro	DINME/FEAM	APROVADA
Profª Dra. Mônica Maria Diniz Leão	DESA/UFMG	aprovada
Prof. Dr. Raphael Tobias de Vasconcelos Barros	DESA/UFMG	aprovada

Pelas indicações, a candidata foi considerada aprovada, devendo proceder a pequenas alterações no trabalho, para a sua edição definitiva, a ser entregue no prazo de 2 meses.

O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 27 de setembro de 2005.

W. Keller

Eleonora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Av. Contorno 842 – 7º andar 30110-060 Belo Horizonte – BRASIL
Tel: 55 (31) 3238-1882 Fax: 55 (31) 3238-1882 posgrad@desa.ufmg.br
www.smarh.eng.ufmg.br

UFMG

FOLHA DE APROVAÇÃO

Avaliação da Reabilitação *in loco* com Espécies Nativas, de Pilha de Estéril Gerada por Mineração de Quartzito, no Município de São Thomé das Letras, Minas Gerais

MARIA GUIMARÃES VIEIRA DOS SANTOS

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

Prof. WILFRID KELLER SCHWABE

Prof. MARIA ELEONORA DESCHAMPS PIRES CARNEIRO

Profª MÔNICA MARIA DINIZ LEÃO

Prof. RAPHAEL TOBIAS DE VASCONCELOS BARROS

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

Profa. Mônica Maria Diniz Leão
Coordenadora

Versão Final aprovada por

Prof. Wilfrid Keller Schwabe
Orientador

Belo Horizonte, 27 de setembro de 2005.

Aos meus Pais, pela oportunidade.
Ao Marcelo, por tudo.
Em especial ao meu Filho.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Keller, pela orientação, paciência, apoio e incentivo que permitiram a obtenção deste título.

Ao Marcelo que compartilhou todos os momentos, pelo apoio, paciência, e incentivo.

Ao Henrique que involuntariamente fez parte deste trabalho, pela sua alegria.

Ao meu Pai, pelo grande apoio em tudo. À minha Mãe, pelo exemplo de vida. Aos meus pais, pelo amor incondicional que me fez chegar até aqui.

À Marina, por sempre contribuir indiretamente para a viabilidade de tudo.

À Eleonora, pelo apoio e incentivo na execução deste trabalho, e pelo convite para participar da equipe técnica da FEAM no Projeto Controle Ambiental na mineração de quartzito Pedra São Tomé.

Ao *Projeto Minas Ambiente*, por viabilizar todo este trabalho. A todos do *Projeto Minas Ambiente*, por contribuir para este trabalho.

Ao Braz, pela amizade, incentivo, apoio, entusiasmo, por acreditar, e pelas sugestões nas sucessivas reuniões.

Ao Celso, pela amizade, apoio e companheirismo nos muitos trabalhos de campo.

Ao Maurício, pela amizade, apoio, companhia insubstituível nos muitos trabalhos de campo.

Aos colegas da FEAM que indiretamente participaram deste trabalho com sugestões e incentivos. Especialmente Bárbara e Caio Márcio.

Aos colegas da GEOMIL que deram apoio logístico permitindo a viabilidade deste trabalho. Principalmente ao Wilson, pelas sucessivas reuniões e pelas fotos que contribuíram para ilustrar este trabalho.

Ao Professor Mauro, pelo total apoio na análise estatística.

Ao Professor Gilberto, pela atenção e sugestões.

À Yara, pelo apoio logístico.

À Mineração São Thomé, por ceder a área de experimento e viabilizar a implantação do mesmo, com apoio logístico. Ao Sr. Alaor, Sra. Eledinei e Marcelo, por todo o apoio e atenção dispensados.

Aos amigos das Minerações São Thomé e Pedra São Thomé Martins, especialmente à Leonice, Chiquinhos (Francisco Alandelon Alves de carvalho e Francisco Atanael de Carvalho), Zé, Andréa, e outros tantos que participaram diretamente na implantação dos experimentos, pelo seu apoio e preocupação para que tudo ocorresse eficientemente e da melhor forma possível.

A todos os mineradores de São Thomé das Letras, por acreditar no processo de reabilitação das áreas degradadas.

Aos moradores de São Thomé das Letras que indiretamente participaram deste trabalho.

Aos colegas de mestrado pelo apoio e amizade. Especialmente à Eliane, Deneb, Gisele e Juliana, pelo incentivo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a viabilidade deste trabalho. Meu eterno muito obrigada, de coração.

“Depois de algum tempo você aprende...
que o tempo não é algo que possa voltar atrás.
Portanto plante seu jardim e decore sua alma,
ao invés de esperar que alguém lhe traga
flores.”

William Shakespeare.

RESUMO

São Thomé das Letras, grande pólo de extração de quartzito, é uma região bastante degradada pela atividade mineradora. A geração de resíduo é bastante significativa, sendo grande o impacto visual causado pelas pilhas de estéril. A vegetação destas, com espécies nativas, contribuiu muito para a minimização desse impacto. Este trabalho, através da avaliação do processo de vegetação da pilha ST-1, Mineração São Tomé, tem como objetivo reabilitar uma pilha de estéril de quartzito com espécies nativas, apresentando uma solução de baixo custo para mineradores de pequeno porte. O processo de vegetação consistiu no plantio de candeia por lançamento de sementes e avaliação por parcelas. Foram avaliados densidade e crescimento de indivíduos em cada quadrante. Os resultados foram satisfatórios, sendo que a pilha ST-1 apresentou uma densidade de candeias superior à do terreno natural (15 ind/m^2), e crescimento (21cm) maior que o encontrado na literatura (19,87cm). Os resultados observados apresentaram grande variação entre as parcelas devido à diferença de umidade e granulometria de material depositado na pilha. A taxa de mortalidade foi de 1% devido à predação por roedores. Fatores externos que não puderam ser mensurados podem ter contribuído de forma indireta para os resultados obtidos.

ABSTRACT

São Thomé das Letras region, which is a leader in the extraction of quartzite, is very degraded by the mining activity. The residual generation is rather expressive, being striking the visual impact caused by the waste dump. Native species contributed very much with the minimization of such an impact. By assessing the waste dump ST-1 vegetation process, São Tomé Mining, the present paper aims at the rehabilitation of a waste dump of quartzite with native species. Proposing a low cost solution for low rank miners. The vegetation process consisted of the growing of candeias by sowing the seeds and gradual posterior assessments. Species density and growing were assessed in each quadrant. The results were satisfactory, and the ST-1 waste dump showed a density of shrubs higher than natural land (15 ind/m^2), and the growing (21cm) longer than those found in literature (19,87cm). The observed results showed large variation when compared with the different gradual posterior assessment figures, due to the differences of humidity and granulometry of material deposited on the waste dump. The mortality rate was 1%, due to predatory action of rodents. External factors which could not be measured might have contributed indirectly to the achieved results.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS **16**

GLOSSÁRIO **17**

1. Introdução **18**

2. Objetivos **23**

2.1 Objetivo geral *23*

2.2 Objetivos específicos *23*

3. Revisão da Literatura **24**

3.1 Município de São Thomé das Letras *24*

3.2 Atividade Minerária *27*

3.3 Pilha de Estéril *33*

3.4 Solos e Vegetação *34*

3.5 Candeia *36*

3.6 Reabilitação de áreas degradadas *40*

3.7 - Legislação Ambiental *43*

4. Metodologia **45**

5.1 Área de estudo *45*

5.2 Implantação do experimento *46*

5.3 Avaliação do experimento *46*

6. Resultados e discussão **51**

7. Conclusões **66**

8. Recomendações **68**

9. ReferÊncias **69**

10. ANEXOS **73**

Anexo I *73*

Anexo II *75*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Vista geral do impacto visual causado pela extração de quartzito em São Thomé das Letras - MG. 18
Figura 1.2 – Exemplar de candeia (*Eremanthus erythropappus*) plantado na pilha ST-1. 20
Figura 1.3 – Foto aérea da Serra do Carimbado, São Thomé das Letras - MG. 21
Figura 3.1 – Mapa de localização do município de São Thomé das Letras - MG. 24
Figura 3.2 – Município de São Thomé das Letras inserido em uma área de grande impacto ambiental decorrente da atividade minerária - MG. 25
Figura 3.3 – Município de São Thomé das Letras - MG. Nota-se à esquerda parte de uma pilha de estéril antiga reabilitada pela DEFLOR. 25
Figura 3.4 – Pedra furada, atração turística inserida nas áreas de atividade minerária do município de São Thomé das Letras - MG. 26
Figura 3.5 – Frente de lavra a céu aberto em São Thomé das Letras - MG. 28
Figura 3.6 – Detonação em frente de lavra de quartzito em São Thomé das Letras - MG. 29
Figura 3.7 – Banco preparado para retirada das placas de minério, com ferramentas utilizadas para foliar e cortar a pedra. São Thomé das Letras, 2003. 30
Figura 3.8 – Descrição do processo produtivo. 31
Figura 3.9 – Trabalhador riscando a pedra São Tomé com molde. São Thomé das Letras, 2003. 32
Figura 3.10 – Execução do corte manual de pedra São Tomé. 32
Figura 3.11 – Candeias (*Eremanthus erythropappus*) germinando naturalmente em fragmento de pedra São Tomé, sem presença de substrato. 37
Figura 3.12 – Inflorescência de candeia (*Eremanthus erythropappus*). 38
Figura 3.13 – Detalhe de um bulbo de *Eremanthus erythropappus* com sementes fixadas, e sementes debulhadas em saco plástico. 39
Figura 3.14 - Desenho esquemático do corte de uma inflorescência de *Eremanthus erythropappus.* Fonte: CORREA 1926. 39
Figura 3.15 – Fórmula química do alfabisabolol, substância extraída da candeia. 40
Figura 3.16 – Esquema representativo da importância da utilização da intervenção técnica (IT) na recuperação de áreas degradadas (Modificado de Herreira *et al*., 1993). 41
Figura 5.1 – Placa de identificação da área experimental da pilha ST-1 em campo, São Thomé das Letras - MG. 45
Figura 5.2 – Levantamento topográfico da pilha ST-1 com locação das parcelas no talude e topo, São Thomé das Letras - MG. 47
Figura 5.3 – Disposição das parcelas no platô da pilha ST-1, Mineração São Tomé, São Thomé das Letras - MG. 48
Figura 5.4 – Perfil da pilha ST-1 após o plantio. 49
Figura 5.5 – Pilha ST-1 vista de jusante para montante. 49
Figura 6.1 – Índice de Biodiversidade na pilha ST-1, pilha controle e terreno natural em 2003. São Thomé das Letras - MG. 52

Figura 6.2 – Densidade de candeias na pilha ST-1 de 2000 a 2003,
em São Thomé das Letras - MG. 53
Figura 6.3 – Pilha ST-1 vegetada com candeias em 2000. São Thomé das Letras - MG. 54
Figura 6.4 – Pilha ST-1 vegetada com candeias em 2003. São Thomé das Letras - MG. 54
Figura 6.5 – Pilha ST-1 vista de jusante para montante. 2000. São Thomé das Letras - MG. 55
Figura 6.6 – Pilha ST-1 vista de jusante para montante. 2003. São Thomé das Letras - MG. 55
Figura 6.7 – Parcela nº. 3 da pilha ST-1 em 2000. São Thomé das Letras - MG. 56
Figura 6.8 – Parcela nº. 3 da pilha ST-1 em 2003. São Thomé das Letras - MG. 56
Figura 6.9 – Densidade de candeias na pilha ST-1, pilha controle e em terreno natural, 2003
em São Thomé das Letras - MG. 57
Figura 6.10 – Topo da pilha ST-1 em 2003. São Thomé das Letras - MG. 57
Figura 6.11 – Topo da pilha controle em 2003. São Thomé das Letras - MG. 58
Figura 6.12 – Área de terreno natural adjacente à pilha ST-1 em 2003.
São Thomé das Letras - MG. 58
Figura 6.13 – Topo da pilha ST-1 em 2003. Pode-se verificar menor densidade de candeias
ao centro da pilha. São Thomé das Letras - MG. 60
Figura 6.14 – Percentagem de candeias vivas e mortas na pilha ST-1
em São Thomé das Letras, 2003. 60
Figura 6.15 – Candeias mortas devido à predação por roedores, na pilha ST-1
em São Thomé das Letras, 2003. 61
Figura 6.16 – Altura de candeias na pilha ST-1, de 2000 a 2003 em São Thomé das Letras - MG. 62
Figura 6.17 – Diferença granulométrica verificada nas pilhas de estéril. 63
Figura 6.18 – Diferença granulométrica verificada nas pilhas de estéril. 63
Figura 6.19 – Candeia com 1,38m na pilha ST-1 em 2003. São Thomé das Letras - MG. 64
Figura 6.20 – Altura de candeias na pilha ST-1, pilha controle e terreno natural
em 2003, em São Thomé das Letras - MG. 65

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Escala de tamanho de sedimentos. 32

Tabela 4.1 – Custos associados à vegetação. 47

Tabela 6.1 – Análises de solo de diversas pilhas de estéril em São Thomé das Letras - MG. 50

Tabela 6.2 – Densidade de indivíduos em 2003 nas parcelas do platô da pilha ST-1, Mineração São Tomé, São Thomé das Letras - MG. 58

LISTA DE SIGLAS

ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas.

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais.

CNPMS – Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo.

COMIG – Companhia Mineradora de Minas Gerais.

CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear.

DESA - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente.

GTZ - Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais.

GLOSSÁRIO

Biótopo – Região que apresenta uniformidade de ambiente e de populações animais e vegetais.

Bulbos – Dilatação globosa de um corpo cilíndrico, geralmente em uma extremidade.

Cambissolos – Solos com horizonte A e B definidos sem muita variação de teor de argila entre os horizontes. Solos com maior proporção de minerais primários facilmente intemperizáveis.

Campo Rupestre – Vegetação herbáceo-arbustiva que ocorre sobre afloramentos rochosos.

Dispersão anemocórica – Dispersão feita pelo vento.

Empolamento – Ação ou efeito de avolumar-se.

Espécie pioneira – Espécie que primeiro ocupa uma área em regeneração.

Fruto aquênio – Fruto seco indeiscente.

Fruto indeiscente – Frutos que não se abrem espontaneamente. Podem ser secos, lenhosos, ou carnosos.

Heliófila – Que é atraído pela luz solar. Planta que necessita da luz para viver.

Intemperismo – Conjunto de processos condicionados pela ação de agentes atmosféricos e biológicos que ocasionam a destruição física e decomposição química de minerais e rochas.

Solos distróficos – Solos que têm baixa saturação por bases.

Solos litólicos – Solos rasos sobre rocha.

Solos álicos – Solos com alta saturação por Alumínio.

Sucessão Ecológica – Processo de mudança na população biológica de uma área à medida que organismos competidores respondem ao ambiente.

1. INTRODUÇÃO

São Thomé das Letras é considerado o mais importante centro brasileiro de lavra de quartzitos folheados, utilizados como material de ornamentação e revestimento. Produz atualmente, cerca de 35% de todo o quartzito de Minas Gerais, sendo parte desta produção exportada para inúmeros países (VASCONCELOS, 2001). A extração econômica de quartzito iniciou-se na década de 50, intensificando-se em 1970 (DESCHAMPS, 2002) e emprega cerca de 70% da população não só de São Thomé das Letras, como de municípios da região (IGA, 1982). O desenvolvimento econômico da região é acompanhado por uma grande degradação ambiental, já que esta atividade vinha sendo desenvolvida de forma desordenada. Uma grande produção de resíduos gerou uma grande quantidade de pilhas de estéril, responsável pelo impacto visual em São Thomé das Letras, em uma dimensão de cerca de 20 km de extensão entre as serras da região. A atividade minerária entra em conflito com o ecoturismo e o turismo esotérico, muito desenvolvidos na região. O processo de reabilitação natural destas pilhas acontece de forma lenta, não contribuindo de forma efetiva para a minimização deste impacto.

Figura 1.1 – Vista geral do impacto visual causado pela extração de quartzito em São Thomé das Letras - MG.

O processo de vegetação das pilhas, principalmente com espécies nativas, tem contribuído para a minimização do impacto visual. Há muitas técnicas de recuperação e reabilitação de áreas degradadas (DIAS e MELLO, 1998) e a escolha da mais apropriada depende dos níveis

de degradação, das condições da região, do orçamento disponível e dos objetivos que se deseja alcançar. Considerando que o campo rupestre é a formação predominante nas áreas de ocorrência do quartzito em São Thomé das Letras, foram utilizadas espécies deste biótopo para a reabilitação das pilhas de estéril.

Dentro deste contexto, e visando à minimização do impacto visual causado pelas pilhas de estéril geradas pela lavra de quartzito na Serra do Carimbado, este trabalho tem como principal objetivo utilizar as espécies nativas de campo rupestre da região de São Thomé das Letras para reabilitação de pilhas. Além disso, por se tratar de mineradoras de pequeno e médio porte, propor uma reabilitação a baixo custo que não inviabilize o processo produtivo.

Visando à reabilitação das pilhas de estéril, foi utilizada a candeia, por ser uma espécie pioneira, muito comum em pilhas de estéril abandonadas. Uma característica interessante desta espécie é que ela é pouco exigente, desenvolvendo-se em sítios pouco férteis, rasos e predominantemente em áreas de altitude entre 1000 e 1700 metros.

Figura 1.2 – Exemplar de candeia (*Eremanthus erythropappus*) plantado na pilha ST-1.

Este trabalho foi parte do *Projeto Minas Ambiente* – Controle Ambiental na Mineração de Quartzito Pedra São Thomé, já finalizado.

O *Projeto Minas Ambiente* abrangeu diversas áreas como mineração de quartzito, laticínios, ferro gusa, sendo coordenado pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e pelo GTZ – Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit[1].

O *Projeto Controle Ambiental na Mineração de Quartzito Pedra São Thomé* por sua vez, foi coordenado pela FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente, com participação do CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear e FAPEMIG – Fundação de Amparo à

[1] Associação alemã para colaboração técnica.

Pesquisa do Estado de Minas Gerais. Resultados parciais deste trabalho foram publicados no capítulo 6 do livro gerado pelo projeto Minas Ambiente.

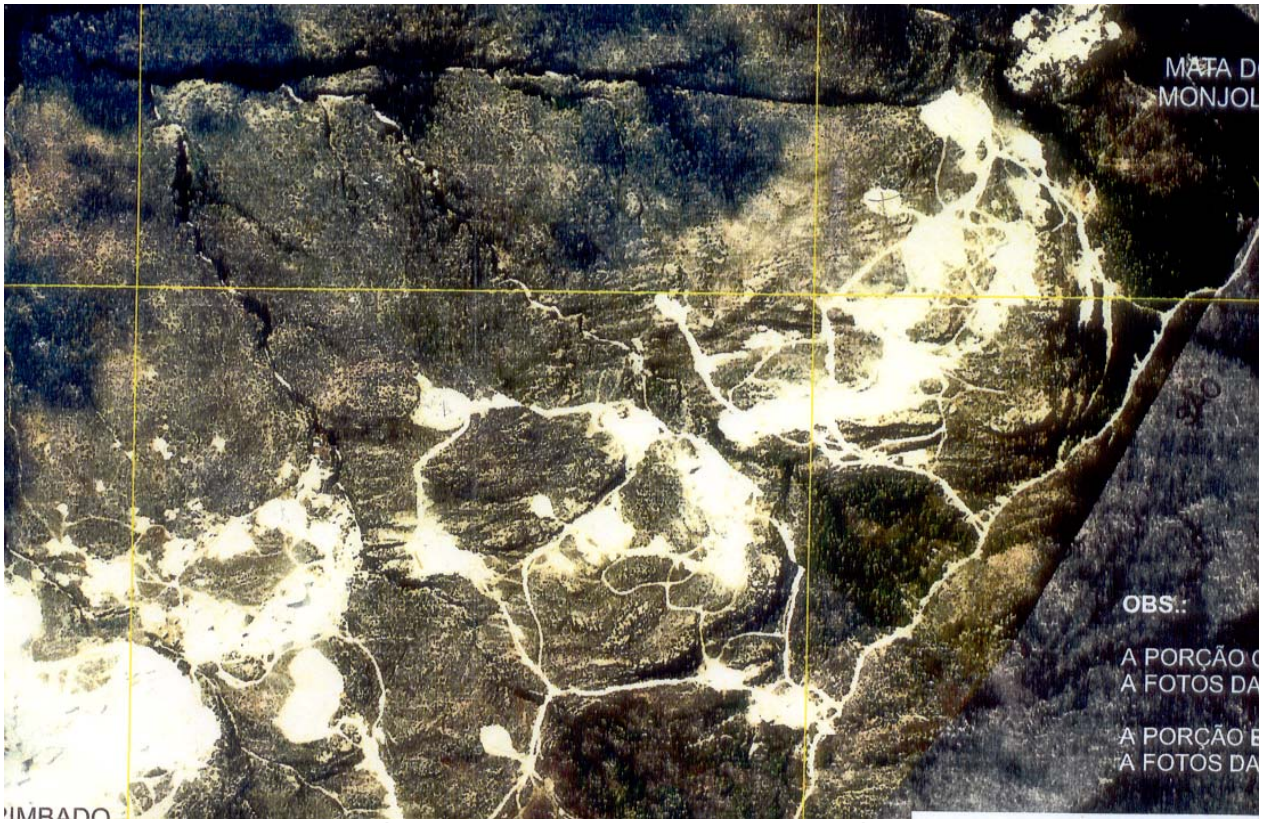


Figura 1.3 – Foto aérea da Serra do Carimbado, São Thomé das Letras - MG.
Fonte: Base Cartográfica da Serra de São Thomé das Letras - MG. Instrutec 2000.

As empresas que extraem quartzito em São Thomé das Letras têm como desafio a reabilitação de centenas de pilhas de estéril de quartzito, onde a taxa de nutrientes e matéria orgânica é irrisória, e o impacto visual é significativo. Desta forma, observando as áreas adjacentes onde o ambiente é semelhante, verificamos que algumas espécies se desenvolviam de forma satisfatória, formando uma cobertura vegetal uniforme. Além disso, como em algumas pilhas abandonadas observou-se a colonização por candeias, foram feitos testes com o intuito de se plantar a candeia nas pilhas definitivas.

Outro problema verificado entre mineradores foi a necessidade de redução do custo da reabilitação das áreas degradadas, considerando que as empresas em grande parte são micro e pequenas, e não teriam condições de arcar com grandes quantias nesse processo, podendo até inviabilizar sua atividade. Desta forma, segundo a metodologia adotada, o plantio das espécies nativas atendeu a esta expectativa, uma vez que as sementes eram coletadas em áreas adjacentes, e não havia necessidade de gastos com insumos, sendo computado apenas o custo da mão de obra de um ou dois funcionários, o que viabilizou o processo de plantio. Segundo a

avaliação econômica de Deschamps *et al*. (2002), o custo de reabilitação das pilhas de estéril com esta metodologia seria de R$0,11 por metro quadrado englobando carregamento, transporte de material, coleta de sementes e execução da pilha. Em outras tecnologias empregadas, como plantio de leguminosas, o custo seria de R$0,26 por m²; o de leguminosas e candeias associadas, R$0,32; e o de plantio de leguminosas, candeias e serrapilheira associadas, aproximadamente R$0,16/m ², conforme tabela a seguir.

Tabela 1.1 - Custos associados à vegetação em pilhas de estéril de quartzito.

Alternativas	Tipo de Vegetação	Área Vegetada	Custo p/ m2 área vegetada (R$)	Custo p/ m2 pedra cortada (R$)
1	Candeia	452	2,70	0,11
2	Leguminosa + Candeia + Serrapilheira	640	3,77	0,16
3	Leguminosa	400	6,09	0,26
4	Leguminosa + Candeia	320	7,62	0,32

Fonte: DESCHAMPS *et al*., 2002, p.176.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Reabilitar uma pilha de estéril de quartzito com espécies nativas.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar espécies nativas adequadas para reabilitação de pilhas de estéril de quartzito em São Thomé das Letras.
- Avaliar o desenvolvimento de candeias plantadas na pilha de estéril ST-1.
- Monitorar o desenvolvimento das candeias anualmente na pilha de ST-1.
- Verificar a taxa de mortandade dos indivíduos de candeia.
- Determinar fatores que contribuem para o processo de vegetação *in loco*.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Município de São Thomé das Letras

São Thomé das Letras situa-se na região sul do estado de Minas Gerais, a 336 km de Belo Horizonte, acesso pela BR-381 via Três Corações, ou pela BR-040 e BR-383, passando por São João del Rey e Cruzília. Ocupa uma área de 398 km^2, a uma altitude média de 1.290 metros. Segundo o IBGE, em 2001 possuía uma população de 6.204 habitantes.

São Thomé das Letras faz limite com os municípios de Três Corações, Luminárias, Conceição do Rio Verde, Baependi e São Bento do Abade.

Figura 3.1 – Mapa de localização do município de São Thomé das Letras - MG.
Fonte: http://www.pousarcoiris.com.br/Chegar_Rodovias/Index.htm

Figura 3.2 – Município de São Thomé das Letras inserido em uma área de grande impacto ambiental decorrente da atividade minerária - MG.

Figura 3.3 – Município de São Thomé das Letras - MG. Nota-se à esquerda parte de uma pilha de estéril antiga reabilitada pela DEFLOR.

Segundo Gomes (2000), a economia de São Thomé das Letras é principalmente voltada para o extrativismo mineral, que ocupa 70% da população ativa, seguido da agropecuária e cultivos, além do turismo ecológico. Atualmente, devido ao aumento da procura de pedra São Tomé e

da variedade de produtos, houve um incremento na produção bruta de pedra. A pedra São Tomé tem ganhado cada vez mais a preferência no mercado por ser um material que, além de funcional e resistente, permite o polimento, podendo ser aplicado a usos mais requintados.

São Thomé das Letras atrai turistas de todo o Brasil, principalmente os amantes do misticismo e os que estão em busca de muito contato com a natureza. O Vale das Borboletas, a Casa da Pirâmide, a Pedra da Bruxa, a Caverna do Carimbado e do Sobradinho, e Pedra Furada são alguns dos passeios praticamente obrigatórios para quem visita o lugar. Tomar banhos de cachoeira e mergulhar em rios também são programas indispensáveis para que se desfrute de todo o potencial natural da região. Entretanto, alguns destes atrativos turísticos encontram-se inseridos ou próximos às áreas mineradas, trazendo não apenas riscos para o turismo como também prejuízos para a atividade minerária, quando sobre áreas de potencial minerário. Além disso, o grande impacto visual causado pelas mineradoras pode ser visualizado em vários locais de visitação.

Figura 3.4 – Pedra furada, atração turística inserida nas áreas de atividade minerária do município de São Thomé das Letras - MG.

3.2 Atividade Minerária

Privilegiado com uma das maiores reservas geológicas de rochas ornamentais do país, Minas Gerais é o primeiro maior pólo minerador em diversidade e o segundo, em quantidade. Levantamentos feitos pela COMIG indicam que em Minas Gerais existem 160 frentes ativas de lavra, com uma produção de 1,12 milhões de toneladas/ano. Essa produção distribui-se por mais de 50 municípios, incluindo quartzitos (220 mil toneladas/ano), granitos (440 mil toneladas/ano), ardósias (410 mil toneladas/ano), além de pedra-sabão, serpentinito, pedra-talco, pedra Lagoa Santa, que compõe quase 150 variedades comerciais colocadas no mercado interno e externo. Cerca de 1.800 empresas atuam nos segmentos de lavra e beneficiamento de rochas ornamentais, representando investimentos anuais de US$ 300 milhões e movimentando transações no estado na cifra dos US$ 220 milhões/ano.

A degradação ambiental é um processo inerente à atividade de mineração e sua intensidade depende do volume e do tipo de minério explorado. Além disso, a mineração é uma das poucas atividades em que não há alternativa locacional, uma vez que depende da localização do minério. Desta forma, a mineração a céu aberto é uma das atividades humanas que mais contribui para a alteração da superfície terrestre, envolvendo na maioria das vezes a remoção da vegetação nativa do solo (quando existente) e a alteração da topografia original. Segundo Caldeira (1992), a descaracterização da paisagem através de alterações topográficas e remoção da cobertura vegetal, além de causarem impacto visual, contribuem com processos erosivos e são também agentes de alteração do ciclo hidrológico nas áreas incidentes.

A lavra de quartzito em São Thomé das Letras é feita a céu aberto, em bancadas, sendo retirado inicialmente o capeamento e o minério alterado, que é considerado resíduo. O quartzito é uma rocha metamórfica, formada principalmente por quartzo (SiO_2) com finas bandas de muscovita, que lhe dá xistosidade e resistência mecânica conforme o teor de mica presente. Por apresentar minerais mais resistentes ao intemperismo, o quartzito normalmente ocorre em áreas de grandes altitudes, onde permanecem feições geomorfológicas mais antigas, preservadas do processo erosivo. Este tipo de rocha possui muitas variações quanto ao teor de seus minerais, por isso as pedras levam o nome da localidade de onde são extraídos por suas peculiaridades. Segundo Souza e Santos (1999), os quartzitos mais conhecidos são de Luminárias, São Tomé e Carrancas.

O método de extração de quartzito é simples e o beneficiamento, simplificado, sendo em grande parte manual. Na frente de lavra, não é feita pesquisa geológica, e conseqüentemente, não há também planejamento formal das atividades de lavra (GOMES, 2000). Posteriormente, na extração do minério, é utilizado explosivo para folhear, e o desplacamento é feito com ferramentas manuais, gerando nesta fase um volume ainda maior de estéril. Estéril é todo material que não possui valor econômico na atividade minerária (DESCHAMPS *et al*., 2002).

Segundo Caldeira (1992), a atividade minerária tem como principal problema ambiental o uso indiscriminado e predatório dos recursos naturais, visando à exploração apenas de minérios considerados ricos ou de boa qualidade, enquanto que o minério pobre é descartado, indo parar nas pilhas de estéril ou nas barragens de rejeito, inviabilizando na maioria das vezes seu aproveitamento futuro. Isso aplica-se principalmente ao caso das rochas ornamentais.

Figura 3.5 – Frente de lavra a céu aberto em São Thomé das Letras - MG.

Figura 3.6 – Detonação em frente de lavra de quartzito em São Thomé das Letras - MG.

O processo de desplacamento, esquadrejamento, risco e corte são executados na frente de lavra. Conforme descrito pela GEOMIL (1995), a seqüência destes trabalhos ocorre da seguinte forma:

1. Dois operários munidos de cunha metálica e marreta retiram placas grandes e espessas, revezando as operações de percussão e direcionamento da cunha;

2. Outro operário, com talhadeiras e martelo, abre as placas em folhas mais delgadas com espessuras mínimas da foliação da rocha;

3. Um quarto trabalhador esquadreja, risca e corta finalmente as chapas nas dimensões padronizadas, priorizando os tamanhos maiores, para o máximo de aproveitamento da placa.

No processo de corte com ferramentas manuais, ainda há um volume gerado na apara das placas. A parcela aproveitável de minério é muito baixa, sendo a geração de resíduo (estéril) bastante significativa, representado aproximadamente 93% do total da rocha desmontada. Além disso, o alto empolamento do estéril, que varia de 1,5 a 1,7, contribui ainda mais para o aumento do volume de estéril (DESCHAMPS *et al*., 2002).

Figura 3.7 – Banco preparado para retirada das placas de minério, com ferramentas utilizadas para foliar e cortar a pedra. São Thomé das Letras, 2003.

Foto cedida pela GEOMIL/Wilson Barreto

Decapeamento ➔ Estéril (Areia /Silte /Mat. Orgânico)

↓

Retirada de Estéril ➔ Estéril (Quartzito alterado)

↓

Lavra do Minério ➔ Estéril (Retalhos de quartzito)

↓

Blocos de Minério

↓

Desplacamento de lamelas

Corte manual ➔ Estéril (Retalhos de quartzito)

Separação de retalhos grandes

↓

Produto Final

Placas e Retalhos

↓

Expedição do Produto

Figura 3.8 – Descrição do processo produtivo.

Fonte: Deschamps *et al*, 2002.

Figura 3.9 – Trabalhador riscando a pedra São Tomé com molde. São Thomé das Letras, 2003.
Foto cedida pela GEOMIL/Wilson Barreto

Figura 3.10 – Execução do corte manual de pedra São Tomé.

Atualmente, há maior aproveitamento dos resíduos, devido à diversificação dos produtos comercializados. Entretanto, o volume de material estéril depositado em pilhas ainda é muito expressivo. Desta forma, o maior impacto presente neste tipo de atividade tem sido o impacto visual causado pelas pilhas de estéril, tornando este tipo de atividade conflitante com outras atividades desenvolvidas no município, como o ecoturismo.

3.3 Pilha de Estéril

Segundo Deschamps *et al.* (2002), a relação estéril/minério é um dos principais fatores para o planejamento de uma lavra, isto porque as áreas para deposição de estéril devem ser definidas *a priori*. Inicialmente, na lavra de quartzito em São Thomé das Letras, os materiais eram descartados em pilhas aleatórias e não-planejadas, cobrindo áreas de drenagens, áreas de preservação permanente (protegidas por lei) e até mesmo áreas potencialmente produtivas. Em algumas frentes de lavra notava-se a deposição do estéril dentro da própria área em exploração. Esse quadro, contudo, tem mudado desde 1997, já que as empresas estão destinando áreas exclusivas para a deposição de estéril com planejamento, visando a uma deposição controlada desses resíduos. Relatórios de Controle Ambiental – RCA – e Planos de Controle Ambiental – PCA – de empresas de São Thomé das Letras determinam a construção das pilhas de estéril de forma ascendente, localizadas a jusante das frentes de lavra, e com alturas de bancadas definidas com objetivo de viabilizar o processo de vegetação (DESCHAMPS *et al*., 2002).

O estéril depositado nas pilhas é caracterizado por material intemperizado removido na superfície da lavra, material inutilizado no plano de fogo, além de aparas geradas pelo corte das pedras. Este material intemperizado é constituído por uma camada superficial de minério que, sob constante ação do tempo, como aquecimento e resfriamento excessivos, sofre sucessivas expansões e contrações ocasionando rompimento na estrutura da rocha, tornando-a inutilizável.

Tabela 3.1 - Escala de tamanho de sedimentos

DENOMINAÇÃO		MEDIDA EM MILÍMETROS
Silt		Até 0,0625
Areia		0,74 a 2,00
Pedregulho	Granulo	2,00 a 4,00
	Seixo	4,00 a 16,00
	Pedra para pavimentação	16,00 a 256,00
Mataco		256,00 a 4.096,00

Fonte: Adaptada e traduzida de Boggs, 1992**.**

Abrahão (1998) cita que a não-uniformidade de estéril em uma pilha pode comprometer experimentos implantados nestas, isto tanto em função da qualidade de material quanto da sua dimensão. Em São Thomé das Letras isso é verificado principalmente em função da variedade dimensional, uma vez que temos em uma pilha de estéril desde matacos até material arenoso proveniente do atrito entre as pedras. O material estéril depositado na pilha não é separado por granulometria. Desta forma, a pilha de estéril apresenta um grande número de blocos em seu interior. Após a finalização da pilha de estéril, é colocada uma fina camada de aproximadamente 20 cm de material arenoso, que é depositado sobre a mesma com o objetivo de facilitar o processo de vegetação.

3.4 Solos e Vegetação

O solo é de fundamental importância para a definição e o comportamento de um ecossistema, por fornecer condições de suporte e nutrição para que as plantas desenvolvam-se com equilíbrio. A vegetação de áreas na região de São Thomé das Letras apresenta características próprias, distintas das demais regiões por não possuir um solo típico, com todos os horizontes definidos. Ocorrem afloramentos de rochas associadas a solos litólicos distróficos ou álicos de textura indiscriminada combinados com cambissolos álicos de textura argilosa, ambos com horizonte a pouco espesso, ocorrendo diretamente sobre a rocha (DESCHAMPS *et al.*, 2002). Por serem desenvolvidos de rochas sedimentares quartzíticas, tais solos são caracteristicamente rasos, arenosos e com fertilidade natural muito baixa. O perfil apresenta-se como uma camada de solo superficial de espessura variável entre aproximadamente 10 e 50 centímetros, dependendo da sua posição no relevo.

A utilização agrícola dos solos nesta região é inviável devido à baixa fertilidade dos mesmos e à pouca profundidade, além da grande quantidade de afloramentos rochosos. Portanto, as

terras em questão são inaptas para qualquer tipo de atividade agrícola, mesmo para a silvicultura e pastagem nativa, sendo enquadradas na Classe 6 pelo Sistema de Classificação da Capacidade de Uso (MARQUES, 1971; LEPSCH *et al*., 1983), isto é, destinadas somente para preservação da flora e fauna.

Levantamentos florísticos dos biomas da região em estudo permitem uma melhor indicação da espécie a ser utilizada para reabilitação de áreas degradadas. Nesse sentido, foi feita a identificação das espécies de campo rupestre presentes nas áreas de vegetação nativa adjacentes às áreas em estudo. Nos campos sobre os afloramentos rochosos de quartzito, a vegetação resume-se a um estrato herbáceo-graminoso, em que há grande predominância de compostas herbáceas e arbustivas, como a candeia miúda. Na região de São Thomé das Letras foi identificada, nas áreas de campo rupestre, a ocorrência de duas espécies de candeia, *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus*. Ambas possuem características comuns: resistência a condições extremas de falta de água, nutrientes, tipo de frutificação e germinação, além de produzirem sementes na mesma época. Em levantamentos florísticos realizados em áreas de vegetação nativa, pôde-se observar a ocorrência das duas espécies, principalmente nas áreas denominadas matas de candeias. Outras espécies foram observadas na região, como a quaresmeira (*Tibouchina heteromalla*), a gomeira (*Vochisia thyrsoidea*), o murici (*Byrsonima sp*) e a canela de ema, sendo que a última manifesta densidade de indivíduos muito alta. A canela de ema apresentou três espécies *Vellozia compacta*, *Vellozia graminae*, e *Vellozia sp*. A quaresma possui uma taxa de crescimento alta em comparação com as demais espécies, entretanto verificou-se uma dificuldade de obtenção de sementes, devido ao alto grau de predação. Mais de cinco espécies de gramíneas foram observadas na região, entretanto não puderam ser identificadas quanto à espécie, mas apenas gênero. Em anexo (Anexo II), segue a tabela com as espécies identificadas em levantamento florístico na área de terreno natural adjacente à pilha ST-1.

A região de São Thomé das Letras insere-se no domínio morfoclimático atlântico representado basicamente pela Floresta Estacional Semidecidual Montana/Floresta Tropical Mista Subcaducifólia (RIZZINI, 1979). Antigamente, esse biótopo cobria grande parte da região que hoje se encontra em grande parte descaracterizada. Atualmente, na região predominam capoeiras, cerrados, campos e campos antropizados, além de culturas perenes e anuais. Nas áreas de menor altitude, onde há ocorrência de solo, encontram-se as capoeiras e matas secundárias. Já nas encostas e principalmente no topo da serra (>1100 m.), ocorrem os cerrados e campos rupestres. A atividade minerária dá-se principalmente em área de campo

rupestre onde o minério é aflorante. Campo rupestre caracteriza biótopos onde a vegetação predominantemente herbácea ocorre diretamente sobre afloramentos rochosos. Este tipo de vegetação é adaptado às condições de grandes altitudes, e resume-se a um estrato herbáceo-graminoso de até 1,5 m, uma vez que o solo não permite o desenvolvimento de plantas de grande porte. Logo, apenas alguns indivíduos arbóreos ocorrem em fendas presentes no minério aflorante.

3.5 Candeia

A candeia, da família Asteraceae (antiga família *Compositae*), é uma espécie pioneira, ou seja, uma das primeiras espécies que colonizam naturalmente uma área em processo natural de vegetação. Este nome vulgar é comum para diversas espécies, sendo que todas são ou eram empregadas para fazer tochas (CORREA, 1926), principalmente dos gêneros *Lychnophora*, *Vernonia*, *Piptocarpha*, *Albertinia*, *Eremanthus* e *Vanillosmopsis*. O nome candeia deve-se ao fato de ser uma madeira altamente combustível que produz uma chama semelhante à das candeias, de luz clara e brilhante, não deixando praticamente nenhum resíduo, devido à presença de óleo essencial (ARAÚJO, 1944).

É uma espécie heliófila, cuja germinação e crescimento são favorecidos pela presença de luz. Pedralli (1997) cita ser a luz “imprescindível” para a germinação. A candeia é uma espécie altamente adaptada à falta de água, à falta de substrato e pouco exigente quanto à disponibilidade destes recursos, embora conseqüentemente apresente crescimento lento. Desta forma, o crescimento em clareiras abertas em florestas e a colonização de áreas degradadas por indivíduos dessa espécie são práticas comuns.

Segundo Davide *et al*. (2000), a incidência de candeia (*Eremanthus incanus* Less.) é comum nas regiões Centro-oeste e Sudeste, nos estados de Minas Gerais e São Paulo. Apresenta porte arbustivo, variando de três a cinco metros, ramos com folhas no ápice, sendo encontrada em Minas Gerais, nas regiões mais altas. A candeia desenvolve-se em locais de solos pouco férteis, rasos e predominantemente, de altitude entre 1.000 e 1.700m (PEREZ, 2001). Essa espécie produz uma inflorescência de cor purpúrea, bem distribuída nas extremidades de seus ramos. As hastes das inflorescências possuem folhas menores que as demais. A inflorescência é densa gerando posteriormente frutos do tipo aquênio, com superfície cilíndrica de cor parda escuro. Cada inflorescência chega a gerar em média 60 sementes.

Visando à reabilitação de áreas degradadas, a candeia é uma espécie ideal, pois pode ser observada na natureza em condições críticas com bom desenvolvimento, mesmo em áreas de baixa disponibilidade de nutrientes. Além disso, pode-se obter um grande volume de sementes viáveis, cuja germinação não apresenta nenhuma dificuldade, sem necessidade de ser semeada, e com plantio direto no local. Por se tratar de uma espécie pioneira, não necessita de sombreamento, sendo a luminosidade inclusive favorável à germinação de suas sementes. Sua copa desenvolve-se no sentido horizontal, o que contribui para dispersão das sementes, muito leves, que são levadas pelo vento. Também é uma espécie altamente adaptada às condições locais: pouca disponibilidade de água, queimadas freqüentes e herbivoria intensa devido à baixa disponibilidade de alimento. Segundo Araújo (1944), a candeia parece ser menos exigente com relação às condições de solo do que de clima, pois é freqüente em terrenos bem drenados, em solos arenosos e até pedregosos, onde poucas plantas sobrevivem. As características da candeia enumeradas fazem com que este tipo de plantio seja de baixo custo, uma vez que as sementes são obtidas em áreas adjacentes, não havendo necessidade de investimento em adubos, corretivos agrícolas e formicidas. Outra vantagem é que, após a recuperação da área com esta espécie nativa, a mesma seria incorporada ao ambiente natural tanto visualmente quanto ecologicamente.

Figura 3.11 – Candeias (*Eremanthus erythropappus*) germinando naturalmente em fragmento de pedra São Tomé, sem presença de substrato.

Com o estabelecimento da candeia, cerca de dois anos após sua germinação, já pode ser observada a produção de sementes. Segundo Candido (1992) o período de conservação das sementes de candeia, quando conservadas em condições favoráveis e pouca umidade, é em média de um ano.

Pode-se observar em campo que a candeia inicia o desenvolvimento de seus botões florais em março, abrindo as flores de maio a setembro. O pico de floração acontece em julho, de forma que o pico de frutificação, ou seja, da produção de sementes, ocorre em meados de setembro e outubro. A dispersão das sementes inicia-se com as primeiras chuvas, o que representa uma estratégia de sobrevivência da espécie (CETEC, 1996). Por se tratar de uma espécie heliófila, suas sementes permanecem dormentes, no solo, por longos períodos, germinando apenas quando há condições adequadas de luz e umidade.

Figura 3.12 – Inflorescência de candeia (*Eremanthus erythropappus*).

Figura 3.13 – Detalhe de um bulbo de *Eremanthus erythropappus* com sementes fixadas, e sementes debulhadas em saco plástico.

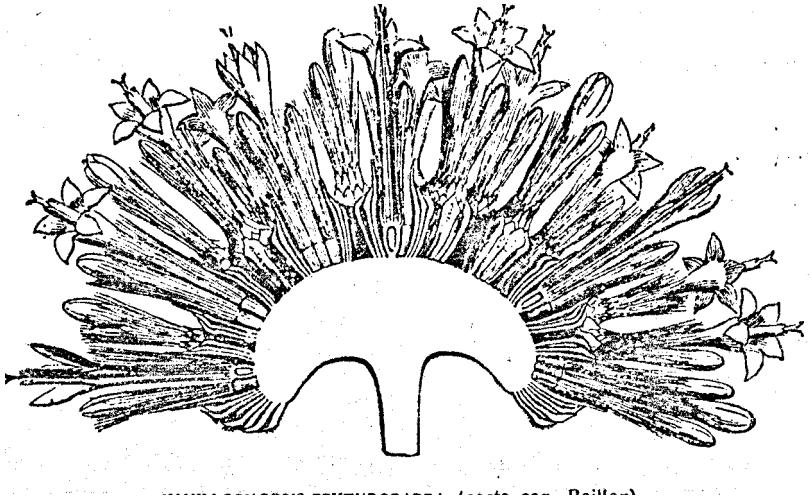


Figura 3.14 - Desenho esquemático do corte de uma inflorescência de *Eremanthus erythropappus.* Fonte: CORREA 1926

Teixeira *et al*. (1996) cita que a candeia é uma espécie de uso múltiplo, de moirão de cerca (devido à sua durabilidade) e produção de óleo alfabisabolol cuja denominação química é 1-METIL-4 (1,5 DIMETIL-1-HIDRÓXI-4(5)-HEXENIL)-1-CICLOEXENO, a fórmula

empírica é $C_{15}H_{26}O$. Este óleo tem propriedades antiflogísticas, antibacterianas, antimicóticas, dermatológicas e espasmódicas. Segundo Perez (2001) o óleo é comercializado a US$60,00/kg, enquanto que a madeira seca varia de R$55,00 a R$80,00 para extração do óleo e a R$35,00 sai a dúzia de moirões com cerca de 10 cm de diâmetro.

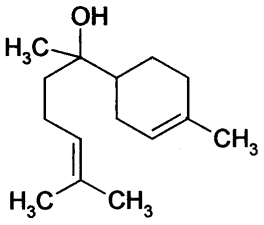


Figura 3.15 – Fórmula química do alfabisabolol, substância extraída da candeia.

3.6 Reabilitação de áreas degradadas

A atividade minerária de uma forma geral, implica a alteração das condições ambientais causando impactos diretos no solo, subsolo, paisagem, ar, água, flora e fauna (SOUZA, 1997). Entretanto, o impacto visual apesar de não ser o de maior importância, é o que mais chama a atenção do homem. Desta forma, visando à minimização dos impactos causados sobre o meio ambiente, as empresas de mineração têm apresentado propostas de reabilitação das áreas impactadas, através da implantação de vários tipos de cobertura vegetal.

A reabilitação de áreas degradadas é um conjunto de ações que visam proporcionar o restabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente em um sistema natural. Segundo o Manual de Recuperação de Áreas Degradadas do IBAMA (1990) a “degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada”. Desta forma, a atividade minerária é uma das ações antrópicas causando impactos ambientais sobre o solo e biota, movimentando grandes quantidades de materiais em curto espaço de tempo, o que conseqüentemente altera a paisagem.

Em decorrência da degradação ambiental, conforme descrito no item Legislação Ambiental, as mineradoras são obrigadas por lei a reabilitar as áreas por elas impactas. Considerando que a reabilitação é um processo lento e oneroso, este deve inserir-se no planejamento da frente de lavra (IBRAM, 1992). Há, nesse sentido, diversas metodologias de reabilitação de áreas degradadas variando de acordo com a área em estudo e o objetivo final, visando a seu uso

futuro. De acordo com Griffith *et al*. (2000), até 1994 o processo de vegetação ou reabilitação de áreas englobava basicamente dois caminhos distintos, ou se investia no estabelecimento do chamado *tapete verde*, que é uma metodologia de domínio mais popular, ou se adotava a estratégia de recuperação inteiramente baseada na *sucessão ecológica*.

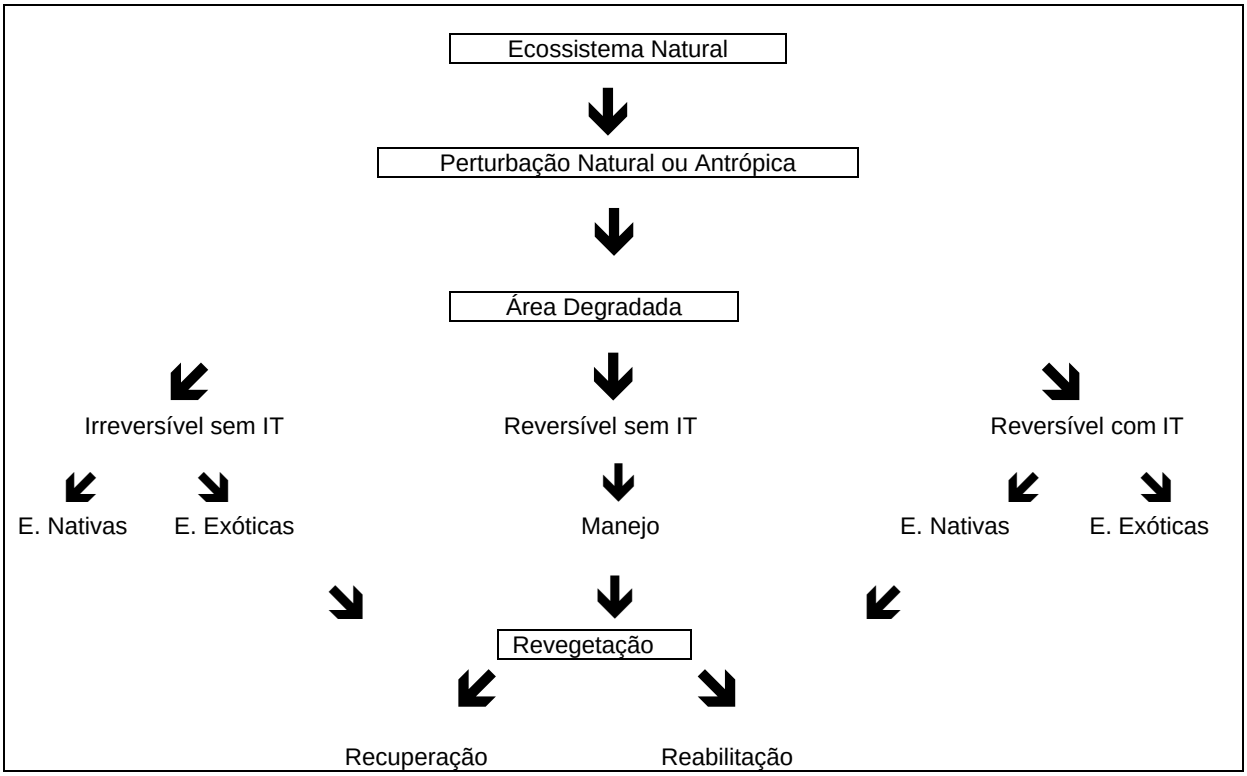


Figura 3.16 – Esquema representativo da importância da utilização da intervenção técnica (IT) na recuperação de áreas degradadas (Modificado de HERREIRA *et al.*, 1993).

O método do *tapete verde* consiste no estabelecimento de espécies agressivas e de rápido crescimento, como capim-gordura e braquiária, ou arbóreas, como eucalipto. Como já visto na revisão bibliográfica, essa estratégia tem a seu favor a possibilidade de uma rápida cobertura do solo, permitindo diminuir o impacto visual num curto espaço de tempo. Esses aspectos agradavam aos órgãos ambientais, além de atenderem à exigência de maior responsabilidade ambiental feita pelos mercados internacionais, o que aumentou a pressão por respostas imediatas. Por outro lado, em alguns locais onde se adotou o método do *tapete verde*, verificou-se uma série de problemas, como a necessidade de freqüentes fertilizações e a suscetibilidade desses cultivos à destruição por pragas e pelo fogo, à erosão e ao empobrecimento visual em médio prazo (GRIFFITH *et al.*,2000).

A estratégia de recuperação apoiada na *sucessão ecológica* foi defendida por muitos especialistas (CAMPELO, 1998; GRIFFITH *et al*. 2000). A *sucessão ecológica* é a mudança, com o tempo, da composição em espécies nativas e da estrutura de comunidades em uma área.

É o processo que ocorre mediante à substituição de espécies, em virtude de suas adaptações ao substrato, à irradiação luminosa e à sua competitividade, culminando em sistemas mais estruturados, diversos e complexos que os iniciais. Entretanto, essa estratégia apresenta resultados de forma muito lenta, podendo por vezes expor o substrato de modo a facilitar a instalação de processos erosivos (GRIFFITH *et al*., 2000).

Atualmente, grande parte das atividades de recuperação de áreas degradadas baseia-se na reposição das camadas férteis do solo e posterior vegetação (FRANCO *et al*. 1994). Entretanto, esta metodologia envolve custos altos que podem inviabilizar algumas atividades. Além disso, este tipo de metodologia é utilizada em regiões onde há disponibilidade de solos férteis e vegetação arbórea. Características físicas e químicas do solo são os principais fatores que definem o tipo de vegetação que pode se estabelecer em uma área minerada. Diversos trabalhos de revegetação natural em áreas mineradas determinam que características diferentes do solo, como pH, deficiência de macronutrientes, alta condutividade elétrica, elevados teores de elementos tóxicos, são fatores limitantes ao desenvolvimento de algumas espécies (BRAMBLE e ASHLEY, 1955; BRADSSHAW *et al*., 1975, *apud* LORENZO, 1991).

No caso de São Thomé das Letras, o processo de reabilitação de áreas degradadas necessariamente não poderia seguir estas metodologias considerando-se a ausência de solos e a presença de uma vegetação nativa predominantemente herbáceo-arbustiva adaptada a condições críticas de ausência de substrato e a pouca disponibilidade de água. O projeto em questão envolve uma proposta de vegetação em um local onde o solo e a vegetação são bastante peculiares, não sendo aplicáveis processos tipo *tapete verde*, mas sim o plantio de espécies nativas visando desencadear um processo de sucessão ecológica, por meio de dispersão natural. Segundo Oliveira Filho (1994), a utilização de espécies nativas na recuperação de áreas degradadas contribui de forma efetiva para a proteção de diversidade genética da flora e fauna local. Além disso, há uma maior chance de sucesso considerando-se que os agentes dispersores e polinizadores das espécies utilizadas provavelmente se encontram disponíveis em áreas adjacentes.

Segundo Seitz (1994), técnicas simples para reabilitação de áreas degradadas podem ser utilizadas, dependendo do grau de degradação em que a área se encontra, minimizando-se os custos. Estratégias de reabilitação de áreas degradadas, em geral, são baseadas no plantio de espécies nativas adaptadas às condições locais, e aptas a recuperarem o substrato (SOUZA,

1997). Jesus (1994) enfatiza que o nível de degradação e o custo são fatores determinantes para a escolha da técnica de reabilitação.

A análise do ambiente em questão no processo de reabilitação de áreas degradadas é de vital importância para definição do processo a ser utilizado, considerando que cada bioma deve ser recuperado de forma a permitir a restauração do ecossistema original, mesmo que em longo prazo. Além disso, neste processo, a escolha da espécie a ser utilizada é fundamental. Não só é necessário que a espécie escolhida tenha capacidade de crescer rápido, proteger e enriquecer o solo, abrigar e alimentar a fauna, recompor a paisagem e restabelecer o regime de água do solo, mas também contribuir para regeneração natural da área (DAVIDE, 1994). No processo de sucessão ecológica, ela deve ser capaz de produzir sementes e dispersá-las de forma efetiva, permitindo, entretanto a colonização por espécies secundárias.

Foram encontrados poucos estudos aplicados dirigidos à reabilitação de áreas degradadas de campo rupestre e cerrado, com utilização de espécies nativas. Além disso, há pouco conhecimento sobre a exigência nutricional das espécies nativas da região de São Thomé das Letras, dando pouco embasamento teórico para este trabalho.

3.7 - Legislação Ambiental

Segundo a legislação vigente, as mineradoras em geral são obrigadas, por lei, a recuperar as áreas degradadas pela sua atividade. Conforme a Constituição Federal (1988), "*Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado,* (...)" – Art. 225, §2º.

O Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989 também define no seu "*Art. 1º - Os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão, (...), submeter à aprovação do órgão ambiental competente, plano de recuperação de área degradada (...)"* e no seu *"Art. 3º - A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente.*"

As leis têm regulamentado de uma forma geral as atividades mineradoras, visando à minimização dos impactos ambientais, reabilitação das áreas degradadas ou até mesmo à compensação ambiental. Essa regulamentação está contida no Decreto-Lei nº227, de 28 de fevereiro de 1967, que instituiu o Código de mineração, e o Decreto nº. 62.934, de 03 de julho

de 1968 que o regulamenta. Nestes, foram traçadas diretrizes para proteção ambiental levando em consideração à dinâmica do setor mineral.

Mais recentemente, o Poder Executivo Federal, por meio do Decreto nº. 97.632, de 10 de abril de 1989, regulamentou a Lei nº. 6.938, no que se refere à recuperação de áreas degradadas pelas mineradoras. Este, em seu artigo 1º define que "*os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do EIA/RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente, plano de recuperação de área degradada*". E ainda define em seu artigo 3º que "*a recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, (...), visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente*".

Segundo Castro (1998) o termo correto deveria ser reabilitar e não recuperar conforme cita a lei, uma vez que o objetivo seria de "*restituir ao estado anterior*". Diversos autores discutem estes conceitos, entretanto outros autores, como Dias e Griffith (1998) também consideram o ato de reabilitar áreas degradadas o mais adequado, na tentativa de se tentar o retorno da área impactada a um estado biológico "apropriado".

4. METODOLOGIA

5.1 Área de estudo

O projeto consiste na avaliação do processo de vegetação da pilha ST-1, na Mineração São Tomé, na Serra do Carimbado, em São Thomé das Letras. A denominação ST-1 deve-se ao fato de ser a primeira pilha pertencente à mineradora São Tomé, construída de forma adequada, conforme orientação técnica.

Foram definidas três áreas de estudo: a pilha de estéril ST-1, uma área de terreno natural e uma pilha adjacente à pilha ST-1 com mesmo tempo de construção.

Figura 5.1 – Placa de identificação da área experimental da pilha ST-1 em campo, São Thomé das Letras - MG.

5.2 Implantação do experimento

A pilha denominada ST-1 teve seu platô vegetado em 1999, e o talude em 1998, com orientação de técnicos da FEAM. O processo de vegetação consistiu na deposição do material de cobertura removido de área adjacente, coberto por uma vegetação de campo rupestre, e plantio de candeia com lançamento de sementes. Foi feita a remoção do material de superfície com auxílio de um trator de esteira, sendo coletado apenas material arenoso. Posteriormente este material foi depositado na superfície da pilha ST-1 de forma uniforme.

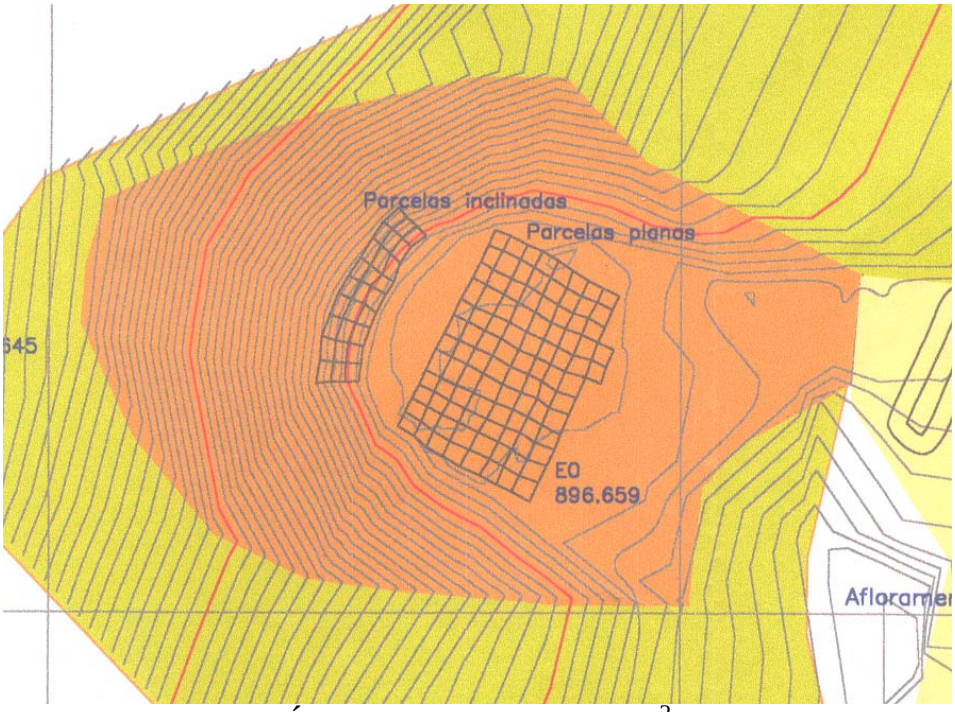
Foram coletadas sementes de candeia em áreas adjacentes à pilha, sendo acondicionadas em sacos. Foram coletados os bulbos (com diversas sementes), e por se tratar de uma semente de dispersão anemocórica (feita pelo vento) e devido a grande incidência de vento no local do experimento (pilha ST-1), foi feito o lançamento das sementes fixadas ao bulbo, uma média de 8 bulbos por quadrante. Visando à otimização do processo, a coleta e o lançamento foram feitos no mesmo dia, evitando-se desta forma a perda de viabilidade das sementes. Segundo Cetec (1996), uma série de fatores pode levar à perda da viabilidade de sementes, quando não há condições adequadas de armazenamento.

5.3 Avaliação do experimento

Foram feitas amostragens do material superficial (0-20 cm) de pilhas de estéril, ST-1 em estudo e duas outras em área adjacente, assim como em terreno natural, para análise de fertilidade, matéria orgânica e pH. As análises foram feitas pelo Laboratório de Solos da EMBRAPA/CNPMS.

Foram avaliadas densidade e altura de candeias para as três áreas em estudo: pilha ST-1, terreno natural e pilha controle. A metodologia utilizada para avaliação de densidade de indivíduos foi de Muller-Dombois (1925), baseada no levantamento em quadrantes. Para avaliar o processo de vegetação já instalado, foram traçados quadrantes fixos de 1 x 1 metro, tanto no talude quanto na berma da pilha, sendo 96 quadrantes no topo da pilha e 26 quadrantes no talude. Foram fixadas estacas de madeira demarcando os vértices dos quadrantes com distanciamento de 1 metro, e barbante ligando as estacas para definição dos mesmos.

Foi feita a topografia da pilha ST -1, com auxílio de trena, bússola e clinômetro, a partir do qual foi produzida uma representação tridimensional da área (figura 5.2), com locação dos quadrantes tanto no topo quanto no talude da pilha. Sua área total é de 1.836,1 m^2, dividida entre 677,7 m^2 de platô e 1.158,4 m^2 de talude. Os quadrantes ocupam uma área de 205,5 m^2 no platô e 46,7 m^2 no talude, e encontram-se dispostos na pilha, da seguinte forma:



Área da pilha = 1.836,1 m^2
Talude = 1.158,4 m^2
Topo = 677,7 m^2

Figura 5.2 – Levantamento topográfico da pilha ST-1 com locação das parcelas no talude e topo, São Thomé das Letras - MG.

85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Figura 5.3 – Disposição das parcelas no platô da pilha ST-1, Mineração São Tomé, São Thomé das Letras - MG.

No talude também foram lançados quadrantes, porém em número reduzido, pela dificuldade de se trabalhar no local e pela sua inclinação. A metodologia adotada exigia a avaliação por uma pessoa em cada um dos quadrantes, e o deslocamento nestes quadrantes inclinados causou o carreamento de material em algumas parcelas, podendo ter contribuído para a dispersão das sementes plantadas neste local, e até mesmo para a mortandade de algum indivíduo. Desta forma, apesar de terem sido avaliados, os dados destes quadrantes não foram considerados devido a problemas constatados ao longo dos anos em função do deslocamento nestas áreas, e devido a maior interferência por fatores externos, como o vento.

Dentro de cada quadrante foi feito um levantamento do número de espécies e o número de indivíduos de cada espécie, sendo feita a identificação de cada um deles. Além disso, foram escolhidas candeias aleatoriamente dentro dos quadrantes, definindo um indivíduo por parcela por meio de sorteio, sendo determinada a altura de cada candeia com auxílio de uma trena, desta forma obteve-se uma altura média das candeias para o topo e para o talude da pilha dos anos de 2000 a 2003. Devido à grande variação dos resultados de densidade e altura de indivíduos obtidos, foram calculadas as medianas para cada um dos parâmetros medidos.

Figura 5.4 – Perfil da pilha ST-1 após o plantio.

Figura 5.5 – Pilha ST-1 vista de jusante para montante.

Em uma área de terreno natural, com vegetação original, foi utilizada a mesma metodologia de quadrantes verificando-se a densidade e a altura de indivíduos de candeia. Como controle, foi avaliada uma pilha de estéril em área adjacente, construída no mesmo ano da pilha ST-1, onde foram traçados quadrantes sendo avaliada a colonização por espécies nativas, assim como a diversidade e densidade de indivíduos nas parcelas.

Foi utilizado o programa *Statistica* (versão 6.0) para tratamento dos dados obtidos em campo.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de rotina para avaliação da fertilidade do solo compreende basicamente a acidez, teor de matéria orgânica, Fósforo (P) e Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Alumínio (Al) trocáveis. Como se pode verificar na tabela de análise de solo coletadas em diversos pontos e executadas pela EMBRAPA/CNPMS – Sete Lagoas, tanto amostras de terreno natural quanto de pilhas de estéril, apresentam baixíssimos níveis de nutrientes, quando constatados.

O grau de acidez ou alcalinidade do solo é influenciado pelos tipos de materiais de origem do solo, isso explica o fato do pH das pilhas de estéril ser próximo ao do terreno natural (ANDA, 1989). Segundo Dias e Mello (1998), em termos de nutrição de plantas, a faixa ideal de pH situa-se em torno de 5,6 a 6,2. Nesta faixa, o alumínio encontra-se precipitado e a maioria dos nutrientes encontra-se na forma solúvel. Apesar do pH das amostras analisadas das pilhas de estéril encontrar-se dentro da faixa ideal, os teores de nutrientes apresentam-se bem baixos.

O fósforo e o potássio são nutrientes essenciais para as plantas não podendo ser substituídos por outros. Os teores destes nutrientes em todas as análises, tanto de terreno natural quanto de pilha de estéril, apresentaram-se abaixo do ideal, o que confirma a capacidade de sobrevivência de espécies nativas como a candeia em solos pouco favoráveis. Desta forma, uma vez que as condições da pilha aproximam-se do terreno natural, o processo de vegetação com espécies nativas tende a ser mais viável.

Tabela 6.1 – Análises de solo de diversas pilhas de estéril em São Thomé das Letras - MG.

AMOSTRA	pH	Al	Ca	Mg	K	P	MO	Al Sat
Terreno natural	4,5	0,45	0,04	0,02	15	3	1,67	81
Pilha de Estéril ST-1	5,4	0,00	0,03	0,01	8	2	0,73	0
Pilha VB 1	6,1	0,00	0,26	0,04	15	12	0,41	0
Pilha SC 1	5,4	0,25	0,14	0,06	48	13	1,15	44
Valor ideal	5,6 a 6,2	0,00	1,6 a 4	0,6 a 1	46 a 80	21 a 30	1,6 a 3	0

Os resultados do plantio de candeia executado na pilha ST-1 estão expressos nas figuras 6.2 e 6.16, e na tabela do anexo II. Na figura 6.2, verifica-se a densidade de indivíduos de candeias na pilha ST-1 do ano de 2000 a 2003. Pode-se concluir que houve um aumento bastante significativo (158%) nesse mesmo período, principalmente por se tratar de uma espécie

nativa. Em 2000, após um ano de plantio, a pilha ST-1 apresentava uma média de 6 candeias/m^2, e em 2003, 4 anos após o plantio, a pilha ST-1 apresentava uma média de 15 candeias/m^2. Considerando o lançamento de cerca de 480 sementes para cada quadrante, obteve-se uma taxa de germinação média de 3,1%. Embora isso tenha ocorrido, na figura 6.9, pôde-se verificar que no experimento, a pilha ST-1 apresentou uma densidade de candeias muito superior à do terreno natural e também à da pilha controle, onde houve uma colonização de indivíduos desta espécie.

Entretanto observou-se que o terreno natural apresenta uma diversidade de espécies bem superior aos ambientes antropizados. Em uma área de 1m^2 no terreno natural, foram identificadas em média 12 espécies; na pilha controle, apenas 2 espécies; e 5 espécies, na pilha ST-1. Na área de terreno natural, o processo de colonização é mais antigo, encontrando-se em um estágio sucessional avançado. Isso explica a presença de espécies secundárias e de espécies como as orquídeas e bromélias.

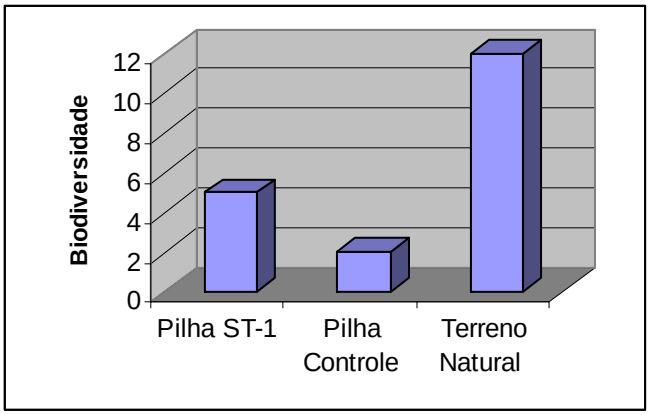


Figura 6.1 – Índice de Biodiversidade na pilha ST-1, pilha controle e terreno natural em 2003. São Thomé das Letras - MG.

Não foram quantificados os indivíduos de todas as espécies devido à dificuldade de identificar um indivíduo de determinadas espécies como, por exemplo, as gramíneas.

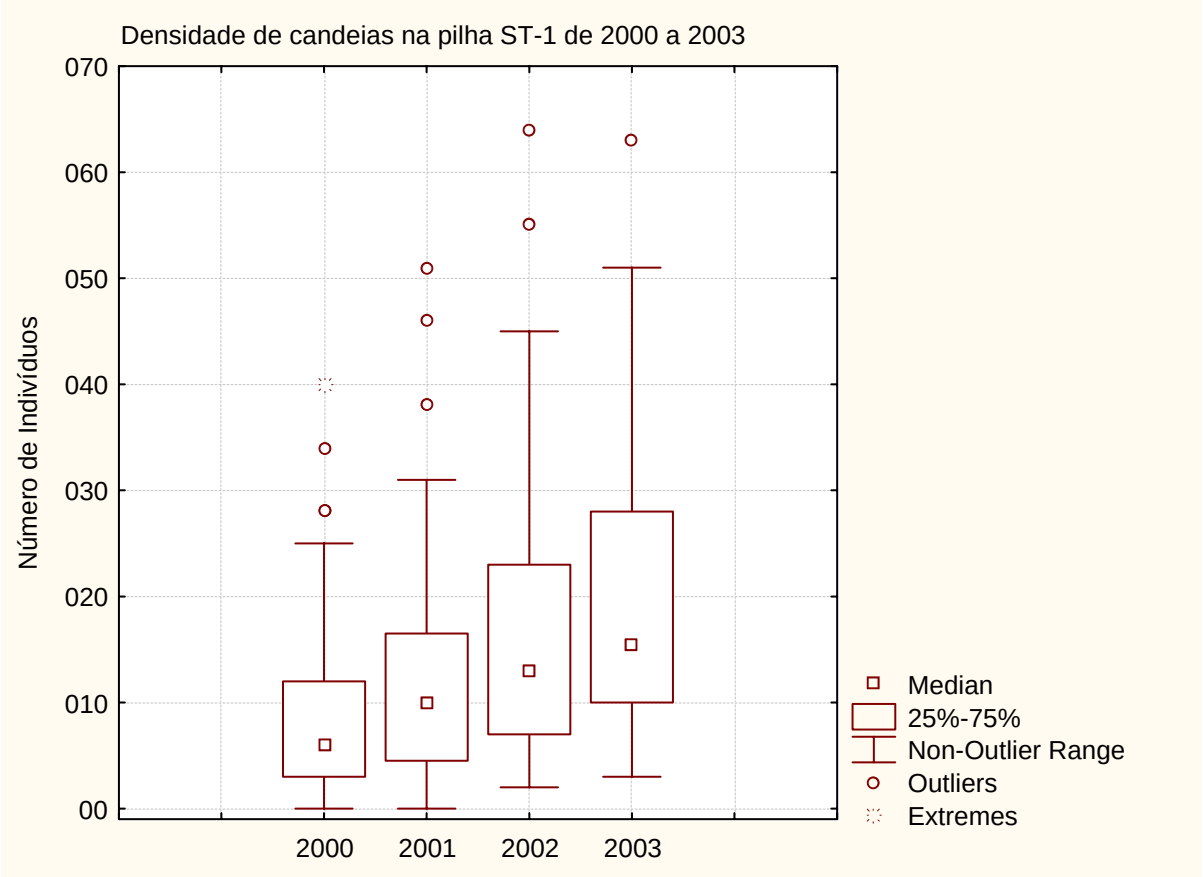


Figura 6.2 – Densidade de candeias na pilha ST-1 de 2000 a 2003, em São Thomé das Letras - MG.

Na pilha ST-1, a elevada taxa de crescimento, ou aumento de densidade por dois anos de avaliação comprova a longa viabilidade das sementes armazenadas no solo. Por outro lado, a partir de 2002 foram identificados indivíduos já com floração, o que certamente contribuiu ainda mais para o aumento da densidade nos anos subseqüentes.

Segundo Solomon (1980), o crescimento populacional não continua indefinidamente, "à medida que o habitat se torna super-povoado ou em que a exploração de algum requisito essencial se torne cada vez mais próxima do término, a taxa de crescimento deve diminuir até que o número de indivíduos atinja um grau de saturação". A comunidade de candeias em estudo ainda se encontra em fase de crescimento, não tendo atingido a estabilização, conforme se pode verificar na figura 6.2.

Figura 6.3 – Pilha ST-1 vegetada com candeias em 2000. São Thomé das Letras - MG.

Figura 6.4 – Pilha ST-1 vegetada com candeias em 2003. São Thomé das Letras - MG.

Figura 6.5 – Pilha ST-1 vista de jusante para montante. 2000. São Thomé das Letras - MG.

Figura 6.6 – Pilha ST-1 vista de jusante para montante. 2003. São Thomé das Letras - MG.

Figura 6.7 – Parcela nº. 3 da pilha ST-1 em 2000. São Thomé das Letras - MG.

Figura 6.8 – Parcela nº. 3 da pilha ST-1 em 2003. São Thomé das Letras - MG.

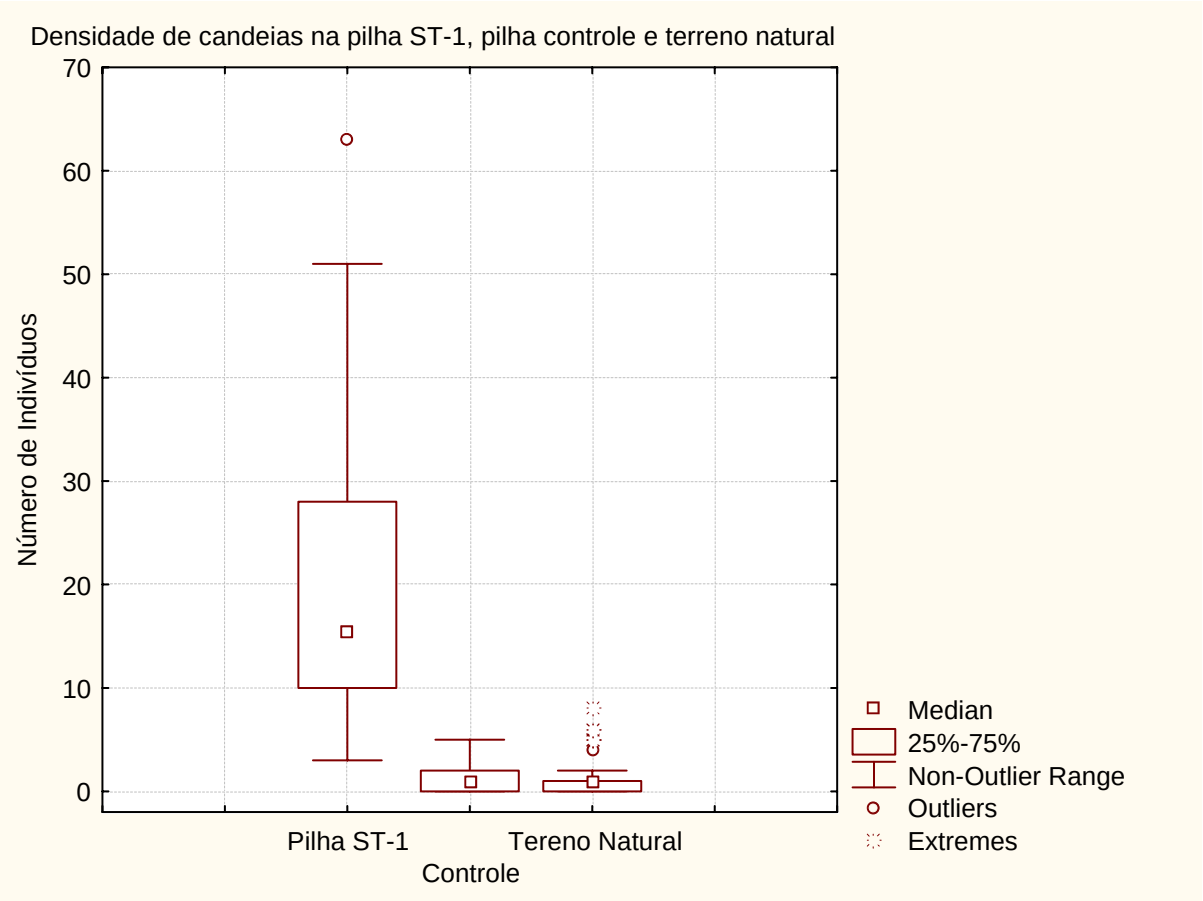


Figura 6.9 – Densidade de candeias na pilha ST-1, pilha controle e em terreno natural, 2003 em São Thomé das Letras - MG.

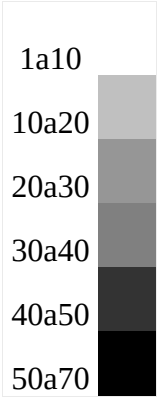
Figura 6.10 – Topo da pilha ST-1 em 2003. São Thomé das Letras - MG.

Figura 6.11 – Topo da pilha controle em 2003. São Thomé das Letras - MG.

Figura 6.12 – Área de terreno natural adjacente à pilha ST-1 em 2003.
São Thomé das Letras - MG.

Tabela 6.2 – Densidade de indivíduos em 2003 nas parcelas do platô da pilha ST-1, Mineração São Tomé, São Thomé das Letras/MG.

85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
73	74	75	76	77	78	79	80		82		84
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12



Como podemos verificar na tabela 6.2, as maiores densidades ocorrem nas bordas. Enquanto no centro e na lateral direita da pilha: parcelas de 9 a 12, 22 a 24, 32 a 36, mais próximas à leira de proteção, e 39 a 44, mais centrais, ocorrem menores densidades, devido ao acúmulo de água presente nestas parcelas no período chuvoso, o que pode ter contribuído para a inviabilidade das sementes. A maior densidade de indivíduos em parcelas mais próximas às laterais da pilha deve-se ao fato de que há uma maior umidade nas parcelas centrais devido à conformação da pilha. A pilha ST-1 foi construída com orientação técnica adequada, desta forma toda a drenagem do topo da pilha foi direcionada para o centro, e por se tratar de um material arenoso, altamente permeável à água, percola facilmente pela pilha não causando impacto nos cursos d'água a jusante do local. Além disso, a retirada das drenagens das laterais da pilha evita que haja abertura de processos erosivos, contribuindo para a estabilidade da pilha.

Figura 6.13 – Topo da pilha ST-1 em 2003. Pode-se verificar menor densidade de candeias ao centro da pilha. São Thomé das Letras - MG.

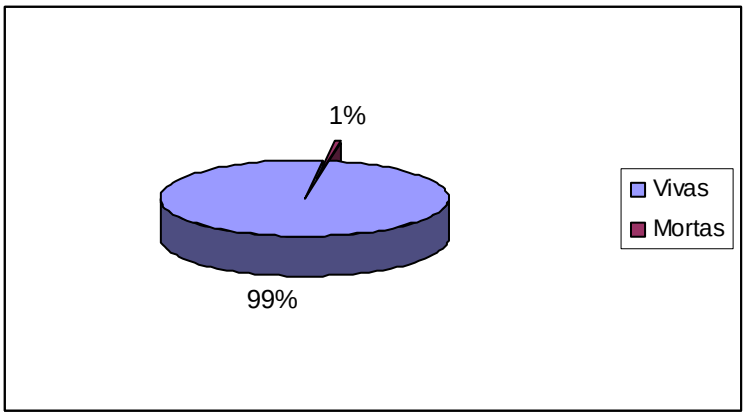


Figura 6.14 – Percentagem de candeias vivas e mortas na pilha ST-1 em São Thomé das Letras, 2003.

Quanto aos dados de mortandade de candeias, foram observadas em campo pequenas perdas, cerca de 1% (16 indivíduos), sendo grande parte devido à predação por roedores.

Figura 6.15 – Candeias mortas devido à predação por roedores, na pilha ST-1 em São Thomé das Letras, 2003.

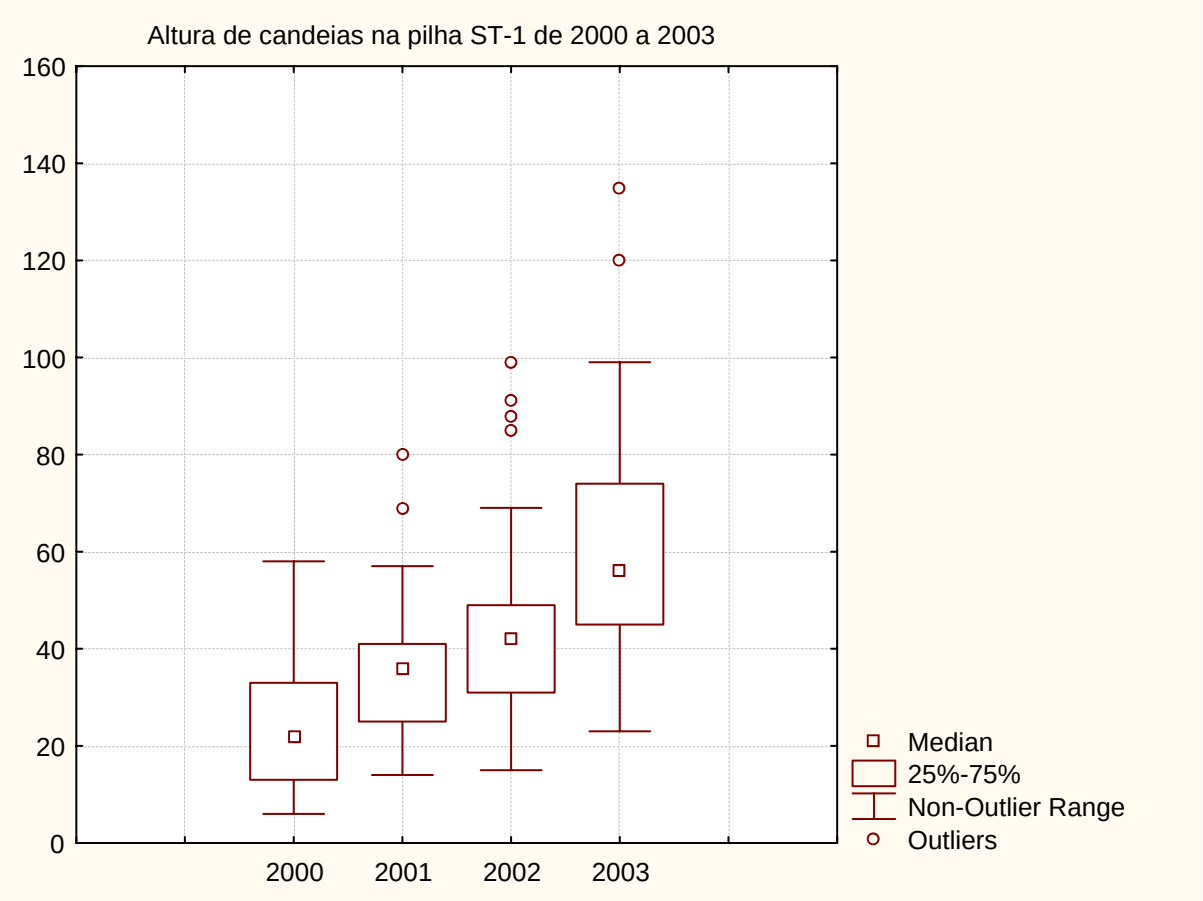


Figura 6.16 – Altura de candeias na pilha ST-1, de 2000 a 2003 em São Thomé das Letras - MG.

De 2000 a 2003, as candeias apresentaram um crescimento médio de 154%. Pode-se considerar um resultado bastante significativo por se tratar de uma espécie típica de cerrado e pelas condições críticas da pilha ST-1, conforme se podem observar as análises de solo na Tabela 6.1. A altura irregular das candeias e a ocorrência de indivíduos com até 1,35m confirmam a irregularidade de distribuição de material na pilha, com granulometria variando de blocos a material arenoso.

Figura 6.17 – Diferença granulométrica verificada nas pilhas de estéril.

Figura 6.18 – Diferença granulométrica verificada nas pilhas de estéril.

Figura 6.19 – Candeia com 1,38m na pilha ST-1 em 2003. São Thomé das Letras - MG.

Além disso, pode-se concluir que a competição intra-específica é um fator importante responsável também pela diversidade dos resultados observados, principalmente por se tratar de indivíduos da mesma espécie, onde as necessidades são as mesmas. Segundo Solomon (1980), a competição entre indivíduos da mesma espécie é mais severa que a competição entre indivíduos de espécies diferentes. Desta forma, indivíduos em ambientes com alta densidade, tendem a apresentar um crescimento inferior ao de indivíduos isolados.

Na pilha controle, as candeias apresentaram uma altura média de 0,32m, enquanto que na pilha ST-1, ocorreu uma altura média de 0,56m, bem mais próxima à do terreno natural, de 0,89m. Isso comprova a lentidão do processo de colonização natural. Segundo Davide *et al*. (2000), as mudas de candeinha, aos 12 meses cultivadas em casa de vegetação, apresentam uma altura média de 19,87 cm (variando entre 11,2 e 21,0 cm), enquanto que na pilha ST-1 a altura média foi de 21 cm.

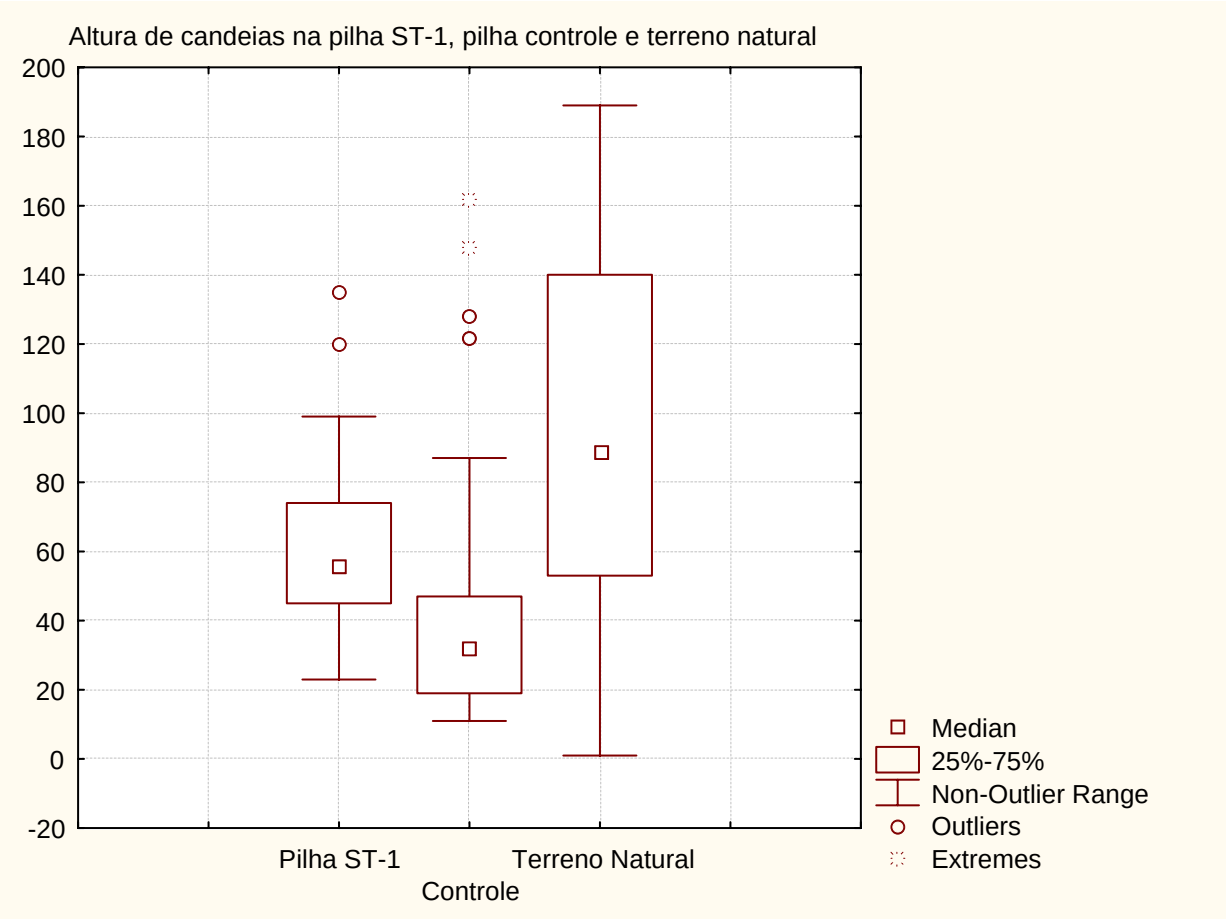


Figura 6.20 – Altura de candeias na pilha ST-1, pilha controle e terreno natural em 2003, em São Thomé das Letras - MG.

7. CONCLUSÕES

Considerando os resultados obtidos para a pilha ST-1, podemos observar que o processo de plantio eficientemente atingiu o objetivo desejado, apresentando densidades ainda superiores às do terreno natural.

A grande diversidade de resultados nas parcelas analisadas, referente à densidade de indivíduos de candeias, deve-se à desuniformidade de granulometria do material depositado na pilha de estéril, assim como à incidência de fatores ambientais externos não controláveis, como principalmente o vento, responsável pelo carreamento das sementes lançadas. Visando a um projeto de aplicação *in loco*, a metodologia adotada, apesar de ser a mais adequada para o objetivo proposto, não pôde ser realmente avaliada, por haver muitas perdas devido a estes fatores externos. A predação causada por roedores foi um dos fatores responsáveis pela mortandade registrada de candeias que pôde ser mensurada, entretanto a predação de sementes por insetos ou aves não pôde ser observada, e muito menos a quantidade de sementes lançadas inviáveis. Os resultados nos mostram a viabilidade do experimento mesmo sem podermos avaliar quais os fatores limitantes responsáveis pela diversidade de resultados obtidos para cada parcela. Além disso, trabalhamos com sementes com tempo de germinação variados, algumas germinaram na primeira semana, enquanto outras, três anos após o lançamento, por isso surgiram candeias com alturas tão distintas.

Apesar de todos estes fatores não serem devidamente mensuráveis, muitos deles certamente influenciaram de forma indireta os resultados obtidos, pois a decomposição das sementes inviáveis que não germinaram, assim como as fezes dos roedores (predadores) contribuíram para o desenvolvimento das candeias, por se tornarem matéria orgânica disponível na superfície da pilha, uma vez que a quantidade de serrapilheira gerada por espécies como a candeia é muito baixa, e sua decomposição é muito lenta devido à dureza de suas folhas.

Apesar disso, os resultados são positivos, considerando-se o processo de reabilitação de áreas degradadas com espécies nativas. A espécie utilizada foi adequada e com resultados satisfatórios, podendo-se considerar que a área da pilha ST-1 ainda não atingiu sua estabilidade no processo de sucessão ecológica, mas encontra-se em pleno desenvolvimento sem necessidade de manutenção. Além disso, o atual desenvolvimento das candeias favorecerá a colonização natural da pilha por espécies secundárias, dando continuidade ao processo de sucessão. Como todo sistema ecológico em mudança, sabemos que seu

crescimento populacional, ou seja, o aumento de sua densidade, não continuará indefinidamente. Cada habitat tem seu ponto de saturação, e na medida em que ele se torna superpovoado ou em que a exploração de algum requisito essencial aproxima-se do término, sua taxa de crescimento deve diminuir até que o número de indivíduos estabilize-se. Isso porque chega a um estágio em que haverá uma competição entre os indivíduos, seja de água, nutrientes, luminosidade ou até mesmo espaço (de raiz ou copa).

Entretanto, nota-se a necessidade de se introduzir outras espécies nativas, e não apenas a candeia, para que desta forma o resultado seja mais próximo ao da vegetação nativa, com a formação de estratos distintos, herbáceo, arbustivo e arbóreo. Além disso, uma etapa posterior ao início do processo de sucessão implica fornecer maiores atrativos para a fauna local, já que reabilitar uma área minerada também envolve o retorno da fauna. A interação fauna-flora é um fator de grande importância no processo de reabilitação de áreas degradadas. Uma vez no ambiente, a fauna dá continuidade ao processo de sucessão, contribuindo com a dispersão de sementes e com a polinização das plantas.

8. RECOMENDAÇÕES

Uma grande contribuição para este experimento seria a avaliação das raízes dos indivíduos de candeia que tiveram sua altura medida. Segundo Morey (1980), o crescimento das raízes das plantas é um processo complexo dependente não só do crescimento da parte aérea da planta, mas também de fatores variáveis no solo como nutrientes e umidade. Desta forma, a avaliação do crescimento das raízes poderá explicar a grande diferença de altura obtida neste experimento. Entretanto, para tal avaliação, a pilha ST-1 deverá ser desmanchada para que os exemplares de candeia sejam removidos com sua raiz intacta, o que não seria possível ser feito ao longo deste projeto.

Considerando que a comunidade existente na pilha ST-1 ainda não atingiu sua estabilidade, a continuidade do monitoramento é de fundamental importância para se verificar o comportamento final desta espécie, tão bem como o monitoramento da colonização por outras espécies. Considerando que a área apresenta uma densidade de candeias muito superior à do terreno natural, espera-se que haja uma regressão nesta comunidade aumentando a diversidade de espécies e diminuindo a densidade de candeias. Referências bibliográficas afirmam que um candeial é uma formação pioneira que se estabelece após uma perturbação em uma área, como por exemplo, a abertura de uma clareira, seguindo a tendência de uma redução gradativa do número de indivíduos a partir do momento em que esta vegetação se torne mais estruturada (CETEC, 1996).

9. REFERÊNCIAS

ABNT. **Norma Técnica NBR 6023. Informação e documentação – Referências e elaboração.** Rio de Janeiro. 2000. 22p.

ABNT. **Norma Técnica NBR 13029. Elaboração de apresentação de projeto de disposição de estéril em pilha, em mineração.** Julho 1993. 8p.

ABNT. **Norma Técnica NBR 13030. Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração.** Julho 1993. 4p.

ABRAHÃO, W.A.P.; & MELLO, J.W.V. Fundamentos de Pedologia e Geologia de Interesse no Processo de Recuperação de uma Área Degradada. **Recuperação de Áreas Degradadas.** Editado por Luiz Eduardo Dias, Jaime Wilson Vargas de Mello – Viçosa: UFV, Departamento de Solos Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. p.15-26. 1998.

ANDA. **Manual de Fertilidade do Solo.** Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes. São Paulo. Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas. 153p. 1978.

ARAÚJO, L.C. ***Eremanthus erythropappus* (DC.) Sch. Bip: sua exploração florestal.** Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia. 60p. 1944.

BOGGS, S. Jr. **Petrology of sedimentary rocks**. Macmillan Publishing Company. New York. 707 p. 1992.

CALDEIRA, S.M.B. **Avaliação da degradação ambiental em áreas de confronto entre minerações e outras atividades antrópicas: Aplicação à bacia do Ribeirão Piedade, SW da RMBR**. Dissertação de Mestrado do Instituto de Geociências - UFMG. 1992.

CAMPELO, E.F.C. Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. **Recuperação de Áreas Degradadas.** Editado por Luiz Eduardo Dias, Jaime Wilson Vargas de Mello – Viçosa: UFV, Departamento de Solos Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. p.183-196. 1998.

CANDIDO, J.F. **Ensaios e observações com sementes florestais – 1.** Viçosa, UFV/SIF. 43p. 1992.

CASTRO, J.P.C. de. Reabilitação de Áreas Degradadas – Aspectos Legais. **Recuperação de Áreas Degradadas.** Editado por Luiz Eduardo Dias, Jaime Wilson Vargas de Mello – Viçosa: UFV, Departamento de Solos Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. p.9-13. 1998.

CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Relatório Final de Ecofisiologia da Candeia**. 163p. 1996.

CORREA, M. P. **Dicionário das Plantas úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas**. – Volume I 747p. 1926.

DAVIDE, A.C. **Seleção de espécies vegetais para recuperação de áreas degradadas.** Anais do I Simpósio Sul-americano e II Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas. Curitiba. FUPEF. p.111-122. 1994.

DAVIDE, A.C.; FERREIRA, R. A.; BOTELHO, S. A. e MALAVASI, M. M. **Aspectos Morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de candeinha (*Eremanthus incanus* Less.) – Asteraceae**. Revista Brasileira de Sementes, vol. 22, (1) p.127-133. 2000.

Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Coletânea de Legislação Ambiental**. Augusto Henrique Lio Horta, Alexandre Magrineli dos Reis, Daniel Medeiros de Souza, organizadores. – 3ª edição revisada e ampliada. Belo Horizonte: FEAM, 663p. 2002.

DESCHAMPS, E.; JUNIOR, B.; COSTA, C.S.; SANTOS, M.G.V.; KELLER, W.S.; CARVALHO, C.A.; DAMASCENO, M.A.P.; PINTO, C.L.L. **Controle Ambiental na Mineração de Quartzito** – Pedra São Tomé. Belo Horizonte. Projeto Minas Ambiente. 204p. 2002.

DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de áreas degradadas. 251p. 1998.

FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M. **Revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas - PA com leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas.** Anais do I Simpósio Sul-americano e II Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas. Curitiba. FUPEF. p. 146-153. 1994.

FREIRE, W. **Código de mineração anotado e legislação complementar em vigor.** Belo Horizonte. Editora Mineira – Livros Jurídicos. 1ª edição. 332 p. 1997.

FREIRE, W. **Direito ambiental brasileiro**. Rio de Janeiro. Aide Editora. 265p. 1998.

GEOMIL. **Relatório de controle ambiental e plano de controle ambiental da empresa de mineração São Tomé das Letras LTDA**. 216p. 1995.

GRIFFITH, J.J.; DIAS, M. J., P. **A recuperação Ambiental**. Revista Ação Social. Universidade Federal de Viçosa. V. 10: 8. 2000.

GOMES, M.A.S. **Redução de Impacto ambiental através da melhoria do processo de lavra de quartzito micáceo no município de São Thomé das Letras – Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Curso de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas. 2000.

INSTRUTEC. **Base Cartográfica da Serra de São Tomé. Finalidade: Estudo do Aproveitamento Econômico de Rejeitos poluidores da extração de Pedra São Tomé**. 2000.

HERRERA, M.A.; SALAMANCA,C.P.; BAREA, J.M. **Inoculation of woody legumes with selected arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia to recover desertified Mediterranean ecosystems**. Appl. Environm. Microbiol., 59:129. 1993.

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de dados disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php> Acesso 2 de agosto de 2005.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **Mineração e Meio Ambiente**. Comissão Técnica de Meio Ambiente. Grupo de Trabalho de Redação. Brasília. 126 p. 1992.

IGA – Instituto de Geociências Aplicadas. **Monografia sobre o Município de São Tomé das Letras**. Minas Gerais: Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. 1982.

JESUS, R.M. **Revegetação: da teoria à prática. Técnicas de implantação**. Anais do I Simpósio Sul-americano e II Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas. Curitiba. FUPEF. p.123-134. 1994.

LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI Jr. R.; BERTOLINI, D. & ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas, SBCS. 175p. 1983.

MARGALEF, R. **Ecologia.** Ediciones Ômega, S.A. Barcelona. 951p. 1989.

MARQUES, J.Q.A. **Manual Brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra.** Rio de Janeiro, ETA. 433p. 1971.

MARTINS, F.R. **Critérios para avaliação de recursos vegetais.** Anais de Simpósio: A comunidade vegetal como unidade biológica, turística e econômica. Publicação: ACIESP nº15. Secretaria da cultura, ciência e tecnologia. Academia de Ciências de São Paulo. p.136-149. 1978.

MOREY, P. R. **O crescimento das árvores.** São Paulo. EPU – Editora Pedagógica e Universitária Ltda. Ed. da Universidade de São Paulo. 72p. 1980.

MUELLER-DOMOIS, D. **Aims and methods of vegetation ecology**. John Wiley & Sons. 547 p. 1925.

NAIMAN, R. J.; DECAMPS, H.; PASTOR, J.; JOHNSTON, C. **The potential importance of boundaries to fluvial ecosystems**. Journal of Nectonic and Benthonic Society, Lawrence, v. 7, n. 4, p. 289-306. 1989.

OLIVEIRA FILHO, A.T. **Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica.** Revista CERNE, V.1, N.1, p. 64-72. UFLA. Lavras. M.G. 1994.

PEDRALLI, G. **Estrutura diamétrica, vertical e análise do crescimento da 'candeia' (*Eremanthus erythropappus* Schult. Bip.) na Estação Ecológica do tripuí, Ouro Preto – MG**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 21, nº2, p. 301-306. 1997.

PEREZ, J.F.M. **Sistema de manejo para candeia (Eremanthus erythropappus (DC) MacLeish).** Dissertação de Mestrado. Lavras: UFLA, 71 p. il. 2001.

Projeto Rochas de Minas: Estudo de Competitividade do Setor de Rochas Ornamentais e de Revestimento do Estado de Minas Gerais. Relatório Técnico IEL – MG/SINROCHAS-MG, 2003. 97 p.

RIZZINI, C.T. **Tratado de Fitogeografia.** São Paulo: UCITEC. EDUSP. Volume 2. 1979.

SCHUMANN, W. **Rochas e Minerais**; Traduzido por Rui Ribeiro Franco e Mario Del Rey. – Rio de Janeiro; Livro Técnico. 223 p. 1989.

SCOLFORO, J.R.; OLIVEIRA, A.D.; DAVIDE, A.C.; MELLO, J.M.; ACERBI JUNIOR, F.W. **Manejo Sustentado da Candeia**. 230p. 2002.

SEITZ, R. A. **A regeneração natural na recuperação de áreas degradadas**. Anais do I Simpósio Sul-americano e II Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas. Curitiba. FUPEF. p.103-110. 1994.

SOLOMON, M.E. **Dinâmica de populações**. Temas de biologia; V.3. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária Ltda. 78p. 1980.

SOUZA, J.A. **Avaliação das estratégias de recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita em Poços de Caldas (MG).** Tese de Doutorado em Fitotecnia/Agronomia. Universidade Federal de Lavras. 1997.

SOUZA, G.G.; SANTOS, M.R.C. **Quartzitos de São Tomé das Letras: enquadramento geológico, caracterização tecnológica e análise ambiental**. Trabalho Geológico. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Geologia. 1999.

TABANEZ, A.A.; VIANA, V.M. & DIAS, A.S. **Conseqüências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de planalto de Piracicaba, SP**. Revista Brasileira de Biologia 57. p. 47-60. 1997.

TEIXEIRA, M.C.B.; NUNES, Y.R.F.; MAIA, K.M.P.; RIBEIRO, R.N. **Influência da luz na germinação de sementes de candeia (*V. erythropappa* Schult. Bip.)** In: ERBOT – SBB, 18. Belo Horizonte. PUC. p.20. 1996.

VASCONCELOS, F.C.W. **Desenvolvimento de tecnologia para recomposição vegetal com espécies nativas, nas pilhas de rejeito/estéril geradas pela mineração de pedra São Tomé, no município de São Thomé das Letras, Minas Gerais**. Belo Horizonte. UFMG/Escola de Engenharia. 148p. 2001.

WHATLEY, J. M. **A luz e a vida das plantas.** (Tradução Gil Martins Felippe). São Paulo. EPU – Editora Pedagógica e Universitária Ltda. Editora da Universidade de São Paulo. 101p. 1982.

10. ANEXOS

Anexo I

Densidade de candeias em cada parcela avaliada na pilha ST-1 em São Thomé das Letras de 2000 a 2003.

2000

21	19	28	20	9	5	1	0	0	0	3	1
40	10	16	6	0	2	2	0	1	1	2	3
19	14	3	4	15	9	0	1	1	1	3	3
1	3	6	3	3	1	0	0	5	7	4	7
3	9	13	9	3	11	4	5	15	12	10	17
7	9	3	2	7	5	5	3	6	5	24	20
8	5	5	6	8	6	5	8	12	22	34	21
10	11	12	7	22	12	6	12	28	25	18	17

2001

25	26	30	25	9	9	2	0	1	5	3	2
46	13	17	6	3	3	7	1	2	1	2	3
20	21	4	4	15	12	2	2	4	2	3	3
3	9	10	5	5	2	0	1	6	7	5	8
12	14	15	16	6	12	6	8	15	15	10	28
12	25	6	11	17	14	7	7	6	6	23	28
18	11	6	10	11	18	9	10	19	29	51	30
10	11	12	12	26	13	8	12	31	38	23	19

2002

31	31	33	26	15	13	14	8	6	7	4	3
55	16	21	8	8	5	7	6	6	4	4	6
22	24	5	5	19	16	3	5	6	2	6	3
4	14	10	6	8	3	6	5	7	9	7	11
14	16	14	23	8	13	10	12	19	24	15	34
12	27	11	19	29	21	14	16	13	26	27	34
21	13	9	12	27	23	13	22	45	36	64	38
9	13	13	13	37	13	10	16	34	38	36	23

2003

31	36	46	42	24	16	17	15	9	7	6	3
49	19	32	13	15	5	13	11	11	8	7	8
23	20	9	10	21	16	12	5	7	3	8	3
3	17	10	7	10	4	8	9	11	15	9	13
21	14	14	23	8	13	11	17	21	43	22	46
15	26	11	19	37	29	24	22	15	36	38	41
27	16	8	12	42	28	14	28	51	34	63	33
18	14	31	21	49	9	14	13	32	41	38	26

Anexo II

Levantamento florístico de campo rupestre em São Thomé das Letras – MG.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME VULGAR
Vellozia	*Vellozia compacta*	Canela de ema
Vellozia	*Vellozia graminea*	Canela de ema
Vellozia	*Vellozia sp*	Canela de ema
Melastomataceae	*Tibouchina sp*	Quaresmeira
Melastomataceae	*Clidenia sp*	
Melastomataceae	*Miconia sp*	
Vochysiaceae	*Vochysia thyrsoidea*	Gomeira
Orquidaceae	*Epidendrum ellipticum*	Orquídea
Orquidaceae	*Oncidium sp*	Orquídea
Orquidaceae	*Bulbophyllum weddelii*	Orquídea
Orquidaceae	*Laelia flava*	Orquídea
Bromeliaceae	*Dickia minarum*	Bromélia
Vochysiaceae	*Qualea sp*	Pau terra
Mimosoideae	*Stryphnodendron adstringens*	Barbatimão
Gutiferae	*Kielmeyera coriaceae*	Pau santo
Cactaceae	*Arthrocereus sp*	Cactus
Asteraceae	*Eremanthus erythropappus*	Candeia
Asteraceae	*Eremanthus incanus*	Candeia
Asteraceae	*Lychnophora pinaster*	Arnica
Caesalpinioideae	*Copaifera langsdorfii*	Pau d'óleo
Mimosoideae	*Piptadenia gonoacantha*	Jacaré
Eriocaulaceae	*NI*	Sempre viva
Asteraceae	*Vernonia polyanthes*	Assa peixe
Apocynaceae	*Aspidosperma sp*	Peroba
Polypodiaceae	*Pteridium aquilinum*	Samambaias
Gleicheniaceae	*Gleichenia sp*	Samambaias
Graminae	*NI 1*	

Graminae	*NI 2*
Graminae	*NI 3*
Graminae	*NI 4*
Graminae	*NI 5*

Levantamento florístico da pilha ST-1 em São Thomé das Letras – MG.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME VULGAR
Asteraceae	*Eremanthus erythropappus*	Candeia
Asteraceae	*Eremanthus incanus*	Candeia
Asteraceae	*NI*	
Eriocaulaceae	*NI*	Sempre viva
Melastomataceae	*Tibouchina sp*	Quaresmeira
Vellozia	*Vellozia compacta*	Canela de ema
Rubiaceae	*Borreria verticilata*	
Graminae	*NI 1*	
Graminae	*NI 2*	
Graminae	*NI 3*	

Levantamento florístico da pilha Controle em São Thomé das Letras – MG.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME VULGAR
Asteraceae	*Eremanthus erythropappus*	Candeia
Asteraceae	*Eremanthus incanus*	Candeia
Asteraceae	*NI*	
Rubiaceae	*Borreria verticilata*	
Graminae	*NI 1*	