

FITOTRANSPORTE DE METAIS EM ESPÉCIES ARBÓREAS E ARBUSTIVAS
EM ATERRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Julio Cesar da Matta e Andrade

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
ENGENHARIA CIVIL.

Aprovada por:

Prof. Cláudio Fernando Mahler, D.Sc.

Prof. Maria Claudia Barbosa, D. Sc.

Prof. Olaf Malm, D.Sc

Prof. Marcílio Vieira Martins Filho, D. Sc.

Pesq. Aluísio Granato de Andrade, D.Sc

Prof. Luzia Teixeira de Azevedo Soares Semêdo, D. Sc.

Prof. Juraci Alves de Oliveira, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

ABRIL DE 2005

ANDRADE, JULIO CESAR DA MATTA

Fitotransporte de metais em espécies
arbóreas e arbustivas em aterro de resíduos
sólidos urbanos [Rio de Janeiro] 2005

XVI, 263 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ,
D.Sc. Engenharia Civil, 2005)

Tese - Universidade Federal do Rio de
Janeiro, COPPE

1. Vegetação de aterros de resíduos
sólidos urbanos

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

A meus pais

Newton Passos e Andrade

e

Maria Magdalena da Matta e Andrade

Que com grande esforço me deram muito mais do que a vida.

I Agradecimentos

Sendo impossível apresentar nestas poucas páginas os merecidos agradecimentos àqueles que colaboraram na realização deste trabalho, tive que ser sucinto e injusto, deixando de citar a vários colaboradores. Mas, apesar das restrições do espaço, não poderia deixar de agradecer:

- Ao Professor Dr. Claudio Fernando Mahler, pela constante presença, orientação, estímulo e apoio.
- Ao Professor Dr. Juraci Alves de Oliveira, pela orientação, ainda que não oficializada, incentivo e auxílio na realização das análises de tecido vegetal.
- Ao Eng. Joaquim B. Neves, da Qualix Ambiental S.A., pelo interesse e empenho que viabilizaram a realização da pesquisa.
- A Eng. Química Viviane Escalera, da EMBRAPA/ CNPS, por toda atenção, solidariedade e competência na quantificação de amostras no ICP, o que me permitiu trabalhar com segurança ao utilizar os resultado das muitas quantificações realizadas.
- Ao Pesquisador e colega de Doutorado Silvio Roberto de Lucena Tavares, da EMBRAPA/CNPS, pelo apoio na realização e interpretação das análises complementares de solo.
- Ao Pesquisador Dr. Aloísio Granato de Andrade e da EMBRAPA/CNPS, pelo apoio e auxílio na realização de análises indeformadas do solo.
- Ao Biólogo Luis Almeida, do Laboratório de Geotecnia da COPPE/UFRJ, pela dedicação e inestimável contribuição na realização das digestões ácidas de solo.
- A Eng. Química Maria da Glória, do Laboratório de Geotecnia da COPPE/UFRJ, pelo auxílio técnico e operacional nos trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Química Ambiental.
- A toda a equipe operacional do Aterro Santo Amaro, pelo constante empenho em auxiliar na superação das dificuldades encontradas no desenvolvimento dos trabalhos de campo. Agradeço especialmente ao Eng. Nelson Rodrigues Fernandes, ao Eng. Denis, Ronaldo Ramos da Silva e aos Senhores: João Darc Pereira Santos (Biro), Gilberto Pinheiro de Lourenço (Giba), José Carlos Dourado Ribeiro, Everaldo Teixeira Nunes, Nosvaldo Lins da Silva, pelo apoio e pela acolhida sempre amiga. Agradeço ainda, destacadamente, ao Supervisor Seabra de Cássia Araújo (para quem nada é difícil), ao João Batista dos Santos (João Formiga) e ao João Mineiro, pela

disposição, interesse e boa vontade demonstrada durante todo o desenvolvimento prático do trabalho.

- Ao Carlinhos, do Laboratório de Geotecnia da COPPE/UFRJ, pelo desenvolvimento de análises físicas do solo e ao Bororó, também do Laboratório de Geotecnia da COPPE/UFRJ, pelo auxílio no tratamento inicial do solo.

- Ao amigo Prof. Dr. Fábio Murilo da Matta, professor da U.F.V., que me acolheu em sua residência durante o tempo em que desenvolvi trabalhos no laboratório daquela Universidade.

Devo ainda agradecimentos a PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO e a LIMPURB, pelo apoio operacional e disponibilização da área pesquisada, assim como:

- A FAPERJ, pela bolsa de estudo que suportou financeiramente ao trabalho.
- A QUALIX AMBIENTAL S.A., por todo apoio operacional e auxílio no custeio ao desenvolvimento dos trabalhos de campo.

- A EMBRAPA/CNPS e a UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, pelo uso de suas instalações, equipamentos e respectivo suporte as análises de solo e de tecido vegetal.

- Ao Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ, pelo livre trânsito no uso de seus laboratórios e pelo carinho com que sempre fui tratado por seus funcionários e professores.

Sendo a atual pesquisa, fruto da continuidade de meu trabalho de mestrado, remeto ainda agradecimentos ao CNPQ, que concedeu bolsa essencial para realização deste e a todos aqueles que participaram da parte inicial da pesquisa, cabendo especialmente agradecer:

- Ao Pesquisador Dr. Sérgio Miana de Farias, aos funcionários Carlos Fernando da Cunha, Marta Viana e ao bolsista Marcelo Gomes da Silva, da EMBRAPA/AGROBIOLOGIA, por todo auxílio na obtenção de sementes, escolha de espécies, inoculação e produção de mudas.

- Aos Pesquisadores Dr. Marcelo Francisco da Costa Saldanha e Dr. Daniel Vidal Peres, da EMBRAPA/CNPS, pelo apoio e auxílio na realização das análises iniciais de solo.

- Ao primo, Eng. Agr. M.Sc. Fernando Rodrigues da Matta Baptista, pelo material fornecido e pelas longas conversas telefônicas, que em muito me ajudaram.

Resumo da Tese apresentada a COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D. Sc.)

FITOTRANSORTE DE METAIS EM ESPÉCIES ARBÓREAS E ARBUSTIVAS
EM ATERRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Julio Cesar da Matta e Andrade

Abril/2005

Orientador: Claudio Fernando Mahler

Programa: Engenharia Civil

A presente investigação foi desenvolvida no Aterro Santo Amaro, um aterro de resíduos sólidos urbanos, localizado na Zona Sul da cidade de São Paulo - Brasil onde, de Abril de 1976 a Janeiro de 1995, foram depositadas cerca de 16.000.000 de toneladas de resíduos. A pesquisa, iniciada em Junho de 2001, representa a continuidade e ampliação de trabalho também realizado por ANDRADE (2000), no período de 1997 a 2000, quando foram feitas avaliações em diferentes profundidades do solo e realizado o plantio e posterior monitoramento de 2.416 arvores e arbustos pertencentes a 24 diferentes espécies. Na investigação atual a adaptabilidade e o desenvolvimento das plantas foram avaliados a partir de contagem periódica da população e medição das alturas e diâmetros dos troncos. O risco da ocorrência de fitotransporte e biodisponibilização de metais pesados no solo foi avaliado pela análise da distribuição de metais em diferentes profundidades e por raspagem da superfície do solo dentro e fora das parcelas cultivadas, possibilitando a percepção de alterações de concentração decorrentes da presença das plantas. Foi também realizada quantificação de metais em tecidos de raízes, troncos e folhas, além da avaliação sumária da arquitetura radicular das árvores. Chegou-se à conclusão da possibilidade de sucesso no cultivo de várias das espécies testadas e da não existência de fitotransporte e bioacúmulo de metais pesados significativos, durante período de cultivo. Foi, entretanto, verificada a necessidade da continuidade do monitoramento, evitando os riscos implícitos ao desenvolvimento da nova dinâmica ambiental.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D. Sc.)

PHYTOTRANSPORT OF METALS IN TREES AND BUSHES IN URBAN SOLID
RESIDUE LANDFILL

Julio Cesar da Matta e Andrade

April/2005

Advisor: Claudio Fernando Mahler

Department: Civil Engineering

The current investigation was developed in the Santo Amaro landfill, of urban solid residue, in the South of São Paulo (Brazil) where, from April of 1976 to January of 1995, around 16,000,000 tons of residues were dumped. The research, started in June of 2001, continues and amplifies previous work also by ANDRADE from 1997 to 2000, when several evaluations were performed in different depths of soil, and where 2,416 trees and bushes of 24 different species were planted and later monitored. In the current investigation the adaptability and development of the plants were evaluated starting from periodic head count and measuring height of trees and diameter of the trunks. The risk of phytotransport and bioavailability of heavy metals in the soil was evaluated based on the analysis of distribution of metals at different depths of soil and also by scratching the surface, within and without the the planted area, which enabled the perception of any changes in concentration due to the plants. Metals were also measured in tissues of roots, trunks and leaves, besides evaluation of the radius layout of the trees. The conclusion arrived was that success is possible in several of the tested species and that there is no phytotransport or bioaccumulation of significant heavy metals during the studied period. Further monitoring is needed, however, avoiding the implied risks related to the development of new environmental dynamics.

II Índice Geral

I	Agradecimentos	iv
II	Índice Geral	viii
	Índice de Tabelas	x
	Índice de figuras	xii
	Índice de fotos	xvii
III	Recuperação de aterros de resíduos sólidos urbanos.....	1
III.1	Introdução.....	1
III.2	O uso de espécies arbóreas e arbustivas	3
IV	Revisão bibliográfica.....	7
IV.1	Planejamento de reuso e vegetação de aterros de R.S.U.....	7
IV.1.1	O plano de vegetação.....	7
IV.1.2	Aspectos de influência e considerações.....	8
IV.1.3	Importância da origem e tratamento dos resíduos	10
IV.1.4	Impactos ambientais relacionados à disposição inadequada	12
IV.1.5	Situação brasileira	15
IV.1.6	Características relevantes para o Brasil.....	16
IV.2	Adaptabilidade de espécies arbóreas e arbustivas	18
IV.3	Técnicas utilizadas para permitir ou facilitar o cultivo vegetal.....	20
IV.3.1	Separação do gás	20
IV.3.2	Zonas livres de resíduos	21
IV.3.3	Separação de resíduos das zonas de plantio de árvores.....	21
IV.3.4	Segregação dos materiais biodegradáveis em um aterro	21
IV.3.5	Deposição de terra vegetal.....	21
IV.3.6	Uso de resíduos vegetais na camada de cobertura.....	22
IV.3.6.1	Vantagens	22
IV.3.6.2	Desvantagens	23
IV.4	Principais poluentes passíveis de transporte por plantas	23
IV.4.1	Poluentes orgânicos persistentes	24
IV.4.2	Metais pesados.....	25
IV.5	Risco do fitotransporte em aterros de R.S.U.	27
IV.5.1	Metais pesados em aterros de R.S.U.	27
IV.5.2	Possibilidade de mobilização e transporte de metais por plantas.....	30
V	Desenvolvimento da pesquisa no Aterro de Santo Amaro	36
V.1	Objetivos.....	36
V.2	Caracterização do local do experimento.....	37
V.2.1	Localização.....	37
V.2.2	Histórico	39
V.2.3	Situação atual.....	41
V.2.4	Avaliações anteriormente desenvolvidas.....	41
V.2.4.1	Análise química	47
V.2.4.1.1	Macronutrientes, pH e Al (trocavel).....	47
V.2.4.1.2	Matéria Orgânica	49
V.2.4.1.3	Metais (tóxicos e nutrientes)	50
V.2.4.2	Interpretação de resultados	51
V.2.4.2.1	Fertilidade.....	51
V.2.4.2.2	Teores de metais tóxicos.....	52
V.2.5	Escolha de espécies e produção de mudas	57

V.2.5.1	Plantio.....	59
V.2.5.2	Tratos culturais	63
VI	Avaliação do estabelecimento e desenvolvimento das espécies arbóreas e arbustivas.....	63
VI.1	Metodologia.....	63
VI.1.1	- <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> (espécie nº 1).....	64
VI.1.2	- <i>Mimosa pellita</i> (espécie nº 2).....	65
VI.1.3	- <i>Acacia auriculiformis</i> (espécie nº 3).....	66
VI.1.4	- <i>Sesbania virgata</i> (espécie nº 4).....	67
VI.1.5	- <i>Mimosa binucronata</i> (espécie nº 5).....	68
VI.1.6	- <i>Enterolobium contorsiliquum</i> (espécie nº 6).....	69
VI.1.7	- <i>Acacia holosericea</i> (espécie nº 7).....	70
VI.1.8	- <i>Acacia angustissima</i> (Espécie nº 8).....	71
VI.1.9	- <i>Mimosa flocculosa</i> (espécie nº 9).....	72
VI.1.10	- <i>Mimosa scabrela</i> (espécie nº 10).....	73
VI.1.11	- <i>Acacia mangium</i> (espécie nº 11).....	74
VI.1.12	- <i>Cássia ferruginea</i> (espécie nº 12).....	75
VI.1.13	- <i>Clitoria fairchildiana</i> (espécie nº 13).....	76
VI.1.14	- <i>Peltophorum dubium</i> (espécie nº 14).....	77
VI.1.15	- <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (espécie nº 15).....	78
VI.1.16	- <i>Trema micrantha</i> (espécie nº 16).....	79
VI.1.17	- <i>Schinus terebinthifolius</i> (espécie nº 17).....	80
VI.1.18	- <i>Abizia saman</i> (espécie nº 18).....	81
VI.1.19	- <i>Styphnodendron coriaceum</i> (espécie nº 19).....	82
VI.1.20	- <i>Mimosa pigra</i> (espécie nº 20).....	83
VI.1.21	- <i>Mimosa tenuiflora</i> (espécie nº 21).....	84
VI.1.22	- <i>Leucaena leucocephala</i> (espécie nº 22).....	85
VI.1.23	- <i>Mimosa arenosa</i> (espécie nº 23).....	86
VI.1.24	- <i>Schizolobium parahiba</i> (espécie nº 24).....	87
VI.2	Interpretação de resultados	94
VII	Avaliação do risco de fitotransporte e bioacúmulo de metais.....	96
VII.1	Metodologia.....	96
VII.2	Amostragem do solo.....	96
VII.3	Comparação dos valores obtidos	98
VII.3.1	Teste F	98
VII.3.2	Interpretação dos resultados	109
VII.3.3	Comparação com valores orientadores da CETESB.....	109
VII.4	Interpretação dos resultados	137
VIII	Abertura de cavas	138
IX	Avaliação visual do perfil do solo e da arquitetura e distribuição do sistema radicular.....	139
IX.1	Interpretação dos resultados	145
X	Avaliação Física do solo.....	146
X.1	Granulometria.....	146
X.2	Interpretação dos resultados	152
XI	Investigação dos teores de metais no solo das cavas.....	153
XI.1	Amostragem e análise química.....	153
XI.2	Interpretação dos resultados	154
XI.2.1	Teores de Zinco	154
XI.2.2	Teores de Cobre.....	159

XI.2.3	Teores de Cromo	163
XI.2.4	Teores de Cobalto.....	167
XI.2.5	Teores de Níquel.....	171
XI.2.6	Teores de Cádmio.....	175
XI.2.7	Teores de Chumbo.....	179
XI.2.8	Teores de Bário.....	183
XI.2.9	Teores de Vanádio.....	187
XI.3	Interpretação dos resultados	191
XII	Influência da presença de resíduos no solo	192
XII.1	Avaliação de resultados	201
XIII	Análises complementares do solo de cobertura.....	201
XIII.1	Metodologia.....	201
XIII.2	Resultados obtidos.....	203
XIII.2.1	pH, cátions, cloretos e sulfatos	203
XIII.3	Interpretação de resultados	204
XIII.3.1	pH, cátions, cloretos e sulfatos	204
XIII.4	Retenção de água, macro e micro porosidade	205
XIV	Análise de teores de metais no tecido vegetal	208
XIV.1	Metodologia.....	208
XIV.2	Resultados obtidos.....	209
XIV.3	Interpretação de resultados	212
XV	Considerações finais.....	213
XVI	Conclusões.....	217
	Recomendações para continuidade da pesquisa	218
XVII	Bibliografia.....	219
XVIII	Apêndices	230
XVIII.1	Apêndice 1	230
XVIII.2	Apêndice 2.....	236
XVIII.3	Apêndice 3	245

Índice de Tabelas

Tabela 1- Alguns componentes putrescíveis, recicláveis e combustíveis do lixo municipal urbano.	11
Tabela 2 - Distribuição típica dos componentes dos resíduos sólidos urbanos em países com diferentes níveis de industrialização.....	11
Tabela 3 – Limitações/proibições para disposição de componentes dos R.S.U. em aterros da União Européia e obrigatoriedade do uso de pré-tratamento.....	12
Tabela 4 - Concentrações de compostos orgânicos encontrados em amostras de gás provenientes de 66 aterros de R.S.U. existentes no estado da Califórnia.	14
Tabela 5- Destinação final de R.S.U. no Brasil	15
Tabela 6 – Percentual das diferentes formas de destinação de R.S.U. por grandes regiões brasileiras.....	16
Tabela 7 – Disposição em distritos com serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo no Brasil.....	16
Tabela 8 – Desenvolvimento do sistema radicular de plantas cultivadas sob o aterro de Cavenago Brianza em Milão	20
Tabela 9 - Exemplos de algumas atividades industriais e possíveis metais a elas correlacionados como causa de contaminação ambiental	28
Tabela 10 - Espessura do solo da capa de cobertura	42
Tabela 11 - Localização de cavas	44

Tabela 12 - Princípios metodológicos de análise.....	47
Tabela 13 – Macronutrientes	48
Tabela 14 - Matéria orgânica.....	49
Tabela 15 - Teores de Sn, Cr, Mn, Fe, Zn e Cd.....	50
Tabela 16 - Teores de Mo, Cu, Ni, Pb e Co	51
Tabela 17 Parâmetros encontrados na literatura.....	53
Tabela 18 - Estirpes de Rizóbio utilizadas na produção de mudas	58
Tabela 19 – Composição do termofosfato marca Huzifertil.....	62
Tabela 20 - Composição de composto de lixo proveniente da usina de compostagem de São Matheus/SP.....	62
Tabela 21 – Dados gerais da espécie <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> no experimento.....	64
Tabela 22 – Dados gerais da espécie <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> nas parcelas	64
Tabela 23 - Dados gerais da espécie <i>Mimosa pellita</i> no experimento.....	65
Tabela 24 - Dados gerais da espécie <i>Mimosa pellita</i> nas parcelas	65
Tabela 25 - Dados gerais da espécie <i>Acacia auriculiformis</i> no experimento.....	66
Tabela 26 - Dados gerais da espécie <i>Acacia auriculiformis</i> nas parcelas	66
Tabela 27 - Dados gerais da espécie <i>Sesbania virgata</i> no experimento.....	67
Tabela 28 - Dados gerais da espécie <i>Sesbania virgata</i> nas parcelas	67
Tabela 29 – Dados gerais da espécie <i>Mimosa binucronata</i> no experimento.....	68
Tabela 30 – Dados gerais da espécie <i>Mimosa binucronata</i> nas parcelas	68
Tabela 31 – Dados gerais da espécie <i>Enterolobium contorsiliquum</i> no experimento....	69
Tabela 32 – Dados gerais da espécie <i>Enterolobium contorsiliquum</i> nas parcelas	69
Tabela 33 - Dados gerais da espécie <i>Acacia holosericea</i> no experimento.....	70
Tabela 34 - Dados gerais da espécie <i>Acacia holosericea</i> nas parcelas	70
Tabela 35 - Dados gerais da espécie <i>Acacia angustissima</i> no experimento.....	71
Tabela 36 - Dados gerais da espécie <i>Acacia angustissima</i> nas parcelas	71
Tabela 37 – Dados gerais da espécie <i>Mimosa flocculosa</i> no experimento.....	72
Tabela 38 – Dados gerais da espécie <i>Mimosa flocculosa</i> nas parcelas	72
Tabela 39 - Dados gerais da espécie <i>Mimosa scabrela</i> no experimento.....	73
Tabela 40 – Dados gerais da espécie <i>Mimosa scabrela</i> nas parcelas	73
Tabela 41 - Dados gerais da espécie <i>Acacia mangium</i> no experimento.....	74
Tabela 42 - Dados gerais da espécie <i>Acacia mangium</i> nas parcelas	74
Tabela 43 – Dados gerais da espécie <i>Cassia ferruginea</i> no experimento	75
Tabela 44 – Dados gerais da espécie <i>Cassia ferruginea</i> nas parcelas.....	75
Tabela 45 – Dados gerais da espécie <i>Clitoria fairchildiana</i> no experimento	76
Tabela 46 – Dados gerais da espécie <i>Clitoria fairchildiana</i> nas parcelas	76
Tabela 47 – Dados gerais da espécie <i>Peltophorum dubium</i> no experimento	77
Tabela 48 – Dados gerais da espécie <i>Peltophorum dubium</i> parcelas	77
Tabela 49 - Dados gerais da espécie <i>Anadenanthera macrocarpa</i> no experimento	78
Tabela 50 - Dados gerais da espécie <i>Anadenanthera macrocarpa</i> nas parcelas	78
Tabela 51 - Dados gerais da espécie <i>Trema micrantha</i> no experimento.....	79
Tabela 52 - Dados gerais da espécie <i>Trema micrantha</i> nas parcelas	79
Tabela 53 - Dados gerais da espécie <i>Schinus terebinthifolius</i> no experimento.....	80
Tabela 54 - Dados gerais da espécie <i>Schinus terebinthifolius</i> nas parcelas	80
Tabela 55 – Dados gerais da espécie <i>Abizia saman</i> no experimento	81
Tabela 56 – Dados gerais da espécie <i>Abizia saman</i> nas parcelas.....	81
Tabela 57 – Dados gerais da espécie <i>Styphnodendron coriaceum</i> no experimento.....	82
Tabela 58 – Dados gerais da espécie <i>Styphnodendron coriaceum</i> nas parcelas	82
Tabela 59 – Dados gerais da espécie <i>Mimosa pigra</i> no experimento	83
Tabela 60 – Dados gerais da espécie <i>Mimosa pigra</i> nas parcelas	83

Tabela 61 - Dados gerais da espécie <i>Mimosa tenuiflora</i> no experimento	84
Tabela 62 - Dados gerais da espécie <i>Mimosa tenuiflora</i> nas parcelas.....	84
Tabela 63 – Dados gerais da espécie <i>Leucaena leucocephala</i> no experimento	85
Tabela 64 – Dados gerais da espécie <i>Leucaena leucocephala</i> nas parcelas.....	85
Tabela 65 – Dados gerais da espécie <i>Mimosa arenosa</i> no experimento	86
Tabela 66 – Dados gerais da espécie <i>Mimosa arenosa</i> nas parcelas.....	86
Tabela 67 - Dados gerais da espécie <i>Schizolobium parahiba</i> no experimento	87
Tabela 68 - Dados gerais da espécie <i>Schizolobium parahiba</i> nas parcelas	87
Tabela 69 – Avaliação do diâmetro do tronco de plantas presentes em touceiras	88
Tabela 70 – Dados para avaliação	89
Tabela 71 – Dados extraídos de ficha de controle em campo	91
Tabela 72 Plantas tombadas	93
Tabela 73 Quadro básico de variância.....	98
Tabela 74 – Avaliação do solo cultivado com a espécie <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	99
Tabela 75 – Avaliação do solo cultivado com a espécie <i>Mimosa pellita</i>	100
Tabela 76 – Avaliação do solo cultivado com a espécie <i>Sesbania virgata</i> (4)	101
Tabela 77 – Avaliação do solo cultivado com a espécie <i>Mimosa binucronata</i>	102
Tabela 78 – Avaliação do solo cultivado com a espécie <i>Enterolobium contorsiliquum</i>	103
Tabela 79 – Avaliação do solo cultivado com a espécie <i>Acacia holosericea</i>	104
Tabela 80 – Avaliação do solo cultivado com a espécie <i>Clitoria fairchildia</i>	105
Tabela 81 – Avaliação do solo cultivado com a espécie <i>Schinus terebinthifolius</i>	106
Tabela 82 – Avaliação do solo cultivado com a espécie <i>Mimosa pigra</i>	107
Tabela 83 – Avaliação do solo cultivado com a espécie <i>Mimosa tenuiflora</i>	108
Tabela 84 Classificação de textura com o uso da carta triangular.....	153
Tabela 85 Faixas de profundidade comparadas pela presença ou não de resíduos	193
Tabela 86 - pH, cátions, cloretos e sulfatos.....	203
Tabela 87 – Curva de saturação.....	203
Tabela 88 – Macro e micro porosidade	203
Tabela 89 – Teores de referência.....	210
Tabela 90 – Faixas de teores adotadas para comparação	210
Tabela 91 – Teores encontrados em amostras de troncos	210
Tabela 92 – Teores encontrados em amostras de folhas - 5o par	211
Tabela 93 – Teores encontrados em amostras de folhas - maduras não senescentes ...	211
Tabela 94 – Teores encontrados em amostras de raízes	211

Índice de figuras

Figura 1 - Perfil de amostragem	43
Figura 2 - O Aterro Sanitário de Santo Amaro.....	45
Figura 3 - Posicionamento das cavas utilizadas para retirada de amostras de solo.....	46
Figura 4 - Aumento de teores de Fe com a proximidade dos resíduos.....	54
Figura 5 - Aumento do índice do pH com a proximidade dos resíduos	55
Figura 6 - Aumento do teor de matéria orgânica com a proximidade dos resíduos	56
Figura 7 – Posição do gabarito de plantio	60
Figura 8 - Esquema final utilizado para ordenação do plantio	61
Figura 9 – Ficha utilizada para coleta de dados no experimento.....	90
Figura 10 – Fotos da vegetação no aterro.....	95
Figura 11 – Esquema representativo de áreas amostradas	97
Figura 12 -Teores de Zinco no solo cultivado com <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	110
Figura 13 -Teores de Cobre no solo cultivado com <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	110

Figura 14 -Teores de Cromo no solo cultivado com <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	111
Figura 15 -Teores de Cobalto no solo cultivado com <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	111
Figura 16 -Teores de Níquel no solo cultivado com <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	111
Figura 17 -Teores de Chumbo no solo cultivado com <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	112
Figura 18 -Teores de Bário no solo cultivado com <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	112
Figura 19 -Teores de Vanádio no solo cultivado com <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	112
Figura 20 -Teores de Zinco no solo cultivado com <i>Mimosa pellita</i>	113
Figura 21 -Teores de Cobre no solo cultivado com <i>Mimosa pellita</i>	113
Figura 22 -Teores de Cromo no solo cultivado com <i>Mimosa pellita</i>	113
Figura 23 -Teores de Cobalto no solo cultivado com <i>Mimosa pellita</i>	114
Figura 24 -Teores de Níquel no solo cultivado com <i>Mimosa pellita</i>	114
Figura 25 -Teores de Chumbo no solo cultivado com <i>Mimosa pellita</i>	114
Figura 26 -Teores de Bário no solo cultivado com <i>Mimosa pellita</i>	115
Figura 27 -Teores de Vanádio no solo cultivado com <i>Mimosa pellita</i>	115
Figura 28 -Teores de Zinco no solo cultivado com <i>Sesbania virgata</i>	115
Figura 29 -Teores de Cobre no solo cultivado com <i>Sesbania virgata</i>	116
Figura 30 -Teores de Cromo no solo cultivado com <i>Sesbania virgata</i>	116
Figura 31 -Teores de Cobalto no solo cultivado com <i>Sesbania virgata</i>	116
Figura 32 -Teores de Níquel no solo cultivado com <i>Sesbania virgata</i>	117
Figura 33 -Teores de Chumbo no solo cultivado com <i>Sesbania virgata</i>	117
Figura 34 -Teores de Bário no solo cultivado com <i>Sesbania virgata</i>	117
Figura 35 -Teores de Vanádio no solo cultivado com <i>Sesbania virgata</i>	118
Figura 36 -Teores de Zinco no solo cultivado com <i>Mimosa binucronata</i>	118
Figura 37 -Teores de Cobre no solo cultivado com <i>Mimosa binucronata</i>	118
Figura 38 -Teores de Cromo no solo cultivado com <i>Mimosa binucronata</i>	119
Figura 39 -Teores de Cobalto no solo cultivado com <i>Mimosa binucronata</i>	119
Figura 40 -Teores de Níquel no solo cultivado com <i>Mimosa binucronata</i>	119
Figura 41 -Teores de Chumbo no solo cultivado com <i>Mimosa binucronata</i>	120
Figura 42 -Teores de Bário no solo cultivado com <i>Mimosa binucronata</i>	120
Figura 43 -Teores de Vanádio no solo cultivado com <i>Mimosa binucronata</i>	120
Figura 44 -Teores de Zinco no solo cultivado com <i>Enterolobium contorsiliquum</i>	121
Figura 45 -Teores de Cobre no solo cultivado com <i>Enterolobium contorsiliquum</i>	121
Figura 46 -Teores de Cromo no solo cultivado com <i>Enterolobium contorsiliquum</i> ...	121
Figura 47 -Teores de Cobalto no solo cultivado com <i>Enterolobium contorsiliquum</i> ..	122
Figura 48 -Teores de Níquel no solo cultivado com <i>Enterolobium contorsiliquum</i>	122
Figura 49 -Teores de Chumbo no solo cultivado com <i>Enterolobium contorsiliquum</i> .	122
Figura 50 -Teores de Bário no solo cultivado com <i>Enterolobium contorsiliquum</i>	123
Figura 51 -Teores de Vanádio no solo cultivado com <i>Enterolobium contorsiliquum</i> ..	123
Figura 52 -Teores de Zinco no solo cultivado com <i>Acacia holosericea</i>	123
Figura 53 -Teores de Cobre no solo cultivado com <i>Acacia holosericea</i>	124
Figura 54 -Teores de Cromo no solo cultivado com <i>Acacia holosericea</i>	124
Figura 55 -Teores de Cobalto no solo cultivado com <i>Acacia holosericea</i>	124
Figura 56 -Teores de Níquel no solo cultivado com <i>Acacia holosericea</i>	125
Figura 57 -Teores de Chumbo no solo cultivado com <i>Acacia holosericea</i>	125
Figura 58 -Teores de Bário no solo cultivado com <i>Acacia holosericea</i>	125
Figura 59 -Teores de Vanádio no solo cultivado com <i>Acacia holosericea</i>	126
Figura 60 -Teores de Zinco no solo cultivado com <i>Clitoria fairchildiana</i>	126
Figura 61 -Teores de Cobre no solo cultivado com <i>Clitoria fairchildiana</i>	126
Figura 62 -Teores de Cromo no solo cultivado com <i>Clitoria fairchildiana</i>	127
Figura 63 -Teores de Cobalto no solo cultivado com <i>Clitoria fairchildiana</i>	127

Figura 64 -Teores de Níquel no solo cultivado com <i>Clitoria fairchildiana</i>	127
Figura 65 -Teores de Chumbo no solo cultivado com <i>Clitoria fairchildiana</i>	128
Figura 66 -Teores de Bário no solo cultivado com <i>Clitoria fairchildiana</i>	128
Figura 67 -Teores de Vanádio no solo cultivado com <i>Clitoria fairchildiana</i>	128
Figura 68 -Teores de Zinco no solo cultivado com <i>Schinus terebinthifolius</i>	129
Figura 69 -Teores de Cobre no solo cultivado com <i>Schinus terebinthifolius</i>	129
Figura 70 -Teores de Cromo no solo cultivado com <i>Schinus terebinthifolius</i>	129
Figura 71 -Teores de Cobalto no solo cultivado com <i>Schinus terebinthifolius</i>	130
Figura 72 -Teores de Níquel no solo cultivado com <i>Schinus terebinthifolius</i>	130
Figura 73 -Teores de Chumbo no solo cultivado com <i>Schinus terebinthifolius</i>	130
Figura 74 -Teores de Bário no solo cultivado com <i>Schinus terebinthifolius</i>	131
Figura 75 -Teores de Vanádio no solo cultivado com <i>Schinus terebinthifolius</i>	131
Figura 76 -Teores de Zinco no solo cultivado com <i>Mimosa pigra</i>	131
Figura 77 -Teores de Cobre no solo cultivado com <i>Mimosa pigra</i>	132
Figura 78 -Teores de Cromo no solo cultivado com <i>Mimosa pigra</i>	132
Figura 79 -Teores de Cobalto no solo cultivado com <i>Mimosa pigra</i>	132
Figura 80 -Teores de Níquel no solo cultivado com <i>Mimosa pigra</i>	133
Figura 81 -Teores de Chumbo no solo cultivado com <i>Mimosa pigra</i>	133
Figura 82 -Teores de Bário no solo cultivado com <i>Mimosa pigra</i>	133
Figura 83 -Teores de Vanádio no solo cultivado com <i>Mimosa pigra</i>	134
Figura 84 -Teores de Zinco no solo cultivado com <i>Mimosa tenuiflora</i>	134
Figura 85 -Teores de Cobre no solo cultivado com <i>Mimosa tenuiflora</i>	134
Figura 86 -Teores de Cromo no solo cultivado com <i>Mimosa tenuiflora</i>	135
Figura 87 -Teores de Cobalto no solo cultivado com <i>Mimosa tenuiflora</i>	135
Figura 88 -Teores de Níquel no solo cultivado com <i>Mimosa tenuiflora</i>	135
Figura 89 -Teores de Chumbo no solo cultivado com <i>Mimosa tenuiflora</i>	136
Figura 90 -Teores de Bário no solo cultivado com <i>Mimosa tenuiflora</i>	136
Figura 91 -Teores de Vanádio no solo cultivado com <i>Mimosa tenuiflora</i>	136
Figura 92 - Abertura de cava e retirada de planta.....	138
Figura 93 – Cava sob a espécie 1 (<i>Mimosa caesalpinifolia</i>)	140
Figura 94 – Cava sob a espécie 2 (<i>Mimosa pellita</i>).....	140
Figura 95 – Cava sob a espécie 4 (<i>Sesbania virgata</i>).....	141
Figura 96 – Cava sob a espécie 5 (<i>Mimosa bimucronata</i>)	141
Figura 97 – Cava sob a espécie 6 (<i>Enterolobium contorsiliquum</i>).....	142
Figura 98 – Cava sob a espécie 7 (<i>Acácia holosericea</i>)	142
Figura 99 – Cava sob a espécie 11 (<i>Acácia mangium</i>).....	143
Figura 100 – Cava sob a espécie 13 (<i>Clitoria fairchildiana</i>)	143
Figura 101 – Cava sob a espécie 17 (<i>Schinus terebinthifolius</i>).....	144
Figura 102 – Cava sob a espécie 20 (<i>Mimosa pigra</i>)	144
Figura 103 – Cava sob a espécie 21 (<i>Mimosa tenuiflora</i>)	145
Figura 104 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de <i>Mimosa caesalpinifolia</i>	147
Figura 105 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de <i>Mimosa pellita</i>	147
Figura 106 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de <i>Sesbania virgata</i>	148
Figura 107 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de <i>Mimosa bimucronata</i>	148
Figura 108 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de <i>E. contorsiliquum</i>	149
Figura 109 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de <i>Acacia holosericea</i>	149
Figura 110 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de <i>Acacia mangium</i>	150
Figura 111 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de <i>Clitoria fairchildiana</i>	150

Figura 112 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de <i>Schinus terebinthifolius</i>	151
Figura 113 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de <i>Mimosa pigra</i>	151
Figura 114 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de <i>Mimosa tenuiflora</i>	152
Figura 115 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de <i>Mimosa caesalpinifolia</i>	154
Figura 116 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de <i>Mimosa pellita</i>	155
Figura 117 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de <i>Sesbania virgata</i>	155
Figura 118 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de <i>Mimosa binucronata</i>	155
Figura 119 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de <i>Enterolobium contorsiliquum</i>	156
Figura 120 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de <i>Acacia holosericea</i>	156
Figura 121 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de <i>Acacia mangium</i>	156
Figura 122 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de <i>Clitoria fairchildiana</i>	157
Figura 123 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de <i>Schinus terebinthifolius</i>	157
Figura 124 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de <i>Mimosa pigra</i>	157
Figura 125 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de <i>Mimosa tenuiflora</i>	158
Figura 126 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de <i>Mimosa caesalpinifolia</i>	159
Figura 127 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de <i>Mimosa pellita</i>	159
Figura 128 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de <i>Sesbania virgata</i>	159
Figura 129 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de <i>Mimosa binucronata</i>	160
Figura 130 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de <i>Enterolobium contorsiliquum</i>	160
Figura 131 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de <i>Acacia holosericea</i>	160
Figura 132 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de <i>Acacia mangium</i>	161
Figura 133 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de <i>Clitoria fairchildiana</i>	161
Figura 134 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de <i>Schinus terebinthifolius</i>	161
Figura 135 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de <i>Mimosa pigra</i>	162
Figura 136 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de <i>Mimosa tenuiflora</i>	162
Figura 137 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de <i>Mimosa caesalpinifolia</i>	163
Figura 138 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de <i>Mimosa pellita</i>	163
Figura 139 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de <i>Sesbania virgata</i>	163
Figura 140 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de <i>Mimosa binucronata</i>	164
Figura 141 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de <i>Enterolobium contorsiliquum</i>	164
Figura 142 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de <i>Acacia holosericea</i>	164
Figura 143 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de <i>Acacia mangium</i>	165
Figura 144 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de <i>Clitoria fairchildiana</i>	165
Figura 145 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de <i>Schinus terebinthifolius</i>	165
Figura 146 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de <i>Mimosa pigra</i>	166
Figura 147 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de <i>Mimosa tenuiflora</i>	166
Figura 148 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de <i>Mimosa caesalpinifolia</i>	167
Figura 149 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de <i>Mimosa pellita</i>	167
Figura 150 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de <i>Sesbania virgata</i>	167
Figura 151 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de <i>Mimosa binucronata</i>	168
Figura 152 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de <i>Enterolobium contorsiliquum</i>	168
Figura 153 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de <i>Acacia holosericea</i>	168
Figura 154 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de <i>Acacia mangium</i>	169
Figura 155 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de <i>Clitoria fairchildiana</i>	169
Figura 156 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de <i>Schinus terebinthifolius</i>	169

Figura 157 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de <i>Mimosa pigra</i>	170
Figura 158 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de <i>Mimosa tenuiflora</i>	170
Figura 159 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de <i>Mimosa caesalpinifolia</i>	171
Figura 160 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de <i>Mimosa pellita</i>	171
Figura 161 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de <i>Sesbania virgata</i>	171
Figura 162 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de <i>Mimosa binucronata</i>	172
Figura 163 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de <i>Enterolobium contorsiliquum</i>	172
Figura 164 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de <i>Acacia holosericea</i>	172
Figura 165 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de <i>Acacia mangium</i>	173
Figura 166 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de <i>Clitoria fairchildiana</i>	173
Figura 167 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de <i>Schinus terebinthifolius</i>	173
Figura 168 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de <i>Mimosa pigra</i>	174
Figura 169 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de <i>Mimosa tenuiflora</i>	174
Figura 170 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de <i>Mimosa caesalpinifolia</i>	175
Figura 171 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de <i>Mimosa pellita</i>	175
Figura 172 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de <i>Sesbania virgata</i>	175
Figura 173 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de <i>Mimosa binucronata</i>	176
Figura 174 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de <i>Enterolobium contorsiliquum</i>	176
Figura 175 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de <i>Acacia holosericea</i>	176
Figura 176 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de <i>Acacia mangium</i>	177
Figura 177 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de <i>Clitoria fairchildiana</i>	177
Figura 178 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de <i>Schinus terebinthifolius</i>	177
Figura 179 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de <i>Mimosa pigra</i>	178
Figura 180 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de <i>Mimosa tenuiflora</i>	178
Figura 181 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> ...	179
Figura 182 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de <i>Mimosa pellita</i>	179
Figura 183 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de <i>Sesbania virgata</i>	179
Figura 184 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de <i>Mimosa binucronata</i>	180
Figura 185 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de <i>Enterolobium contorsiliquum</i>	180
Figura 186 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de <i>Acacia holosericea</i>	180
Figura 187 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de <i>Acacia mangium</i>	181
Figura 188 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de <i>Clitoria fairchildiana</i>	181
Figura 189 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de <i>Schinus terebinthifolius</i> ...	181
Figura 190 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de <i>Mimosa pigra</i>	182
Figura 191 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de <i>Mimosa tenuiflora</i>	182
Figura 192 - Teores de Bário em cava sob exemplar de <i>Mimosa caesalpinifolia</i>	183
Figura 193 - Teores de Bário em cava sob exemplar de <i>Mimosa pellita</i>	183
Figura 194 - Teores de Bário em cava sob exemplar de <i>Sesbania virgata</i>	183
Figura 195 - Teores de Bário em cava sob exemplar de <i>Mimosa binucronata</i>	184
Figura 196 - Teores de Bário em cava sob exemplar de <i>Enterolobium contorsiliquum</i>	184
Figura 197 - Teores de Bário em cava sob exemplar de <i>Acacia holosericea</i>	184
Figura 198 - Teores de Bário em cava sob exemplar de <i>Acacia mangium</i>	185
Figura 199 - Teores de Bário em cava sob exemplar de <i>Clitoria fairchildiana</i>	185
Figura 200 - Teores de Bário em cava sob exemplar de <i>Schinus terebinthifolius</i>	185
Figura 201 - Teores de Bário em cava sob exemplar de <i>Mimosa pigra</i>	186
Figura 202 - Teores de Bário em cava sob exemplar de <i>Mimosa tenuiflora</i>	186

Figura 203 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> ...	187
Figura 204 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de <i>Mimosa pellita</i>	187
Figura 205 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de <i>Sesbania virgata</i>	187
Figura 206 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de <i>Mimosa binucronata</i>	188
Figura 207 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de <i>Enterolobium contorsiliquum</i>	188
Figura 208 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de <i>Acacia holosericea</i>	188
Figura 209 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de <i>Acacia mangium</i>	189
Figura 210 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de <i>Clitoria fairchildiana</i>	189
Figura 211 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de <i>Schinus terebinthifolius</i> ...	189
Figura 212 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de <i>Mimosa pigra</i>	190
Figura 213 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de <i>Mimosa tenuiflora</i>	190
Figura 214 – Solo com e sem a presença de resíduos	192
Figura 215 - Teores de Cálcio em cavas	193
Figura 216 - Teores de Manganês em cavas	194
Figura 217 - Teores de Potássio em cavas.....	194
Figura 218 - Teores de Manganês em cavas	195
Figura 219 - Teores de Ferro em cavas	195
Figura 220 - Teores de Zinco em cavas.....	196
Figura 221 - Teores de Cobre em cavas	196
Figura 222 - Teores de Cromo em cavas.....	197
Figura 223 - Teores de Cobalto em cavas	197
Figura 224 - Teores de Níquel em cavas	198
Figura 225 - Teores de Cádmio em cavas	198
Figura 226 - Teores de Chumbo em cavas	199
Figura 227 - Teores de Molibdênio em cavas	199
Figura 228 - Teores de Bário em cavas	200
Figura 229 - Teores de Vanádio em cavas	200
Figura 230 – Amostragem de solo para avaliações complementares	202
Figura 231 – pH do solo	204
Figura 232 – Sulfatos e Cloretos no solo.....	204
Figura 233 – Condutividade elétrica no solo.....	205
Figura 234 – Macro e microporosidade em três diferentes cavas	206
Figura 235 – Retenção hidráulica – Cava E6	207
Figura 236 – Retenção hidráulica – Cava E13	207
Figura 237 – Retenção hidráulica – Cava E21	207

Índice de fotos

FOTO 1 - VISTA FRONTAL DA PARTE DO ATERRO DE SANTO AMARO (EM 02/98 - POSTERIORMENTE UTILIZADA COMO ÁREA EXPERIMENTAL)	37
FOTO 2 – VISTA AÉREA DO ATERRO DE SANTO AMARO (FOTO: BASE, 2000 APUD PMSP)	38
FOTO 3 - BAIRRO ONDE ESTÁ LOCALIZADO O ATERRO DE SANTO AMARO (EM 03/98 – VISÃO DA ÁREA VEGETADA)	38
FOTO 4 - ABERTURA DE CAVAS QUE ANTECEDEU AO PLANTIO.....	42
FOTO 5 – MUDAS SENDO PRODUZIDAS NOS VIVEIROS DA EMBRAPA/CNPAB	57
FOTO 6 – MARCAÇÃO DE PLANTIO COM O USO DE GABARITO	60
FOTO 7 – PLANTA VEGETANDO SOBRE DRENO DE GÁS	92

III Recuperação de aterros de resíduos sólidos urbanos

III.1 Introdução

O reuso de locais contendo aterros de resíduos sólidos urbanos (R.S.U.) depende de fatores peculiares a cada situação, mas é definido, principalmente, pelo valor social, econômico ou ecológico associado ao ambiente de inserção. Assim, de acordo com a demanda, estas áreas podem ser transformadas em: parques, estacionamentos, locais de cultivo agrícola, quadras, campos, complexos esportivos ou, ainda, serem ocupadas por prédios comerciais, industriais, etc. (O'LEARY & WALSH, 1992; EPA, 2001). A necessidade do reaproveitamento muitas vezes viabiliza empreendimentos que, em outras situações, seriam evitados pelo elevado custo associado à redução de riscos a saúde humana e ambiental. Entretanto, na maioria das vezes são preferidos usos que exigem intervenções técnicas mais simples e de menor custo, sendo comum à transformação destas áreas em locais vegetados, como é o caso de parques com fins ecológicos e/ou recreativos. Atende-se assim a demanda que é muito frequente nas comunidades, ao mesmo tempo em que se estabelecem ganhos do ponto de vista ambiental (DECISIÓN, 1982; TCHOBANOGLIOUS et al., 1994; FEAM, 1995; CALIFORNIA, 1999).

A vegetação de aterros de resíduos sólidos urbanos pode ter como objetivo a restauração do ambiente, com a recuperação da forma original do ecossistema, ou seja, a sua estrutura original, dinâmica e interações biológicas. Envolve assim a naturalização do local, que deve reproduzir a paisagem de contorno e características do solo e das comunidades vegetais. Com isto a área se integra à circunvizinhança, passando a interagir com as comunidades da flora e fauna locais. Entretanto, existe grande discordância de autores quanto ao uso da palavra “restauração”, visto que sugere, conceitualmente, que uma área restaurada deveria passar a ter as mesmas características que antecederam a degradação. Seguindo a este raciocínio, não seria possível restaurar uma área aterrada com R.S.U., pois a própria presença dos resíduos impediria o retorno à condição original. Apesar disto vários autores e agências ambientais adotam o uso do termo. Este é o caso do governo da Califórnia (CALIFORNIA, 1999), segundo o qual a restauração ambiental é caracterizada pela detalhada reconstrução dos seguintes elementos:

- topografia;
- geomorfologia local;
- solo;
- superfície hidrológica;
- espécies - diversidade e distribuição de plantas nativas.

Outro possível objetivo seria a reabilitação ambiental, com a busca da formação de ecossistema com objetivos econômicos ou ambientais, a qual pode ser dividida em (MAJER, 1989):

- Condicional - onde o homem interfere para aumentar ou agir contra fenômenos naturais (manejos de florestamentos comerciais e pastagens).
- Auto-sustentável - manejo de uma área até atingir um ponto em que a ação do homem não seja mais necessária. Neste caso, os ciclos de nutrientes são fechados e os componentes da biota apresentam-se em razoável equilíbrio (exemplo disto é uma floresta com vegetação nativa, dedicada à manutenção da vida selvagem).

Vegetais também podem ser utilizados como complemento a projetos, estando presentes no entorno de construções, nas vias de circulação, ao longo de passeios, nos canteiros centrais, assim como em estacionamentos. Plantas arbóreas e arbustivas valorizam a paisagem, atuam na minimização dos raios solares (protegendo os transeuntes e veículos) e auxiliam na redução da erosão em locais inclinados. Além disto, promovem a integração de estruturas (estufas, galpões, etc.) com o ambiente, podendo ser usadas como proteção, complementação, revestimento ou, ainda, funcionar como sinalização viva (BRANDÃO & BRANDÃO, 1992).

III.2 O uso de espécies arbóreas e arbustivas

Em projetos de vegetação de aterros de R.S.U., é muito comum o uso de gramíneas de pequeno porte, pois sua aplicação resulta em bom efeito visual e auxilia na redução da erosão superficial, motivo pelo qual, costuma ser exigida por órgãos ambientais. Além disto, são importantes em projetos que buscam a formação de áreas destinadas à prática de esportes (por exemplo, golfe e futebol) e têm custo de implantação relativamente baixo em relação a outras opções de vegetação. Contribui para isto o sistema radicular fasciculado que, por seu crescimento geralmente pouco profundo, permite cultivo em camada de solo agrícola com espessura inferior àquela exigida por outros tipos de plantas. Assim, basta o acréscimo de uma pequena camada de solo agrícola sobre a barreira final de cobertura para evitar o contato das raízes com gases, resíduos e, se for o caso, com geosintéticos utilizados em coberturas compostas.

O uso de plantas de porte arbóreo e arbustivo é bem menos comum e traz a necessidade de maiores cuidados e preocupação ambiental. Apesar disto, vem sendo gradativamente ampliado, pois se integra a várias práticas de recuperação¹ ambiental, onde oferece vários tipos de vantagens, entre elas:

- **Aumento do conforto ambiental**

A presença e adequada disposição de espécies vegetais de médio e grande porte, pode resultar em melhorias de ordem física (aumento do conforto térmico, proteção contra ventos, etc.), visual (criação de belas composições paisagísticas e formação de barreiras à percepção de áreas com impacto visual negativo), auditiva (formação de barreiras acústicas) e psicológica (benefícios advindos da interação e contato com a natureza).

- **Possibilidade de abrigo e suporte ao desenvolvimento de várias espécies da fauna e flora (inclusive endêmicas e raras)**

A vegetação com espécies diferenciadas, tende a aumentar a biodiversidade local, favorecida pelo fornecimento de abrigo e alimento para várias espécies de animais, vegetais, insetos e microrganismos.

- **Desenvolvimento de atividade produtiva**

Apesar da possibilidade e do cultivo de produtos vegetais destinados à alimentação humana, diretamente sobre o solo de cobertura de aterros de R.S.U., este

¹ A palavra recuperação será utilizada no presente trabalho com base na definição de MAJER (1989), segundo a qual, representa um termo genérico que cobre todos os aspectos de qualquer processo que visa à obtenção de uma nova utilização para a área degradada.

tipo de uso muitas vezes não é permitido ou recomendado, devido aos riscos associados à possibilidade da produção de alimentos insalubres. Existem, entretanto, cultivos com outras finalidades que trazem menor risco direto e que, por este motivo, possuem melhor aceitação por órgãos ambientais e pela população em geral. Este é o caso, por exemplo, da produção de madeiras, fibras, resinas, óleos não alimentícios e flores.

- **Melhoria da qualidade do ar**

Árvores e arbustos podem reter particulados presentes no ar e, principalmente durante seu crescimento, imobilizar nos tecidos gás carbônico presente na atmosfera, auxiliando na redução do chamado “efeito estufa²”. Além disto, são capazes de promover a biorremediação de vários compostos tóxicos presentes no ar (WOLVERTON et al, 1984; WOLVERTON et al, 1989; CORNEJO & MUNOZ, 1997), o que inclui alguns compostos que podem ser formados durante a degradação dos resíduos.

- **Redução da erosão e aumento da estabilidade do solo**

Segundo GUIDICINI e NIEBLE (1983) e conforme enumeração a seguir, existem diversos componentes da cobertura florestal cuja atuação específica traz vantagens no aumento da estabilidade e controle da erosão, sendo estes benefícios assim explicados:

1 - O conjunto das copas e demais partes aéreas da floresta atua de três modos principais:

- a) Interceptando e defendendo o maciço da ação dos raios solares, dos ventos e da chuva. Os efeitos diretos desta proteção ocorrem no sentido de evitar bruscas variações na umidade e temperatura do solo da encosta, com claras vantagens do ponto de vista da estabilidade e controle da erosão.
- b) Retendo substancial volume de água da chuva, através do molhamento da ampla superfície de folhagem, galhos, troncos e epífitas associadas. A eliminação na forma de vapor da água retida na superfície destes tecidos

² O gás carbônico (cuja concentração na atmosfera vem gradativamente aumentando, devido principalmente à queima de combustíveis fósseis) é um dos principais causadores do chamado “efeito estufa”. O fenômeno é apontado pela maioria da comunidade científica, como responsável pelo crescente aquecimento do planeta, surgindo como causa de uma série de desastres ambientais, que são sentidos no presente e, caso não sejam tomadas as devidas providências, deverão ampliar-se no futuro.

equivale, na prática, a uma redução de igual volume na pluviosidade da área, se considerado o volume de água que atinge o terreno³.

- c) Eliminando, na forma de vapor, grande volume da água excedente do metabolismo vegetal por meio da evapotranspiração. A parcela da água de infiltração assim subtraída reduz ao volume efetivamente infiltrado no maciço.

2 - Os detritos vegetais, em contínua acumulação no terreno de floresta, atuam hidraulicamente sob três modalidades principais:

- a) Imobilizando boa parte da água que atinge o terreno, através de sua alta capacidade de retenção, sendo este efeito tanto mais significativo quanto mais espessa for a camada.
- b) Promovendo, juntamente com o sistema radicular de desenvolvimento superficial, o escoamento hipodérmico, graças à sua estrutura acamada, resultante da suave deposição de fragmentos planares e alongados.
- c) Diminuindo a velocidade do escoamento superficial e, em condições de máxima pluviosidade, permitindo assim a adução desta parcela de água para o regime de escoamento hipodérmico, evitando os efeitos erosivos que poderiam comprometer a estabilidade. Nesta atuação, a camada de detritos alia-se à presença dos troncos e porções superficiais de raízes reptantes e tabulares.

3 - O sistema radicular promove a estabilização das encostas atuando sob dois aspectos principais, mecânico e hidráulico:

- a) O aspecto mecânico pode se manifestar diretamente, através do estabelecimento de escoamento hipodérmico, que desvia e/ou reduz a intensidade da infiltração efetiva no maciço. Indiretamente, como parte da ação biológica, o sistema promove a sucção, com dois efeitos benéficos: criando pressões neutras negativas, que aumentam a coesão do solo e subtraindo parte da água destinada à infiltração efetiva no maciço.

Mas, apesar de todos os benefícios anteriormente descritos, a implantação de espécies de porte arbóreo e arbustivo em aterros de R.S.U., não é tão simples como muitas vezes parece. Para este tipo de cultivo existem características que podem ser

³ A superfície específica existente em uma planta pode ser muito maior do que a superfície específica do solo sob a copa desta mesma planta.

tratadas de forma semelhante à agricultura tradicional, não exigindo o uso de práticas diferenciadas, o que ocorre em relação a fatores físicos como: inclinação do terreno, exposição (quantidade de luz e calor recebidos) e escoamento de água. Outras características, entretanto, são particulares de aterros de R.S.U., sendo resultado de efeitos mecânicos e de processos biológicos, químicos e físicos, determinados pela forma de construção, composição dos resíduos e por interações da massa de resíduos com o ambiente. Este é o motivo da existência de grandes variações entre aterros, o que permite efetuar afirmações globais, mas não genericamente válidas, sobre depósitos de lixo como local de cultivo (KONOLD & ZELTNER, 1983).

Alguns dos fatores e condições capazes de dificultar ao estabelecimento e desenvolvimento de plantas são (GILMAN et al., 1981; TCHOBANOGLIOUS et al., 1994):

- toxicidade pelos gases gerados no interior do aterro;
- solos pobres em nutrientes e com limitada capacidade de troca catiônica (CTC);
- compactação do solo de cobertura;
- altas temperaturas no solo;
- ocorrência de recalques diferenciais;
- toxicidade pela presença de metais;
- saturação do solo de cobertura (drenagem deficiente);
- pequena espessura do solo de cobertura;
- salinidade do solo de cobertura⁴.

Além disto, existem riscos e problemas freqüentemente associados ao cultivo de plantas detentoras de raízes profundas, sendo encontradas na literatura inferências como:

- A presença das raízes superficiais e da serapilheira, diminui a velocidade da drenagem superficial da barreira, podendo aumentar a infiltração de água.
- Raízes podem transpassar a capa de solo, danificando a integridade da barreira de cobertura.

⁴ Muito comum em aterros onde o chorume foi recirculado sobre a camada de cobertura ou onde foi efetuada irrigação com água de qualidade inadequada (item não citado pelos autores referenciados).

- A decomposição de raízes mortas pode formar canais que servem de conduto para a entrada de água e saída de gás, prejudicando a selagem do aterro.
- A atuação das raízes na retirada de água pode ocasionar secagem diferencial da barreira, contribuindo para formar rachaduras (quanto mais argiloso o solo, maior a probabilidade de ocorrência deste efeito).
- Árvores arrancadas com a raiz, como é o caso de árvores tombadas, podem deixar depressões onde há acúmulo de água, facilitando sua percolação.
- Raízes podem absorver substâncias químicas existentes nos resíduos, sendo estas transportadas para a parte aérea e posteriormente depositadas sobre a superfície do solo com a queda de folhas, ramos, frutos, etc.
- Raízes podem aumentar taxas de decomposição e produzir exsudatos capazes de mobilizar metais tóxicos, aumentando o risco ambiental.
- A presença vegetal propicia aumento da microvida do solo, cuja atuação pode, com o tempo, modificar características do solo utilizado como capa de cobertura, aumentando sua permeabilidade e reduzindo a eficácia como barreira.

A vegetação pode criar condições para a formação de habitat propício a animais que escavam o solo e que podem causar danos a capa de cobertura.

IV Revisão bibliográfica

IV.1 Planejamento de reuso e vegetação de aterros de R.S.U.

IV.1.1 O plano de vegetação

Por existirem várias particularidades e dificuldades associadas à recuperação de aterros de R.S.U., a estratégia de vegetação deve, preferencialmente, partir da fase de projeto do aterro, estando inclusa no plano de fechamento e reuso da área. Respalda-se assim em planejamento que, além de atender as legislações e obedecer as exigências de agências e órgãos ambientais, pode se direcionar o atendimento a demandas e anseios da circunvizinhança e influir na estruturação geotécnica do empreendimento. A proposta, entre vários outros itens, deve contemplar a infra-estrutura necessária ao desenvolvimento dos trabalhos de manutenção e acompanhamento técnico (prédios, equipamentos, etc.), assim como, prever gastos com insumos e mão-de-obra correlacionados a práticas como: capina, roçada, poda, adubação, irrigação, controle de

pragas e doenças, etc. Com este objetivo, o documento deve contemplar informações como:

- Disposição e configuração da camada final de cobertura.
- Descrição e disposição de células de plantio (se houver).
- Número de plantas e espécies vegetais a serem utilizadas.
- Forma de plantio.
- Conjuntos vegetais com funções específicas, como: barreiras verdes, ilhas de vegetação⁵, etc.
- Abrigos destinados a equipamentos para limpeza, irrigação, tratos culturais, etc.
- Sistema de irrigação (caso necessário).
- Manutenção periódica da área vegetada.

Durante o estabelecimento e funcionamento do aterro, o projeto de reuso deve, periodicamente, sofrer avaliações e, se necessário, ser reestruturado. Desta forma, dados obtidos durante a operação e o monitoramento, podem balizar decisões referentes a correções/adequações, existindo a oportunidade do atendimento de novas demandas sociais, tecnológicas e ou legislativas.

IV.1.2 Aspectos de influência e considerações

Além dos vários aspectos geotécnicos envolvidos na estruturação do reuso, existem fatores econômicos, sociais e ambientais que, particulares a cada caso, influenciam nos objetivos e na forma de recuperação de aterros de R.S.U. Entretanto, as diferenças existentes são muitas vezes ignoradas, sendo comum encontrar tecnologias criadas para a realidade de alguns países, servindo como modelo para vários outros de situação muito distinta. Como resultado disto, apresentam-se problemas que envolvem inadequações e dicotomias, evidenciando a má aplicação e gestão de recursos e tecnologias.

⁵ Ilhas de vegetação são locais destinados ao cultivo de espécies de maior porte e que por este motivo destacam-se dentro do aterro. Sua formação é possibilitada pela não disposição de resíduos em alguns pontos do aterro ou pela disposição apenas de inertes, formando locais livres dos problemas decorrentes da presença dos resíduos. Também podem resultar de preparo especial da camada de cobertura, que recebe maior espessura de solo em alguns pontos, formando “morrotes” para plantio (TCHOBANOGLOUS et al., 1994).

Intervenções voltadas a redução de riscos futuros, representam significativos gastos necessários ao pós-fechamento e incluem o preparo para implantação vegetal. A estruturação necessária segue as leis e recomendações técnicas que, atualmente, buscam o máximo isolamento do sistema radicular em relação aos resíduos. Neste sentido, a necessidade da separação do solo cultivado, daquele utilizado como barreira é preceito utilizado por grande parte dos países considerados como desenvolvidos⁶ pois, além de resguardar a segurança ambiental, facilita o cultivo, já que a vegetação deixa de receber a influência perniciosa de fatores ambientais ligados à decomposição dos resíduos. Além disto, o procedimento permite o estabelecimento de certo grau de padronização, evitando o desgaste de agências ambientais com o aprofundamento de estudos aplicados caso a caso e favorecendo o uso de recomendações mais genéricas e simplificadas. Com isto fica facilitado o trabalho de órgãos públicos, que passam a utilizar parâmetros pré-estabelecidos tanto na análise como no acompanhamento de projetos.

A forma e a estruturação das células de cultivo dependem do entendimento de órgãos governamentais e de agências ambientais, assim como das características do sistema radicular e da distribuição das plantas a serem cultivadas. Espécies com sistema radicular de maior porte exigem uso de solo com maior profundidade, dificultando a realização de cultivos extensivos, pois estes decorrem em elevado custo com a formação de barreiras e disposição de grande volume de solo agrícola. Assim, é muito comum encontrar projetos onde opta-se pelo cultivo individual ou em pequenos grupos de plantas, com a formação de locais que, isolados por barreiras e drenos, funcionam de forma semelhante a vasos ou caixas, onde o solo de cultivo fica separado do restante da cobertura.

Apesar de terem seu uso justificado por resguardarem de forma preventiva a saúde ambiental, práticas de vegetação baseadas nestes preceitos estão, pelo elevado custo e/ou desconhecimento dos riscos envolvidos, restritas a alguns poucos países, existindo grande número de áreas de disposição de R.S.U., em que vegetais se desenvolvem sem qualquer tipo de controle ou proteção. A situação, que predomina em países mais pobres, representa um grande desafio quanto a criação de alternativas que viabilizem o uso destas áreas, pois a dinâmica da poluição envolvida ainda é pouco

⁶ O presente trabalho cita o grau de desenvolvimento de um país tendo como referência a classificação efetuada pelo PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), baseando-se no Relatório de Desenvolvimento Humano de 2003 (PNUD, 2003).

conhecida, o que dificulta a elaboração de propostas alternativas aos modelos atualmente utilizados.

IV.1.3 Importância da origem e tratamento dos resíduos

Países considerados como desenvolvidos no tratamento de R.S.U. possuem, em geral, alto índice de desenvolvimento humano, investem no aprimoramento de tecnologias de tratamento e fazem grande uso de combustão controlada (incineração ou pirólise), reduzindo o volume de resíduos a serem dispostos sobre o solo. Caracterizam-se também pela cultura da separação de recicláveis e busca da minimização da produção de resíduos, com a responsabilização de seus produtores. Se comparados a países menos desenvolvidos e industrializados, produzem R.S.U. com menores teores de material orgânico putrescível, cujo principal componente são os restos alimentares (vide tabelas 1 e 2). Este fato está principalmente correlacionado ao maior uso de alimentos industrializados, que são preparados fora das residências e adquiridos em porções próximas ao consumo pretendido, gerando menores sobras. Além disto, a adoção de coleta seletiva e uso de técnicas de compostagem e pré-tratamento (muitas vezes com aproveitamento energético), decorrem em redução ainda maior dos percentuais de orgânicos a serem dispostos em aterros.

A menor quantidade de resíduos orgânicos traz economia no transporte e disposição, já que estes materiais deixam de ocupar espaço em meio a outros resíduos, além de ganhos ambientais decorrentes da reciclagem. A operacionalização do uso da área de disposição também é beneficiada, pois não é necessário esperar pela ocorrência de substancial parcela da compressão secundária⁷, para completar volumes e atingir a conformação final calculada para o maciço de disposição. Este fato decorre na possibilidade do mais rápido reuso da área, sendo a implantação de projetos de recuperação também favorecida pela menor possibilidade da ocorrência de recalques diferenciais, assim como pela menor presença de gases, vapores e líquidos, decorrentes da decomposição de putrescíveis. Com isto são viabilizados projetos mais simples e de mais fácil operacionalização/manutenção, resultando em significativa economia nos custos.

⁷ Fase do recalque correspondente à deformação lenta dos componentes dos R.S.U., acompanhada da degradação biológica. Leva décadas e representa a maior parcela do recalque total, podendo representar perda de até 25% da altura inicial de um aterro (WALL & ZEISS, 1995).

Em função destes benefícios, vários países da União Europeia fixaram normas que obrigam a redução do aporte de orgânicos em aterros, proibindo a disposição de resíduos que contenham mais de 5% de matéria orgânica putrescível e obrigando ao uso de pré-tratamento (vide tabela 3). Neste sentido, apesar do limite de 5% ser atualmente alcançado apenas por alguns poucos países, a crescente adoção do uso de pré-tratamento do tipo mecânico-biológico, vem permitindo a obtenção de teores entre 10 e 18% de putrescíveis nos resíduos a serem dispostos (CER, 2000), o que, frente ao atual cenário mundial, representa significativo avanço.

Tabela 1- Alguns componentes putrescíveis, recicláveis e combustíveis do lixo municipal urbano.

COMPONENTES	PUTRESCÍVEL	RECICLÁVEL	COMBUSTÍVEL
Borracha		X	X
Couro	X		X
Madeira	X	X	X
Matéria org. putrescível	X		
Metais ferrosos		X	
Metais não-ferrosos		X	
Papel	X	X	X
Papelão	X	X	X
Plástico duro		X	X
Plástico mole		X	X
Trapos		X	X
Vidro		X	

Fonte: CEMPRE/IPT (1995)

Tabela 2 - Distribuição típica dos componentes dos resíduos sólidos urbanos em países com diferentes níveis de industrialização

Componentes Orgânicos	Faixas de % em peso		
	Baixa industrialização	Média industrialização	Alta industrialização
Restos de alimentos	40 – 85	20 - 65	6 – 30
Papéis e papelão	1 – 10	8 – 30	20 – 45
Plástico	1 – 5	2 – 6	2 – 6
Tecidos	1 – 5	2 – 10	0 – 2
Couro e borracha	1 – 5	1 – 4	10 – 20
Madeira	1 – 5	1 – 10	1 – 4
Componentes Inorgânicos	Baixa industrialização	Média industrialização	Alta industrialização
Vidros	1 – 10	1 – 10	4 – 12
Latas	1 – 5	1 – 5	0 – 1
Alumínio	1 – 5	1 – 5	1 – 4
Outros metais	1 – 40	1 - 30	0 – 10

Fonte: TCHOBANOGLOUS (1993)

Tabela 3 – Limitações/proibições para disposição de componentes dos R.S.U. em aterros da União Européia e obrigatoriedade do uso de pré-tratamento.

Países	Limitação da disposição de matéria orgânica ao máximo de 5%	Proibição da disposição de recicláveis	Proibição da disposição de combustíveis	Obrigaçao do uso de pré-tratamento mecânico-biológico
Alemanha	X	X	X	X
Áustria	X	X	X	X
Bélgica	X	X	X	X
Dinamarca	X	X	X	-
França	X	X	X	X
Holanda	X	X	X	X
Itália	X	X	X	X
Suécia	X	X	X	X
Finlândia	X	X	-	X
Reino Unido	X	-	-	X
Espanha	-	-	-	-
Grécia	-	-	-	-
Irlanda	-	-	-	-
Portugal	-	-	-	-
Luxemburgo	-	-	-	-

Fonte: CER (2000)

IV.1.4 Impactos ambientais relacionados à disposição inadequada

O grau de desenvolvimento no tratamento de R.S.U. varia muito entre países e pode ser diferente mesmo dentro de uma mesma região ou localidade, impossibilitando generalizações. Apesar disto, é considerado baixo em grande parte do planeta, refletindo a falta de serviços básicos de saneamento em países mais pobres⁸. O fato dos resíduos produzidos em países menos desenvolvidos apresentarem elevado teor de material orgânico putrescível, aumenta ainda mais o risco ambiental de sua disposição indiscriminada, sendo fator correlacionado a degradação da saúde humana em países já afetados pelas agruras da pobreza.

A disposição inadequada e a riqueza dos R.S.U. em orgânicos putrescíveis propiciam a elevada produção e dispersão de chorume, que é veículo para vários patógenos e poluentes, entre os quais vários metais e xenobiontes tóxicos. Com isto solo e aquíferos podem ser contaminados e, além disto, seu aporte em cursos e depósitos

⁸ Indicadores apresentados pelo Programa das Nações Unidas (PNUD, 2003 – dados do ano 2000), mostram que apenas 51% da população de países considerados como de baixo e médio IDH, tiveram acesso a adequado serviço de saneamento.

superficiais de água, pode promover a depreciação do oxigênio dissolvido, com conseqüente morte de organismos e modificação do equilíbrio biológico local. O impacto é de factível ocorrência, tanto pelo enriquecimento do corpo hídrico por material orgânico passível de decomposição (cuja degradação seqüestrará oxigênio), como pelo aumento da concentração de nutrientes vegetais (promotores do fenômeno de eutrofização), tendo magnitude que dependerá de características do chorume, do volume de aporte e da dinâmica dos fatores climático-ambientais atuantes no local.

A falta de estrutura e planejamento na disposição de resíduos, também pode gerar impactos e riscos associados à produção de gases e de voláteis (vide tabela 4). Este é o caso da liberação na atmosfera do gás metano, um dos principais causadores do “efeito estufa”, assim como vários outros compostos tóxicos ou suspeito de toxicidade. A presença destes poluentes representa risco a saúde dos freqüentadores do local, da circunvizinhança e de populações, que habitam áreas de aporte por transporte atmosférico. Além disto o gás metano é também combustível e inflamável e quando não adequadamente drenado e contido, pode migrar por caminhos preferenciais (como, por exemplo, sistemas subterrâneos de escoamento de águas) e propiciar a ocorrência de incêndios e explosões.

A disposição indiscriminada de R.S.U., também cria nichos ecológicos que favorecem a presença, e desenvolvimento pernicioso, de populações de alguns animais e insetos. Este é o caso de vetores de doenças, como: mosquitos, moscas e ratos; assim como de pássaros, como: urubus e garças, que, ao freqüentarem aterros próximos a aeroportos, trazem ameaça a segurança do pouso e decolagem de aeronaves. A presença de animais silvestres (pássaros, lagartos, preás, abelhas, cupins, etc.) e domésticos (porcos, cabras, vacas, cavalos galinhas e cães), também pode ser freqüentemente observada, assim como a presença de pessoas que em muitos destes locais buscam materiais recicláveis e/ou alimentos. Dentro deste contexto, além do risco de acidentes e do contágio por microrganismos e parasitas veiculados nos resíduos, ocorre o contato com diversos tipos de compostos e substâncias tóxicas, algumas das quais passíveis de bioacúmulo em cadeias alimentares. A exposição pode ocorrer pela ingestão de orgânicos presentes nos resíduos, consumo de vegetais que se desenvolvem em solo contaminado, consumo e/ou uso de água poluída por chorume (banho, irrigação, etc.) ou, ainda, pelo contato e inalação de gases e/ou partículas provenientes da decomposição ou queima dos resíduos.

A composição variada e as muitas vias de dispersão resultam em complexa dinâmica ambiental, como mostra a transcrição a seguir: “Uma vez liberada, uma substância química pode entrar na atmosfera, na litosfera, na hidrosfera ou na biosfera por diferentes mecanismos. Pode sair da água por volatilização e um contaminante transportado pelo ar pode movimentar-se para a fase aquosa por dissolução. Outra situação pode ser um contaminante presente no solo que entra na água por um processo de dessorção. Os contaminantes na água também podem ser adsorvidos sobre às partículas do solo. Ou um contaminante do solo pode ser transportado para o ar circundante pelo processo de volatilização, dependendo da pressão de vapor da substância química e de sua afinidade com o solo” (FERNICOLA et al., 2003). Quando contaminantes são incorporados às cadeias tróficas, os impactos decorrentes de sua dispersão podem ter raio muito maior do que permite a percepção local. Este fato é especialmente preocupante no caso de poluentes ambientalmente persistentes, que podem ser bioacumulados e/ou biomagnificados. Neste sentido, a contribuição dos aterros pode se somar a de outras fontes de poluição, provocando impactos de difícil, ou mesmo impossível, correlação e quantificação.

Tabela 4 - Concentrações de compostos orgânicos encontrados em amostras de gás provenientes de 66 aterros de R.S.U. existentes no estado da Califórnia.

Composto	Concentração ppbV (partes por bilhão em volume)	
	Média	Máxima
Acetona	6.838	240.000
Benzeno	2.057	39.000
Clorobenzeno	82	1.460
Clorofórmio	245	12.000
1,1-Dicloroetano	2.801	36.000
Diclorometano	25.694	620.000
1,1-Dicloroetano	130	4.000
Clorodietileno	2.835	20.000
trans-1,2-Dicloropropano	36	850
Etilbenzeno	7.334	87.500
Metil-etil-cetona	3.092	130.000
1,1,1-Tricloroetano	615	14.500
Tricloroetileno	2.079	32.000
Tolueno	34.907	280.000
1,1,2,2-Tetracloroetileno	246	16.000
Tetracloroetileno	5.244	180.000
Cloreto de vinila	3.508	32.000
Estirenos	1.517	87.000
Acetato de vinila	5.663	240.000
Xileno	2.651	38.000

Fonte: CALIFORNIA (1988)

IV.1.5 Situação brasileira

Segundo dados apresentados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o Brasil vem obtendo significativas melhorias no tratamento de R.S.U. (vide tabela 5).

Tabela 5- Destinação final de R.S.U. no Brasil ⁹

Ano	Quantidade de lixo coletado, por tipo de destino final				
	Total (t/dia)	Adequado		Inadequado	
		Total (t/dia)	%	Total (t/dia)	%
1989	96 287	27 754	28,8	68 533	71,2
2000	228 413	92 487	40,5	135 926	59,5

Fonte: IBGE, 2002 (dados referentes ao ano de 2000).

Mas, apesar dos avanços, continuam predominando formas inadequadas de disposição dos R.S.U., havendo regiões onde a quase totalidade dos resíduos é disposta de forma ambientalmente incorreta. Este é o caso da região Norte, onde apenas 13,27% dos R.S.U. produzidos, foram dispostos em aterros sanitários durante o ano 2000 (vide tabela 6). Além disto, a distribuição de tratamentos entre municípios é muito desigual, pois a maioria dos aterros sanitários atende a grandes cidades, não ilustrando a realidade vivida pelos pequenos e médios municípios. É isto o que mostram os dados publicados pelo IBGE para o ano 2000 que, apresentados nas tabelas 7 e 8, permitem observar que das 11.367 unidades de disposição (existentes em 8381 distritos detentores de serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo), 7.924 (69,71%) utilizavam formas de disposição consideradas como ambientalmente inadequadas.

⁹ O Instituto considera como sendo destino adequado a disposição em aterros sanitários, o encaminhamento a estações de triagem/reciclagem/compostagem e a incineração através de equipamentos e procedimentos próprios para este fim. Por destino final inadequado, compreende-se o lançamento, sem tratamento, em vazadouros a céu aberto, vazadouros em áreas alagadas ou em locais não fixos; assim como a queima a céu aberto sem nenhum tipo de equipamento. A disposição do lixo em aterros controlados, também foi considerada inadequada, pois o chorume não tem adequado controle neste tipo de destino.

Tabela 6 – Percentual das diferentes formas de destinação de R.S.U. por grandes regiões brasileiras

Grandes regiões	Total nacional	Percentual da destinação diária do lixo de cada região								
		Vazadouro a céu aberto	Vazadouro em áreas alagadas	Aterro controlado	Aterro sanitário	Estação de compostagem	Estação de triagem	Incineração	Locais não-fixos	Outra
Norte	4,85	56,74	0,51	28,32	13,27	0,05	-			1,12
Nordeste	18,19	48,23	0,11	14,61	36,17	0,18	0,22	0,05	0,31	0,12
Centro-Oeste	6,26	21,90	0,06	32,77	38,84	4,80	0,54	0,18	0,73	0,19
Sudeste	62,00	9,71	0,06	46,50	37,10	3,84	0,89	0,67	0,55	0,67
Sul	8,70	25,72	0,18	24,32	40,48	1,75	4,19	0,15	0,60	2,60
Brasil	100	21,16	0,10	37,03	36,18	2,87	0,99	0,45	0,54	0,69

Fonte: IBGE, 2002 (dados referentes ao ano 2000).

Tabela 7 – Disposição em distritos com serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo no Brasil

Unidades de destinação final nos 8381 distritos onde existe coleta de lixo							
Vazadouro a céu aberto	Vazadouro em áreas alagadas	Aterro controlado	Aterro sanitário	Aterro de resíduos especiais	Usina de compostagem	Usina de reciclagem	Incineração
5 993	63	1 868	1 452	810	260	596	325

Fonte: IBGE, 2002 (dados referentes ao ano 2000)

IV.1.6 Características relevantes para o Brasil

Intervenções simples e de baixo custo são desejáveis na recuperação de aterros de R.S.U., especialmente em países considerados como de baixo e médio desenvolvimento, onde recursos técnicos e financeiros geralmente são escassos. Apesar disto, nem sempre existem tecnologias que priorizam a esta demanda, visto que a maior parte das metodologias atualmente disponíveis têm por origem países desenvolvidos, que investiram em pesquisas voltadas ao atendimento de legislações e exigências particulares.

No Brasil as significativas melhorias obtidas no tratamento dos R.S.U. e as perspectivas futuras da realização de remediações associadas à presença de mais de 10.000 áreas de vazadouros (IBGE, 2002 – dado referente ao ano de 2000), sinalizam a clara necessidade do desenvolvimento de conhecimentos e tecnologias voltados às necessidades do país. Neste sentido, o uso de vegetação na recuperação de aterros é

opção de grande viabilidade, sendo prática já consagrada em vários países (E.U.A., Itália, Japão - entre outros). Além disto, existem no Brasil condições bastante favoráveis ao processo, pois o país possui território com 8,5 milhões de km² onde ocorre grande incidência de radiação solar e, em sua maior parte, boa disponibilidade hídrica e condições climáticas que permitem o desenvolvimento vegetal durante todo, ou praticamente todo, o ano. Também conta com a mais diversificada flora do mundo, com número superior a 55 mil espécies descritas, ou seja, 22% de todas as espécies do planeta (MMA, 2003), o que representa enorme reserva de fenogênótipos passíveis de serem testados, além de biomas com incrível capacidade de resiliência, o que facilita a processos de colonização natural. Apesar de tudo isto, na grande maioria dos aterros brasileiros, o uso de vegetação vem sendo restrito à aplicação de gramíneas, ignorando-se a várias outras possibilidades que poderiam gerar maiores benefícios ao ambiente e a sociedade.

É interessante observar, que o estabelecimento de uma única cultura vegetal não condiz com a tendência natural de evolução ecológica, sendo o motivo do aparecimento das popularmente conhecidas “invasoras”, “pragas” ou “ervas daninhas”. Estas plantas, apesar de indesejáveis para a situação estabelecida pelo homem podem, sob um ponto de vista mais abrangente, serem vistas como pioneiras que, ao se estabelecerem, fornecem condições necessárias à colonização da área por várias outras espécies, alavancando o aumento da riqueza biológica e da entropia local. Ou seja, quando o homem se ausenta a natureza passa a buscar a recuperação do local através do aumento de sua riqueza biológica e energética. Nos trópicos, e em especial no Brasil, observa-se grande velocidade na colonização natural de muitas áreas degradadas, existindo, em relação a países de clima frio ou temperado, vantagens quanto a recuperação ambiental pela rápida recomposição natural. Por este motivo, é comum encontrar depósitos de resíduos abandonados sendo colonizados por plantas de espécies bastante diversas, com interações e impactos ambientais ainda pouco conhecidos. O assunto apresenta grande demanda investigativa, pois além das muitas espécies colonizadoras, a vegetação tropical possui numerosa, intensa e pouco conhecida interação com microrganismos, característica que pode ser extremamente relevante na dinâmica do transporte e remediação de poluentes.

IV.2 Adaptabilidade de espécies arbóreas e arbustivas

A adaptabilidade vegetal está relacionada a diferentes fatores ambientais. Temperatura, pluviosidade e luminosidade, seguidos pela umidade relativa do ar e do vento, são os atributos climáticos que mais fortemente influenciam o desenvolvimento e a distribuição fitogeográfica das espécies vegetais (CARVALHO, 2002). Porém, é a interação destes fatores com características de fertilidade, como: textura, drenagem, teor de matéria orgânica, profundidade efetiva, além da interação com a fauna e influência antrópica, que determinam a especificidade do ecossistema e, conseqüentemente, da vegetação local. Neste contexto, a influência humana é hoje o mais poderoso agente individual da alteração das condições da superfície da terra, podendo não somente transformar e expandir seu nicho, mas também afetar a mecanismos de influência planetária. Quanto a adaptabilidade vegetal, observa-se que a possibilidade do estabelecimento de plantas é modificada pelo uso de técnicas como: irrigação, adubação, correção (acidez e ou salinidade), barreiras “quebra-vento”, plantio de espécies destinadas ao sombreamento, manejo do solo (aeração, drenagem, etc.) e controle de pragas e doenças.

A vegetação de aterros de R.S.U. também se utiliza destas técnicas amplamente utilizadas na agricultura mas, neste caso, leva em conta uma série de outros fatores que diferenciam o cultivo nestes locais. A diferenciação é maior quando o trabalho é realizado em áreas onde a capa de cobertura encontra-se diretamente disposta sobre os resíduos, ou seja, quando não existe a adição de nenhuma outra barreira capaz de promover maior isolamento em relação a influência dos resíduos. Nesta situação, a adaptabilidade vegetal passa a depender muito da camada final de cobertura, não somente por seu papel no sustento físico e biológico, mas também por sua capacidade de atuação como barreira a migração de gases e poluentes, muitos dos quais fitotóxicos. Por este motivo, existe preocupação de pesquisadores quanto ao entendimento do comportamento vegetal e de sua correlação com características particulares da capa de cobertura.

GILMAN et al. (1981) desenvolveram experimento no aterro de Edgeboro - Nova Jersey (E.U.A.), onde, durante os anos de 1976 e 1977, realizaram monitoramento periódico do desenvolvimento das espécies: *Nyssa sylvatica*, *Picea abies*, *Ginkgo biloba*, *Pinus thumbergii*, *Myrica pennsylvanica*, *Populus spp*, *Pinus strobus*, *Quercus palustris*, *Taxus cuspidata*, *Tilia americana*, *Platanus occidentalis*, *Acer rubrum*

Liquidambar styraciflua, *Euonymus alatus*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Gleditsia triacanthus*, *Populus spp.*, *Salix babylonica*, *Rhododendron* (híbrido “Roseum Elegans”). A comparação dos dados obtidos, com aqueles provenientes do cultivo destas mesmas espécies em área de controle situada fora e na proximidade do aterro, permitiu verificar que as espécies: *Nyssa sylvatica*, *Gingko biloba* e *Pinus tunbergii*, *Picea abies*, revelaram-se mais tolerantes às condições existentes no aterro, demonstrando sua maior adaptabilidade. Fatores ambientais relativos aos teores de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), oxigênio (O₂), associados à temperatura, umidade e adensamento, controlaram o desenvolvimento da espécie *Tilia americana*. Houve também forte correlação estatística de que a presença no solo do aterro de pouco oxigênio, baixa umidade, elevados teores de CO₂, CH₄ e maior temperatura, foram os principais responsáveis pelo menor desenvolvimento vegetal em relação à área de controle.

A adaptabilidade de espécies arbóreas e arbustivas também foi estudada por LASSINI et al. (1997) no aterro sanitário de Cavenago Brianza em Milão (Itália). Neste trabalho foram avaliadas treze diferentes espécies quanto ao desenvolvimento de seu sistema radicular e folhagem, determinando-se diferenças significativas que permitiram verificar a melhor adaptabilidade de algumas espécies. Este foi o caso da *Ulmus campestris*, cujas plantas apresentaram bom desenvolvimento, mesmo em locais de solo de baixa fertilidade e onde a capa de cobertura teve espessura e permeabilidade insuficiente ao bom desenvolvimento das demais espécies. Outra importante observação foi a de que, após 5 anos do plantio, 29% das plantas apresentaram sistema radicular atingindo profundidade superior a 1m (a tabela 8 apresenta médias do diâmetro radicular encontrado em diferentes profundidades), sugerindo, segundo entendimento dos autores, ser de no mínimo 1m a profundidade necessária para conformação de camada de solo cultivada em área destinada a regeneração natural. No trabalho foi também enfatizada a importância do uso de camada de solo pouco permeável, aplicada como barreira à migração do gás em direção ao solo de cultivo.

Tabela 8 – Desenvolvimento do sistema radicular de plantas cultivadas sob o aterro de Cavenago Brianza em Milão

Espécies	Número médio de raízes	Diâmetro médio em centímetros					
		Colo	30cm do colo	60cm do colo	90cm do colo	120cm do colo	>120cm do colo
<i>Acer campestre</i>	6	12,38	10,76	7,17	5,60	2,44	1,93
<i>Acer pseudoplatanus</i>	3	14,23	9,76	7,05	3,91	7,05	3,58
<i>Alnus cordata</i>	4	15,05	8,76	5,60	2,57	1,20	2,3
<i>Betula alba</i>	4	12,35	7,08	3,98	3,45	1,00	–
<i>Carpinus betulus</i>	1	7,00	2,85	–	–	–	–
<i>Frazinus excelsior</i>	4	11,78	7,53	5,38	3,8	4,00	2,06
<i>Fraxinus ornus</i>	4	14,93	10,22	5,2	6,15	1,75	–
<i>Pinus sylvestris</i>	5	8,67	5,00	3,53	3,15	1,08	–
<i>Prunus avium</i>	5	7,12	4,33	2,13	0,50		–
<i>Quercus petraea</i>	6	13,93	10,79	6,99	5,30	3,15	–
<i>Quercus robur</i>	6	12,33	6,96	4,83	6,45	7,50	6,90
<i>Quercus rubra</i>	4	10,55	5,83	3,4	2,60	–	–
<i>Ulmus campestris</i>	8	22,30	14,75	16,41	12,70	6,04	4,41

Fonte: LASSINI et al. (1997)

IV.3 Técnicas utilizadas para permitir ou facilitar o cultivo vegetal

Além do uso de barreiras, que isolam a capa de cobertura do contato com os resíduos, existem algumas técnicas que visam permitir ou facilitar a sobrevivência das plantas em aterros de R.S.U. Entre estas estão inclusas as seguintes (TCHOBANOGLIOUS et al., 1994):

- separação do gás;
- zonas livres de resíduos;
- separação dos resíduos nas zonas de plantio de árvores;
- segregação dos materiais biodegradáveis;
- deposição de terra vegetal;
- uso de resíduos vegetais na camada de cobertura.

IV.3.1 Separação do gás

Os sistemas ativos de extração do gás separam do solo importantes quantidades de gás, inclusive nas zonas de influência das raízes das plantas. Caso não seja possível a extração ativa, devem ser instaladas barreiras de migração de gás e sistemas de ventilação nas imediações das raízes de árvores. Os seguintes métodos podem ser utilizados:

- montículos de solo - montículos de um metro de altura com ou sem uso de barreira de geomembrana em sua base;
- cavidades escavadas - cavas recobertas com geomembranas e preenchidas com o solo a ser cultivado (a profundidade de escavação dependerá das características das raízes da árvore ou do arbusto a ser plantado).

IV.3.2 Zonas livres de resíduos

Caso existam zonas livres de resíduos, dentro da área do aterro, pode-se reservá-las para futuro paisagismo, visando o cultivo de plantas que necessitem da acomodação de raízes mais profundas.

IV.3.3 Separação de resíduos das zonas de plantio de árvores

Os resíduos podem ser retirados das zonas onde se vão plantar as árvores, sendo estes locais preenchidos com solo destinado à formação de “ilhas de vegetação”, ou seja, locais nos quais são plantadas várias árvores em uma zona limitada. Apesar do elevado custo financeiro, esta é uma solução muitas vezes adequada, pois de outra forma cada planta de maior porte precisaria, individualmente, de seu montículo ou barreira contra o gás.

IV.3.4 Segregação dos materiais biodegradáveis em um aterro

A decomposição anaeróbia da matéria orgânica gera gases que são tóxicos para as plantas. Localizando-se os resíduos biodegradáveis e os não biodegradáveis (inertes) em zonas separadas dentro do aterro, pode-se criar locais relativamente livres de gases tóxicos onde é possível cultivar plantas detentoras de raízes profundas.

IV.3.5 Deposição de terra vegetal

Quando factível recomenda-se, assim como em áreas mineradas, a retirada e armazenamento da terra vegetal nativa, para ser utilizada posteriormente como cobertura final do aterro fechado. A tecnologia é especialmente recomendada quando a recuperação da área destina-se à restauração do lugar à sua condição natural, com o estabelecimento de plantas autóctones. Neste tipo de uso a disponibilidade do solo local será de grande ajuda para o êxito do processo, pois o solo armazenado, e utilizado como cobertura, representará um fator de estresse a menos para plantas já adaptadas às condições de clima e solo locais.

IV.3.6 Uso de resíduos vegetais na camada de cobertura

A aplicação de resíduos orgânicos pode, em casos específicos, tornar-se econômica e ambientalmente interessante, sendo sua produção possibilitada a partir da trituração de matéria orgânica vegetal recebida no próprio aterro¹⁰. O uso da cobertura orgânica objetiva possibilitar a obtenção de algumas vantagens e desvantagens, descritas na seqüência deste texto.

IV.3.6.1 Vantagens

Controle da erosão

Uma capa de resíduos vegetais triturados e espalhados sobre a camada final de cobertura diminui a erosão pela água e vento, mediante a redução do impacto da chuva sobre a superfície do solo. Diminui também o escoamento e forma uma barreira entre o vento e as partículas passíveis de sofrerem erosão.

Adição de nutrientes

Enquanto a matéria orgânica se decompõe, os nutrientes são devolvidos ao solo, sendo lentamente liberados para reciclagem essencial ao crescimento das plantas. A fertilização gradual resulta em melhor aproveitamento por parte das plantas e evita a possibilidade de ocorrência de “estresse” nutricional¹¹.

Retenção de água

A maior retenção de água é um dos benefícios da cobertura orgânica, sendo particularmente importante em zonas que apresentam períodos de déficit hídrico. Isto ocorre porque a matéria orgânica retarda a evaporação na superfície do solo e absorve grande percentual de seu peso em água, permitindo que as plantas tenham disponibilidade hídrica por mais tempo.

Moderação da temperatura do solo

Os efeitos benéficos da moderação da temperatura são particularmente notados em zonas com climas extremamente frios ou quentes, quando a existência de uma capa orgânica sobre o solo cria meio mais favorável para o crescimento e sobrevivência das raízes.

¹⁰ Esta técnica deve ter seu custo-benefício estudado em países de clima tropical, pois a maior temperatura e a conseqüente maior atividade biológica proporcionam um maior consumo do material orgânico vegetal, o que, dependendo da situação, pode inviabilizar economicamente o processo. Apesar disto, no Brasil foi desenvolvida, e vem sendo aplicada com grande sucesso na agricultura, a técnica denominada de “plantio direto”, que viabiliza ao uso de cobertura vegetal, com todos os benefícios econômicos e ecológicos correlatos.

¹¹ É importante lembrar que esta cobertura não é incorporada ao solo, pois, em caso contrário, a adição de material rico em carbono poderia provocar seqüestro do nitrogênio e prejudicar o desenvolvimento das plantas.

Inibição do crescimento de plantas não desejadas

Uma capa de 10 a 15 cm de matéria orgânica vegetal impede a incidência de luz no solo, evitando a germinação de sementes de várias espécies de plantas daninhas e decorrendo na redução do custo de manutenção da área vegetada.

IV.3.6.2 Desvantagens

Apesar das vantagens oferecidas pelo uso de camada de cobertura orgânica, existem também algumas desvantagens, conforme enumera-se a seguir:

1) o material pode conter sementes de plantas não desejadas e transportar organismos responsáveis por doenças nas plantas;

2) existe necessidade de se reaplicar o material constantemente, pois é preciso manter a espessura desejada (especialmente quanto ao controle de invasoras) até que as plantas cubram a superfície do solo, sendo o número de aplicações tanto maior quanto mais quente e úmido for o clima;

3) algumas plantas, utilizadas para a produção da matéria orgânica, podem gerar compostos alelopáticos (tóxicos), capazes de impedir o crescimento de algumas espécies vegetais, sendo sua atuação especialmente importante por limitar a germinação de sementes;

4) a aplicação da matéria orgânica deve ser acompanhada de mudanças nos métodos de cultivo, com o uso, por exemplo, de plantadeiras adequadas ao cultivo direto e redução na intensidade ou no número de regas (visando compensar a retenção de água pela matéria orgânica).

IV.4 Principais poluentes passíveis de transporte por plantas

Entre as várias formas de interação entre vegetais e poluentes, a incorporação e o transporte (fitotransporte) trazem o risco da biodisponibilização de poluentes para cadeias tróficas, mas também se constituem em ferramentas das práticas de fitorremediação e uso de bioindicadores.

A respeito do assunto, destacam-se estudos realizados com metais pesados e POPs (poluentes orgânicos persistentes), que são elementos e compostos de grande distribuição no planeta e responsáveis por prejuízos de grande impacto ambiental, sanitário e econômico.

IV.4.1 Poluentes orgânicos persistentes

Poluentes orgânicos persistentes (POPs), são compostos tóxicos, na sua quase totalidade sintéticos (existem poucas exceções, representadas por substâncias químicas produzidas por animais, plantas e fenômenos naturais), gerados como produtos principais ou como subprodutos, da reação industrial do gás cloro com hidrocarbonetos de petróleo (por este motivo, é comum referir-se a estes como sendo compostos xenobiontes).

A ligação carbono-cloro é muito estável e difícil de romper, sendo a presença do cloro também responsável pela redução da reatividade de outras moléculas orgânicas. Para muitas aplicações a falta de reatividade é uma vantagem importante, mas vários destes compostos são tóxicos e a grande estabilidade lhes confere persistência ambiental. Uma vez que os organoclorados tenham entrado no ambiente, degradam-se muito lentamente. Além disto são em sua maioria hidrofóbicos e lipofílicos, ou seja, não se dissolvem facilmente em água, sendo, porém, solúveis em meios semelhantes ao hidrocarboneto, tais como óleos ou tecidos adiposos, o que possibilita sua transferência e acúmulo em microorganismos, plantas e animais (incluindo o homem). Estas propriedades fazem com que sejam perniciosos à saúde humana e aos ecossistemas, mesmo em pequenas concentrações.

Até o ano de 1996 eram conhecidos 11.000 compostos organoclorados, entre os quais, alguns de comprovado risco ambiental. Em virtude deste risco, noventa países (inclusive o Brasil) assinaram em maio de 2001, na cidade de Estocolmo/Suécia, a um tratado internacional que prevê o banimento dos doze POPs considerados mais perigosos para o meio ambiente e saúde pública. São estes: Aldrin, Clordano, Dieldrin, Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT), Dioxinas, Furanos, Endrin, Heptacoloro, Hexaclorobenzeno (HCB), Mirex, Policloreto de Bifenilas (PCBS) e Toxafeno (GOMES, 2001). Dentre estes vários compostos, a fitorremediação é atualmente aplicada de forma mais consistente na remediação de: pentaclorofenol (PCP), tricloroetileno (1,1,2-tricloroetileno ou TCE) e bifenilas policloradas (PCBs).

IV.4.2 Metais pesados

Metais com densidade superior a $4,5 \text{ g cm}^{-3}$ são denominados metais pesados¹², categoria que inclui, até a presente data, sessenta e um elementos químicos¹³. Estes elementos, quando relacionados à atuação na fisiologia dos seres vivos, podem ser classificados de essenciais a tóxicos, dependendo do elemento e da dose em que se encontram. Em teores adequados ao bom funcionamento fisiológico, os metais Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn são essenciais aos animais; Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn, essenciais às plantas; o Co essencial às bactérias fixadoras de nitrogênio. Apesar disto, o excesso de qualquer destes elementos pode torná-los tóxicos aos seres vivos. Os metais Cd, Pb, Hg e Th (embora seja semi-metal o As também é incluído por alguns autores nesta categoria), diferentemente dos anteriores, não possuem nenhuma função fisiológica conhecida, sendo considerados tóxicos em qualquer dose (BUSTAMANTE, 1993; KIEHL, 1995; BERTON, 2000).

No caso de metais pesados, o risco está relacionado à forma com que o elemento é inserido na cadeia biológica, além da quantidade e constância de ingestão. Os metais Hg, Pb, Cd e As, apesar de serem potenciais poluentes ambientais, não são particularmente tóxicos em suas formas de elementos livres condensados. Porém, estes quatro elementos são perigosos nas suas formas catiônicas, assim como quando ligados a cadeias curtas de átomos de carbono, derivando sua ação tóxica da forte afinidade dos cátions pelo enxofre. Isto ocorre porque os grupos sulfidril (-SH), que estão comumente presentes nas enzimas controladoras da velocidade de reações metabólicas de importância crítica no corpo humano, ligam-se rapidamente aos cátions de metais pesados ingeridos ou a moléculas contendo tais metais. A ligação metal-enxofre afeta a enzima, que deixa de atuar com normalidade, decorrendo em uma série de sintomas perniciosos à saúde do organismo e podem, em alguns casos, levar à morte. A formação desta ligação depende da forma com que o metal é encontrado no ambiente e isto faz com que a especiação tenha que ser considerada na avaliação do risco ambiental. Sabe-se que a metilação aumenta a ecotoxicidade do Pb, Sn e Hg, tendo grande importância a atuação de microrganismos (biometilação) no processo. Neste sentido, a metilação envolvendo a metilcobalamina (uma modificação da vitamina B12) como doador do grupo metil, é bem importante e bastante conhecida (BAIRD, 2002).

¹² Alguns autores apresentam variações quanto a este valor de caracterização.

¹³ Apesar desta clara definição, o termo “metais pesados” é frequentemente utilizado, de forma incorreta, para referenciar um grupo de elementos que inclui metais leves e semi-metais potencialmente tóxicos aos seres vivos.

Outro problema a ser considerado é a possibilidade de bioacúmulo de alguns metais em organismos vivos, ou seja, alguns metais podem ter seus teores nos seres vivos aumentados pela ingestão continuada de pequenas doses. O Cádmiu, metal muito estudado por ser significativamente fitotransportado e apresentar grande toxicidade, não se biometila em quantidades significativas, mas se bioacumula. A mobilização do Cd realiza-se por quelação com hidroácidos orgânicos, sendo seu impacto fisiológico nos animais decorrente de ligação com a metalotioneína e outras proteínas que contêm enxofre (AZEVEDO e CHAZIN, 2003).

BAIRD (2002) explica genericamente o assunto, mostrando que o bioacúmulo geralmente vai depender da quantidade do metal que é ingerida (através da alimentação, por exemplo), denominada de taxa R e do mecanismo pelo qual ela é eliminada, isto é, seu decaimento (existem muitos fatores envolvidos nesta dinâmica). Geralmente a eliminação manifesta uma relação simples com a concentração (C) da substância no organismo, ou seja, quanto maior a concentração maior a eliminação. Se a constante de velocidade do processo é denominada de K , a taxa de eliminação é denominada de KC . Desta forma, se inicialmente não há presença no organismo de uma substância, isto é, se $C = 0$, então a taxa de eliminação inicial é também zero e a concentração vai se elevando unicamente devido à ingestão da mencionada substância. Conforme C aumenta, a taxa de eliminação também aumenta, igualando-se finalmente com a taxa de ingestão, se R for constante ($KC=R$). Uma vez alcançado esse equilíbrio, mantém-se um estado estacionário onde C não varia. Sendo assim, o valor da concentração no estado estacionário (C_{ee}) = R/K .

A velocidade de eliminação vai depender do tempo de meia-vida $t_{0,5}$ (tempo requerido para que seja eliminada a metade da substância). Desta forma, quanto maior o tempo de vida de uma substância, maior é seu nível de acumulação no estado estacionário.

IV.5 Risco do fitotransporte em aterros de R.S.U.

Sendo elemento de ligação entre o solo passível de contaminação e a biota que se desenvolve na superfície, a vegetação pode atuar na introdução biológica de elementos tóxicos existentes nos resíduos. Neste sentido, existe preocupação especialmente quanto à presença nos R.S.U. de alguns metais pesados e compostos poluentes orgânicos persistentes, que são passíveis de bioacúmulo e, em certos casos, biomagnificação, o que amplifica os riscos e danos ambientais envolvidos.

A preocupação reside especialmente na presença de metais pesados que, não sofrendo degradação e geralmente apresentando baixa mobilidade no solo, são passíveis de acúmulo localizado. Assim, a presença de plantas que incorporem e transportem estes elementos, pode decorrer na contaminação do solo superficial pelo contínuo aporte de material formador da serapilheira. Ou seja, a deposição de tecido vegetal rico nestes elementos poderia, com o tempo, elevar a concentração destes elementos no solo de cobertura a níveis ambientalmente perigosos, externalizando contaminação anteriormente restrita a massa de resíduos.

IV.5.1 Metais pesados em aterros de R.S.U.

Diferentes teores de metais pesados são encontrados naturalmente nos solos, em concentrações que dependem, na maioria dos casos¹⁴, dos teores do elemento na rocha de origem e do grau de intemperização que este material sofreu; existindo sítios naturalmente enriquecidos, que se apresentam colonizados por biota adaptada àquelas condições. Mas, apesar da existência de locais onde os teores de metais pesados são naturalmente elevados, a influência antropogênica é a principal responsável pela maior parte dos danos ambientais correlacionados à presença destas substâncias. Neste sentido, o advento do período conhecido como “Revolução Industrial” marcou o aumento do número de problemas derivados da interferência humana no planeta. Isto ocorreu, principalmente, pelo aumento da extração e concentração destes elementos, o que ampliou a frequência de exposição e o contato dos seres vivos com teores e formas biologicamente prejudiciais. Muitos metais potencialmente perigosos são, ou já foram, utilizados por indústrias nas áreas: química, metalúrgica, eletro-eletrônica, etc. (vide tabela 9).

¹⁴ O enriquecimento também pode ocorrer pela deposição de material transportado, sendo a deposição de sedimentos transportados por águas fluviais ou marinhas e o aporte de cinzas vulcânicas transportadas pelo vento alguns exemplos de fenômenos que podem levar a este enriquecimento.

Tabela 9 - Exemplos de algumas atividades industriais e possíveis metais a elas correlacionados como causa de contaminação ambiental

Atividades	Metais
Fabricação de baterias / acumuladores	Sb, As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Se, Zn
Fabricação de adubos comerciais	Sb, As, Be, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Tl, V, Zn
Fabricação de plásticos	Pb, Cd, Cr, Se, Zn
Fabricação de tintas e vernizes	Sb, As, Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Se, Zn
Fabricação de munição e explosivos	Sb, As, Pb, Cr, Cu, Hg
Fabricação de agrotóxicos / pesticidas	As, Pb, Cu, Hg, Se, Tl, Zn
Mineração de carvão, usinas de gás, produção de coque	As, Pb, Cr,
Mineração de metais não-ferrosos	Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Zn
Processamento de óleo mineral / depósito de óleo mineral (incluindo óleo usado)	As, Pb, Cr, Cu, Ni, Se, Pb, V, Zn
Produção de ferro e aço	As, Pb, Cd, Ni, Hg, V, Zn
Fundições de metais não-ferrosos	Sb, As, Be, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Se, V, Zn
Refinamento de metais não-ferrosos	Sb, As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn
Fundições de metais ferrosos	Sb, As, Cd, Pb, Cu, Ni, Hg, V, Zn
Tempera de metais / trat.de superfície	Sb, As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Se, Zn
Fabricação e processamento de vidro	Sb, As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Se, Zn
Beneficiamento, impregnação, processamento de madeira	As, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn
Fabricação e processamento de papel, papelão e produtos têxteis	Sb, As, Pb, Cr, Cu, Hg, Tl, Zn
Produção e beneficiamento do couro	As, Cr, Hg
Fabricação de óleos e gorduras alimentares	Cr, Ni,

Fonte: baseada em SCHIANETZ (1999)

Por serem o destino final de muitos produtos e subprodutos industrializados, os aterros de resíduos sólidos de origem urbana apresentam vários componentes ricos em metais tóxicos, constituindo-se em fonte potencial de risco ambiental¹⁵. A capacidade de ocasionar dano é dependente de características implícitas aos resíduos (composição), assim como da forma de seu gerenciamento; sendo ambos reflexos das diferenças ambientais, culturais, sociais educacionais e financeiras existentes no planeta. São muitas e diferentes as situações passíveis de serem encontradas, sendo de grande ocorrência a disposição destes resíduos de formas inadequadas, muitas vezes associadas à presença de produtos perigosos, que deveriam ser coletados e tratados separadamente.

Este é o caso dos vários tipos de pilhas e baterias, contendo elevados teores de metais potencialmente perigosos, que foram por longo tempo dispostas junto com outros R.S.U. Segundo SISINNO (1995), estes produtos representam uma das principais

¹⁵ A presença de metais tóxicos é apenas um dos problemas correlacionados à composição dos R.S.U., já que existem vários outros decorrentes, principalmente, da presença de material orgânico e de xenobiontes perigosos.

fontes de mercúrio do lixo urbano brasileiro, além do que, acrescentam consideráveis teores de cádmio, zinco e níquel. Atualmente muitos destes acumuladores, apesar de potencialmente perigosos, apresentam teores de metais adequados às exigências estabelecidas pelas resoluções CONAMA 257 e 263 de 1999 (CONAMA, 2003), podendo ser descartados em aterros de R.S.U. Entretanto, pilhas e baterias que não obedecem as exigências destas resoluções deveriam estar sendo descartadas de forma diferenciada, com recolhimento e tratamento compatível com a responsabilidade de fabricantes e importadores - conforme o especificado no artigo 1º da Resolução CONAMA 257/1999. Mas na prática isto ainda não acontece plenamente, seja pela falta de adequada estrutura para disposição/ recolhimento, seja pela falta de conscientização da população ou, ainda, pela grande quantidade de produtos falsificados/ contrabandeados, que dificultam a fiscalização e o enquadramento direto de responsabilidade legal.

Além das pilhas, vários outros resíduos podem contribuir para aumento dos teores de metais pesados nos R.S.U. Este é o caso de produtos como (SISINNO, 1995; ANDRADE, 2000):

- plásticos (importantes fontes de cádmio e níquel);
- papéis e pigmentos neles utilizados (contêm mercúrio, chumbo e zinco);
- borrachas (fornecedoras de zinco);
- tintas (presença de cádmio, chumbo e zinco);
- fármacos, pigmentos, cosméticos e ligas metálicas (podem conter zinco e também cobre - no caso de ligas metálicas);
- fungicidas utilizados em jardinagem e agricultura (têm como base metais como: cobre e zinco);
- tampas metálicas de garrafas e bulbos de lâmpadas elétricas (podem conter chumbo).
- corantes, interruptores de luz e termômetros (possíveis fontes de mercúrio).

Vários outros resíduos depositados em aterros de R.S.U. também podem ser fonte de metais potencialmente perigosos. Este é o caso das cinzas provenientes de incineradores e da poeira recolhida nos logradouros públicos.

IV.5.2 Possibilidade de mobilização e transporte de metais por plantas

Sabe-se que a maioria das espécies vegetais não têm capacidade para transportar metais de forma contínua e em teores capazes de ocasionar risco ambiental. Isto ocorre porque, como os demais seres vivos, as plantas também sofrem com os efeitos tóxicos destes elementos, fenecendo ou apresentando redução em seu desenvolvimento quando na presença de elevados teores. Por este motivo, muitas plantas consideradas como tolerantes conseguem sobreviver graças à restrição da absorção ou da mobilidade destes elementos para a parte aérea, ou seja, os metais tóxicos não chegam a participar do metabolismo vegetal (LARCHER, 2000).

Uma avaliação mais aprofundada sobre o assunto leva à observação de que, desde os tempos medievais, são conhecidas espécies e variedades de plantas que se desenvolvem sobre solos ricos em metais, ocupando locais que outras plantas têm dificuldade em colonizar. Inclusive, durante centenas de anos, algumas destas plantas foram utilizadas como indicadoras da presença destes elementos no substrato, facilitando a busca por áreas mineradas, já que muitas apresentavam facilidade de se fixar em solos ricos em um metal específico¹⁶ (PORTO, 1986). Neste sentido, verifica-se que a presença endêmica de vários destes vegetais indica que a existência dos metais age como fator seletivo sobre a estrutura ecológica e genética de uma população. Existem, inclusive, plantas com modificações anatômicas, fisiológicas e genéticas que as caracterizam como espécies popularmente conhecidas como metalófilas¹⁷. Mas, apesar de baseada geneticamente, a capacidade de desenvolver resistência aos metais pesados pode ser alterada por meio de aumento na rusticidade (PORTO, 1986; LARCHER, 2000).

A sobrevivência de plantas em locais contendo elevados teores de metais tóxicos ocorre por tolerância e não por anulação da toxidez. A tolerância é caracterizada pela capacidade relativa de absorver, translocar e concentrar metais; sendo as plantas consideradas como acumuladoras, indicadoras e excludoras, de acordo com as concentrações relativas dos metais presentes na raiz e na parte aérea. As espécies tolerantes geralmente acumulam maiores concentrações de metais pesados na raiz em relação à parte aérea. Isso indica que as plantas, que crescem em áreas poluídas por estes elementos não conseguem evitar a absorção destes elementos, mas limitam sua translocação (MARQUES, 1997). Segundo CHANEY (1980 apud BERTON, 2000) os

¹⁶ Formam assim os chamados “ecotipos químicos”.

¹⁷ metalo + filo = amiga dos metais

metais podem ser organizados em quatro grupos de acordo com o comportamento e a possibilidade de absorção por plantas:

Grupo 1: neste grupo encontram-se os metais insolúveis no solo ou nas raízes fibrosas das plantas, de forma que a parte aérea dos vegetais não se constitui em uma fonte de transferência destes elementos, mesmo quando em solo altamente contaminado. Estão incluídos neste grupo elementos como: Ti, Cr, Zr, Y, Ag e Sn.

Grupo 2: estão neste grupo aqueles elementos que podem ser absorvidos pelas raízes, mas não são translocados para a parte aérea em quantidades suficientes para causar risco de transferência na cadeia trófica. São estes: Hg, Pb, As.

Grupo 3: compreende os metais Zn, Cu, Ni, B, Mn e aqueles para os quais a planta não consegue fazer uma proteção contra a entrada na cadeia alimentar, e que, portanto, podem representar risco ambiental.

Grupo 4: inclui elementos que, além de serem absorvidos, são constantemente responsáveis por toxicidade alimentar. Este é o caso do Se e Mo, conhecidos por causarem toxicidade alimentar, e do Cd (principalmente em arroz irrigado, pois existem casos de toxicidade quando este é o principal alimento humano ou animal). O Co também é colocado neste grupo, pois pode afetar a saúde de animais ruminantes em concentrações bem inferiores aos níveis fitotóxicos.

Na verdade a tolerância vegetal ainda não é completamente entendida, sendo, entretanto, reconhecida a participação de mecanismos como: acúmulo nos tricomas; translocação para folhas mais velhas; exudação de substâncias contendo metais quelatados; ligações de metais às paredes celulares; alterações das estruturas de membranas e permeabilidade; restrição de transporte pela raiz para a parte aérea; alteração do metabolismo celular; produção de compostos intracelulares sequestradores de metal e ativações das bombas transportadoras de íons metálicos para os vacúolos. Além disto, em nível citoplasmático, a redução do estresse pode ocorrer pela complexação de metais com ácidos orgânicos e inorgânicos, fitatos, fitoquelatinas e outros (MARQUES, 1997; MARQUES et al., 2000).

Em solos com concentrações elevadas de metais (áreas poluídas com metais e/ou em condições experimentais), a fitoquelatina passa a funcionar como o mecanismo predominante na detoxificação e em níveis elevadíssimos (com inibição do crescimento) há precipitações de metais na forma de sulfetos inorgânicos. Os compostos formados no citoplasma podem então ser armazenados no vacúolo e em outros compartimentos da

célula, com o objetivo de reduzir os efeitos do estresse e aumentar a resistência interna à toxidez dos metais pesados (WANG & EVANGELOU, 1994; apud MARQUES, 1997).

A absorção destes elementos também está diretamente relacionada ao ambiente de inserção vegetal e, neste caso, especialmente ao solo, pois a disponibilidade e, conseqüentemente, periculosidade do metal tóxico depende da distribuição das formas com que é encontrado. Isto ocorre porque o teor total distribui-se em frações, cujo comportamento se diferencia de acordo com a forma de ocorrência e a mobilidade dos íons. Algumas destas frações e formas de ocorrência apresentam-se, sucintamente, descritas a seguir (OLIVEIRA, 1998; LÃ, 1998):

- Solúveis - íons livres ou como complexos solúveis, com ânions inorgânicos ou ligantes orgânicos.
- Trocáveis - retidos predominantemente por forças eletrostáticas nos sítios carregados negativamente das argilas, da matéria orgânica, de outros minerais, ou ainda, sobre material amorfo com reduzido ponto de carga zero.
- Adsorvidos especificamente - retidos em sítios nos quais elementos de transição prendem-se fortemente por forças, predominantemente, covalentes ou coordenadas. Os íons adsorvidos dessa forma são retidos e liberados mais lentamente do que íons trocáveis e são mais facilmente deslocados por outros metais traços ou por H^+ .
- Retidos em material orgânico insolúvel - imobilizados pela associação com resíduos resilientes, provenientes do metabolismo microbiano, ou associados e imobilizados na estrutura de células vivas ou recentemente mortas. Neste grupo inclui-se a matéria orgânica insolúvel, estando esta floculada ou complexada com cátions, principalmente ferro e alumínio, metais traços (como o cobre) e também por cátions básicos (como o cálcio).
- Oclusos em óxidos de ferro, alumínio ou manganês - geralmente a superfície dos óxidos e hidróxidos de ferro e manganês apresenta-se como forte seqüestradora de metais pesados. Esta capacidade de adsorção é controlada pelo pH e pela cristalinidade destes compostos, sendo a capacidade de liberação do metal dependente da solubilidade do óxido que o contenha.

- Precipitados recentes (carbonatos, sulfetos, fosfatos, hidróxidos, etc.) - são compostos recentemente formados, nos quais os metais podem estar adsorvidos na superfície amorfa, onde podem ser trocados ou passarem à absorção mais específica, na superfície da camada cristalina.

A entrada destes metais em cadeias biológicas apenas acontece quando em forma solúvel, dissolvido na solução do solo ou na forma trocável, adsorvido às cargas do solo. Metais precipitados, oclusos ou formando quelatos pouco solúveis com a matéria orgânica, não estão disponíveis e, por este motivo, representam menor risco ambiental. Mas, apesar de menor, o risco existe, pois o metal nestas formas de ocorrência também pode passar para a solução do solo, o que ocorre principalmente em virtude de modificações no equilíbrio ambiental. A mobilização pode ocorrer a partir da mineralização dos ligantes orgânicos, assim como por mudanças drásticas de pH ou de potencial redox. Estas mudanças, porém, não afetam os metais que fazem parte da rede cristalina de silicatos, pois estes não se solubilizam em condições naturais (LABAUVE et al, 1988; KING, 1989; EGREJA FILHO & PEREIRA NETO, 1995; PEREIRA NETO, 1995; BERTON, 2000).

Dentro desta dinâmica existe grande importância das frações de argilominerais presentes no solo, pois estes adsorvem (retêm eletrostaticamente) consideráveis frações de metais pesados solúveis. A imobilização ocorre devido à capacidade de troca de íons, seja na superfície ou entre camadas da estrutura cristalina da argila, acontecendo através de reações químicas que não modificam a estrutura mineral (SANTOS, 1989). Dentro das interações iônicas que ali ocorrem, a capacidade de troca catiônica (CTC) é diretamente relacionada às cargas permanentes dos minerais de argila, mas a atuação de cargas variáveis (dependentes do pH), possibilita tanto a retenção de cátions como ânions (KIEHL, 1998).

Os argilominerais do tipo 2:1 (alofana, imogolita, montmorilonita, ilita e vermiculita) possuem elevada capacidade de troca de íons, que se deve, principalmente, às substituições isomórficas da camada tetraédrica, enquanto na caulinita esta capacidade é bem inferior e deve-se principalmente a ligações quebradas¹⁸ (SANTOS, 1989). Outro tipo de atenuação de metais pesados no solo ocorre devido à adsorção específica, atribuída a causas não puramente eletrostáticas. Este tipo de fenômeno

¹⁸ Edges

caracteriza-se pela forte retenção de metais pesados em argilas silicatadas do tipo 2:1 e apresenta seletividade para determinados metais. O conceito baseia-se na idéia de sítios específicos de adsorção, uma vez que se observa que alguns metais pesados, mesmo em baixíssimas concentrações, são absorvidos de forma preferencial a outros eletrólitos, que apresentam-se em quantidade muito maior (EGREJA FILHO & PEREIRA NETO, 1995).

Com relação ao comportamento de metais pesados em solos de clima tropical, é importante observar que, em virtude da grande intemperização sofrida, existe predomínio de argilas do tipo 1:1 e de óxidos de ferro e alumínio, com baixa seletividade e CTC. Por este motivo o fenômeno da adsorção específica quase não ocorre. Assim, a atenuação dos metais deve-se, principalmente, a precipitação, oclusão e retenção, que são funções, em sua quase totalidade, da presença de altos níveis de hidróxidos e óxidos amorfos de ferro e dos teores de matéria orgânica (LABAUVE et al, 1988; PEREIRA NETO, 1995). Este é o motivo pelo qual, em solos tropicais, o teor de matéria orgânica exerce grande influência no comportamento de metais, pois dela depende a formação de complexos solúveis ou não, de acordo com a natureza dos ligantes orgânicos.

Os complexos metálicos com ácidos fúlvicos, proteínas e aminoácidos livres são geralmente solúveis, enquanto aqueles formados com ácidos húmicos são insolúveis. Mas a fração solúvel da matéria orgânica pode se tornar insolúvel ao formar complexos organo-minerais com a argila. Neste tipo de reação os íons metálicos funcionam como ponte entre a fração orgânica e a mineral, sendo então imobilizados (EGREJA FILHO & PEREIRA NETO, 1995). Ocorre, entretanto, que a matéria orgânica não reage com todos os metais de maneira igual, existindo uma seqüência de intensidade que segue, por exemplo, a seguinte ordem decrescente: Cu>Pb>Zn>Cd (LAGERWERFF et al., 1977 apud MAZUR, 1997). Estudos têm demonstrado que as espécies Pb, Cr (em velocidade muito dependente da forma) e Cu apresentam baixa mobilidade, acumulando-se superficialmente nos solos contaminados, enquanto o Zn, Mn, Ni e Cd (principalmente), são relativamente mais móveis; representando maior risco em relação à possibilidade de contaminação da água subterrânea (SOBRINHO, 1996).

A alcalinidade dos solos também contribui para a precipitação de muitos metais, pois em solos alcalinos os metais pesados geralmente formam compostos muito pouco solúveis com uma série de ânions facilmente encontrados. Este é o caso do carbonato, do cloreto, do sulfato, do fosfato e do silicato (EGREJA FILHO & PEREIRA NETO,

1995). Desta forma, a disponibilidade de metais pesados nos solos, incluindo Cd, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn, decresce rapidamente quando o pH aumenta de 4 para 6, assim como também decresce com o aumento da capacidade de troca catiônica dos solos (FERGUNSSON, 1991; MAZUR, 1997). Mas a redução de mobilidade com o aumento do pH, não ocorre para todos os metais, pois a solubilidade de alguns metais e semimetais, como As, Mo e Se, aumenta com a alcalinidade (KING, 1996).

Segundo MARSCHNER (1995, apud GOMES, 1996), a absorção de elementos químicos pelas raízes é governada, principalmente, pelo transporte de íons pela membrana plasmática e também pela adsorção destes na parede celular das células do córtex. O transporte de íons e de outros solutos através da membrana é maior quanto menor o raio hidratado e a valência do íon. Estes fenômenos explicam, parcialmente, a características da absorção seletiva, acumulativa e genotípica. Ainda segundo o autor, o processo de absorção é influenciado por vários fatores, como o valor do pH, concentração dos íons e competição entre íons com propriedades físico-químicas semelhantes. Da mesma forma, a translocação de cátions nos vasos do xilema é afetada pela concentração, valência do cátion, presença de outros íons e por agentes complexantes.

O processo de absorção pode também ser afetado através da liberação de compostos orgânicos pelas raízes, principalmente por aqueles provenientes da descamação de células (CARDOSO & FREITAS, 1992), pois estes fornecem energia para muitos microrganismos que podem influenciar na solubilização de metais. A liberação de exudatos também pode aumentar a solubilidade de várias formas de metais, pois na composição destes podem estar inclusos ácidos como: acético, cítrico, fumárico e succínico (BERTON, 2000). Por outro lado, as raízes podem liberar os chamados “fitosideróforos”, que complexam fortemente metais como: Fe, Cd, Cu e Zn (MENCH & MARTIN, 1991; apud BERTON, 2000).

Entretanto, a interação entre microrganismos, metais e vegetais é ainda bem mais complexa, pois o efeito na rizosfera¹⁹ é co-dependente da ação de microrganismos presentes no solo (nativos ou introduzidos), que podem influenciar várias interações ambientais. Assim, por exemplo, o desenvolvimento da população de bactérias quimiotróficas, com capacidade de acidificar o solo, pode modificar a

¹⁹ Zona de influência das raízes sobre o ambiente ao seu redor, provocando modificações biológicas e bioquímicas.

biodisponibilidade de metais e, conseqüentemente, as demais interações rizosféricas e a possibilidade de sobrevivência das plantas (ERNEST, 1996). Também a presença de plasmídios é muito importante, pois pode permitir a transferência da resistência entre bactérias, modificando, por exemplo, os processos de especiação em solos contaminados. Existe, assim, imensa necessidade do desenvolvimento de conhecimento a respeito destas interações. E estes conhecimentos não se restringem somente às relações diretas e indiretas entre plantas e bactérias, mas também devem considerar interações com fungos. Exemplo disto é que associações simbióticas de plantas com fungos tipo micorrizas (endo e ecto) em solos contaminados, abrem uma nova dimensão a ser explorada, pois modificam as interações entre plantas e metais, além de ampliarem o volume de solo afetado pela presença vegetal (ERNEST, 1996).

V Desenvolvimento da pesquisa no Aterro de Santo Amaro

V.1 Objetivos

Dar continuidade ao experimento iniciado por ANDRADE no ano de 1997 (ANDRADE, 2000), com a avaliação da capacidade do estabelecimento e desenvolvimento de diferentes espécies de plantas arbóreas e arbustivas sob a capa de cobertura do Aterro de Santo Amaro.

Contribuir para melhor compreensão do risco ambiental correlacionado a possibilidade de mobilização e bioacúmulo de metais pesados associado do cultivo de plantas arbóreas e arbustivas, com:

- avaliação de possível degradação da qualidade ambiental do solo de cobertura pelo transporte e bioacúmulo;
- avaliação da existência ou não espécie(s) hiperacumuladora(s) entre 11 das espécies testadas;
- caracterização do solo de cobertura quanto a presença/ distribuição de metais, aspectos físico-químicos de influência e o risco de absorção por vegetais;
- observação do sistema radicular apresentando informações de arquitetura radicular e observações que auxiliem na compreensão da interação entre plantas e resíduos.

V.2 Caracterização do local do experimento

V.2.1 Localização

O aterro de Santo Amaro (vide foto 1), ocupa área aproximada de 300.000m² no bairro de Pedreira na zona Sul de São Paulo ao lado do Autódromo Municipal José Carlos Pace (até 1985 era chamado de Interlagos) e próximo à Vila Sabará. Está localizado na margem direita do Rio Grande e tem como limite frontal a faixa de domínio da linha férrea da FEPASA.

O local tem acesso pela Avenida Miguel Yunes e possui em seu entorno grande atividade comercial e industrial, estando também próximo a vários bairros residenciais (vide fotos 2 e 3). Destaca-se, em sua área de influência, a presença de um conjunto de prédios do Projeto Cingapura, construção de uso residencial horizontal de baixo padrão econômico.

Em função de seu posicionamento e carência local de áreas de lazer (os parques mais próximos são o Nabuco, a aprox. 3 Km., e o Parque do Estado, a cerca de 5 Km), a Prefeitura Municipal de São Paulo vem estudando a viabilidade de transformar a área em um parque, como possível alternativa de lazer para a população do distrito de Campo Grande (PMSP, 2001).



Foto 1 - Vista frontal da parte do aterro de Santo Amaro (em 02/98 - posteriormente utilizada como área experimental)



Foto 2 – Vista aérea do Aterro de Santo Amaro (Foto: BASE, 2000 apud PMSP)



Foto 3 - Bairro onde está localizado o aterro de Santo Amaro (em 03/98 – visão da área vegetada)

V.2.2 Histórico

O Aterro de Santo Amaro teve sua construção iniciada no ano de 1975, a partir de duas lagoas resultantes da atividade de extração de areia. Estas lagoas foram ligadas através de galeria e tiveram sua água drenada por bombeamento (captação final em poços) para o rio Grande. Após secagem, executou-se a construção da base, formada com camada de aterro de aproximadamente 1m e composta, principalmente, por argila compactada e de inertes oriundos da construção civil (de acordo com o local do aterro).

O perfil geológico-geotécnico da fundação do aterro foi investigado e descrito por OLIVEIRA (s/d), sendo seqüencialmente constituído de:

- a) camada superficial de aterro (silte argiloso com areia fina) com 1,0 a 2,0 m. de espessura;
- b) argila orgânica arenosa, mole e muito mole, intercalada por camadas de turfa preta muito mole, com 2,0 a 3,5 m. de espessura;
- c) areia fina a média, argilosa, compacta;
- d) alteração de rocha em areia fina a média argilosa, compacta a muito compacta, com índice de resistência a penetração (SPT) crescente com a profundidade.

A disposição de resíduos no local foi iniciada a partir do mês de abril de 1976, sendo o material depositado em camadas sobrepostas. Os resíduos eram basicamente: industriais (10%), domésticos da coleta regular, restos de construção e material inerte trazidos por particulares (90%). Grande parte do material inerte enviado para depósito no aterro, foi depositado separadamente e utilizado na construção de pistas para passagem de veículos, evitando-se assim o gasto com pedras ou material mais nobre para capeamento. Desta forma, também foi reduzido o gasto de espaço no aterro com a disposição deste tipo de material.

O aterro foi erguido com a sobreposição de camadas de resíduos com 4 a 6m de espessura, sendo estas cobertas por solo argilo-arenoso, que foi compactado nos platôs e taludes parciais e finais. Segundo OLIVEIRA (s/d), o material aterrado sofreu adensamento em 4 fases:

- I Compactação inicial - em função da compressão exercida pelos equipamentos de coleta: caminhões compactadores, tratores de esteira (5 a 6 passadas de trator de esteira D-65) e tráfego dos equipamentos de transporte.
- II Adensamento primário - causado pelos fenômenos de degradação biológica, mineralização e associados à perda de água intersticial e liberação de gases.

- III Adensamento secundário - etapa mais lenta que a anterior, que se dá pela expulsão da água intersticial com melhor acomodação para preenchimento dos vazios.
- IV Fase de equilíbrio - camada permanece submetida a compressão exercida pelas camadas sobrejacentes.

A construção foi realizada com a formação de uma rede de drenos internos, constituída por canais preenchidos com pedras-de-mão na base de cada plataforma, sendo sobre estes colocadas manilhas perfuradas. Estas manilhas foram dispostas verticalmente, sendo encaixadas e preenchidas com pedras-de-mão à medida que o aterro aumentava de altura. A estrutura formada serve de dreno para liberação de gases na atmosfera e transposição do fluxo interno de chorume, que desloca-se em direção aos drenos horizontais internos, sendo posteriormente encaminhado para caixas coletoras. Na camada final de cobertura foram construídas canaletas, que coletam e encaminham para o Rio Grande a água pluvial captada do escoamento superficial.

Inicialmente planejado para ter cota final de 80,0m, o aterro, em função da carência de outros locais para disposição de lixo na região sul da Capital Paulista, foi ampliado e alterado sucessivamente. Na década de 80, instalou-se uma experiência pioneira na exploração de biogás para utilização como combustível em 40 ônibus municipais, através do chamado módulo 4000 (4000 N m³/dia). Posteriormente esta exploração foi desativada, ocorrendo a gradativa deterioração e o sucateamento dos equipamentos (PMSP, 2001).

No ano de 1988, quando a cota do aterro já se apresentava ao redor de 115,0m, foi realizado, pela empresa EPAL Engenheiros Associados S/C Ltda., estudo para aumento da capacidade de deposição através de aumento na declividade de seus taludes. Este estudo planejou a ampliação da capacidade de armazenamento do aterro em mais 2.100.000m³, com o acréscimo esperado de mais 2 anos de operação. Com isto o volume total de resíduos depositados no aterro passaria a ser de aproximadamente 9.100.000m³ (OLIVEIRA, sd).

O aterro, no entanto, apenas foi desativado no dia 20 de janeiro de 1995, com um total de resíduos depositados de aproximadamente 16.000.000 de toneladas (PMSP, 2001). Durante este mesmo mês entrou em operação uma estação de transbordo, que vem funcionando desde então. A estrutura tem por finalidade abrigar, temporariamente os R.S.U. que anteriormente seriam depositados no aterro. O material chega em

caminhões compactadores de coleta e é depositado em fosso e, no caso de grande volume, em local com piso de concreto, até sua baldeação para carretas de maior porte, que o transportam os resíduos para o Aterro Sanitário Sítio São João.

V.2.3 Situação atual

Atualmente o Aterro Sanitário de Santo Amaro possui, além das manilhas perfuradas utilizadas para drenagem de gás, 37 piezômetros (29 em funcionamento), 213 marcos superficiais (17 sendo monitorados), 10 drenos verticais de gás com 0,075m de diâmetro (construídos para alívio da pressão de gás no talude sul do ramal ferroviário) e um poço para controle da pluma de contaminação. O aterro está sendo semanalmente monitorado desde o dia 13/11/1996 e recebe acompanhamento quanto a recalques, volume de chorume drenado, pressão de gás e nível de chorume acumulado (estas medidas são realizadas sistematicamente a partir de alguns marcos superficiais e piezômetros).

O chorume vem sendo aparentemente drenado de forma eficiente e acumulado em 5 caixas, situadas ao longo do canal de Jurubatuba. Segundo dados da EPAL (2001 *apud* PMSP, 2001), a produção mensal de percolado tem variado entre 6 e 2 mil m³. Medidas realizadas em fevereiro de 2001 indicaram valores médios de deslocamento horizontal inferiores a 0,0015m/dia e verticais inferiores a 0,004m/dia, indicando comportamento geotécnico satisfatório para o maciço²⁰. Nos 29 piezômetros instalados, a carga piezométrica, medida neste período, foi nula em 13 piezômetros. No tratamento dos dados, aplicou-se o método Bishop simplificado, através do software CLARA, obtendo se o fator de segurança FS = 1,46 e FS = 1,43, para os taludes Jurubatuba e Ferrovia Sul, respectivamente (PMSP, 2001).

V.2.4 Avaliações anteriormente desenvolvidas

A avaliação inicial do solo foi realizada por Andrade (ANDRADE, 2000), através da abertura de 12 cavas²¹ distribuídas aleatoriamente na parte da área do aterro destinada ao plantio (vide foto 4).

²⁰ Segundo a PMSP (2001) a velocidade de deslocamento horizontal deve se situar em intervalos menores ou iguais a 0,025 cm/dia, principalmente na estação chuvosa.

²¹ Este tipo de escavação também é freqüentemente conhecido como trincheira.



Foto 4 - Abertura de cavas que antecedeu ao plantio

Com a abertura das cavas foi avaliada a espessura da camada de cobertura, que mostrou grandes variações (vide tabela 10).

Tabela 10 - Espessura do solo da capa de cobertura

Cava	Espessura (m)	Cava	Espessura (m)
01	1,70	07	0,86
02	2,69	08	0,71
03	1,54	09	2,07
04	*	10	2,32
05	2,13	11	1,18
06	0,62	12	1,10

*A retro-escavadeira atingiu com sua lança a profundidade de 2,77m, mas não conseguiu alcançar os resíduos.

Dentro das cavas, foram coletadas amostras de solo nas seguintes faixas de profundidade (vide figura 01):

- 0,20m;
- 0,20 a 1,00m (quando a camada de cobertura possuía espessura superior a esta);
- 1,00m até o local onde o solo aparecia misturado ao lixo (denominado de interface solo-lixo);
- Interface solo-lixo.

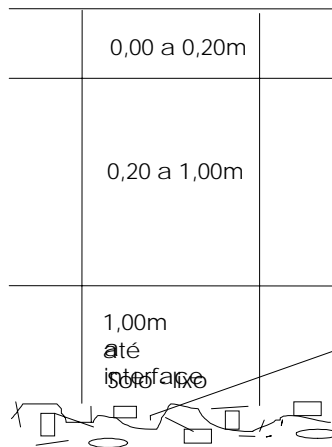


Figura 1 - Perfil de amostragem

As amostras foram extraídas após descarte do material superficial (para reduzir contaminação pelo contato com a lâmina da máquina), que foi raspado em toda a extensão amostrada. Com o auxílio de uma “colher-de-pedreiro”, efetuou-se o corte longitudinal de fatias do material, em faixas previamente demarcadas. O solo foi depositado em recipiente metálico de 20 litros, sofreu mistura e teve seus torrões quebrados. Foram retiradas amostras com peso variando de 1,0 a 1,5Kg, sendo individualmente acondicionadas em sacos de papel numerados, visando a posterior análise de macronutrientes. Amostras destinadas a análise de micronutrientes e metais pesados foram colocadas em sacos de plástico transparente “auto-selante”, em volume que correspondia a aproximadamente um peso de 0,1Kg.

A tabela 11 e as figuras 2 e 3 apresentam a localização das cavas de onde foram extraídas as amostras.

Tabela 11 - Localização de cavas

Número da cava	azimute	distância	coord. norte	coord. este	Cota
01	55.37.21	86.358	805.7073	639.7213	90.218
02	71.49.55	79.145	781.6238	643.6466	97.309
03	153.38.57	48.921	713.1084	590.1612	96.530
04	195.23.07	151.276	611.0908	528.3119	91.364
05	171.28.52	109.503	648.6508	584.6682	103.880
06	177.45.39	213.269	543.4802	576.7934	111.133
07	92.36.42	103.661	752.2224	672.0002	108.926
08	153.28.05	115.981	650.1796	620.2551	113.594
09	129.27.10	123.637	678.3817	663.9131	121.208
10	163.17.10	204.587	561.0019	627.2846	126.502
11	Não foi demarcada topograficamente				
12	Não foi demarcada topograficamente				

Obs: apesar da não existência de dados topográficos, o posicionamento aproximado das cavas 11 e 12 apresenta-se ilustrado na figura 3.

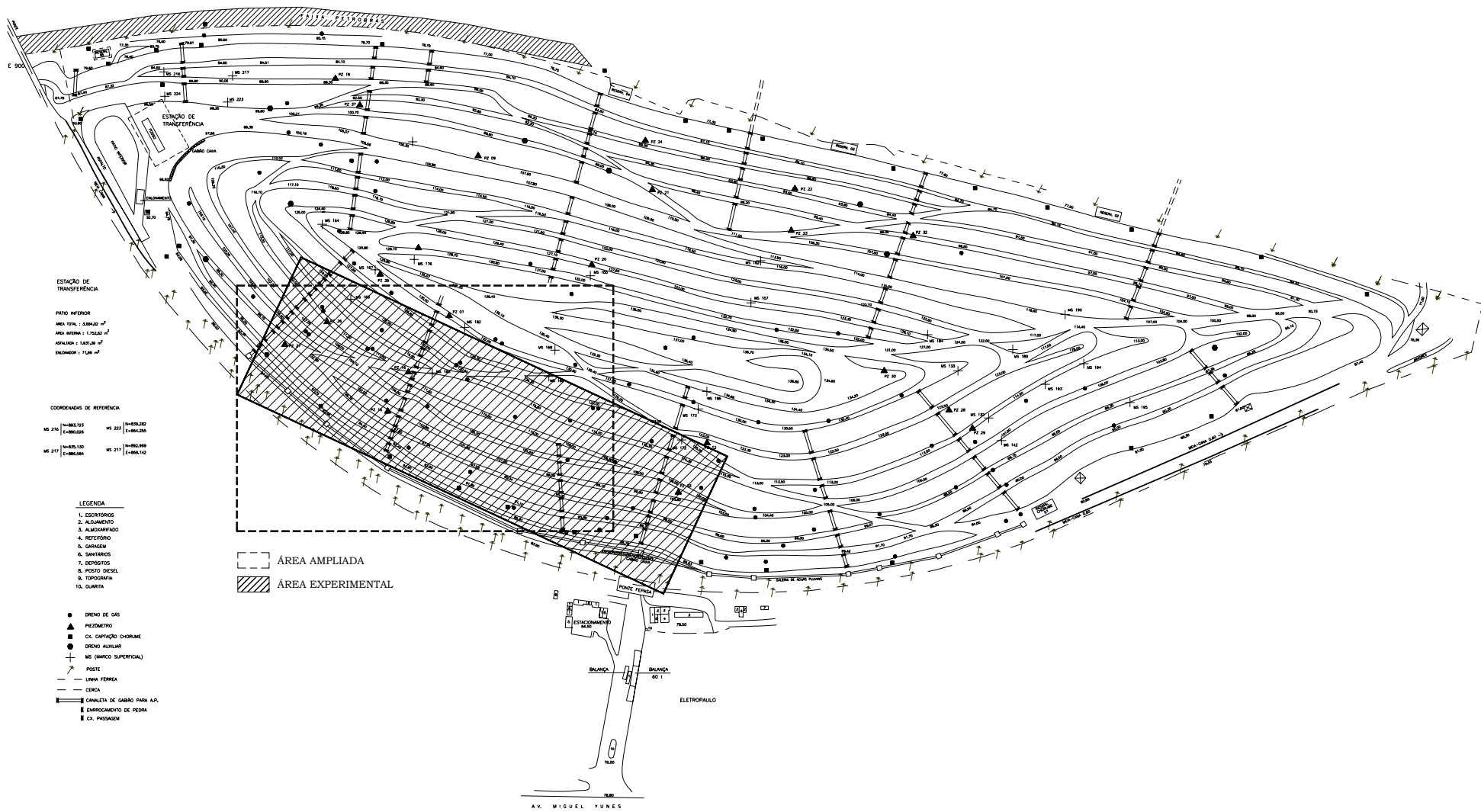


Figura 2 - O Aterro Sanitário de Santo Amaro

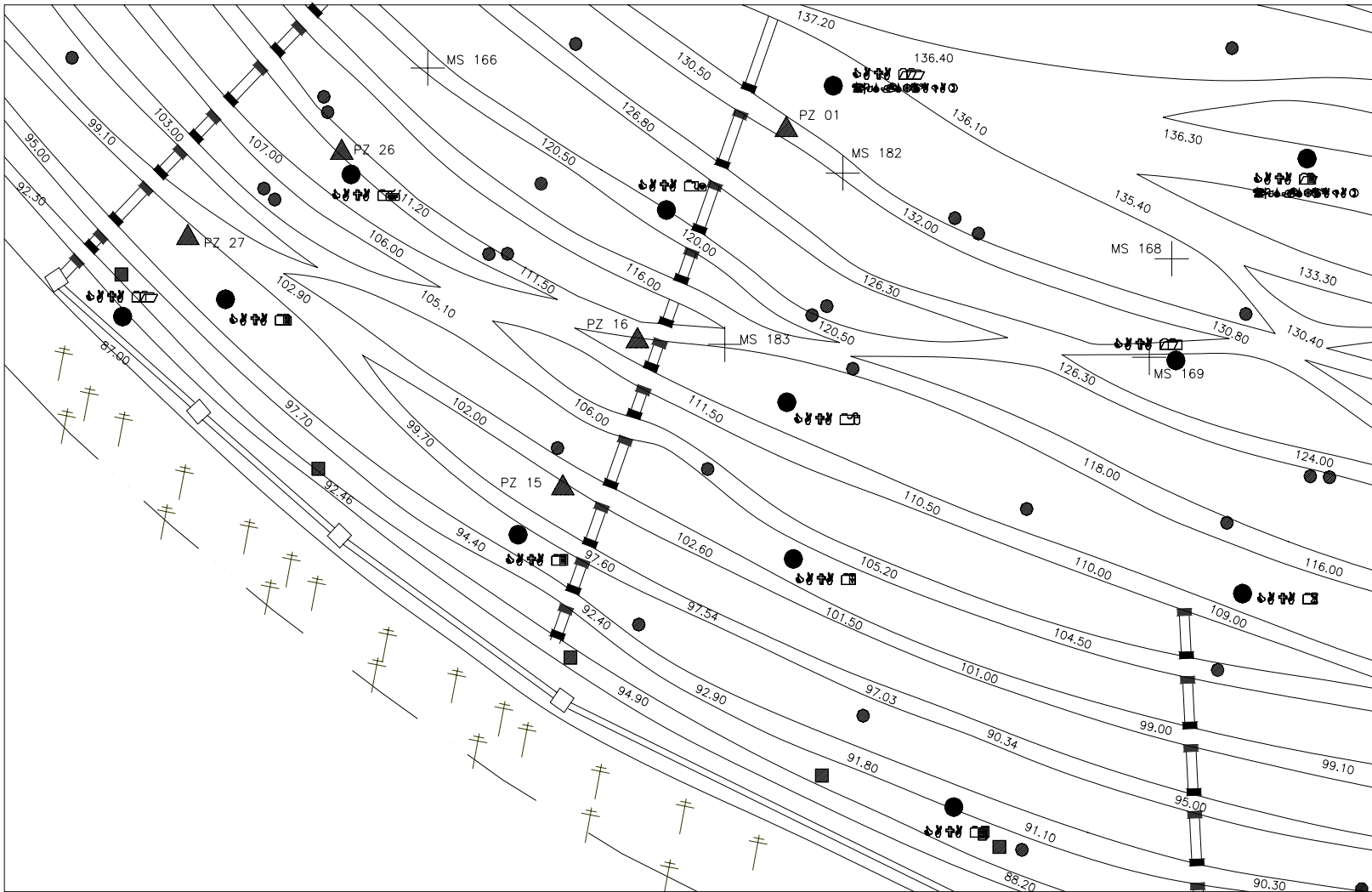


Figura 3 - Posicionamento das cavas utilizadas para retirada de amostras de solo.

V.2.4.1 Análise química

O solo foi investigado quanto a seu pH, teores de matéria orgânica, Ca, Mg, Ca+Mg, P, K, Al, Mo, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb e Sn, tendo sido avaliados parâmetros de fertilidade e possibilidade de mobilização de metais pesados. Os valores encontrados representam a média de três repetições e foram obtidos com base em metodologia descrita e utilizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997), baseando-se nos seguintes princípios (vide tabela 12):

Tabela 12 - Princípios metodológicos de análise.

pH	Imersão de eletrodo em suspensão solo: H ₂ O, na proporção de 1:2,5.
Carbono orgânico	Oxidação via úmida com uso de K ₂ Cr ₂ O ₇ 0,4 N em meio ácido.
Matéria orgânica	Carbono orgânico x 1,724.
Al trocável	Extração com solução de KCl e determinação volumétrica com solução diluída de NaOH.
Ca e Mg Ca + Mg	Extração com solução KCl N e determinação complexiométrica em presença dos indicadores erichrome e murexida.
Potássio	Extração com solução diluída de HCl e posterior determinação por espectrofotometria de chama.
Fósforo	Solubilização por H ₂ SO ₄ e leitura em espectrofotômetro de absorção molecular.
Metais (disponíveis)	Extração com solução de Mehlich 1 (HCl 0,5 N+ H ₂ SO ₄ 0,025 N) e determinação em espectrofotômetro de emissão de plasma acoplado a nebulizador ultrassônico.
Metais (pseudo-totais²²)	Extração com solução de água régia (HNO ₃ + HCl na proporção de 1:3) e determinação em espectrofotômetro de emissão de plasma.

V.2.4.1.1 Macronutrientes, pH e Al (trocável)

A tabela 13 apresenta os resultados obtidos na quantificação de teores de macronutrientes. Em virtude dos erros e imprecisões associadas, não foram realizadas análises para os elementos nitrogênio e enxofre.

²² A denominação de pseudo-total, refere-se a extração ácida capaz de retirar praticamente todo o metal contido na amostra. A fração restante é representada, principalmente, pelo metal contido na estrutura da argila.

Tabela 13 – Macronutrientes

Cava	Profundidade (m)	pH	Meq/100ml			ppm ou mg/dm ³		Cava	Profundidade (m)	pH	Meq/100ml			ppm ou mg/dm	
			Al	Ca	Mg	P	K				Al	Ca	Mg	P	K
01	0,00-0,20	7,1	0,0	3,8	1,5	1	90	07	0,00-0,20	6,3	0,0	2,5	1,5	1	55
01	0,20-1,00	7,1	0,0	3,4	1,1	0	51	07	0,20-0,86	6,6	0,0	3,0	1,6	1	56
01	1,00-1,70	7,7	0,0	6,1	1,8	7	300	07	0,86 #	5,5	0,2	3,4	1,6	2	121
01	1,70 #	7,7	0,0	6,4	1,9	7	320	08	0,00-0,20	4,6	0,7	1,8	0,8	2	37
02	0,00-0,20	7,1	0,0	4,0	1,4	2	69	08	0,20-0,71	4,6	0,8	1,3	1,1	2	51
02	0,20-1,00	7,1	0,0	4,0	2,1	0	57	08	0,71 #	7,7	0,0	6,4	3,4	31	440
02	1,00-2,69	6,9	0,0	2,5	1,7	0	71	09	0,00-0,20	4,5	0,6	1,5	1,1	5	56
02	2,69 #	7,6	0,0	5,6	2,4	10	205	09	0,20-1,00	5,5	0,2	1,3	1,1	1	100
03	0,00-0,20	7,0	0,0	4,2	2,8	1	76	09	1,00-2,07	7,4	0,0	2,3	1,5	1	165
03	0,20-1,00	7,1	0,0	4,3	2,1	1	78	09	2,07 #	7,7	0,0	2,4	1,7	1	539
03	1,00-1,54	7,3	0,0	5,0	1,8	0	85	10	0,00-0,20	6,6	0,0	2,1	1,7	0	110
03	1,54 #	7,3	0,0	5,0	2,4	9	341	10	0,20-1,00	4,9	0,5	1,3	1,2	0	35
04	0,00-0,20	5,6	0,2	2,8	1,5	1	43	10	1,00-2,32	5,0	0,4	1,5	1,3	1	59
04	0,20-1,00	5,1	0,3	2,3	1,4	1	29	10	2,32 #	8,3	0,0	3,4	1,5	9	946
04*	1,00-2,77	6,1	0,0	2,6	1,6	0	30	11	0,00-0,20	4,0	0,2	5,2	3,5	2	32
05	0,00-0,20	5,1	0,3	2,2	1,8	1	34	11	0,20-1,00	5,9	0,0	1,9	1,0	3	68
05	0,20-1,00	5,6	0,2	2,1	1,6	1	31	11	1,00-1,18	6,8	0,0	3,9	1,8	3	260
05	1,00-2,13	6,5	0,0	2,8	2,0	2	47	11	1,18 #	8,0	0,0	3,7	2,1	21	590
05	2,13 #	7,9	0,0	5,4	2,5	8	330	12	0,00-0,20	6,4	0,0	2,4	1,7	3	40
06	0,00-0,20	4,5	1,0	1,8	1,2	2	70	12	0,20-1,00	7,1	0,0	3,3	2,5	3	52
06	0,20-0,62	4,7	0,0	10,2	3,1	13	319	12	1,00-1,10	7,3	0,0	4,1	3,0	5	280
06	0,62 #	7,5	0,0	10,2	3,1	13	319	12	1,10 #	7,7	0,0	4,3	2,7	16	360

- Interface solo-lixo (faixa de profundidade onde o solo encontra-se misturado ao lixo)

* A interface não foi alcançada pela retro-escavadeira.

V.2.4.1.2 Matéria Orgânica

A tabela 14 apresenta o teor de matéria orgânica avaliado em 10 cavas das 12 cavas. O valor foi expresso em percentagem e calculado através da multiplicação do carbono orgânico por 1,724, conforme metodologia usualmente utilizada pela EMBRAPA (EMBRAPA, 1997).

Tabela 14 - Matéria orgânica.

Cava	Profundidade (m)	Matéria Orgânica (%)	Cava	Profundidade (m)	Matéria Orgânica (%)
01	0,00-0,20	0,47	05	2,13 #	1,03
01	0,20-1,00	0,10	06	0,00-0,20	0,78
01	1,00-1,70	0,52	06	0,20-0,62	0,52
01	1,70 #	0,57	06	0,62 #	2,38
02	0,00-0,20	0,31	07	0,00-0,20	0,52
02	0,20-1,00	0,36	07	0,20-0,86	0,26
02	1,00-2,69	0,10	07	0,86 #	0,93
02	2,69 #	1,24	08	0,00-0,20	0,52
03	0,00-0,20	0,72	08	0,20-0,71	0,10
03	0,20-1,00	0,83	08	0,71 #	2,07
03	1,00-1,54	0,52	09	0,00-0,20	0,41
03	1,54 #	0,83	09	0,20-1,00	0,26
04	0,00-0,20	0,36	09	1,00-2,07	0,52
04	0,20-1,00	0,10	09	2,07 #	0,41
04	1,00-2,77*	0,10	10	0,00-0,20	0,67
05	0,00-0,20	0,47	10	0,20-1,00	0,52
05	0,20-1,00	0,41	10	1,00-2,32	0,16
05	1,00-2,13	0,10	10	2,32 #	0,93

- Interface solo-lixo (faixa de profundidade onde o solo encontra-se misturado aos resíduos).

* A interface não foi alcançada pela retro-escavadeira.

V.2.4.1.3 Metais (tóxicos e nutrientes)

As tabelas 15 e 16 apresentam valores obtidos na quantificação dos metais Sn, Cr, Mn, Fe, Zn, Cd, Mo, Cu, Ni, Pb e Co.

Tabela 15 - Teores de Sn, Cr, Mn, Fe, Zn e Cd

Cava	Profundidade (m)	ppm - Mehlich 1/Água régia					
		Sn	Cr	Mn	Fe	Zn	Cd
C1	0,00-0,20	*/	0,162/53,7	10,0/88,7	39,4/46166	2,24/29,7	0,020/*
C1	0,20-1,00	*/	0,136/60,4	6,07/75,2	25,7/50050	0,278/26,9	0,009/*
C1	1,00-1,70	*/	0,211/56,7	14,1/92,1	63,4/52800	2,36/33,0	0,029/*
C1 #	1,70 #	*/	0,426/47,4	24,5/95,6	95,7/42900	7,71/48,5	0,072/*
C5	0,00-0,20	*/	0,038/9,15	14,3/45,2	60,6/15100	*/22,3	0,011/*
C5	0,20-1,00	*/	0,058/9,38	4,77/31,2	42,3/18850	*/16,0	0,006/*
C5	1,00-2,13	*/	0,077/9,51	5,29/42,4	63,9/16750	*/23,15	0,010/*
C5 #	2,13	*/	0,323/24,6	33,5/99,6	729/26300	3,70/39,5	0,081/*
C6	0,00-0,20	*/	0,056/16,9	13,5/67,4	67,9/18000	*/13,0	0,011/*
C6	0,20-0,62	*/	0,193/23,6	41,1/85,4	88,0/20000	*/13,2	0,012/*
C6 #	0,62 #	*/	0,439/35,3	58,1/188	354/26600	11,7/72,8	0,086/*
C7	0,00-0,20	*/	0,121/21,3	16,3/76,3	57,2/76,3	*/15,7	0,011/*
C7	0,20-0,86	*/	0,213/36,0	36,4/102	89,1/29300	0,414/19,1	0,012/*
C7 #	0,86 #	*/	0,313/31,7	65,0/114	244/27650	2,79/27,1	0,037/*
C8	0,00-0,20	*/	0,048/8,22	6,38/42,2	55,1/12800	*/10,2	0,007/*
C8	0,20-0,71	*/	0,045/*	6,78/35,9	63,4/8520	*/10,5	*/
C8 #	0,71 #	*/	1,15/37,6	47,8/120	379/23150	20,8/75,6	0,253/*
C9	0,00-0,20	*/	0,048/34	13,2/77,6	51,6/62233	*/11,5	0,007/*
C9	0,20-1,00	*/	0,096/28,5	21,8/88,3	94,4/31100	5,58/13,9	0,017/*
C9	1,00-2,07	*/	0,405/52,2	47,1/98,8	264/41700	0,665/16,0	0,042/*
C9 #	2,07 #	*/	0,622/103	33,0/82,2	568/622333	0,430/20,0	0,061/*
C10	0,00-0,20	*/	*0,05/50,0	15,9/98,8	26,5/53400	*/27,7	0,009/*
C10	0,20-1,00	*/	0,099/14,3	9,30/68,6	83,8/17933	*/16,9	0,008/*
C10	1,00-2,32	*/	0,268/32,4	84,5/133	197/35450	2,72/15,7	0,024/*
C10#	2,32 #	*/	0,680/23,4	23,4/79,2	1400/22533	5,90/30,5	0,151/*

- Interface solo-lixo (faixa de profundidade onde o solo encontra-se misturado ao lixo).

* Teores abaixo do nível de detecção do equipamento.

Tabela 16 - Teores de Mo, Cu, Ni, Pb e Co

Cava	Profundidade (m)	ppm - Mehlich 1/Água régia				
		Mo	Cu	Ni	Pb	Co
C1	0,00-0,20	*/*	1,64/12,7	0,118/15,3	1,12/*	0,125/*
C1	0,20-1,00	*/*	0,599/11,3	0,054/*	0,647/*	0,071/*
C1	1,00-1,70	*/*	1,42/19,7	0,141/19,2	1,33/*	0,203/4,81
C1 #	1,70 #	*/*	2,85/17,5	0,376/*	2,67/*	0,333/*
C5	0,00-0,20	*/*	0,446/5,36	0,069/*	1,26/*	0,049/*
C5	0,20-1,00	*/*	0,293/4,44	0,044/*	1,01/*	0,047/*
C5	1,00-2,13	*/*	0,632/4,75	0,093/*	1,08/*	0,044/*
C5 #	2,13	*/*	2,66/14,2	0,425/12,0	2,81/*	0,255/*
C6	0,00-0,20	*/*	0,372/5,89	0,064/*	1,46/*	0,194/*
C6	0,20-0,62	*/*	0,930/6,22	0,098/*	2,23/*	0,369/*
C6 #	0,62 #	*/*	5,15/29,1	0,605/*	4,85/*	0,440/*
C7	0,00-0,20	*/*	0,578/6,67	0,81/*	1,32/*	0,271/*
C7	0,20-0,86	*/*	1,16/10,9	0,130/*	1,76/*	0,753/*
C7 #	0,86 #	*/*	2,31/13,6	0,204/*	2,83/*	0,857/*
C8	0,00-0,20	*/*	0,291/3,78	0,045/*	1,62/*	0,064/*
C8	0,20-0,71	*/*	0,257/*	0,026/*	2,62/*	0,059/*
C8 #	0,71 #	*/*	10,9/27,2	1,26/*	5,62/*	0,531/*
C9	0,00-0,20	*/*	0,552/15,1	0,065/*	2,31/*	0,207/*
C9	0,20-1,00	*/*	1,02/17,7	0,113/*	3,44/*	0,368/4,54
C9	1,00-2,07	*/*	1,52/19,8	0,189/19,2	2,74/*	1,10/5,84
C9 #	2,07 #	*/*	0,937/8,94	0,222/22,2	1,59/*	0,367/5,77
C10	0,00-0,20	*/*	0,327/12,3	0,070/*	0,827/*	0,118/*
C10	0,20-1,00	*/*	0,419/5,01	0,054/*	1,22/*	0,145/*
C10	1,00-2,32	*/*	1,84/15,7	0,114/12,3	4,72/*	1,78/5,79
C10#	2,32 #	*/*	5,21/14,8	0,588/*	5,43/*	0,347/*

- Interface solo-lixo (faixa de profundidade onde o solo encontra-se misturado ao lixo).

* Teores abaixo do nível de detecção do equipamento.

V.2.4.2 Interpretação de resultados

V.2.4.2.1 Fertilidade

ANDRADE (2000) avaliou a fertilidade do solo, através da comparação dos resultados então obtidos, com valores destinados à recomendação de adubação e calagem para espécies florestais e frutíferas na região Sudeste do Brasil. A análise permitiu verificar que, assim como ocorre com muitos Latossolos encontrados no país, a maioria das amostras demonstrou pobreza quanto ao macronutriente P e micronutrientes Zn, Cu, Mo e Co. Entretanto, é importante observar que, na distribuição de valores dentro do perfil amostrado, os teores de nutrientes aumentaram de forma quase

generalizada com a proximidade dos resíduos depositados. Além disto, teores de K apresentaram-se excessivamente elevados na interface solo-lixo de algumas cavas, podendo este excesso, provocar fitotoxicidade e restrição ao crescimento radicular no local.

V.2.4.2.2 Teores de metais tóxicos

A avaliação da concentração de metais em um solo é de grande importância, podendo definir o uso local ou determinar a necessidade de ações que visem proteção à saúde humana e ambiental. Por este motivo, de acordo com a política sanitária adotada, podem existir parâmetros nacionais, regionais ou mesmo locais, sendo utilizados para tomada de decisões. São valores que podem apresentar-se bastante variados em função da busca de interesses específicos (diretrizes) ou do uso de diferentes metodologias de análise, não existindo padrão mundialmente adotado.

Quando o objetivo é a extração de metais solúveis, ou passíveis de serem solubilizados, a extração com água régia (mistura de ácidos nítrico e clorídrico) é bastante utilizada, sendo comumente referenciada como extração pseudototal. No Brasil o método é, de acordo com os objetivos, adotado por órgãos como CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) e EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), existindo parâmetros que permitem a comparação de resultados obtidos em extração com semelhante protocolo de digestão. A possibilidade de comparação de valores foi um dos principais motivos para uso desse extrator nas análises realizadas em material retirado do Aterro de Santo Amaro. Valores obtidos no experimento foram comparados de forma expedita (existem algumas variações referentes ao protocolo de extração, origem dos solos e diretrizes de interesse) com valores referências para qualidade do solo, apresentados na tabela 17. Este mesmo procedimento, não foi possível com valores obtidos em digestões onde foi utilizado extrator de Merlich 1²³.

²³ Teores extraídos pela solução de Merlich 1 não foram comparados àqueles obtidos pela extração com água régia. Apesar de muito utilizado para avaliação de fertilidade em solo, não existem dados passíveis de uso quanto a comparação em relação às espécies estudadas ou definição das formas extraídas por solução deste tipo (ABREU et al, 1997).

Tabela 17 Parâmetros encontrados na literatura.

Origem dos parâmetros	(mg/Kg)						
	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Mn	Zn
Quebec	5	250	100	500	50	100	100
Austrália e Nova Zelândia	3	50	-	300	60	500	200
Canadá	1	600	200	800	250	-	100
Ontário	1,6	120	100	60	-	-	220
Inglaterra	3	600	130	500	-	-	300
Holanda	20	100	50	50	-	-	200
Alemanha	6	200	300	200	60	-	-
França	2	150	100	100	50	-	300
KSVO	3	-	100	100	-	-	300
VSBO	0,8	-	50	50	-	-	200
CCE (M)	3	-	100	100	50	-	300
CETESB	3	75	60	100	30	-	300

Observações:

Quebec (SÁNCHEZ, 2001) – limites que indicam a necessidade de maior aprofundamento na investigação. / **Austrália e Nova Zelândia** (SÁNCHEZ, 2001) – limiar para investigações baseado em experimentos de fitotoxicidade. / **Canadá** (CASARINI, 1996) - níveis aceitáveis de metais em solos de pH ≤ 6,5. / **Província de Ontário** (CASARINI, 1996) - referente ao uso do solo em residências ou agricultura. / **Inglaterra** (CASARINI, 1996) - concentrações acima das quais deve ser tomada ação de remediação. / **Holanda** (CASARINI, 1996) – concentrações de background dos solos que são metas para o país. / **Alemanha** (CASARINI, 1996) - nível que permite o uso do solo em parques infantis. / **França** (WEBER et al., 1984) - Teor máximo permitido. / **KSVO** (BUSTAMANTE, 1993) – regulamentação para lodo de esgoto – República Federal da Alemanha (1992) - extração por água régia. / **VSBO** (BUSTAMANTE, 1993) – Regulamentação Suíça para poluentes no solo (1986) – extração com ácido nítrico. / **CCE** - Comissão da Comunidade Européia (WEBER et al., 1984) – diretriz (M) - concentração que não pode ser excedida. / **CETESB** – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - valores orientadores de alerta para solos do Estado de São Paulo (preliminarmente adotados até 2005 – CETESB, 2001).

Os valores apresentados na tabela 15 permitem verificar que 5, das 25 amostras de solo avaliadas por ANDRADE (2000), apresentaram teores de Cr acima dos padrões apresentados para Austrália e Nova Zelândia; sendo que uma destas amostras ultrapassou ao padrão Holandês e ao valor de alerta adotado pela CETESB (2001 – valor encontrado na cava 9 em profundidade de 2,07m). Apesar disto, os teores encontrados não permitem classificar o solo como detentor de quantidade excessiva ou anormal do elemento, pois os parâmetros apresentados na tabela são apenas indicativos da necessidade da realização de maiores investigações e não determinam restrições ao uso. Neste sentido, deve-se também levar em conta que em solos brasileiros, naturalmente, ocorrem teores elevados do elemento; pois, apesar de normalmente serem encontrados teores menores que 100 ppm, estes podem ser dezenas ou centenas de vezes

maiores. Isto ocorre especialmente no caso de solos derivados de rochas ígneas e serpentina (SILVA, 1995; MALAVOLTA, 1980). A riqueza natural dos solos brasileiros em Cr apresenta-se refletida no valor mínimo de intervenção adotado pela CETESB (CETESB, 2001), que é de 300mg/Kg (valor orientador para intervenção em áreas agrícolas e de proteção ambiental máxima), ou seja, quatro vezes superior ao valor de alerta apresentado na tabela 17 (75mg/Kg).

Este mesmo tipo de observação também vale para o Mn, cujos valores em seis amostras de solo, apresentaram-se superiores àqueles adotados pela província de Quebec, tendo uma das amostras também ultrapassado o padrão adotado pela Austrália e Nova Zelândia. No Brasil, a adoção de valores de alerta semelhantes a estes não se justificaria, pois o elemento é facilmente encontrado em teores totais médios próximos a 290 ppm (SINGH, 1984).

Mas, apesar de não terem sido encontrados nos solo de cobertura teores de metais considerados como preocupantes do ponto de vista ambiental, é importante observar que ocorreu no perfil do solo de cobertura, aumento generalizado dos elementos investigados com a proximidade dos resíduos depositados em quase todas as cavas (exemplo disto foram os teores extraídos de Fe -vide figura 4).

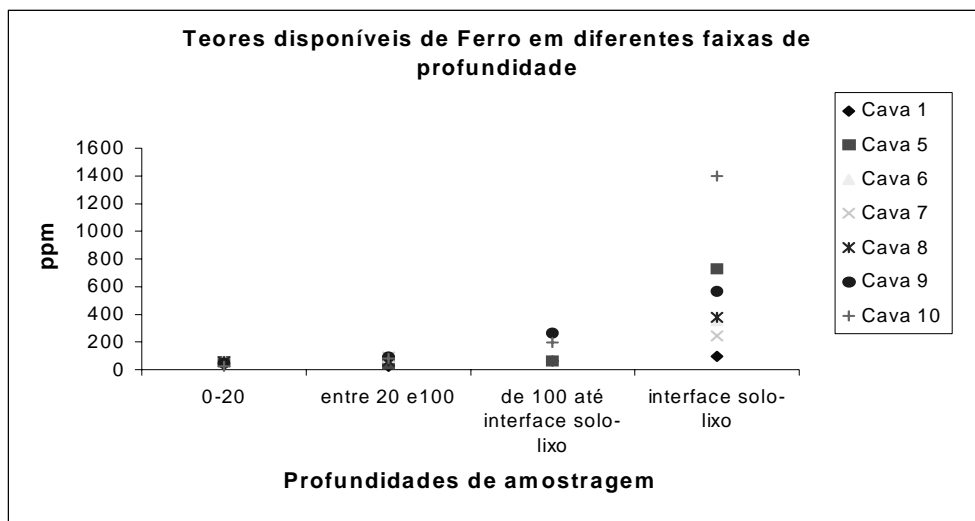


Figura 4 - Aumento de teores de Fe com a proximidade dos resíduos

O pH também apresentou crescimento com a maior proximidade dos resíduos (vide figura 5 – pH da maioria das cavas se eleva e aproxima na interface solo-lixo).

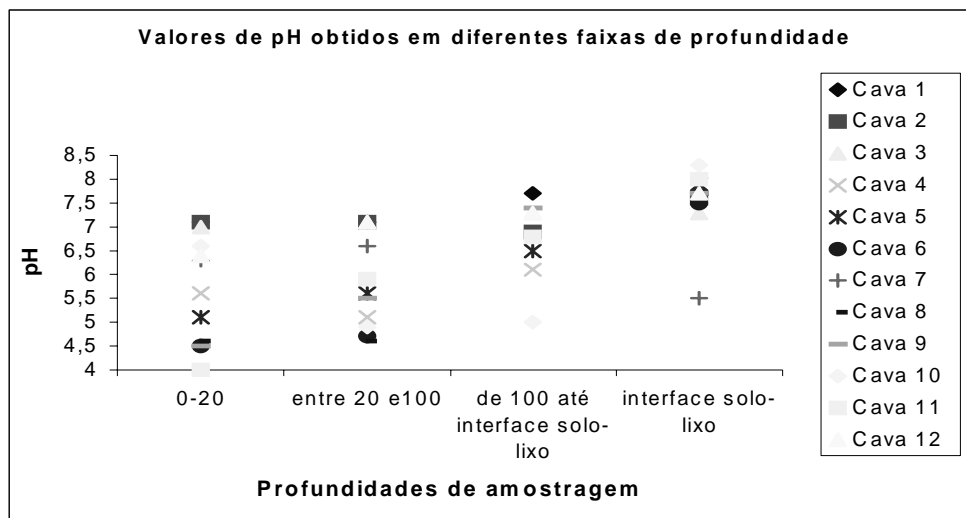


Figura 5 - Aumento do índice do pH com a proximidade dos resíduos

A ocorrência conjunta destes fatos indica provável ascensão do chorume por capilaridade e/ou difusão molecular. Esta suspeita baseia-se no fato de que o aterro, na data de extração do solo, apresentava-se constituído de resíduos com idade mínima de 6 anos e produzindo, por este motivo, chorume alcalino, o que explica a presença de crescente pH com a proximidade dos resíduos. Fica assim implícita uma possível relação de compensação quanto à disponibilidade de metais tóxicos, ou seja, apesar dos teores pseudototais de metais aumentarem com a proximidade dos resíduos, a presença de maior pH indica possível redução na fração solubilizada. Comportamento deste tipo é viável para os metais Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Cr (III) e Zn (em correlação que varia para cada elemento), mas metais como o Mo (que sequer teve níveis de detecção atingidos) e Se (não avaliado), poderiam ter sua solubilidade aumentada acompanhando o crescimento do pH com a proximidade dos resíduos.

Além dos teores de nutrientes, metais pesados e índice do pH, os percentuais de matéria orgânica também apresentaram-se maiores com a proximidade dos resíduos (vide figura 6), o que se explica pelo enriquecimento do solo pela fração orgânica presente nos resíduos. Esta observação é também de grande importância, pois o maior teor de matéria orgânica pode reduzir a possibilidade de absorção pelas plantas de vários metais, já que a fração solúvel da matéria orgânica pode se tornar insolúvel ao

formar complexos organo-minerais com a argila (EGREJA FILHO & PEREIRA NETO, 1995).

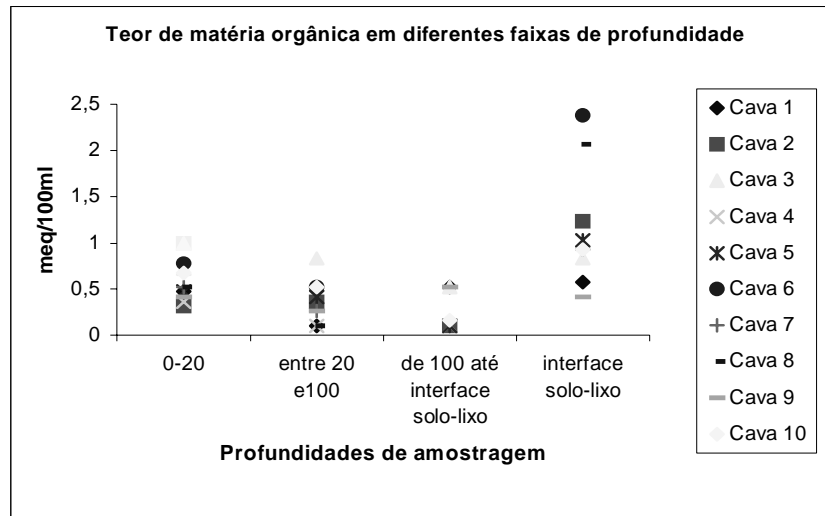


Figura 6 - Aumento do teor de matéria orgânica com a proximidade dos resíduos

A análise conjunta dos dados parcialmente obtidos permite verificar que:

- O solo não apresentou teores excessivos de nutrientes ou de metais tóxicos que restringissem o cultivo vegetal.
- Em relação aos elementos investigados, são atualmente pequenos os riscos associados à contaminação ambiental pelo cultivo de plantas no local.
- Foram encontrados baixos teores dos nutrientes P, Zn, Cu, Mo e Co, sendo recomendado seu fornecimento para cultivo na área.

Apesar dos resultados indicarem viabilidade na implantação vegetal, é importante considerar a existência de grande variabilidade na composição do solo e que, além disto, este pode sofrer influência de mudanças ambientais, inerentes à presença dos resíduos, à dinâmica de poluentes e ao equilíbrio do atual sistema quando influenciado pela presença vegetal.

V.2.5 Escolha de espécies e produção de mudas

Em virtude da falta de informações sobre o desempenho de espécies arbóreas e arbustivas em aterros de R.S.U., foi realizada pesquisa visando selecionar espécies que se destacavam pelo seu bom desenvolvimento em projetos de recuperação de áreas degradadas. Dentro das espécies selecionadas, deu-se preferência àquelas que melhor vegetavam em áreas decapiadas, onde existia baixo teor de matéria orgânica, baixa fertilidade e solo compactado, ou seja, condições semelhantes àquelas encontradas na capa final de cobertura da maioria dos Aterros de R.S.U. brasileiros.

Com o auxílio da EMBRAPA/CNPAB e do Instituto Florestal de S.Paulo, foram selecionadas 24 espécies, em sua maioria plantas Leguminosas capazes de associação simbiótica com microorganismos, e que respondem favoravelmente à inoculação com bactérias do tipo Rizóbio, pesquisadas e multiplicadas pela EMBRAPA/CNPAB. Com base nesta seleção, foram produzidas mudas das espécies: *Mimosa caesalpinifolia*, *Mimosa pellita*, *Acacia auriculiformis*, *Sesbania virgata*, *Mimosa bimucronata*, *Enterolobium contorsiliquum*, *Acacia holosericea*, *Acacia angustissima*, *Mimosa flocculosa*, *Mimosa scabrela*, *Acacia mangium*, *Cassia ferruginea*, *Clitoria fairchildiana*, *Peltophorum dubium*, *Anadenanthera macrocarpa*, *Trema micrantha*, *Schinus terebinthifolius*, *Albizia saman*, *Stryphnodendron coriaceum*, *Mimosa pigra*, *Mimosa tenuiflora*, *Mimosa arenosa*, *Leucaena leucocephala* e *Schizolobium parahyba*, nos viveiros da EMBRAPA/CNPAB (vide foto 5).



Foto 5 – Mudanças sendo produzidas nos viveiros da EMBRAPA/CNPAB

O cultivo ocorreu na cidade de Itaguaí-RJ, em bandejas de isopor com 72 células cada, preenchidas com substrato composto de: 30% de areia; 30% de terra de barranco argilosa; 30% de húmus de minhoca e 10% de fosfato de rocha. A este substrato foi adicionado solo rico em propágulos de micorrizas vesículo-arbusculares. De acordo com a necessidade, sementes de algumas espécies foram escarificadas e todas as sementes de leguminosas foram inoculadas com rizóbio de estirpes recomendadas pela EMBRAPA (vide tabela 18).

Tabela 18 - Estirpes de Rizóbio utilizadas na produção de mudas

Espécie	Estirpes inoculadas
<i>Acacia angustissima</i>	BR 3630 e BR 3629
<i>Acacia auriculiformis</i>	BR3609 e BR 3624
<i>Acacia holosericea</i>	BR 5608 e BR 4406
<i>Acacia mangium</i>	BR 3609 e BR 3617
<i>Albizia saman</i>	BR 6205 e BR 6212
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	BR 9001 e BR 9004
<i>Clitoria fairchildiana</i>	BR 8007 e BR 8008
<i>Enterolobium contorsiliquum</i>	BR 4406 e BR 4407
<i>Leucaena leucocephala</i>	BR 814 e BR 827
<i>Mimosa arenosa</i>	BR 3454 e BR 3462
<i>Mimosa bimucronata</i>	BR 3461 e BR 3460
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	BR 3405 e BR 345
<i>Mimosa flocculosa</i>	BR 3462 e BR 3463
<i>Mimosa pellita</i>	BR 3467 e BR 3454
<i>Mimosa pigra</i>	BR 3467 e BR 3454
<i>Mimosa scabrela</i>	BR 3454
<i>Mimosa tenuiflora</i>	BR 3462 e BR 3466
<i>Sesbania virgata</i>	BR 5401 e BR 5412

Antes de serem transportadas para São Paulo, as mudas foram avaliadas através de amostragem quanto à efetividade da colonização por Rizóbio e Micorrizas. Para isto, com relação à bactéria, efetivou-se a contagem e pesagem do número de nódulos em cada planta, sendo o resultado correlacionado ao peso da raiz e da parte aérea. Quanto à presença de fungos do gênero Micorriza, esta foi avaliada através da detecção de colonização, percentual de infecção e espécie colonizadora. Metodologias e resultados destas avaliações são apresentados no trabalho de ANDRADE (2000).

V.2.5.1 Plantio

Foram plantadas 2.416 mudas pertencentes a 24 diferentes espécies arbóreas e arbustivas. Deste total, durante o primeiro ano do experimento perderam-se 84 plantas retiradas para escavação e manutenção de drenos de chorume. Restaram assim 2.334 plantas, que foram contabilizadas como stand inicial. O plantio foi efetuado com o uso de um gabarito, formado por um quadro de madeira com 16 furos, utilizados como guia para as estacas de marcação (vide figura 7). Desta forma foi assegurada precisão no plantio de parcelas com 16 plantas (4x4), com distância entre plantas de 2m, de forma a permitir que as 4 plantas centrais recebessem a mesma influência do meio e sofressem a mesma concorrência das outras plantas. Evitou-se assim o efeito “borda”, criando condições para realização de posteriores tratamentos estatísticos.

O gabarito foi fixado de forma a propiciar plantio triangular entre linhas, com o objetivo de reduzir a erosão superficial (evitou-se a criação de linhas de plantio “morro abaixo”). As parcelas foram marcadas, quando possível, com a distância aprox. de 3m entre si (drenos de gás, drenos de água, piezômetros, taludes de diâmetro menor que o gabarito e acidentes de terreno, impediram que esta distância fosse igual entre todas as parcelas), formando blocos experimentais em disposição linear, cujo trajeto baseou-se na proximidade entre cotas de nível existentes nos diferentes taludes (vide figura 7 e foto 6).

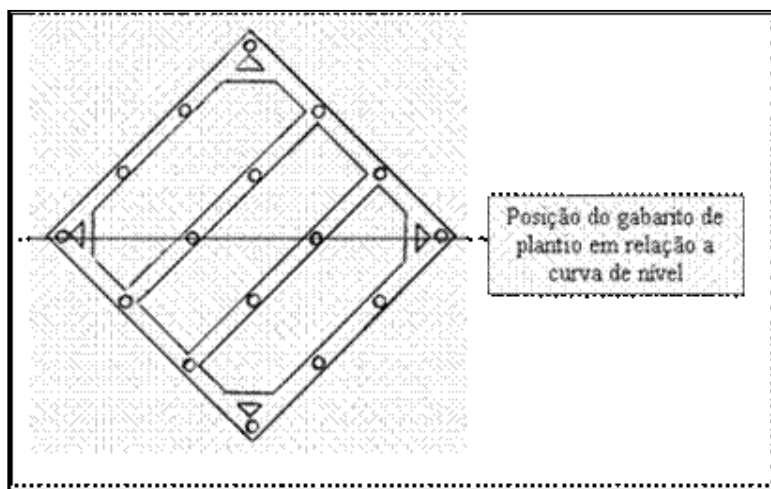


Figura 7 – Posição do gabarito de plantio



Foto 6 – Marcação de plantio com o uso de gabarito

Desta forma foram criadas sete linhas de plantio, o que proporcionou sete repetições para algumas variedades, mas não para todas, pois infelizmente o número de plantas de algumas espécies não foi suficiente para realização de todas estas repetições (muitas plantas foram perdidas antes do plantio, devido ao ataque de formigas durante armazenagem em viveiro improvisado no aterro). O plantio foi planejado de forma a que as espécies ocupassem a mesma face no aterro e que a repetição das parcelas, contendo cada espécie, ocorresse em blocos experimentais dispostos em diferentes

posições dentro da área experimental. Para isto, foi elaborado um esquema de plantio, que posteriormente sofreu modificações nos últimos taludes em virtude da falta de mudas das espécies: - *Mimosa pellita*, 18 - *Albizia samam*, 19 - *Stryphnodendron coriaceum*, 20 – *Mimosa pigra*, ficando a disposição final na forma demonstrada pela figura abaixo (vide figura 8).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
19	20	21	22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
15	16	17	18	19	20	21	22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	1	2	3	4	5	6	23
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	23	24	20	21	22	1		
21	22	1	3	4	5	6	7	8	23	9	10	11	12	13	14	15	16	17				

Figura 8 - Esquema final utilizado para ordenação do plantio

Parcelas contendo 16 plantas das espécies: 1 - *Mimosa caesalpinifolia*, 2 - *Mimosa pellita*, 3 - *Acacia auriculiformis*, 4 - *Sesbania virgata*, 5 - *Mimosa bimucronata*, 6 - *Enterolobium contorsiliquum*, 7 - *Acacia holosericea*, 8 - *Acacia angustissima*, 9 - *Mimosa flocculosa*, 10 - *Mimosa scabrela*, 11 - *Acacia mangium*, 12 - *Cassia ferruginea*, 13 - *Clitoria fairchildiana*, 14 - *Peltophorum dubium*, 15 - *Anadenanthera macrocarpa*, 16 - *Trema micrantha*, 17 - *Schinus terebinthifolius*, 18 - *Albizia saman*, 19 - *Stryphnodendron coriaceum*, 20 - *Mimosa pigra*, 21 - *Mimosa tenuiflora*, 22 - *Leucaena leucocephala*, 23 - *Mimosa arenosa*, 24 - *Schizolobium parahyba*

Após marcação e abertura das covas, o solo retirado foi misturado com 200g de fosfato de rocha e 2 Kg. de composto de lixo proveniente da Usina de São Matheus/SP (composição apresentada nas tabelas 19 e 20). No dia 16/01/98 iniciou-se o plantio, que prosseguiu até o dia 23/01/98. Foram plantados os quatro primeiros blocos experimentais, tendo o excesso de chuvas impedido a marcação e o plantio dos demais. No período de 17/02 a 18/02/98, foram plantados os blocos experimentais restantes.

Efetuaram-se replantios para substituição de plantas mortas no dia 16/02 (nos quatro blocos primeiramente implantados) e no período de 26/03 a 27/03/98 (em todos os demais blocos do experimento).

Tabela 19 – Composição do termofosfato marca Huzifétil

P2O5 total	17g/Kg
P2O5 solúvel em ácido cítrico a 2%	16g/Kg
Cálcio	18g/Kg
Magnésio	9g/Kg
Boro	0,15g/Kg
Zinco	0,30g/Kg
Passagem em peneira (n° 100 - 0,15 mm)	75%
Natureza física	Pó

Obs: valores que constavam em rótulo do produto, sob licença AP/MG 05428-00003-1.

Tabela 20 - Composição de composto de lixo proveniente da usina de compostagem de São Matheus/SP

Elemento	Mehlich-1 (“disponíveis”)	Nitroperclórica (“pseudo-totais”)
Molibdênio	*	*
Cálcio	*	13,2g/kg
Magnésio	*	1,92g/kg
Cromo	0,830 mg/Kg	45mg/Kg
Manganês	32,5 mg/Kg	207mg/Kg
Ferro	248 mg/Kg	19,3g/kg
Cobalto	0,167 mg/Kg	3,78mg/Kg
Níquel	1,67 mg/Kg	11,9mg/Kg
Cobre	32,9 mg/Kg	220mg/Kg
Zinco	57,2 mg/Kg	216mg/Kg
Alumínio	ND	32,6g/kg
Cádmio	0,171 mg/Kg	1,2mg/Kg
Chumbo	7,17 mg/Kg	73,2mg/Kg
Estanho	*	*

- abaixo do limite de detecção do equipamento (espectrofotômetro de plasma)

V.2.5.2 Tratos culturais

Exceto o uso eventual de iscas para formigas, coroamento no início do desenvolvimento das plantas e roçada de invasoras, normalmente efetuada no aterro, não foram realizados quaisquer outros tratos culturais.

VI Avaliação do estabelecimento e desenvolvimento das espécies arbóreas e arbustivas

VI.1 Metodologia

Foram realizadas três campanhas para verificação do desenvolvimento e estabelecimento das plantas. A primeira ocorreu nos dias 9, 10, 11 e 13/03/2000, durante o trabalho de ANDRADE (2000), a segunda nos dias 12, 13, 14, 15, 16 e 17/03/2002 e a terceira nos dias 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17 e 18/03/2004.

Nestes períodos, as plantas de cada parcela foram contadas e individualmente avaliadas. A avaliação individual foi realizada a partir da medição do diâmetro base do tronco (D), com uso de paquímetro (na primeira avaliação) e de trena (segunda e terceira avaliação). A altura (A) foi calculada pela comparação visual da parte da copa de maior altura com a escala de uma mira topográfica. Na presença de exemplares de plantas com crescimento entouceirado, todos os troncos foram medidos, mas apenas foi considerada a medida do tronco de maior diâmetro.

Medidas de circunferência obtidas na segunda e terceira campanhas foram posteriormente convertidas a diâmetro²⁴, permitindo a comparação com os valores da primeira medição. As tabelas 21 a 68, mostram o número de plantas e os valores médios dos parâmetros de estabelecimento e desenvolvimento pesquisados. São também apresentados os respectivos desvios padrão (DP) e coeficientes de variação (CV).

²⁴ Ignorando ao Sistema Internacional as medidas são apresentadas em centímetros, pois o menor número de algarismos permite a melhor formatação e, conseqüentemente, visualização das tabelas.

VI.1.1 – *Mimosa caesalpiniaefolia* (espécie nº 1)

Tabela 21 – Dados gerais da espécie *Mimosa caesalpiniaefolia* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	112	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	73	65,2	206,6	71	34,4	4,4	1,9	43,6
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	68	60,7	355,9	86,4	24,3	9,1	2,6	28,5
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	66	58,9	573,4	148,3	25,8	14,0	4,1	28,5

Tabela 22 – Dados gerais da espécie *Mimosa caesalpiniaefolia* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	16	A	140,3	30,4	16	A	294,4	31,4	16	A	492,7	103,4
		D	2,6	0,9		D	7,6	2,3		D	12,8	4,9
2º Bloco	2	A	130,0	56,6	2	A	390,0	42,4	2	A	660,0	84,9
		D	2,6	2,3		D	10,4	0,9		D	18,3	1,1
3º Bloco	6	A	185,0	74,0	4	A	340,0	49,0	4	A	600,0	60,6
		D	3,5	2,1		D	10,7	1,7		D	12,8	5,6
4º Bloco	7	A	258,6	59,6	7	A	378,6	45,3	7	A	735,9	62,2
		D	4,7	1,3		D	11,5	2,0		D	16,5	3,6
5º Bloco	13	A	169,2	38,0	12	A	303,8	66,6	12	A	447,4	155,6
		D	3,8	1,1		D	7,1	1,9		D	12,0	3,1
6º Bloco	16	A	249,7	36,4	16	A	358,1	77,0	16	A	624,3	141,2
		D	5,2	1,3		D	9,5	2,5		D	14,4	3,1
7º Bloco	13	A	263,8	74,1	11	A	484,1	67,0	9	A	628,9	118,9
		D	6,6	1,7		D	10,5	2,0		D	16,0	3,4

* As mudas não foram medidas, sendo esta apenas uma estimativa visual apresentada para ilustrar ao quadro e caracterizar o pequeno tamanho inicial das plantas.

VI.1.2 - *Mimosa pellita* (espécie nº 2)

Tabela 23 - Dados gerais da espécie *Mimosa pellita* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	80	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	76	95	273,8	45,0	16,4	6,2	2,8	44,9
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	74	92,5	290,1	42,15	14,53	8,9	3,51	39,27
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	67	83,8	320,6	71,9	22,4	9,7	4,9	50,5

Tabela 24 - Dados gerais da espécie *Mimosa pellita* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	16	A	233,1	20,6	14	A	253,6	19,5	13	A	346,9	49,7
		D	5,4	1,6		D	7,8	2,8		D	8,3	5,1
2º Bloco	14	A	320,0	15,7	14	A	298,6	47,5	14	A	305,2	54,8
		D	9,4	3,2		D	8,8	2,3		D	7,6	1,9
3º Bloco	16	A	297,5	19,1	16	A	327,8	38,9	11	A	330,9	93,9
		D	7,4	2,0		D	10,8	1,5		D	10,5	4,8
4º Bloco	14	A	300,0	38,0	14	A	306,8	24,5	14	A	355,0	71,3
		D	5,6	1,5		D	11,6	4,6		D	14,4	5,7
5º Bloco	16	A	227,5	24,4	16	A	262,5	20,6	15	A	272,7	61,7
		D	3,6	1,3		D	5,9	2,4		D	8,1	3,2
6º Bloco	Não plantado											
7º Bloco	Não plantado											

Obs: três plantas do segundo bloco tombaram e rebrotaram, resultando na formação de novas copas e troncos, o que influenciou no diâmetro e na altura medidos em avaliações realizadas após 03/2000.

VI.1.3 - *Acacia auriculiformis* (espécie nº 3)

Tabela 25 - Dados gerais da espécie *Acacia auriculiformis* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	112	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	42	37,5	212,9	105,2	49,4	4,9	2,9	59,6
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	37	33,0	506,4	203,2	40,1	12,9	5,6	43,9
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	37	33,0	729,8	253,2	34,6	19,6	8,0	40,9

Tabela 26 - Dados gerais da espécie *Acacia auriculiformis* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	7	A	137,1	75,0	6	A	380,0	153,9	6	A	675,0	179,3
		D	2,6	1,2		D	11,1	5,2		D	18,5	5,5
2º Bloco	3	A	206,7	41,6	2	A	600,0	28,3	2	A	965,0	63,6
		D	3,5	1,4		D	14,6	1,9		D	20,2	8,8
3º Bloco	4	A	227,5	113,0	3	A	616,7	102,1	3	A	901,3	97,9
		D	4,4	2,8		D	14,1	3,8		D	23,5	2,6
4º Bloco	1	A	340,0	-	1	A	620,0	-	1	A	980,0	-
		D	5,6	-		D	19,2	-		D	29,6	-
5º Bloco	14	A	153,6	83,2	13	A	344,5	150,2	13	A	563,2	194,7
		D	4,1	2,5		D	9,4	5,5		D	15,4	8,1
6º Bloco	3	A	313,3	135,0	3	A	553,3	101,2	3	A	913,3	170,1
		D	8,3	5,3		D	16,6	2,8		D	26,4	1,4
7º Bloco	10	A	302,0	62,9	10	A	699,4	156,7	9	A	808,9	318,8
		D	7,2	1,9		D	15,7	5,6		D	21,8	9,6

VI.1.4 - *Sesbania virgata* (espécie nº 4)

Tabela 27 - Dados gerais da espécie *Sesbania virgata* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	112	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	91	81,3	219,8	56,5	25,7	6,1	2,4	39,3
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	74	66,1	306,0	53,5	17,5	9,5	2,6	27,7
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	42	37,5	346,5	86,3	24,9	14,1	3,4	24,1

Tabela 28 - Dados gerais da espécie *Sesbania virgata* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	10	A	213,5	23,8	10	A	303,0	17,0	1	A	400,0	-
		D	4,6	0,7		D	8,4	1,6		D	10,8	-
2º Bloco	8	A	217,5	30,1	7	A	272,9	41,1	5	A	403,0	26,8
		D	4,5	0,9		D	9,5	3,0		D	14,9	2,4
3º Bloco	15	A	162,0	64,2	6	A	255,0	50,1	4	A	312,5	29,9
		D	3,5	1,0		D	7,4	2,5		D	12,0	2,5
4º Bloco	13	A	282,3	40,7	12	A	348,3	29,9	9	A	398,9	79,3
		D	7,2	1,1		D	11,2	3,0		D	16,8	2,8
5º Bloco	16	A	182,5	28,6	11	A	286,4	51,8	7	A	310,0	87,6
		D	5,1	1,3		D	7,8	2,1		D	12,2	3,3
6º Bloco	14	A	260,0	37,2	13	A	338,5	49,5	6	A	341,7	101,9
		D	8,4	2,7		D	10,3	2,6		D	14,9	3,7
7º Bloco	15	A	231,3	37,2	15	A	296,3	61,7	10	A	308,0	93,9
		D	8,5	1,4		D	10,2	1,9		D	13,1	3,2

Obs: em 03/2004 muitas das plantas estavam senescendo em função do final de seu ciclo de vida

VI.1.5 – *Mimosa binucronata* (espécie nº 5)

Tabela 29 – Dados gerais da espécie *Mimosa binucronata* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	112	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	96	85,7	287,7	105,2	36,6	7,9	4,3	54,4
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	93	83,1	530,5	131,9	24,9	16,6	6,8	40,8
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	89	79,5	700,5	140,0	19,9	22,5	9,0	39,8

Tabela 30 – Dados gerais da espécie *Mimosa binucronata* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	14	A	179,6	75,0	14	A	503,6	137,3	13	A	679,2	160,2
		D	4,1	1,9		D	13,4	5,9		D	19,8	5,8
2º Bloco	16	A	289,4	84,0	16	A	448,1	113,7	16	A	715,2	184,5
		D	8,1	3,6		D	16,8	6,8		D	23,2	9,3
3º Bloco	7	A	237,1	55,9	7	A	645,7	33,1	7	A	753,7	43,5
		D	5,7	2,0		D	17,6	6,7		D	27,5	9,6
4º Bloco	11	A	404,5	136,6	10	A	625,0	112,6	10	A	801,3	69,9
		D	11,7	3,9		D	21,9	5,0		D	27,9	8,0
5º Bloco	16	A	270,6	68,9	15	A	505,7	48,4	15	A	677,7	55,2
		D	6,7	2,4		D	16,2	5,9		D	19,6	6,0
6º Bloco	16	A	329,7	109,8	15	A	526,7	148,6	13	A	695,2	147,5
		D	10,8	5,5		D	17,0	7,5		D	22,3	10,5
7º Bloco	16	A	297,5	57,0	16	A	560,0	158,8	15	A	638,3	157,9
		D	7,9	4,1		D	15,7	7,6		D	21,2	10,9

VI.1.6 – *Enterolobium contorsiliquum* (espécie nº 6)

Tabela 31 – Dados gerais da espécie *Enterolobium contorsiliquum* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	112	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	108	96,4	335,0	82,0	24,5	9,6	3,3	34,5
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	108	96,4	594,7	117,3	19,7	16,6	3,8	22,6
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	104	92,9	761,3	121,8	16,0	22,3	4,7	21,2

Tabela 32 – Dados gerais da espécie *Enterolobium contorsiliquum* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	16	A	334,4	45,3	16	A	616,6	105,1	16	A	763,3	84,8
		D	11,6	2,2		D	17,6	3,1		D	22,5	4,1
2º Bloco	16	A	268,8	45,9	16	A	570,6	96,2	16	A	758,5	116,2
		D	6,9	1,6		D	15,6	3,6		D	21,7	5,8
3º Bloco	16	A	300,0	50,5	16	A	523,8	56,5	16	A	798,3	65,0
		D	6,7	1,8		D	15,5	2,6		D	20,9	3,4
4º Bloco	16	A	463,8	55,6	16	A	713,8	96,1	16	A	816,6	141,5
		D	12,3	2,9		D	19,3	3,3		D	24,4	4,8
5º Bloco	16	A	288,8	44,1	16	A	525,6	116,4	15	A	746,5	137,3
		D	7,6	1,6		D	13,6	2,8		D	20,1	3,8
6º Bloco	16	A	388,1	49,8	16	A	674,1	66,2	16	A	772,7	103,1
		D	13,0	1,7		D	18,7	2,7		D	23,9	3,8
7º Bloco	12	A	290,0	65,5	12	A	519,6	114,3	9	A	603,3	127,3
		D	9,1	3,3		D	15,8	5,2		D	22,4	7,0

VI.1.7 - *Acacia holosericea* (espécie nº 7)

Tabela 33 - Dados gerais da espécie *Acacia holosericea* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	112	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	92	82,1	260,6	85,2	32,7	4,8	1,8	38,0
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	76	67,9	393,8	106,7	27,1	8,8	2,5	28,4
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	58	51,8	547,8	125,8	22,9	12,2	3,3	27,4

Tabela 34 - Dados gerais da espécie *Acacia holosericea* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	10	A	151,5	36,2	8	A	245,0	22,0	7	A	411,4	58,7
		D	2,7	0,4		D	7,6	1,5		D	13,0	3,8
2º Bloco	8	A	238,8	80,3	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	4,0	2,4		D	-	-		D	-	-
3º Bloco	12	A	271,7	60,4	11	A	432,3	38,2	10	A	565,7	113,3
		D	4,4	0,9		D	9,2	2,0		D	12,1	2,1
4º Bloco	16	A	386,3	60,0	15	A	518,3	102,2	12	A	635,4	126,1
		D	7,2	1,1		D	10,5	2,3		D	14,7	3,7
5º Bloco	16	A	230,6	46,8	16	A	370,0	89,7	13	A	567,8	62,0
		D	4,6	1,1		D	8,1	2,3		D	12,1	2,7
6º Bloco	16	A	263,8	46,9	15	A	413,0	42,0	12	A	617,4	99,0
		D	5,9	1,0		D	9,8	2,2		D	11,8	3,1
7º Bloco	14	A	228,6	54,4	11	A	301,8	31,2	11	A	422,8	93,2
		D	3,4	1,1		D	6,4	2,0		D	9,6	2,8

Obs: a camada de solo é pouco profunda no Bloco 2, havendo afloramento de resíduos.

VI.1.8 - *Acacia angustissima* (Espécie nº 8)

Tabela 35 - Dados gerais da espécie *Acacia angustissima* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	112	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	67	59,8	259,1	88,3	34,1	5,7	3,3	58,9
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	48	42,9	456,2	159,7	35,0	11,4	6,1	53,1
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	46	41,4	608,6	172,5	28,3	16,3	7,5	45,6

Tabela 36 - Dados gerais da espécie *Acacia angustissima* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	5	A	108,0	38,3	3	A	210,0	17,3	2	A	355,0	35,4
		D	1,3			0,5	D			4,4	0,4	
2º Bloco	1	A	190,0	-	1	A	110,0	-	1	A	420,0	-!
		D	2,3			-	D			0,8	-	
3º Bloco	15	A	204,7	51,3	7	A	371,4	88,2	7	A	566,6	113,3
		D	3,2			1,4	D			7,1	3,6	
4º Bloco	13	A	361,5	35,6	13	A	525,0	71,6	13	A	649,5	169,4
		D	8,2			3,0	D			13,0	7,2	
5º Bloco	7	A	244,3	62,7	4	A	317,5	67,5	4	A	387,8	96,1
		D	5,1			1,5	D			8,2	3,9	
6º Bloco	12	A	246,7	91,8	6	A	466,7	127,9	6	A	684,2	207,9
		D	4,7			2,6	D			11,7	4,2	
7º Bloco	14	A	299,3	33,4	14	A	547,3	172,7	13	A	676,9	124,1
		D	8,8			2,5	D			15,1	4,2	

Obs: em 03/2002 a planta do 2º bloco foi medida a partir de rebrota.

VI.1.9 – *Mimosa flocculosa* (espécie nº 9)

Tabela 37 – Dados gerais da espécie *Mimosa flocculosa* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	112	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	57	50,9	351,8	65,5	18,6	7,0	2,3	32,4
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	21	18,8	400,3	178,7	44,7	9,8	4,2	43,2
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	9	8,0	516,6	127,8	24,7	10,4	2,0	19,6

Tabela 38 – Dados gerais da espécie *Mimosa flocculosa* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas								
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004		
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)
1º Bloco	16	A 375,0	64,9	8	A 443,8	138,7	6	A 576,7	127,2
		D 8,0	2,3		D 12,2	1,9		D 9,7	1,9
2º Bloco	10	A 325,0	87,0	1	A 200,0		1	A 674,0	-
		D 6,1	2,7		D 4,4			D 13,7	-
3º Bloco	7	A 348,6	26,1	4	A 407,5	149,7	0	A -	-
		D 5,4	0,8		D 11,1	4,4		D -	-
4º Bloco	10	A 358,0	39,1	2	A 17,9	4,1	1	A 445,0	-
		D 7,5	1,8		D 1,0	0,2		D 11,1	-
5º Bloco	10	A 349,0	54,9	5	A 516,0	74,4	0	A -	-
		D 6,8	2,5		D 10,1	2,4		D -	-
6º Bloco	4	A 322,5	121,2	0	A -	-	0	A -	-
		D 7,2	1,5		D -	-		D -	-
7º Bloco	0	A -	-	1	A 410,0	-	1	A 660,0	-
		D -	-		D 6,6	-		D 10,5	-

Obs:

- Em 03/2002 a planta do 2º bloco foi medida a partir de rebrota.
- Em 03/2000 uma planta do 7º bloco não foi medida por ter sido avaliada como morta.

VI.1.10 - *Mimosa scabrela* (espécie nº 10)

Tabela 39 - Dados gerais da espécie *Mimosa scabrela* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	112	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	7	6,3	325,7	56,5	17,4	9,5	4,2	44,4
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	7	6,3	477,4	104,6	21,9	19,3	6,3	32,3
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	6	5,4	662,9	190,8	24,6	25,3	7,3	28,9

Tabela 40 – Dados gerais da espécie *Mimosa scabrela* nas parcelas

Localiza ção da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	4	A	347,5	57,4	4	A	475,0	146,2	4	A	645,0	168,9
		D	11,8	3,6		D	20,3	8,6		D	25,6	9,7
2º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
3º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
4º Bloco	0	A	-	-	1	A	512,0	-	1	A	980,0	-
		D	-	-		D	21,4	-		D	29,6	-
5º Bloco	1	A	320,0	-	1	A	470,0	-	1	A	560,0	-
		D	6,5	-		D	17,8	-		D	23,6	-
6º Bloco	1	A	330,0	-	1	A	460,0	-	1	A	520,0	-
		D	9,8	-		D	16,6	-		D	21,3	-
7º Bloco	1	A	240,0	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	3,3	-		D	-	-		D	-	-

Obs: Em 03/2000 uma planta do 4º bloco não foi medida por ter sido erroneamente avaliada como morta.

VI.1.11 - *Acacia mangium* (espécie nº 11)

Tabela 41 - Dados gerais da espécie *Acacia mangium* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	104	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	49	47,1	296,1	126,0	42,6	6,3	3,5	55,5
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	33	31,7	675,6	156,1	23,1	15,9	5,0	31,1
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	31	29,8	1010,5	190,9	18,9	23,5	6,6	28,0

Tabela 42 - Dados gerais da espécie *Acacia mangium* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	13	A	238,5	74,8	1	A	310,0	-	0	A	-	-
		D	4,3	1,9		D	6,9	-		D	-	-
2º Bloco	3	A	176,7	115,9	1	A	310,0	-	1	A	674,0	-
		D	2,4	2,3		D	6,9	-		D	13,7	-
3º Bloco	2	A	170,0	70,7	2	A	580,0	14,1	2	A	855,0	49,5
		D	3,4	2,3		D	16,9	2,3		D	29,5	1,6
4º Bloco	3	A	246,7	28,9	3	A	683,3	98,7	2	A	900,0	141,4
		D	5,0	0,6		D	17,1	3,8		D	24,8	5,9
5º Bloco	16	A	424,4	96,5	16	A	765,9	126,2	16	A	1081,4	214,6
		D	10,2	2,5		D	17,3	5,3		D	23,0	7,6
6º Bloco	8	A	230,0	113,4	6	A	668,3	34,3	6	A	981,7	100,7
		D	4,6	2,5		D	16,2	4,3		D	24,8	6,4
7º Bloco	4	A	292,5	53,2	4	A	550,0	109,2	4	A	987,5	137,0
		D	6,5	1,4		D	13,4	1,2		D	22,6	2,4

VI.1.12 – *Cássia ferruginea* (espécie nº 12)

Tabela 43 – Dados gerais da espécie *Cassia ferruginea* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	104	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	15	14,4	97,3	53,6	55,1	1,9	1,5	79,9
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	10	9,6	249,7	114,4	45,8	6,0	3,7	45,8
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	8	7,7	470,6	139,1	29,5	11,6	3,2	27,8

Tabela 44 – Dados gerais da espécie *Cassia ferruginea* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	1	A	140,0	-	1	A	180,0	-	0	A	-	-
		D	3,1	-		D	3,2	-		D	-	-
2º Bloco	0	A	-	-	1	A	180,0	-	1	A	420,0	-
		D	-	-		D	3,2	-		D	10,8	-
3º Bloco	3	A	103,3	15,3	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	1,7	0,5		D	-	-		D	-	-
4º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
5º Bloco	9	A	107,8	55,9	8	A	267,1	122,9	7	A	477,9	148,7
		D	2,2	1,7		D	6,7	3,8		D	11,7	3,5
6º Bloco	2	A	20,0	0,0	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	0,3	0,1		D	-	-		D	-	-
7º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-

Obs: no segundo bloco ocorreu rebrota de uma da planta considerada como morta na avaliação de 03/2000.

VI.1.13 – *Clitoria fairchildiana* (espécie nº 13)

Tabela 45 – Dados gerais da espécie *Clitoria fairchildiana* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	106	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	98	92,5	192,1	46,4	24,1	6,3	2,3	36,4
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	76	71,7	291,8	62,5	21,4	12,1	4,7	39,2
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	73	68,9	400,5	106,8	26,6	15,9	5,5	34,8

Tabela 46 – Dados gerais da espécie *Clitoria fairchildiana* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	16	A	175,6	33,1	1	A	190,0	-	0	A	-	-
		D	4,9	1,4		D	5,3	-		D	-	-
2º Bloco	16	A	211,6	32,5	13	A	263,8	34,5	13	A	417,4	79,7
		D	6,2	2,2		D	10,9	3,6		D	16,0	5,5
3º Bloco	15	A	234,0	38,3	15	A	332,7	55,7	15	A	390,2	101,8
		D	8,1	2,2		D	13,5	4,3		D	16,3	5,8
4º Bloco	9	A	157,8	56,7	5	A	300,0	43,0	5	A	370,0	94,9
		D	3,9	2,1		D	12,6	4,7		D	15,7	6,7
5º Bloco	16	A	177,2	42,0	16	A	267,2	58,7	16	A	385,8	105,4
		D	5,6	1,7		D	11,0	3,1		D	13,6	4,4
6º Bloco	16	A	206,9	40,8	16	A	313,8	75,0	14	A	451,4	138,1
		D	8,1	1,7		D	13,5	5,0		D	18,2	6,4
7º Bloco	10	A	155,5	34,4	10	A	277,5	54,5	10	A	361,4	96,7
		D	6,3	1,5		D	11,5	7,6		D	15,9	4,7

VI.1.14 – *Peltophorum dubium* (espécie nº 14)

Tabela 47 – Dados gerais da espécie *Peltophorum dubium* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	98	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	53	54,1	99,6	55,9	56,1	2,9	1,7	56,8
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	41	41,8	220,9	93,6	41,6	8,8	3,6	41,0
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	39	39,8	364,4	194,6	53,4	10,8	4,6	42,9

Tabela 48 – Dados gerais da espécie *Peltophorum dubium* parcelas

Localiza ção da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	16	A	148,8	51,3	16	A	290,0	-	16	A	518,4	163,8
		D	4,6	1,6		D	9,3	-		D	13,7	3,6
2º Bloco	13	A	113,8	42,1	7	A	160,0	46,0	7	A	260,0	80,4
		D	2,4	0,7		D	3,9	2,3		D	8,4	3,3
3º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
4º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
5º Bloco	6	A	43,3	10,8	6	A	218,3	64,5	5	A	278,0	192,8
		D	1,7	0,5		D	6,9	1,8		D	9,7	5,8
6º Bloco	16	A	59,4	31,5	10	A	124,5	39,5	9	A	186,1	49,7
		D	1,9	1,0		D	11,6	3,8		D	6,8	1,0
7º Bloco	2	A	105,0	7,1	2	A	345,0	7,1	2	A	515,0	69,3
		D	5,0	0,1		D	11,4	1,1		D	17,5	0,9

VI.1.15 - *Anadenanthera macrocarpa* (espécie nº 15)

Tabela 49 - Dados gerais da espécie *Anadenanthera macrocarpa* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	96	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	14	14,6	95	54,0	56,9	1,3	0,6	50,3
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	11	11,4	167,0	144,3	86,4	5,6	4,5	79,8
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	7	6,3	627,5	202,6	32,2	14,8	7,2	48,5

Tabela 50 - Dados gerais da espécie *Anadenanthera macrocarpa* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	4	A	70,0	37,4	4	A	175,0	61,4	4	A	405,0	155,2
		D	1,3	0,9		D	7,7	2,7		D	9,6	3,6
2º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
3º Bloco	6	A	138,3	49,6	6	A	165,2	198,0	2	A	750,0	42,4
		D	1,3	0,7		D	4,2	5,5		D	21,2	3,4
4º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
5º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
6º Bloco	4	A	55,0	20,8	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	1,2	0,3		D	-	-		D	-	-
7º Bloco	0	A	-	-	1	A	145,5	-	1	A	645,0	-
		D	-	-		D	5,8	-		D	22,9	-

Obs: uma planta do 7º bloco rebrotou após ter sido erroneamente considerada como morta na avaliação de 03/2000.

VI.1.16 - *Trema micrantha* (espécie nº 16)

Tabela 51 - Dados gerais da espécie *Trema micrantha* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	112	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	32	28,6	197,8	133,0	67,2	5,1	3,5	68,2
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	21	18,8	364,8	168,9	46,3	10,4	4,2	40,4
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	17	15,2	460,4	166,3	36,1	16,4	5,4	33,1

Tabela 52 - Dados gerais da espécie *Trema micrantha* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	5	A	60,0	18,7	3	A	156,7	60,3	1	A	220,0	-
		D	1,4	0,3		D	4,4	3,4		D	8,6	-
2º Bloco	1	A	220,0	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	3,7	-		D	-	-		D	-	-
3º Bloco	12	A	336,7	76,1	11	A	515,5	24,2	9	A	604,1	-
		D	8,5	2,3		D	13,0	3,0		D	18,8	5,6
4º Bloco	2	A	125,0	7,1	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	2,7	0,1		D	-	-		D	-	-
5º Bloco	4	A	42,5	9,6	2	A	205,0	21,2	2	A	280,0	28,3
		D	2,4	0,4		D	7,4	1,9		D	14,3	5,4
6º Bloco	3	A	253,3	37,9	3	A	223,3	91,7	3	A	351,7	61,7
		D	7,4	1,4		D	9,7	3,8		D	14,9	4,9
7º Bloco	5	A	118,0	35,6	2	A	220,0	84,9	2	A	277,5	46,0
		D	2,6	1,8		D	9,2	1,9		D	14,0	1,8

VI.1.17 - *Schinus terebinthifolius* (espécie nº 17)

Tabela 53 - Dados gerais da espécie *Schinus terebinthifolius* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	112	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	80	70,5	153,4	90,7	59,1	4,6	2,6	56,2
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	69	61,6	292,2	83,0	28,4	11,0	5,3	48,1
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	67	59,8	401,3	120,8	30,1	16,3	5,4	32,7

Tabela 54 - Dados gerais da espécie *Schinus terebinthifolius* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	16	A	128,1	36,4	16	A	255,0	39,5	15	A	378,7	76,5
		D	4,2	2,0		D	10,3	4,2		D	16,9	5,6
2º Bloco	13	A	138,5	2,1	11	A	215,5	50,3	10	A	253,0	92,0
		D	4,5	86,2		D	9,4	4,6		D	16,3	4,6
3º Bloco	12	A	211,7	2,1	10	A	370,0	63,9	10	A	513,5	119,9
		D	4,7	90,8		D	11,7	5,0		D	17,2	6,5
4º Bloco	9	A	232,2	2,6	9	A	336,7	34,3	9	A	459,1	86,8
		D	6,6	53,8		D	13,9	6,4		D	14,4	3,5
5º Bloco	8	A	31,3	2,8	3	A	170,0	87,2	3	A	300,0	36,1
		D	1,5	21,7		D	7,2	2,1		D	17,7	4,9
6º Bloco	5	A	122,0	0,8	5	A	243,0	40,6	5	A	386,0	76,4
		D	3,2	119,9		D	10,0	5,0		D	17,7	6,9
7º Bloco	16	A	173,8	1,8	15	A	350,7	74,9	15	A	438,7	104,3
		D	5,7	88,5		D	11,7	6,5		D	15,7	5,9

VI.1.18 – *Abizia saman* (espécie nº 18)

Tabela 55 – Dados gerais da espécie *Abizia saman* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	64	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	12	18,7	128,8	93,9	72,9	2,7	2,1	77,7
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	11	15,6	269,6	135,4	50,2	10,7	8,3	77,9
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	11	17,2	442,6	232,2	52,4	17,8	12,3	68,9

Tabela 56 – Dados gerais da espécie *Abizia saman* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	7	A	73,6	27,8	3	A	170,0	60,8	3	A	290,0	121,7
		D	1,6	0,7		D	6,1	3,1		D	11,4	5,1
2º Bloco	0	A	-	-	2	A	138,0	67,9	2	A	195,0	35,4
		D	-	-		D	1,7	1,3		D	5,3	1,1
3º Bloco	4	A	227,5	103,1	4	A	417,5	9,6	4	A	697,3	82,4
		D	4,5	2,7		D	18,7	6,2		D	31,8	6,1
4º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
5º Bloco	1	A	120,0	-	2	A	240,0	-	2	A	410,0	183,8
		D	3,3	-		D	9,9	-		D	11,9	6,5
6º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
7º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-

Obs:

- Duas plantas erroneamente consideradas como mortas na avaliação de 03/2000 rebrotaram no 2º bloco.
- Uma planta considerada como morta na avaliação de 03/2000 rebrotou no 5º bloco.

VI.1.19 – *Styphnodendron coriaceum* (espécie nº 19)

Tabela 57 – Dados gerais da espécie *Styphnodendron coriaceum* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	80	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	0	0	-	-	-	-	-	-
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	0	0	-	-	-	-	-	-
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	0	0	-	-	-	-	-	-

Tabela 58 – Dados gerais da espécie *Styphnodendron coriaceum* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
2º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
3º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
4º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
5º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
6º Bloco	Não plantado											
7º Bloco	Não plantado											

VI.1.20 – *Mimosa pigra* (espécie nº 20)

Tabela 59 – Dados gerais da espécie *Mimosa pigra* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	96	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	88	91,7	261,7	44,7	17,1	5,4	2,6	48,4
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	85	88,5	292,6	55,1	18,8	8,2	3,8	46,2
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	74	77,1	336,0	82,6	24,6	11,6	5,6	48,5

Tabela 60 – Dados gerais da espécie *Mimosa pigra* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	16	A	208,8	28,7	16	A	234,4	23,7	16	A	276,3	49,2
		D	2,8	0,7		D	4,8	1,7		D	9,1	4,9
2º Bloco	14	A	286,4	38,2	14	A	302,1	12,5	14	A	360,7	91,8
		D	7,2	2,6		D	10,9	3,5		D	12,0	3,8
3º Bloco	16	A	300,6	20,5	16	A	350,0	0,0	14	A	377,5	83,4
		D	8,0	2,0		D	10,8	3,9		D	11,4	4,8
4º Bloco	16	A	254,4	41,6	15	A	291,3	24,7	13	A	333,8	74,4
		D	4,2	1,9		D	9,2	2,1		D	11,9	6,1
5º Bloco	10	A	283,0	41,9	10	A	361,5	54,0	7	A	380,0	90,7
		D	4,8	2,6		D	8,9	4,1		D	13,3	3,5
6º Bloco	16	A	248,1	23,4	14	A	236,4	27,3	10	A	311,2	63,8
		D	5,3	1,5		D	5,3	1,7		D	13,9	9,3
7º Bloco	Não plantado											

Obs: no período entre 03/2000 e 03/2002, a parte aérea de uma planta do 6º bloco morreu, havendo desenvolvimento de rebrota lateral, que foi medida e inclusa nos cálculos das médias apresentadas em 03/2002.

VI.1.21 - *Mimosa tenuiflora* (espécie nº 21)

Tabela 61 - Dados gerais da espécie *Mimosa tenuiflora* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	112	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	74	66,1	200,9	63,3	31,5	4,7	1,6	33,3
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	70	62,5	284,4	86,5	30,4	10,2	4,1	39,7
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	69	61,6	385,8	135,3	39,2	14,8	5,8	39,3

Tabela 62 - Dados gerais da espécie *Mimosa tenuiflora* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	16	A	146,9	26,5	16	A	170,9	17,0	16	A	270,6	60,6
		D	3,4	1,0		D	5,3	1,6		D	8,1	2,3
2º Bloco	14	A	217,9	41,9	14	A	363,6	47,8	14	A	455,7	123,0
		D	5,1	1,7		D	10,4	3,2		D	15,3	5,9
3º Bloco	4	A	305,0	42,0	4	A	437,5	20,6	4	A	548,5	35,3
		D	7,0	1,0		D	17,4	4,5		D	23,4	3,4
4º Bloco	7	A	242,9	28,7	7	A	353,6	25,6	6	A	506,7	36,7
		D	5,5	0,8		D	13,7	1,3		D	19,6	2,5
5º Bloco	16	A	237,5	50,3	16	A	324,1	44,9	16	A	466,8	135,5
		D	5,2	1,0		D	10,7	2,4		D	14,9	3,9
6º Bloco	13	A	145,4	57,4	9	A	290,0	36,7	9	A	325,3	106,0
		D	4,0	1,6		D	10,1	1,9		D	14,9	2,0
7º Bloco	4	A	215,0	31,1	4	A	343,8	14,9	4	A	355,0	82,3
		D	5,6	1,0		D	14,9	2,5		D	22,5	3,2

VI.1.22 – *Leucaena leucocephala* (espécie nº 22)

Tabela 63 – Dados gerais da espécie *Leucaena leucocephala* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	01 e 02/1998	98	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA
Avaliação em	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	03/2000	28	28	75,2	50,1	66,6	2,2	3,4
Avaliação em	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	03/2002	10	10,2	115,7	53,4	46,1	2,3	1,1
Avaliação em	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	03/2004	6	6,1	232,5	71,3	30,7	4,7	1,0

Tabela 64 – Dados gerais da espécie *Leucaena leucocephala* nas parcelas

Localiza ção da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	1	A	60,5	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	2,8	-		D	-	-		D	-	-
2º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
3º Bloco	1	A	260,0	-	0	A	-	-	1	A	350,0	-
		D	19,0	-		D	-	-		D	13,4	-
4º Bloco	5	A	114,0	28,8	10	A	115,7	53,4	6	A	174,2	28,4
		D	1,3	0,3		D	2,3	1,1		D	4,7	1,0
5º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
6º Bloco	11	A	55,5	31,7	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	1,2	0,7		D	-	-		D	-	-
7º Bloco	10	A	60,5	25,7	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	2,1	0,9		D	-	-		D	-	-

Obs: Cinco plantas do 4º bloco foram erradamente consideradas como mortas durante avaliação de 03/2000.

VI.1.23 – *Mimosa arenosa* (espécie nº 23)

Tabela 65 – Dados gerais da espécie *Mimosa arenosa* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	48	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	7	14,6	174,3	64,8	37,2	4,2	2,0	48,3
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	4	8,3	462,5	45,0	9,7	12,8	5,6	43,5
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	4	8,3	805,0	99,8	12,4	17,7	5,8	32,9

Tabela 66 – Dados gerais da espécie *Mimosa arenosa* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
2º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	--		D	-	-		D	-	-
3º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
4º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
5º Bloco	1	A	240,0	-	2	A	480,0	28,3	2	A	890,0	28,3
		D	5,5	-		D	11,7	7,5		D	21,0	7,2
6º Bloco	1	A	90,0	-	2	A	445,0	63,6	2	A	720,0	14,1
		D	2,3	-		D	13,9	5,7		D	14,3	2,3
7º Bloco	5	A	178,0	58,5	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	4,4	2,2		D	-	-		D	-	-

VI.1.24 - *Schizolobium parahiba* (espécie nº 24)

Tabela 67 - Dados gerais da espécie *Schizolobium parahiba* no experimento

Dados gerais da espécie no experimento								
Plantio em 01 e 02/1998	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	16	100	< 35*	NA	NA	< 1*	NA	NA
Avaliação em 03/2000	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	1	6,3	90,0	-	-	2,8	-	-
Avaliação em 03/2002	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	0	0	-	-	-	-	-	-
Avaliação em 03/2004	População		Altura			Diâmetro		
	Número de plantas	Percentual da População inicial	Média (cm)	DP (cm)	CV %	Média (cm)	DP (cm)	CV %
	0	0	-	-	-	-	-	-

Tabela 68 - Dados gerais da espécie *Schizolobium parahiba* nas parcelas

Localização da parcela	Dados gerais da espécie nas diferentes parcelas											
	Avaliação em 03/2000			Avaliação em 03/2002			Avaliação em 03/2004					
	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)	Nº de plantas	Altura e Diâmetros Médios (cm)	Desvio Padrão (cm)			
1º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
2º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
3º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
4º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
5º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-
6º Bloco	1	A	90,0	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	2,8	-		D	-	-		D	-	-
7º Bloco	0	A	-	-	0	A	-	-	0	A	-	-
		D	-	-		D	-	-		D	-	-

Durante as avaliações apenas as medidas dos troncos de maior diâmetro das plantas entouceiradas foram considerados na avaliação acima. Troncos de menor diâmetro foram contabilizados separadamente em cada bloco e tiveram seu diâmetro médio calculado. Os valores médios obtidos são apresentados na tabela 69.

Tabela 69 – Avaliação do diâmetro do tronco de plantas presentes em touceiras

Espécie n.º 1 - <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>				
Localização da parcela	Plantas	Troncos avaliados	Diâmetro médio (cm)	DP (cm)
1.º Bloco	2	3	5,3	1,1
6.º Bloco	2	3	4,4	0,9
Espécie n.º 2 - <i>Mimosa pellita</i>				
Localização da parcela	Plantas	Troncos avaliados	Diâmetro médio (cm)	DP (cm)
1.º Bloco	13	34	4,9	1,5
2.º Bloco	9	26	5,5	1,7
3.º Bloco	7	9	6,8	2,1
4.º Bloco	6	8	6,4	1,4
5.º Bloco	12	26	3,3	1
Espécie n.º 4 - <i>Sesbania virgata</i>				
Localização da parcela	Plantas	Troncos avaliados	Diâmetro médio (cm)	DP (cm)
6.º Bloco	2	2	5,3	0,4
Espécie n.º 5 - <i>Mimosa binucronata</i>				
Localização da parcela	Plantas	Troncos avaliados	Diâmetro médio (cm)	DP (cm)
6.º Bloco	1	3	6	1,9
Espécie n.º 8 - <i>Acacia angustissima</i>				
Localização da parcela	Plantas	Troncos avaliados	Diâmetro médio (cm)	DP (cm)
1.º Bloco	1	2	4	0,3
3.º Bloco	4	9	4,2	1,4
4.º Bloco	2	3	4,5	1,3
Espécie n.º 13 - <i>Clitoria fairchildiana</i>				
Localização da parcela	Plantas	Troncos avaliados	Diâmetro médio (cm)	DP (cm)
2.º Bloco	2	2	3,6	0,5
6.º Bloco	1	2	11,3	5,9
Espécie n.º 14 - <i>Peltophorum dubium</i>				
Localização da parcela	Plantas	Troncos avaliados	Diâmetro médio (cm)	DP (cm)
2.º Bloco	2	3	1,8	0,1
Espécie n.º 17 - <i>Schinus terebinthifolius</i>				
Localização da parcela	Plantas	Troncos avaliados	Diâmetro médio (cm)	DP (cm)
7.º Bloco	2	3	7,2	1,3
Espécie n.º 20 - <i>Mimosa pigra</i>				
Localização da parcela	Plantas	Troncos avaliados	Diâmetro médio (cm)	DP (cm)
1.º Bloco	16	60	3,8	0,9
2.º Bloco	7	16	3,2	1,0
3.º Bloco	11	33	5,2	1,8
4.º Bloco	12	40	9,7	5,0
5.º Bloco	6	15	6,2	1,6
6.º Bloco	6	17	6,2	1,8
Espécie n.º 21 - <i>Mimosa tenuiflora</i>				
Localização da parcela	Plantas	Troncos avaliados	Diâmetro médio (cm)	DP (cm)
1.º Bloco	1	4,2	-	-
Espécie n.º 23 - <i>Mimosa arenosa</i>				
Localização da parcela	Plantas	Troncos avaliados	Diâmetro médio (cm)	DP (cm)
6.º Bloco	3	22	10,1	3,5

A tabela 70 apresenta dados sobre estabelecimento/desenvolvimento e médias de altura e diâmetro acompanhadas de seu respectivo coeficiente de variação. Os valores referem-se à terceira campanha de avaliação, realizada em 03/2004.

Tabela 70 – Dados para avaliação

Espécie	Número inicial de plantas	Número de plantas em 03/2004	Percentual da população inicial	Altura		Diâmetro	
				Média (cm)	CV %	Média (cm)	CV %
<i>Acacia angustissima</i>	112	46	41,4	608,6	28,3	16,3	45,6
<i>Acacia Auriculiformis</i>	112	37	33,0	729,8	34,6	19,6	40,9
<i>Acacia holosericea</i>	112	58	51,8	547,8	22,9	12,2	27,4
<i>Acacia mangium</i>	104	31	29,8	1010,5	18,9	23,5	28,0
<i>Albizia saman</i>	64	11	17,2	442,6	52,4	17,8	68,9
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	96	7	6,3	627,5	32,2	14,8	48,5
<i>Cassia ferruginea</i>	104	8	7,7	470,6	29,5	11,6	27,8
<i>Clitoria fairchildiana</i>	106	73	68,9	400,5	26,6	15,9	34,8
<i>Enterolobium contorsiliquum</i>	112	104	92,9	761,3	16,0	22,3	21,2
<i>Leucaena leucocephala</i>	98	6	6,1	232,5	30,7	4,7	21,5
<i>Mimosa arenosa</i>	48	4	8,3	805,0	12,4	17,7	32,9
<i>Mimosa binucronata</i>	112	89	79,5	700,5	19,9	22,5	39,8
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	112	66	58,9	573,4	25,8	14,0	28,5
<i>Mimosa flocculosa</i>	112	9	8,0	516,6	24,7	10,4	19,6
<i>Mimosa pellita</i>	80	67	83,8	320,6	22,4	9,7	50,5
<i>Mimosa pigra</i>	96	74	77,1	336,0	24,6	11,6	48,5
<i>Mimosa scabrela</i>	112	6	5,4	662,9	24,6	25,3	28,9
<i>Mimosa tenuiflora</i>	112	69	61,6	385,8	39,2	14,8	39,3
<i>Peltophorum dubium</i>	98	39	39,8	364,4	53,4	10,8	42,9
<i>Schinus terebinthifolius</i>	112	67	59,8	401,3	30,1	16,3	32,7
<i>Schizolobium parahiba</i>	16	0	0	-	-	-	-
<i>Sesbania virgata</i>	112	42	37,5	346,5	24,9	14,1	24,1
<i>Stryphnodendron coriaceum</i>	80	0	0	-	-	-	-
<i>Trema micrantha</i>	112	17	15,2	460,4	36,1	16,4	33,1

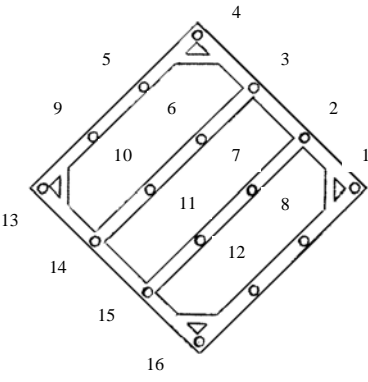
Além da altura e do diâmetro da base do tronco, várias outras informações tidas como relevantes, foram registradas em fichas de campo, preenchidas durante a segunda e terceira campanhas de medição (vide figura 9). Desta forma, foi assim possível sistematizar as observações consideradas como relevantes no entendimento do comportamento das plantas de cada parcela (vide figura 9). A apreciação na tabela 71 de informações relativas a espécie 1 (*Mimosa caesalpiniaefolia*), permite perceber, a presença de muitos e variados fatores de interferência experimental. A relevância destes fatores, apesar de não avaliada, é claramente verificada no elevado erro expresso pelos Coeficientes de Variação apresentados na tabela 70.

Data: _____ **Espécie:** _____ **Quadra:** _____ **Número de plantas:** _____

Alturas: 1- _____ 2- _____ 3- _____ 4- _____ 5- _____ 6- _____ 7- _____
8- _____ 9- _____ 10- _____ 11- _____ 12- _____
13- _____ 14- _____ 15- _____ 16- _____

Diâmetros da base do tronco: 1- _____ 2- _____ 3- _____ 4- _____
5- _____ 6- _____ 7- _____ 8- _____ 9- _____ 10- _____
11- _____ 12- _____ 13- _____ 14- _____ 15- _____ 16- _____

Posição das existentes na parcela



1. Que tipo de cobertura vegetal cresce sobre o solo da parcela:
 Brachiaria decumbens *Brachiaria brizantha* grama batatais Colonião Jaraguá Outro
(Qual? _____)

2. Existem outras espécies arbóreas ou arbustivas crescendo na parcela ?
 não sim (Qual? _____)

3. Existem drenos de gás ativos próximos à parcela ?
 não sim
 a menos de dois metros a menos de quatro metros a menos de seis metros

4. Como é a densidade da serapilheira ?
 pequena média grande

5. A copa das árvores está bem formada ?
 não sim

6. Como apresenta-se a densidade de folhas na copa das árvores ?
 pequena média grande

7. As plantas apresentam-se:
 florindo sementando florindo e sementando não estão florindo ou sementando

8. O aparente estado sanitário das plantas é:
 bom médio ruim
Tipo de anomalia que foi observada: _____

9. A planta aparenta ter sofrido com pragas ?
 não sim Qual ou quais ? _____

10. Existem plantas tombadas? não sim Quantas ? _____

11. O solo sob a parcela:
 está liso com muitas pedras com lixo

12. Outras observações: _____

Figura 9 – Ficha utilizada para coleta de dados no experimento

Tabela 71 – Dados extraídos de ficha de controle em campo

Informações apresentadas em fichas de controle experimental da E1 - <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Avaliação realizada em 03/2004		
Bloco 1	1 – pequena competição com <i>Brachiaria decumbens</i> 2 – não existem outras plantas em meio a parcela 3 - 2 drenos de gás a menos de 6 m. 4 - densa serapilheira 5 - copas bem formadas	6 – grande densidade de folhas 7 - plantas não estão florindo ou sementando 8 - bom estado sanitário 9 - 2 galhos atacados por serra-pau 10 – não existem plantas tombadas 11 - solo liso
Bloco 2	1 - competição com <i>Brachiaria decumbens</i> 2 – 3 pés de alecrim em meio à parcela 3 – não existem drenos de gás próximos a parcela 4 - média densidade de serapilheira 5 - copas bem formadas	6 – grande densidade de folhas 7 – iniciando floração 8 - bom estado sanitário 9 – 3 galhos atacados por serra-pau 10 – não existem plantas tombadas 11 - solo liso
Bloco 3	1 - competição com Colômbia e Angola 2 – 5 pés de alecrim em meio a parcela 3 – não existem drenos de gás próximos a parcela 4 - média densidade de serapilheira 5 - copas bem formadas	6 – grande densidade de folhas 7 – não estão florindo ou sementando 8 - bom estado sanitário 9 – não aparenta ataque significativo de praga 10 – não existem plantas tombadas 11 - solo liso
Bloco 4	1 - competição com <i>Brachiaria decumbens</i> e Angola 2 – não existem outras espécies crescendo em meio a parcela 3 – não existem drenos de gás próximos a parcela 4 - média densidade de serapilheira 5 - copas bem formadas	6 – grande densidade de folhas 7 – não estão florindo ou sementando 8 - bom estado sanitário 9 – não aparenta nenhum ataque de praga significativo 10 – não existem plantas tombadas 11 - solo liso
Bloco 5	1 - competição com <i>Brachiaria decumbens</i> 2 – não existem outras espécies crescendo em meio a parcela 3 – não existem drenos de gás próximos a parcela 4 - média densidade de serapilheira 5 - copas bem formadas	6 – grande densidade de folhas 7 – não estão florindo ou sementando 8 - bom estado sanitário 9 – não aparenta nenhum ataque de praga significativo 10 – não existem plantas tombadas 11 - solo liso
Bloco 6	1 - competição com <i>Brachiaria decumbens</i> 2 - 2 pés de alecrim em meio à parcela 3 – não existem drenos de gás próximos a parcela 4 - grande densidade de serapilheira 5 - copas bem formadas	6 – grande densidade de folhas 7 – não estão florindo ou sementando 8 - bom estado sanitário 9 – não aparenta nenhum ataque de praga significativo 10 – não existem plantas tombadas 11 - solo liso
Bloco 7	1 - competição com <i>Brachiaria decumbens</i> 2 – não existem outras espécies crescendo em meio a parcela 3 – não existem drenos de gás próximos a parcela 4 - média densidade de serapilheira 5 - copas bem formadas	6 – grande densidade de folhas 7 – não estão florindo ou sementando 8 - bom estado sanitário 9 – não aparenta nenhum ataque de praga significativo

A apreciação das fichas de campo, aliada a observações efetuadas durante o experimento, permite destacar como sendo importantes componentes do erro experimental:

- Diferentes tipos e, principalmente, espessuras da camada de solo.
- Competição diferenciada entre plantas de mesma espécie, pelo desenvolvimento diferenciado e morte de plantas.
- Presença de parasitas e ação de pragas e doenças, destacando-se a predação por formigas, que ocasionou grandes prejuízos, principalmente no início do desenvolvimento das plantas de algumas parcelas.
- Cortes de algumas plantas e de galhos durante roçadas, além da quebra de galhos pela passagem de máquinas utilizadas na manutenção de acessos.

A existência de diferentes tipos de gramíneas vegetando em parcelas de menor sombreamento; o desenvolvimento de arbustos em meio a algumas parcelas e a proximidade de certas plantas em relação a drenos de gás, também influenciaram nas variações apresentadas. Aliás, foi interessante observar que a presença de drenos de gás próximos às plantas revelou prejuízos menores que os esperados. Inclusive, fora da área experimental e na parte Sul do Aterro, foi observado que um arbusto se desenvolveu naturalmente sobre um dreno de gás emergencial (cano de 0,075m de diâmetro) e que este apresentava aparência saudável, apesar de balançar incessantemente com a saída de gás (vide foto 7).



Foto 7 – Planta vegetando sobre dreno de gás

Cabe ainda registrar os possíveis e significativos prejuízos decorrentes de incêndio, que consumiu gramíneas de baixo porte e serapilheira e cujos vestígios foram verificados no Bloco 2. Segundo a informação de funcionários, que auxiliaram no controle do fogo, o incêndio teria sido ocasionado pelo contato da vegetação, seca durante o inverno, com o fogo mantido aceso em um dreno de gás.

A aquisição sistemática de informações, também permitiu verificar o pequeno número de tombamentos de plantas verificados durante o experimento. Apenas 22 plantas tombaram (vide tabela 72), contrariando ao temor relatado na literatura. Foi também observado que a maior parte dos tombamentos ocorreu com plantas de crescimento “entouceirado” e, nestes casos, as plantas não morreram e não sofreram grande deslocamento, pois ficaram apoiadas por alguns de seus galhos e posteriormente rebrotaram.

Tabela 72 Plantas tombadas

2001			2004		
Bloco	Espécie	Tombamentos	Bloco	Espécie	Tombamentos
1	7	1	1	1	1
2	2	3	1	7	1
2	21	2	1	14	1
5	21	1	1	21	3
7	5	1	2	2	1
-	-	-	3	7	1
-	-	-	5	20	4
-	-	-	5	21	1
-	-	-	7	6	1
Total = 22 plantas tombadas					

VI.2 Interpretação de resultados

Das 2334 plantas efetivamente contabilizadas no experimento, 930 apresentavam-se estabelecidas no local em 03/2004, representando um total aproximado de 40% da população inicial. Foram destaque pelo bom estabelecimento as espécies: *Acacia holosericea*, *Clitoria fairchildiana*, *Enterolobium contorsiliquum*, *Mimosa binucronata*, *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Mimosa pellita*, *Mimosa pigra*, *Mimosa tenuiflora* e *Schinus terebinthifolius*; com 667 plantas, ou seja, 72% do stand final. A espécie *Enterolobium contorsiliquum* surpreendeu por sua ótima adaptação ao local, apresentando bom desenvolvimento, homogeneidade de população e estabelecimento próximo a 93% (na figura 10 são apresentadas fotos da vegetação no experimento).

Na avaliação dos resultados é importante observar que, além da influência do ambiente, diferenciado em relação ao agrícola tradicional, as plantas receberam somente adubação de plantio e praticamente não tiveram tratos culturais. A falta destes cuidados influenciou principalmente na fase imediata ao plantio, tendo tido grande importância no não estabelecimento de algumas espécies e no baixo estabelecimento de outras. Neste sentido, é interessante notar que após grandes perdas iniciais, a população de algumas espécies pouco variou quanto ao número de plantas, com resultados que revelaram bom desenvolvimento médio. A observação deste fato revela que a viabilidade do cultivo de algumas das espécies, não estabelecidas ou de baixo estabelecimento, pode estar correlacionada à maior dispensa de tratos culturais iniciais, cuidado que poderia ter viabilizado o seu cultivo.



Figura 10 – Fotos da vegetação no aterro

VII Avaliação do risco de fitotransporte e bioacúmulo de metais

VII.1 Metodologia

A possibilidade de elevação dos teores de metais, presentes na superfície do solo pelo fitotransporte e deposição de tecido vegetal, foi investigada em parcelas ocupadas pelas espécies que apresentavam percentual de estabelecimento superior a 50% em 03/2001. Assim, foram investigadas parcelas do solo ocupadas pelas espécies: *Mimosa caesalpiniaefolia* (E1), *Mimosa pellita* (E2), *Sesbania virgata* (E4), *Mimosa binucronata* (E5), *Enterolobium contorsiliquum* (E6), *Acacia holosericea* (E7), *Clitoria fairchildiana* (E13), *Schinus terebinthifolius* (E17), *Mimosa pigra* (E20) e *Mimosa tenuiflora* (E21). A decisão de trabalhar apenas com estas espécies decorreu da necessidade operacional de limitar o número de análises laboratoriais, assim como da maior representatividade de resultados obtidos a partir de parcelas mais homogêneas quanto ao número de plantas. Além disto, o estudo da possibilidade de fitodisponibilização, ficou aliado a plantas que mais eficientemente colonizaram o local, o que é interessante do ponto de vista prático.



VII.2 Amostragem do solo

A investigação foi realizada a partir de amostras obtidas com a raspagem superficial do solo existente sob a copa das árvores de cada parcela e do solo não cultivado²⁵, nas áreas entre parcelas. De cada parcela, cultivada com a espécie de interesse, foi retirada uma amostra composta pela mistura resultante de seis extrações simples. Nos locais não cultivados, de forma semelhante, foi obtida uma amostra composta pela mistura de outras seis amostras simples, extraídas aleatoriamente dentro do local não cultivado. O quadro a seguir (Figura 11) representa os locais de extração das amostras na área experimental.

²⁵ Apesar de não ter sido plantado com espécies arbóreas e arbustivas, o solo entre as parcelas estava ocupado com vegetação de gramíneas bastante diversas, variando desde gramas de menor porte como a batatais (*Paspalum notatum* Flugge), brachiarias (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*) até capins como o colônia (*Panicum maximum* Jacq).

Bloco 1	X	X	3	X	X	X	8	9	10	11	12	X	14	15	16	X	18	19	X	X	22	
Bloco 2	19	X	X	22	X	X	3	X	X	X	8	9	10	11	12	X	14	15	16	X	18	
Bloco 3	15	16	X	18	19	X	X	22	X	3	X	X	X	X	8	9	10	11	12	X	14	
Bloco 4	11	12	X	14	15	16	X	18	19	X	22	X	X	3	X	X	X	X	8	9	10	
Bloco 5	X	8	9	10	11	12	X	14	15	16	X	18	19	X	X	22	X	X	3	X	X	23
Bloco 6	3	X	X	X	X	8	9	10	11	12	X	14	15	16	X	23	24	X	X	22	X	
Bloco 7	X	22	X	3	X	X	8	X	8	23	9	10	11	12	X	14	15	16	X			

Figura 11 – Esquema representativo de áreas amostradas

 Parcela cultivada e amostrada
 Local não cultivado de onde foi retirada amostra para referência quanto a teores pré-existentes

Espécies representadas no quadro: 1 - *Mimosa caesalpinifolia*, 2 - *Mimosa pellita*, 3 - *Acacia auriculiformis*, 4 - *Sesbania virgata*, 5 - *Mimosa bimucronata*, 6 - *Enterolobium contorsiliquum*, 7 - *Acacia holosericea*, 8 - *Acacia angustissima*, 9 - *Mimosa flocculosa*, 10 - *Mimosa scabrela*, 11 - *Acacia mangium*, 12 - *Cassia ferruginea*, 13 - *Clitoria fairchildiana*, 14 - *Peltophorum dubium*, 15 - *Anadenanthera macrocarpa*, 16 - *Trema micrantha*, 17 - *Schinus terebinthifolius*, 18 - *Albizia saman*, 19 - *Stryphnodendron coriaceum*, 20 - *Mimosa pigra*, 21 - *Mimosa tenuiflora*, 22 - *Leucaena leucocephala*, 23 - *Mimosa arenosa*, 24 - *Schizolobium parahyba*

A extração das amostras foi efetuada a partir de raspagem com o uso de “colher de pedreiro” e realizada após descarte, também por raspagem, da parte mais grosseira da serapilheira. As amostras foram colocadas em sacos plásticos transparentes, com volume de 1 litro, sendo estes acondicionados em sacos maiores, de cor escura. Posteriormente o solo foi seco em estufa a 60°C e peneirado em peneira de malha 250 Mesh. A partir do material obtido, foram retiradas de cada amostra 3 alíquotas de 0,5g (3 repetições), que passaram por digestão ácida (água régia) a quente (vide apêndice 1). O produto foi filtrado, avolumado e levando para a EMBRAPA/Solos, onde foi feita quantificação dos metais em espectrofotômetro de emissão de plasma (ICP – resultados no apêndice 2).

VII.3 Comparação dos valores obtidos

VII.3.1 Teste F

As tabelas 74 a 83 apresentam o resultado em mg/Kg da média²⁶ de 3 repetições das análises realizadas na capa de cobertura do aterro. Para cada metal avaliado as tabelas apresentam colunas, com o seguinte conteúdo:

- Primeira coluna - teores médios utilizados como referência para o solo da capa de cobertura em área não cultivada próxima a parcela (R = referência local).²⁷
- Segunda coluna - teores médios obtidos a partir da amostragem do solo de cada parcela (P = parcela) cultivada.

A penúltima linha de cada quadro demonstrativo traz os resultados médios obtidos no experimento e a última traz os resultados da aplicação do teste F²⁸.

O objetivo do uso deste teste, de aplicação baseada no quadro de variância apresentado na tabela 73, foi verificar se as diferenças apresentadas entre teores obtidos em áreas cultivadas e não cultivadas apresentavam-se significativas ou não.

Todas as amostras apresentaram teores de Cd e Ag abaixo do nível de detecção do equipamento (ICP) e apenas uma amostra revelou teor de Mo detectável, motivo pelo qual estes metais não são considerados no estudo a seguir.

Tabela 73 Quadro básico de variância

Causa de Variação	G.L.	F (tabelado)
Tratamento	1	F(5%) = 4,75*
Resíduo	12	F(1%) = 9,33*
Total	13	

*valores extraídos de tabela adaptada por Gomes (1994)

²⁶ As repetições mostraram valores muito próximos, podendo ser representadas por suas médias (vide apêndice 2).

²⁷ Obtidos a partir de amostragens realizadas nas áreas entre parcelas, foram utilizados como background para parcelas próximas, situadas dentro de um mesmo bloco experimental (vide Figura 1).

²⁸ Obtido a partir da divisão do Quadrado Médio do Tratamento pelo Quadrado Médio do Resíduo

Tabela 74 – Avaliação do solo cultivado com a espécie *Mimosa caesalpiniaefolia*

<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> (1)								
Blocos	Zinco		Cobre		Cromo		Cobalto	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	27,63	64,03	19,00	28,87	36,10	23,20	6,06	3,37
Bloco 2	47,30	47,43	33,87	24,83	38,10	37,50	4,58	5,00
Bloco 3	36,13	44,33	11,27	19,93	22,03	21,97	2,83	*
Bloco 4	52,17	84,47	14,50	27,27	36,77	51,10	3,83	3,99
Bloco 5	35,07	52,57	12,93	16,37	27,97	29,07	2,79	2,97
Bloco 6	39,27	39,77	18,17	18,87	40,17	35,10	4,06	3,46
Bloco 7	81,43	75,23	17,23	19,47	35,90	39,43	8,75	7,21
Média no Experimento	45,57	58,26	18,14	22,23	33,86	33,91	4,70	4,33
Teste F	1,89		1,49		0,00		0,75	
Blocos	Níquel		Chumbo		Bário		Vanádio	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	20,27	14,63	*	19,57	39,33	90,10	77,73	41,97
Bloco 2	20,23	21,23	29,03	23,90	55,67	61,60	60,97	65,87
Bloco 3	13,27	12,60	10,12	15,23	59,90	54,53	40,63	47,57
Bloco 4	19,43	23,73	*	16,60	35,50	96,67	81,23	89,13
Bloco 5	18,00	17,47	*	14,90	27,50	54,13	65,60	71,53
Bloco 6	19,33	21,17	*	13,50	36,50	35,80	73,53	83,13
Bloco 7	21,93	22,27	13,87	*	76,77	83,13	75,73	79,40
Média no Experimento	18,92	19,01	17,67	17,28	47,31	68,00	67,92	68,37
Teste F	0,00		2,07		3,74		0,00	

R = referência (solo de local não cultivado próximo a parcela); **P** = parcela (solo de parcela cultivada); * = não detectável; **NP** = não plantado

Tabela 75 – Avaliação do solo cultivado com a espécie *Mimosa pellita*

<i>Mimosa pellita</i> (2)								
Blocos	Zinco		Cobre		Cromo		Cobalto	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	27,63	44,77	19,00	16,33	36,10	61,57	6,06	4,30
Bloco 2	47,30	68,80	33,87	31,87	38,10	38,87	4,58	5,30
Bloco 3	36,13	53,30	11,27	13,77	22,03	24,43	2,83	3,55
Bloco 4	52,17	32,13	14,50	14,13	36,77	40,70	3,83	3,51
Bloco 5	35,07	29,47	12,93	11,57	27,97	42,97	2,79	4,00
Bloco 6	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Bloco 7	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Média no Experimento	39,66	45,69	18,31	17,53	32,19	41,71	4,02	4,13
Teste F	0,12		0,01		0,40		0,00	
Blocos	Níquel		Chumbo		Bário		Vanádio	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	20,27	26,50	*	*	39,33	41,10	77,73	123,67
Bloco 2	20,23	24,13	29,03	27,93	55,67	62,30	60,97	61,27
Bloco 3	13,27	14,40	10,12	*	59,90	57,00	40,63	45,40
Bloco 4	19,43	18,97	*	*	35,50	52,23	81,23	82,03
Bloco 5	18,00	21,10	*	*	27,50	36,73	65,60	102,73
Bloco 6	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Bloco 7	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Média no Experimento	18,24	21,02	19,58	27,93	43,58	49,87	65,23	83,02
Teste F	0,13		0,08		0,11		0,32	

R = referência (solo de local não cultivado próximo a parcela); **P** = parcela (solo de parcela cultivada); * = não detectável; **NP** = não plantado

Tabela 76 – Avaliação do solo cultivado com a espécie *Sesbania virgata* (4)

<i>Sesbania virgata</i> (4)								
Blocos	Zinco		Cobre		Cromo		Cobalto	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	27,63	54,13	19,00	14,43	36,10	68,67	6,06	4,10
Bloco 2	47,30	54,03	33,87	29,97	38,10	38,77	4,58	4,80
Bloco 3	36,13	16,63	11,27	13,60	22,03	38,47	2,83	6,35
Bloco 4	52,17	41,80	14,50	14,97	36,77	25,97	3,83	2,92
Bloco 5	35,07	42,53	12,93	15,50	27,97	29,63	2,79	*
Bloco 6	48,83	36,97	15,90	12,90	46,63	35,47	6,36	3,94
Bloco 7	81,43	45,97	17,23	16,30	35,90	35,50	8,75	8,07
Média no Experimento	46,94	41,72	17,81	16,81	34,79	38,92	5,03	5,03
Teste F	0,40		0,08		0,47		0,32	
Blocos	Níquel		Chumbo		Bário		Vanádio	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	20,27	27,30	*	*	39,33	42,30	77,73	145,67
Bloco 2	20,23	21,20	29,03	28,13	55,67	73,80	60,97	59,50
Bloco 3	13,27	21,77	10,12	*	59,90	66,53	40,63	78,03
Bloco 4	19,43	15,80	*	12,37	35,50	42,03	81,23	64,47
Bloco 5	18,00	18,40	*	*	27,50	42,00	65,60	62,83
Bloco 6	25,30	17,47	*	*	60,47	94,80	107,67	76,27
Bloco 7	21,93	20,50	13,87	*	76,77	76,07	75,73	78,07
Média no Experimento	19,78	20,35	17,67	20,25	50,73	62,50	72,80	80,69
Teste F	0,08		0,09		1,32		0,33	

R = referência (solo de local não cultivado próximo a parcela); **P** = parcela (solo de parcela cultivada); * = não detectável; **NP** = não plantado

Tabela 77 – Avaliação do solo cultivado com a espécie *Mimosa binucronata*

<i>Mimosa binucronata</i> (5)								
Blocos	Zinco		Cobre		Cromo		Cobalto	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	27,63	67,97	19,00	35,77	36,10	37,13	6,06	4,76
Bloco 2	34,47	31,33	13,00	26,00	32,20	64,57	3,22	6,44
Bloco 3	36,13	14,43	11,27	15,10	22,03	48,43	2,83	4,14
Bloco 4	52,17	28,10	14,50	15,30	36,77	26,50	3,83	2,70
Bloco 5	35,07	36,07	12,93	19,30	27,97	25,73	2,79	4,17
Bloco 6	48,83	56,57	15,90	16,97	46,63	35,10	6,36	4,95
Bloco 7	81,43	66,63	17,23	17,73	35,90	38,37	8,75	7,53
Média no Experimento	45,10	43,01	14,83	20,88	33,94	39,40	4,84	4,96
Teste F	0,04		4,00		0,86		0,01	
Blocos	Níquel		Chumbo		Bário		Vanádio	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	20,27	20,87	*	64,70	39,33	95,63	77,73	55,20
Bloco 2	18,70	35,23	*	*	30,63	73,23	77,63	141,33
Bloco 3	13,27	23,60	10,12	*	59,90	47,77	40,63	108,00
Bloco 4	19,43	15,77	*	14,13	35,50	56,40	81,23	62,50
Bloco 5	18,00	18,70	*	*	27,50	62,93	65,60	61,73
Bloco 6	25,30	20,53	*	11,90	60,47	84,40	107,67	61,37
Bloco 7	21,93	21,00	13,87	13,40	76,77	78,03	75,73	69,10
Média no Experimento	19,56	22,24	11,99	26,03	47,16	71,20	75,18	79,89
Teste F	0,97		1,63		6,51		0,11	

R = referência (solo de local não cultivado próximo a parcela); **P** = parcela (solo de parcela cultivada); * = não detectável; **NP** = não plantado

Tabela 78 – Avaliação do solo cultivado com a espécie *Enterolobium contorsiliquum*

<i>Enterolobium contorsiliquum</i> (6)								
Blocos	Zinco		Cobre		Cromo		Cobalto	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	27,63	84,67	19,00	41,20	36,10	35,37	6,06	4,57
Bloco 2	34,47	23,87	13,00	22,10	32,20	67,47	3,22	6,55
Bloco 3	36,13	26,90	11,27	12,60	22,03	56,07	2,83	4,18
Bloco 4	51,37	21,97	18,13	16,40	46,33	54,67	4,87	4,68
Bloco 5	35,07	49,03	12,93	15,83	27,97	28,87	2,79	4,52
Bloco 6	48,83	58,20	15,90	17,73	46,63	38,90	6,36	5,20
Bloco 7	81,43	73,30	17,23	17,23	35,90	33,47	8,75	7,29
Média no Experimento	44,99	48,28	15,35	20,44	35,31	44,97	4,98	5,28
Teste F	0,08		1,80		2,26		0,10	
Blocos	Níquel		Chumbo		Bário		Vanádio	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	20,27	20,23	*	33,53	39,33	109,67	77,73	52,23
Bloco 2	18,70	33,80	*	*	30,63	84,40	77,63	153,33
Bloco 3	13,27	25,67	10,12	*	59,90	32,03	40,63	125,67
Bloco 4	24,93	26,53	*	*	41,50	38,87	100,47	119,00
Bloco 5	18,00	19,30	*	10,30	27,50	72,07	65,60	57,87
Bloco 6	25,30	23,83	*	*	60,47	62,40	107,67	82,07
Bloco 7	21,93	19,70	13,87	15,40	76,77	85,33	75,73	69,57
Média no Experimento	20,34	24,15	11,99	19,74	48,01	69,25	77,92	94,25
Teste F	2,29		0,90		2,94		0,94	

R = referência (solo de local não cultivado próximo a parcela); **P** = parcela (solo de parcela cultivada); * = não detectável; **NP** = não plantado

Tabela 79 – Avaliação do solo cultivado com a espécie *Acacia holosericea*

<i>Acacia holosericea</i> (7)								
Blocos	Zinco		Cobre		Cromo		Cobalto	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	27,63	38,33	19,00	18,13	36,10	31,70	6,06	5,26
Bloco 2	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Bloco 3	36,13	47,53	11,27	12,90	22,03	43,97	2,83	3,42
Bloco 4	51,37	33,23	18,13	13,10	46,33	51,03	4,87	3,92
Bloco 5	41,47	59,00	15,60	18,70	47,13	40,93	3,93	3,58
Bloco 6	48,83	55,00	15,90	17,30	46,63	30,83	6,36	4,97
Bloco 7	81,43	73,27	17,23	15,93	35,90	35,43	8,75	7,13
Média no Experimento	47,81	51,06	16,19	16,01	39,02	38,98	5,47	4,71
Teste F	0,05		0,00		0,00		0,23	
Blocos	Níquel		Chumbo		Bário		Vanádio	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	20,27	18,77	*	16,00	39,33	83,30	77,73	57,53
Bloco 2	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Bloco 3	13,27	20,23	10,12	*	59,90	82,70	40,63	93,80
Bloco 4	24,93	21,57	*	*	41,50	21,60	100,47	113,67
Bloco 5	25,47	20,87	5,72	*	32,30	65,00	106,67	84,60
Bloco 6	25,30	19,40	*	*	60,47	88,27	107,67	65,63
Bloco 7	21,93	21,33	13,87	14,93	76,77	79,23	75,73	73,20
Média no Experimento	21,86	20,36	9,90	15,47	51,71	70,02	84,82	81,41
Teste F	0,08		0,00		0,94		0,02	

R = referência (solo de local não cultivado próximo a parcela); **P** = parcela (solo de parcela cultivada); * = não detectável; **NP** = não plantado

Tabela 80 – Avaliação do solo cultivado com a espécie *Clitoria fairchildia*

<i>Clitoria fairchildiana</i> (13)								
Blocos	Zinco		Cobre		Cromo		Cobalto	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Bloco 2	34,47	26,50	13,00	15,53	32,20	32,93	3,22	4,68
Bloco 3	36,13	42,50	11,27	18,70	22,03	50,27	2,83	*
Bloco 4	69,53	38,20	24,10	21,90	51,47	48,67	5,56	3,84
Bloco 5	41,47	66,83	15,60	16,07	47,13	37,93	3,93	4,12
Bloco 6	39,27	60,43	18,17	17,53	40,17	35,63	4,06	4,85
Bloco 7	73,43	70,03	23,03	17,17	43,20	34,83	8,10	8,12
Média no Experimento	49,05	50,75	17,53	17,82	39,37	40,04	4,62	5,12
Teste F	0,01		0,00		0,00		0,04	
Blocos	Níquel		Chumbo		Bário		Vanádio	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Bloco 2	18,70	17,73	*	*	30,63	65,43	77,63	67,23
Bloco 3	13,27	22,07	10,12	*	59,90	82,93	40,63	87,90
Bloco 4	26,67	26,87	7,52	*	93,63	38,77	105,33	113,00
Bloco 5	25,47	20,83	5,72	*	32,30	55,57	106,67	75,67
Bloco 6	19,33	22,40	*	*	36,50	84,37	73,53	77,27
Bloco 7	24,23	20,00	*	12,77	68,57	85,10	87,17	69,03
Média no Experimento	21,28	21,65	7,79	12,77	53,59	68,69	81,83	81,68
Teste F	0,00		0,38		0,62		0,00	

R = referência (solo de local não cultivado próximo a parcela); **P** = parcela (solo de parcela cultivada); * = não detectável; **NP** = não plantado

Tabela 81 – Avaliação do solo cultivado com a espécie *Schinus terebinthifolius*

<i>Schinus terebinthifolius</i> (17)								
Blocos	Zinco		Cobre		Cromo		Cobalto	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	45,97	41,30	17,73	16,83	58,30	24,43	4,55	2,56
Bloco 2	34,47	51,37	13,00	24,17	32,20	63,30	3,22	4,72
Bloco 3	36,13	14,87	11,27	10,44	22,03	29,27	2,83	*
Bloco 4	69,53	55,93	24,10	16,07	51,47	26,10	5,56	3,22
Bloco 5	41,47	46,93	15,60	15,47	47,13	55,20	3,93	4,14
Bloco 6	39,27	42,70	18,17	14,80	40,17	33,17	4,06	4,72
Bloco 7	73,43	62,50	23,03	17,40	43,20	52,53	8,10	5,46
Média no Experimento	48,61	45,09	17,56	16,45	42,07	40,57	4,61	4,14
Teste F	0,18		0,22		0,04		1,21	
Blocos	Níquel		Chumbo		Bário		Vanádio	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	29,77	14,93	*	15,97	27,30	53,07	138,67	47,10
Bloco 2	18,70	30,27	*	*	30,63	35,03	77,63	136,00
Bloco 3	13,27	16,57	10,12	*	59,90	35,87	40,63	67,73
Bloco 4	26,67	15,93	7,52	13,57	93,63	48,17	105,33	59,87
Bloco 5	25,47	26,83	5,72	*	32,30	35,73	106,67	110,40
Bloco 6	19,33	18,67	*	*	36,50	66,37	73,53	60,60
Bloco 7	24,23	22,87	*	12,30	68,57	59,97	87,17	89,87
Média no Experimento	22,49	20,87	7,79	13,94	49,83	47,74	89,95	81,65
Teste F	0,28		0,64		0,04		0,24	

R = referência (solo de local não cultivado próximo a parcela); **P** = parcela (solo de parcela cultivada); * = não detectável; **NP** = não plantado

/

Tabela 82 – Avaliação do solo cultivado com a espécie *Mimosa pigra*

<i>Mimosa pigra</i> (20)								
Blocos	Zinco		Cobre		Cromo		Cobalto	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	45,97	38,83	17,73	20,53	58,30	35,93	4,55	4,71
Bloco 2	47,30	69,10	33,87	33,63	38,10	34,90	4,58	4,05
Bloco 3	36,13	24,97	11,27	42,77	22,03	42,00	2,83	11,40
Bloco 4	52,17	40,83	14,50	16,07	36,77	58,57	3,83	4,23
Bloco 5	41,47	15,10	15,60	12,03	47,13	25,43	3,93	2,82
Bloco 6	39,27	40,67	18,17	12,70	40,17	18,93	4,06	3,11
Bloco 7	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Média no Experimento	43,72	38,25	18,52	22,96	40,42	35,96	3,97	5,06
Teste F	0,68		0,75		0,50		0,94	
Blocos	Níquel		Chumbo		Bário		Vanádio	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	29,77	22,03	*	12,10	27,30	55,40	138,67	91,60
Bloco 2	20,23	20,77	29,03	32,13	55,67	79,27	60,97	57,20
Bloco 3	13,27	27,80	10,12	12,95	59,90	75,03	40,63	107,30
Bloco 4	19,43	26,60	*	13,33	35,50	49,40	81,23	100,53
Bloco 5	25,47	15,00	5,72	*	32,30	37,47	106,67	66,27
Bloco 6	19,33	13,07	*	*	36,50	47,80	73,53	48,03
Bloco 7	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Média no Experimento	21,25	20,88	14,96	17,63	41,19	57,39	83,62	78,49
Teste F	0,02		0,49		4,94		0,12	

R = referência (solo de local não cultivado próximo a parcela); **P** = parcela (solo de parcela cultivada); * = não detectável; **NP** = não plantado

Tabela 83 – Avaliação do solo cultivado com a espécie *Mimosa tenuiflora*

<i>Mimosa tenuiflora</i> (21)								
Blocos	Zinco		Cobre		Cromo		Cobalto	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	45,97	49,13	17,73	15,80	58,30	48,67	4,55	3,69
Bloco 2	47,30	59,93	33,87	26,97	38,10	29,57	4,58	4,52
Bloco 3	36,13	33,63	11,27	48,47	22,03	51,73	2,83	15,43
Bloco 4	52,17	94,37	14,50	15,30	36,77	42,67	3,83	4,08
Bloco 5	41,47	34,23	15,60	16,07	47,13	35,60	3,93	4,17
Bloco 6	39,27	51,73	18,17	16,83	40,17	33,13	4,06	4,19
Bloco 7	81,43	55,20	17,23	19,33	35,90	37,46	8,75	4,88
Média no Experimento	49,10	54,03	18,34	22,68	39,77	39,83	4,65	5,85
Teste F	0,26		0,67		0,00		0,47	
Blocos	Níquel		Chumbo		Bário		Vanádio	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Bloco 1	29,77	24,30	*	*	27,30	37,97	138,67	99,50
Bloco 2	20,23	20,07	29,03	22,60	55,67	87,67	60,97	52,77
Bloco 3	13,27	31,07	10,12	*	59,90	83,00	40,63	149,67
Bloco 4	19,43	19,97	*	16,80	35,50	61,83	81,23	82,17
Bloco 5	25,47	20,30	5,72	*	32,30	48,30	106,67	89,70
Bloco 6	19,33	20,27	*	15,20	36,50	57,90	73,53	77,70
Bloco 7	21,93	18,17	13,86	3,07	76,77	60,50	75,73	.
Média no Experimento	21,25	22,02	14,68	14,42	46,28	62,45	82,49	91,92
Teste F	0,91		0,00		2,85		0,03	

R = referência (solo de local não cultivado próximo a parcela); **P** = parcela (solo de parcela cultivada); * = não detectável; **NP** = não plantado

VII.3.2 Interpretação dos resultados

O teste F permitiu verificar que apenas o Bário, em amostras extraídas de amostras do solo cultivado com as espécies *Mimosa binucronata* e *Mimosa pigra*, suplantou o valor F tabelado para 5% (vide tabelas 77 a 82), tendo sido o resultado significativo a este nível. Desta forma existe 95% de probabilidade do efeito da presença de Ba no solo das parcelas com estas duas espécies. Os demais resultados não apresentaram diferença significativa. Apesar disto, 70% das amostras retiradas de parcelas cultivadas com as espécies avaliadas, revelaram teores de metais acima daqueles observados nas amostras de solo não cultivado. A avaliação deste fato deve, entretanto, considerar a existência de grande variação externa e, além disto, o desconhecimento de parâmetros relativos ao acréscimo natural nos teores de metais, decorrente do aporte na serapilheira de tecido vegetal das espécies estudadas. Por este motivo, o erro experimental intrínseco a heterogeneidade, pode induzir a erros de avaliação, ao mesmo tempo em que a observação da elevação dos teores nas parcelas cultivadas pode não estar, direta ou integralmente, relacionado à presença dos resíduos, mas sim a fenômeno natural devido ao estabelecimento de nova ecodinâmica decorrente da introdução das árvores e arbustos.

VII.3.3 Comparação com valores orientadores da CETESB

A série de gráficos das figuras 12 a 91, permitem visualizar a comparação dos teores obtidos na análise do solo superficial²⁹ de parcelas cultivadas (Valores Obtidos), com teores encontrados em áreas não cultivadas próximas a cada parcela avaliada (Referência Local) e valores orientadores estabelecidos e adotados pela CETESB (2001). Os valores orientadores serão utilizados como parâmetros para avaliações do órgão ambiental estadual até o ano de 2005, quando poderão ser revistos, estando divididos nas seguintes classes (CETESB, 2001):

- Valor de referência de qualidade - indica o limite de qualidade para um solo considerado limpo. O parâmetro é destinado ao uso em ações de prevenção da poluição do solo e no controle de áreas contaminadas; tendo sido estabelecido com base em análises químicas dos diversos tipos de solos do Estado de São Paulo.

²⁹ Cada ponto representa uma das 3 repetições da amostra analisada.

- Valor de alerta - indica uma possível alteração da qualidade natural dos solos. Quando excedido, indica necessidade do monitoramento das águas subterrâneas, identificando-se e controlando-se as fontes de poluição. Foi estipulado com base em revisão bibliográfica sobre fitotoxicidade.
- Valor de intervenção - indica o limite de contaminação do solo, acima do qual, existe risco potencial à saúde humana. Quando excedido requer alguma forma de intervenção na área avaliada, de forma a interceptar as vias de exposição, devendo ser efetuada uma avaliação de risco caso a caso. Foi estipulado com base em modelo matemático de avaliação de risco, considerando diversas vias de exposição em três cenários de uso e ocupação do solo.

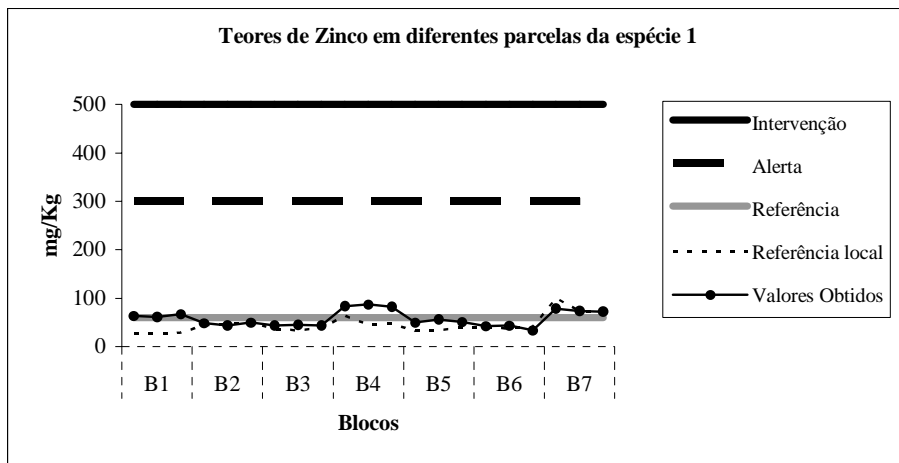


Figura 12 - Teores de Zinco no solo cultivado com *Mimosa caesalpiniaefolia*

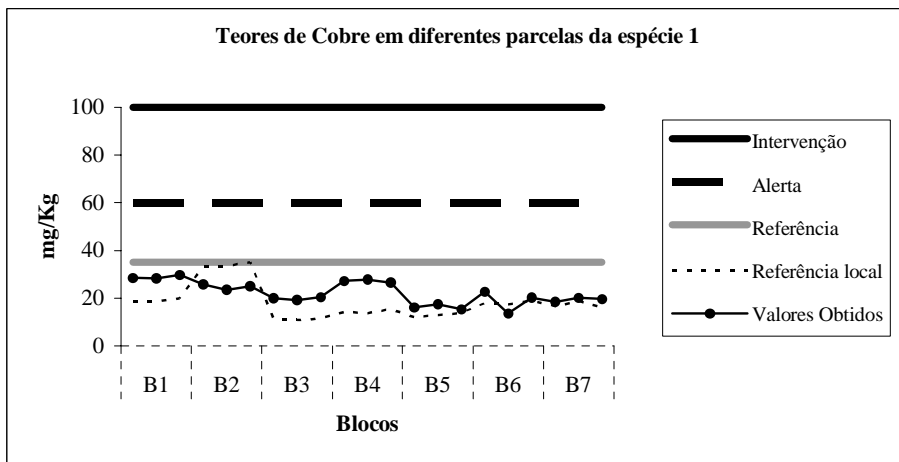


Figura 13 - Teores de Cobre no solo cultivado com *Mimosa caesalpiniaefolia*

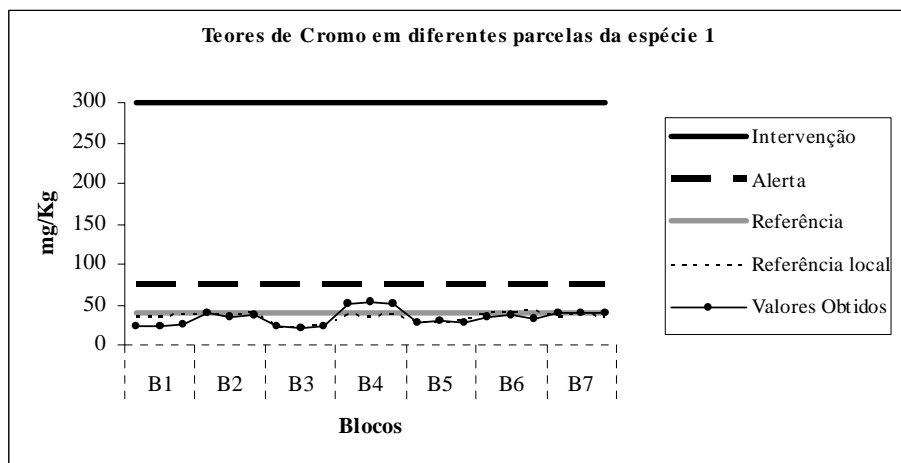


Figura 14 - Teores de Cromo no solo cultivado com *Mimosa caesalpiniaefolia*

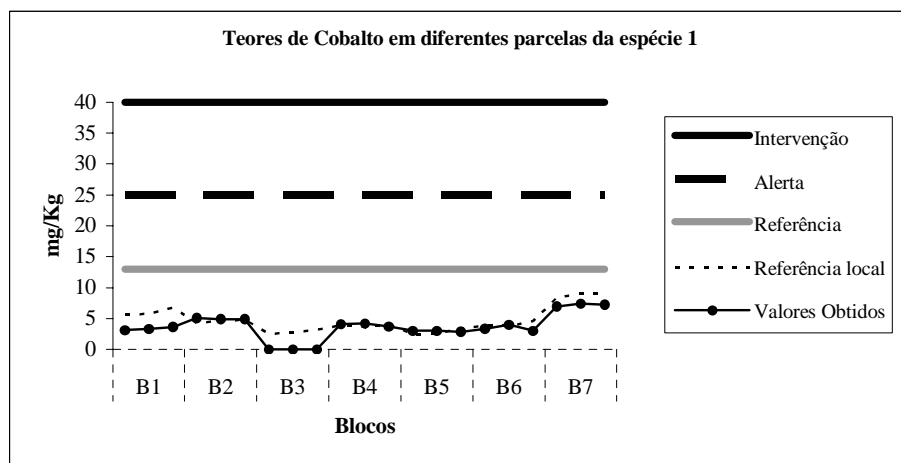


Figura 15 - Teores de Cobalto no solo cultivado com *Mimosa caesalpiniaefolia*

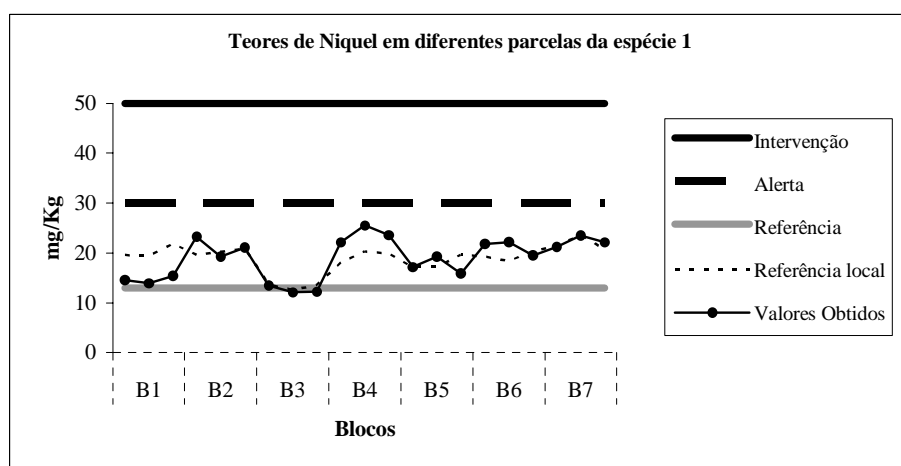


Figura 16 - Teores de Níquel no solo cultivado com *Mimosa caesalpiniaefolia*

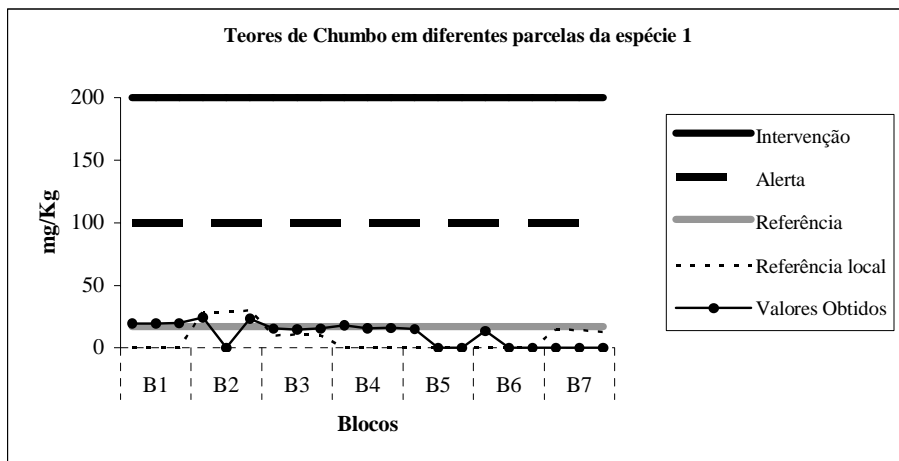


Figura 17 - Teores de Chumbo no solo cultivado com *Mimosa caesalpiniaefolia*

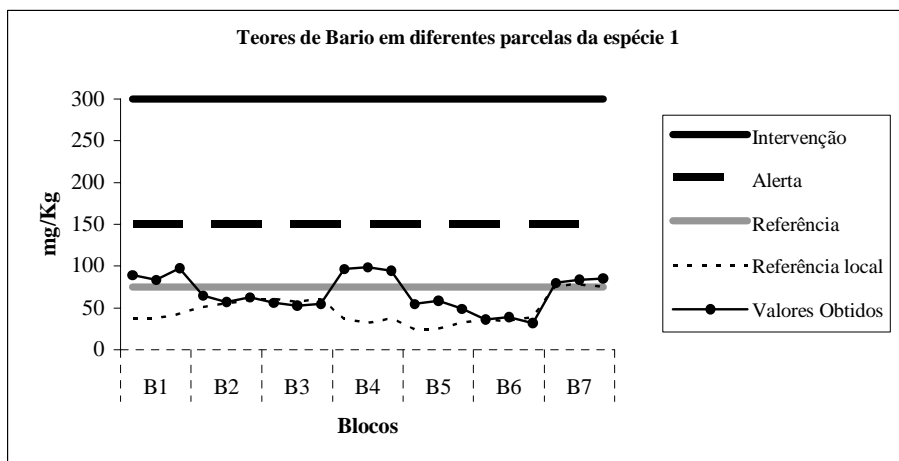


Figura 18 - Teores de Bário no solo cultivado com *Mimosa caesalpiniaefolia*

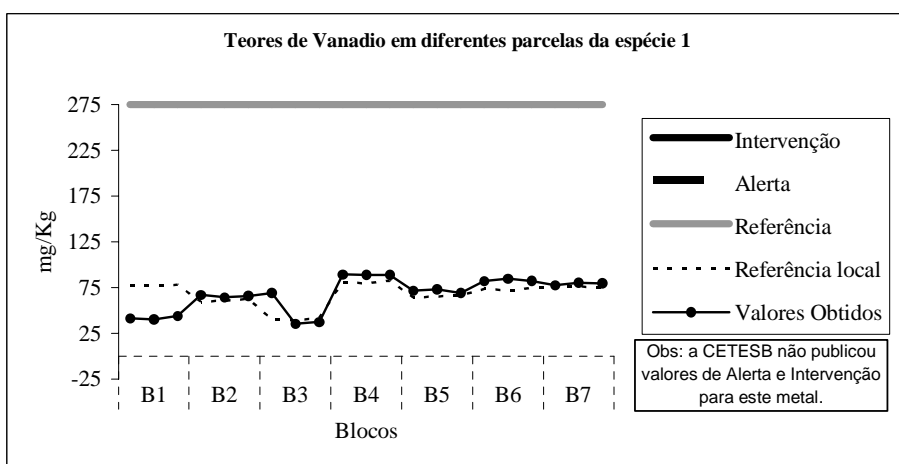


Figura 19 - Teores de Vanádio no solo cultivado com *Mimosa caesalpiniaefolia*

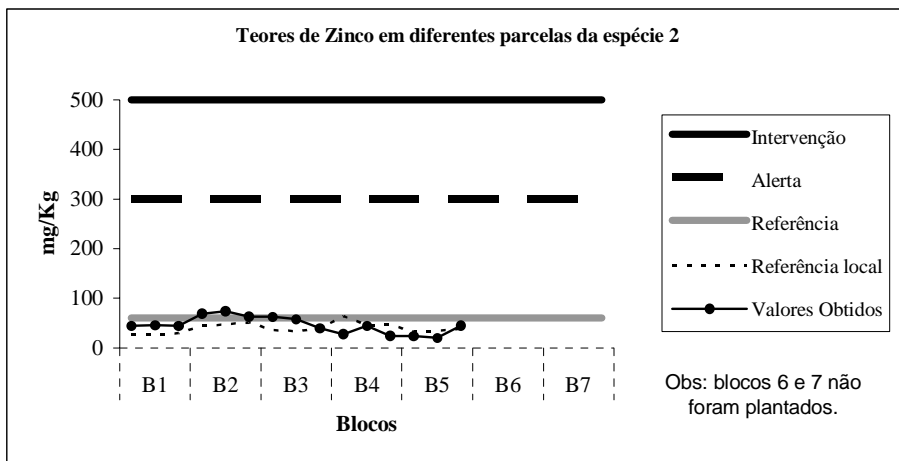


Figura 20 - Teores de Zinco no solo cultivado com *Mimosa pellita*

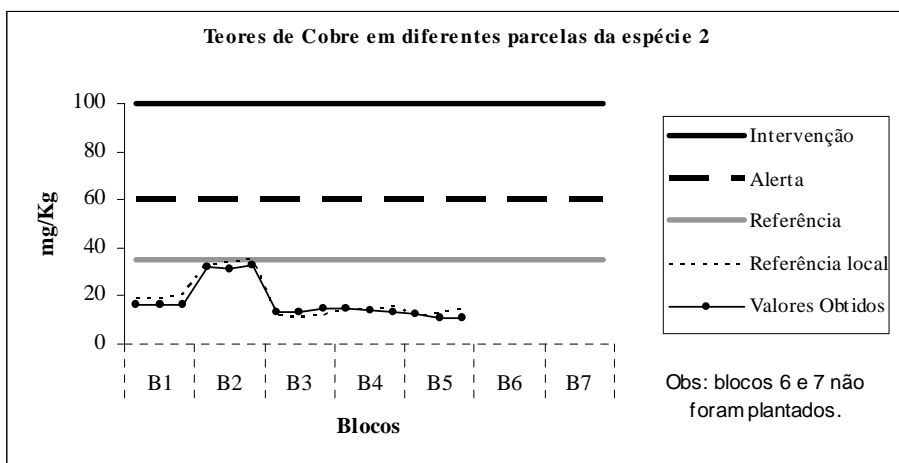


Figura 21 - Teores de Cobre no solo cultivado com *Mimosa pellita*

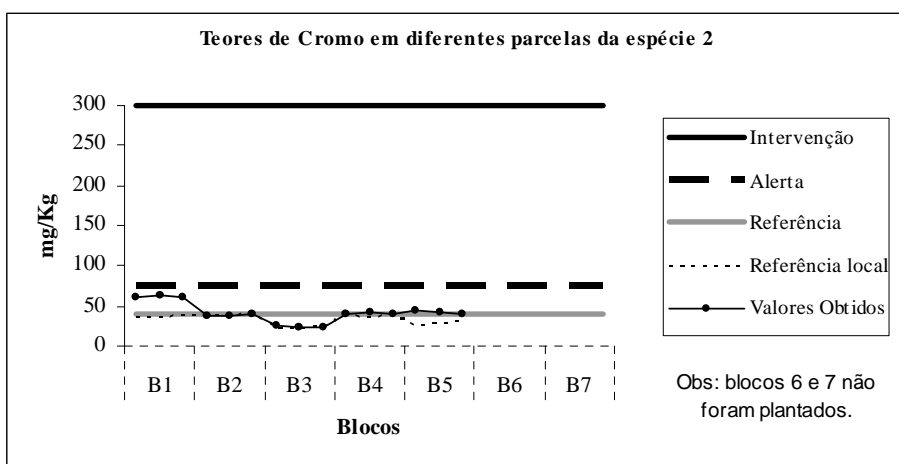


Figura 22 - Teores de Cromo no solo cultivado com *Mimosa pellita*

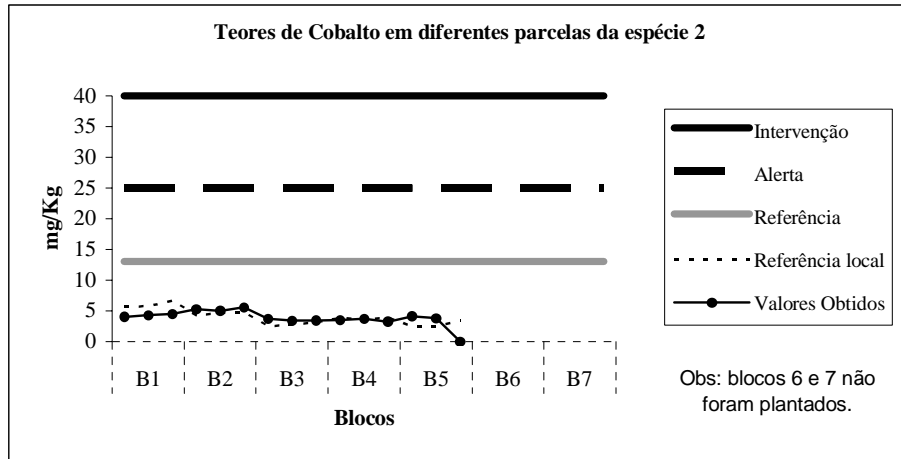


Figura 23 -Teores de Cobalto no solo cultivado com *Mimosa pellita*

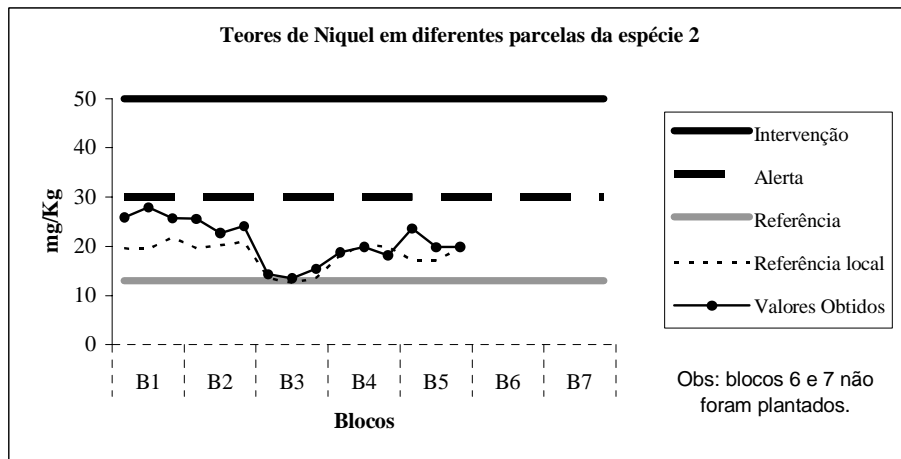


Figura 24 -Teores de Níquel no solo cultivado com *Mimosa pellita*

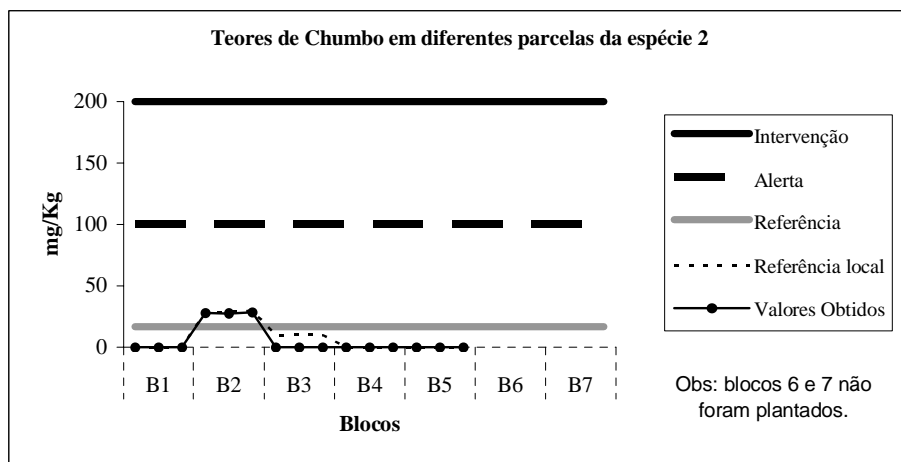


Figura 25 -Teores de Chumbo no solo cultivado com *Mimosa pellita*

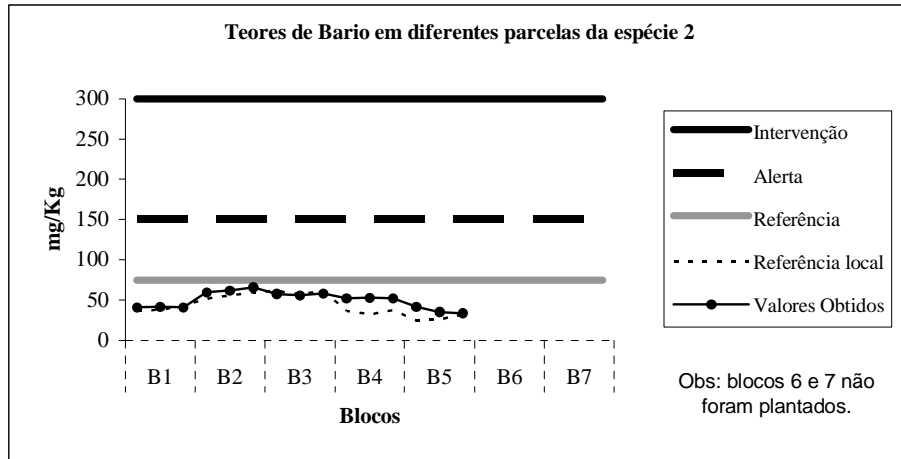


Figura 26 -Teores de Bário no solo cultivado com *Mimosa pellita*

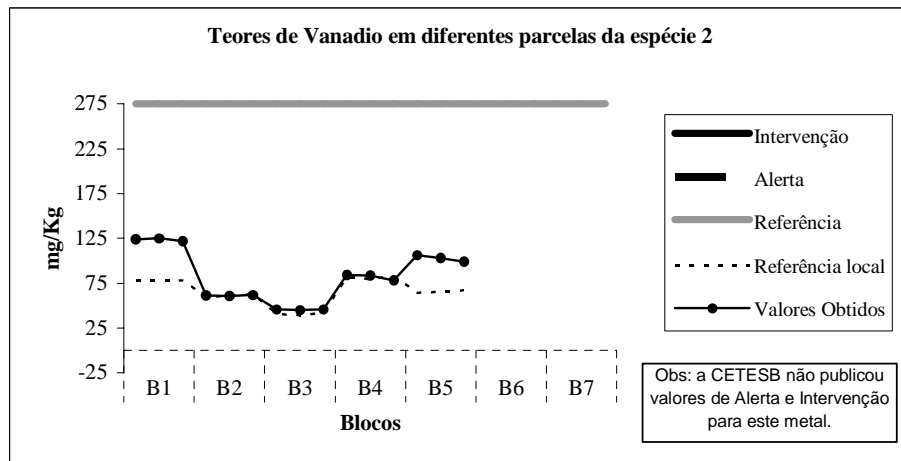


Figura 27 -Teores de Vanádio no solo cultivado com *Mimosa pellita*

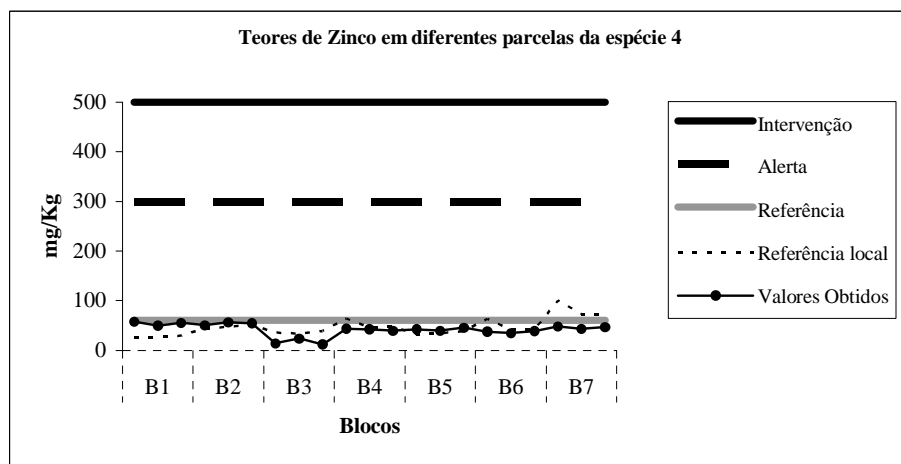


Figura 28 -Teores de Zinco no solo cultivado com *Sesbania virgata*

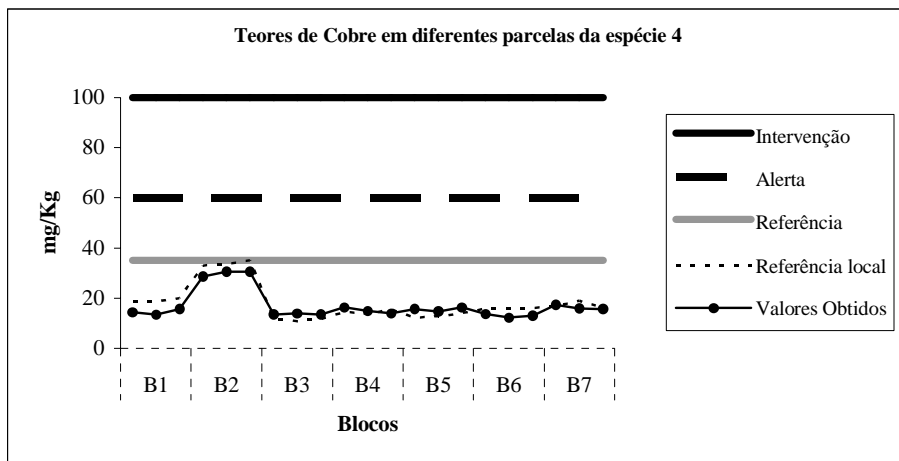


Figura 29 -Teores de Cobre no solo cultivado com *Sesbania virgata*

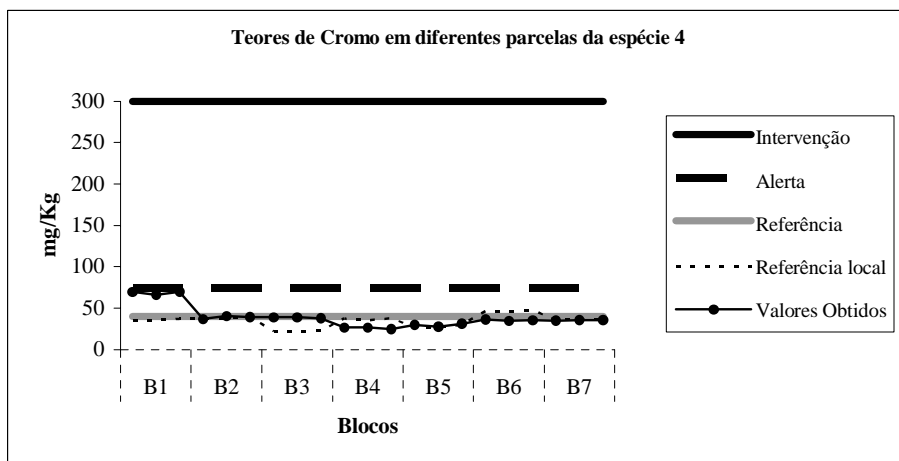


Figura 30 -Teores de Cromo no solo cultivado com *Sesbania virgata*

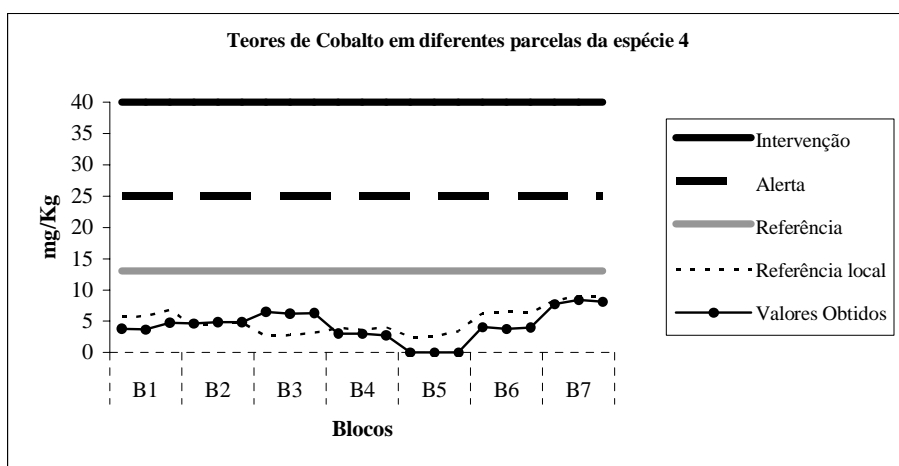


Figura 31 -Teores de Cobalto no solo cultivado com *Sesbania virgata*

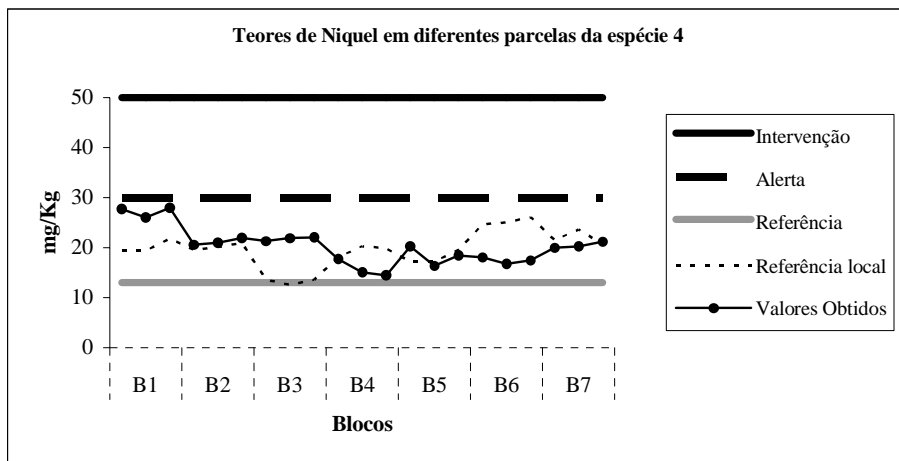


Figura 32 -Teores de Níquel no solo cultivado com *Sesbania virgata*

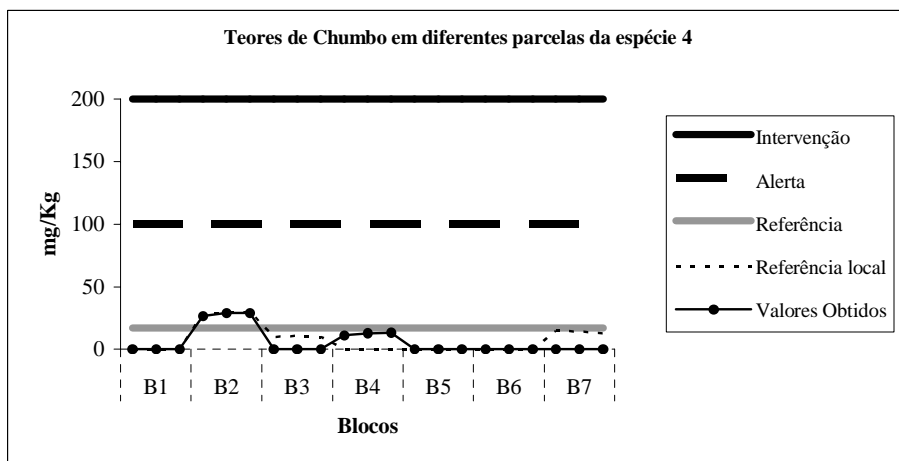


Figura 33 -Teores de Chumbo no solo cultivado com *Sesbania virgata*

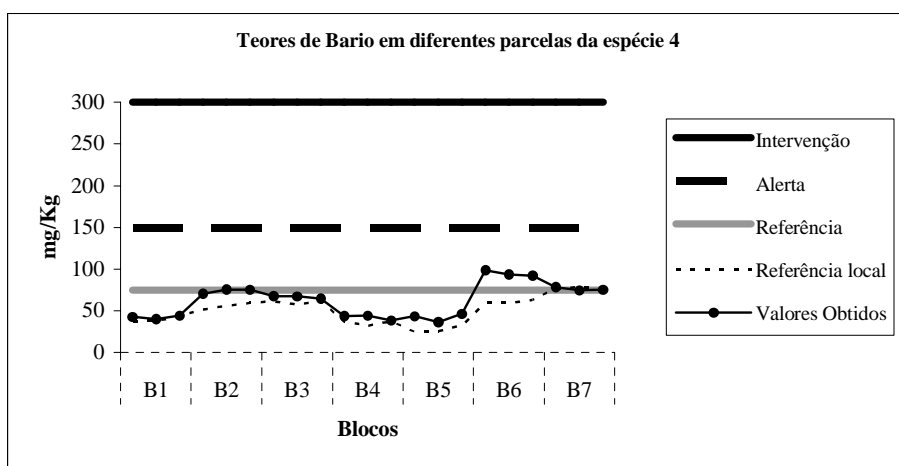


Figura 34 -Teores de Bário no solo cultivado com *Sesbania virgata*

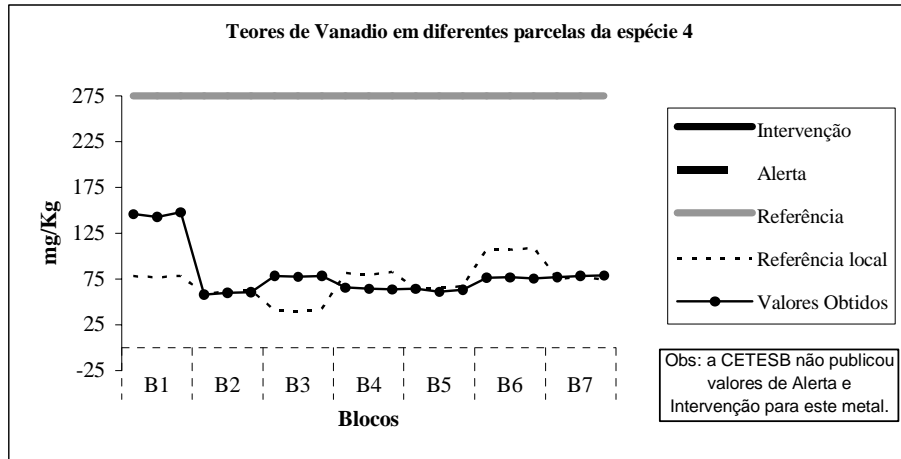


Figura 35 -Teores de Vanádio no solo cultivado com *Sesbania virgata*

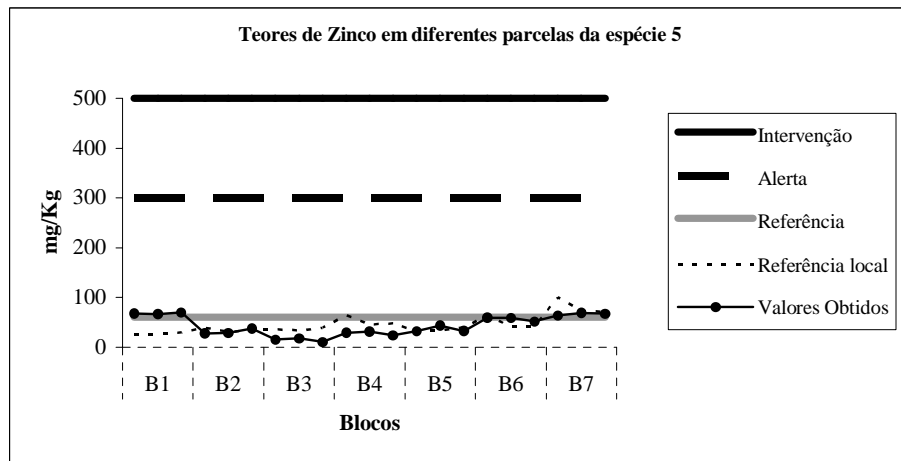


Figura 36 -Teores de Zinco no solo cultivado com *Mimosa binucronata*

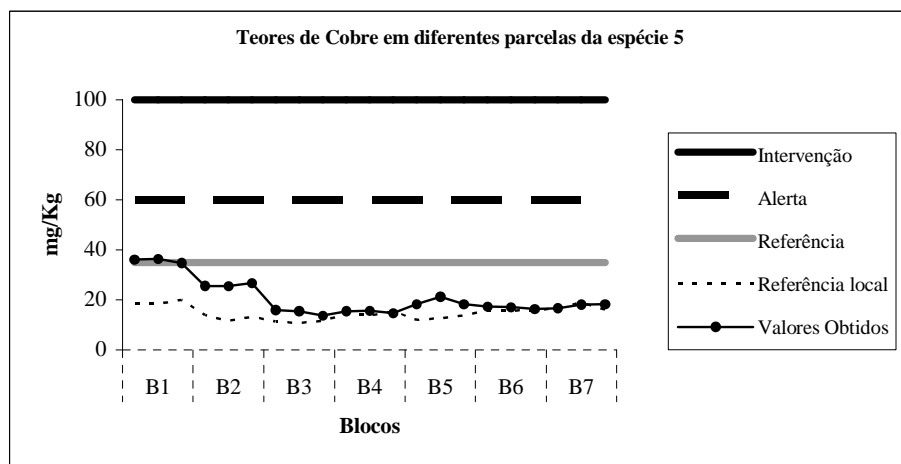


Figura 37 -Teores de Cobre no solo cultivado com *Mimosa binucronata*

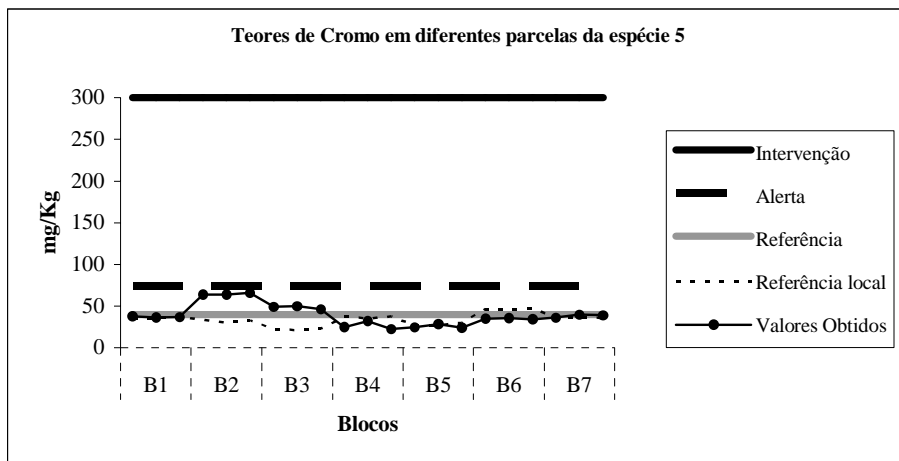


Figura 38 -Teores de Cromo no solo cultivado com *Mimosa binucronata*

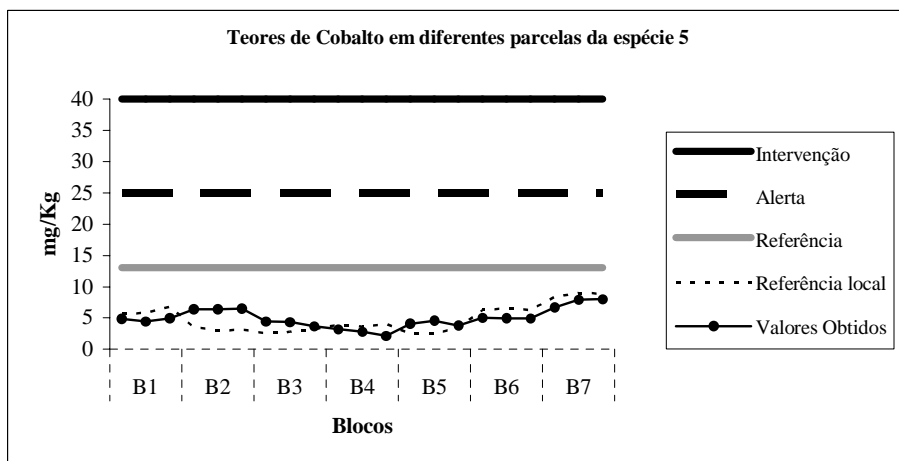


Figura 39 -Teores de Cobalto no solo cultivado com *Mimosa binucronata*

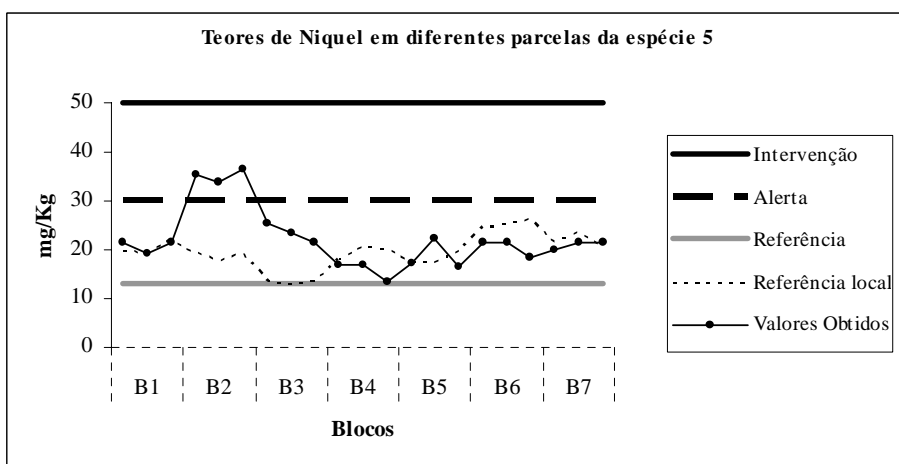


Figura 40 -Teores de Níquel no solo cultivado com *Mimosa binucronata*

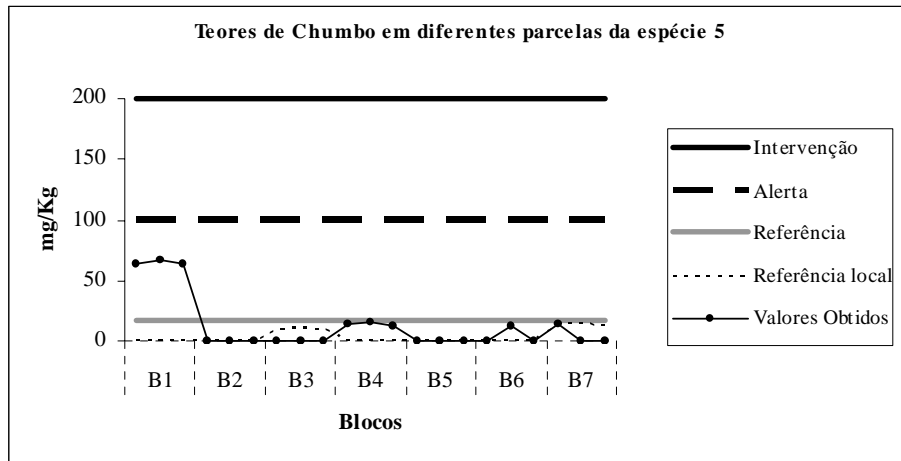


Figura 41 - Teores de Chumbo no solo cultivado com *Mimosa binucronata*

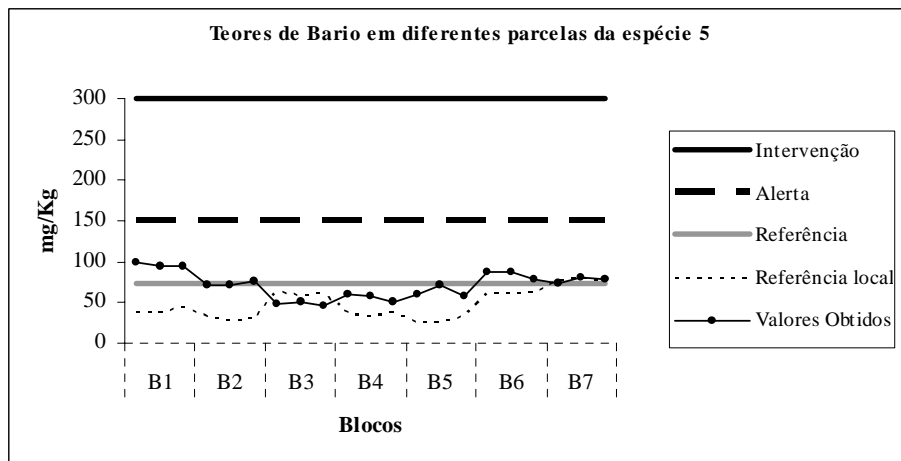


Figura 42 - Teores de Bário no solo cultivado com *Mimosa binucronata*

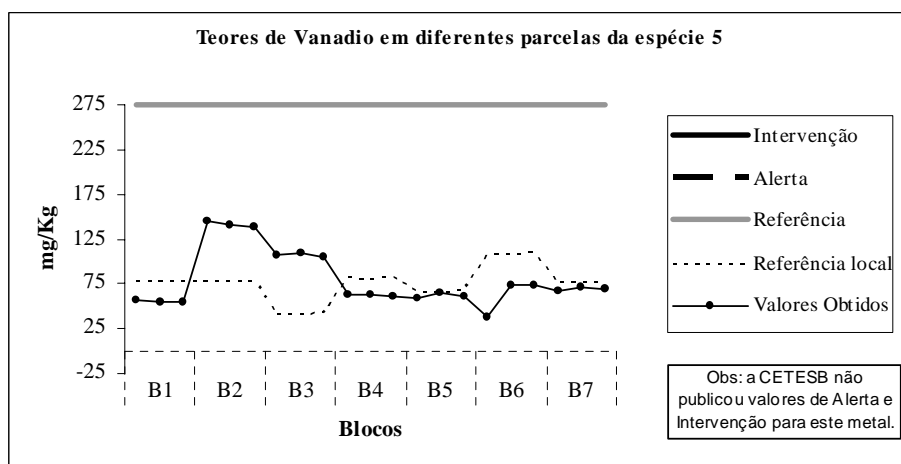


Figura 43 - Teores de Vanádio no solo cultivado com *Mimosa binucronata*

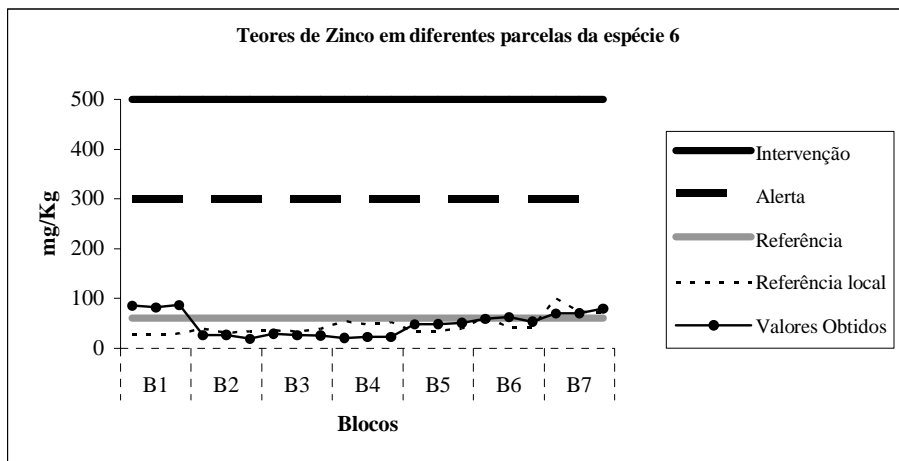


Figura 44 -Teores de Zinco no solo cultivado com *Enterolobium contorsiliquum*

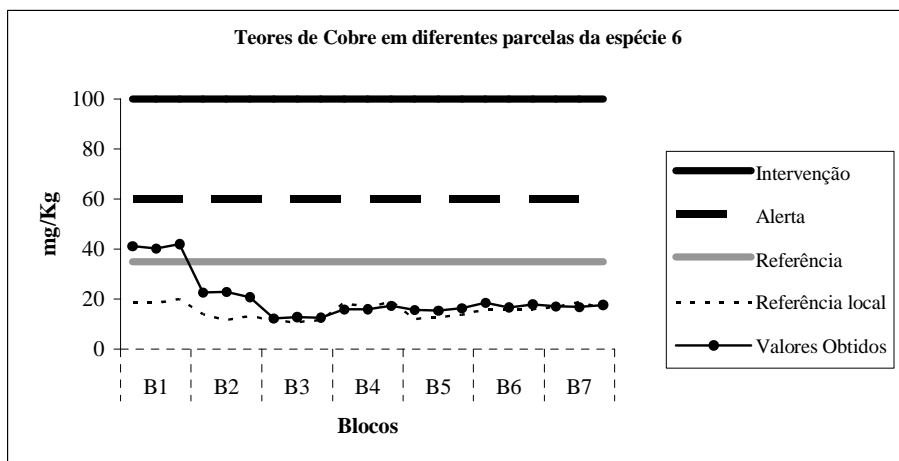


Figura 45 -Teores de Cobre no solo cultivado com *Enterolobium contorsiliquum*

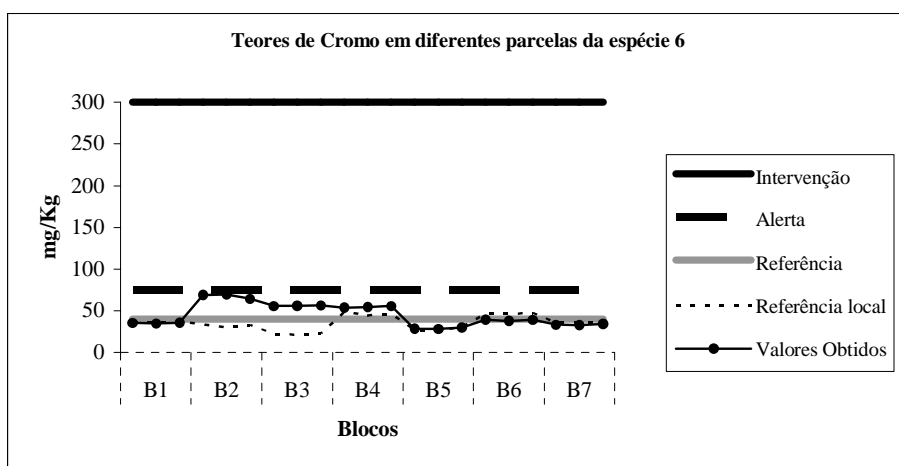


Figura 46 -Teores de Cromo no solo cultivado com *Enterolobium contorsiliquum*

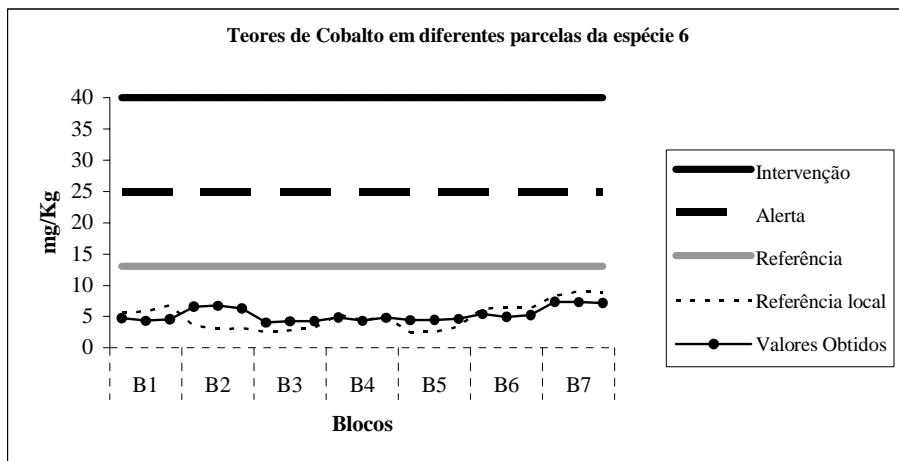


Figura 47 - Teores de Cobalto no solo cultivado com *Enterolobium contorsiliquum*

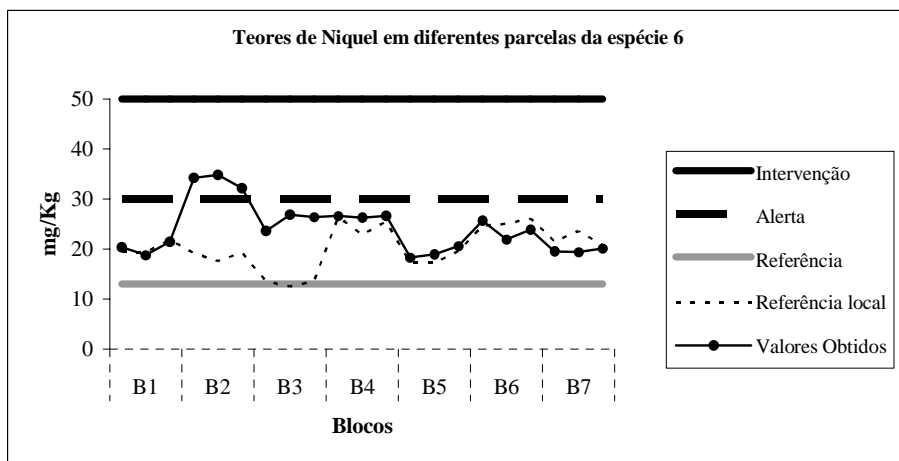


Figura 48 - Teores de Níquel no solo cultivado com *Enterolobium contorsiliquum*

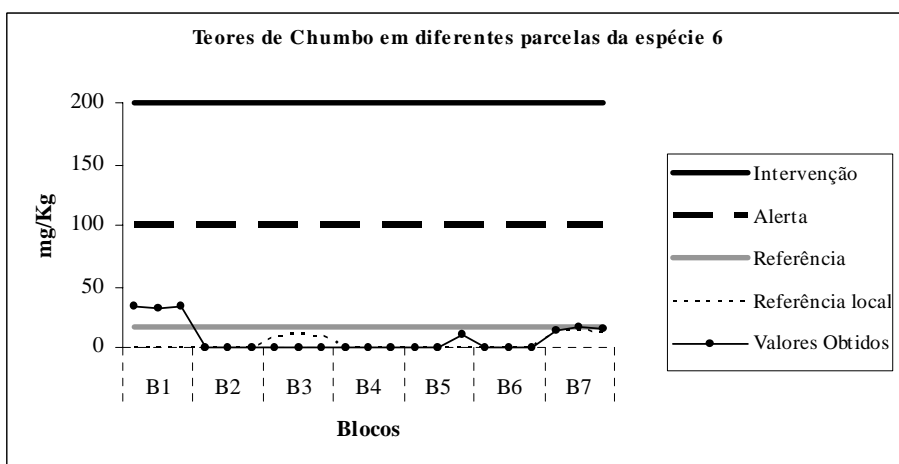


Figura 49 - Teores de Chumbo no solo cultivado com *Enterolobium contorsiliquum*

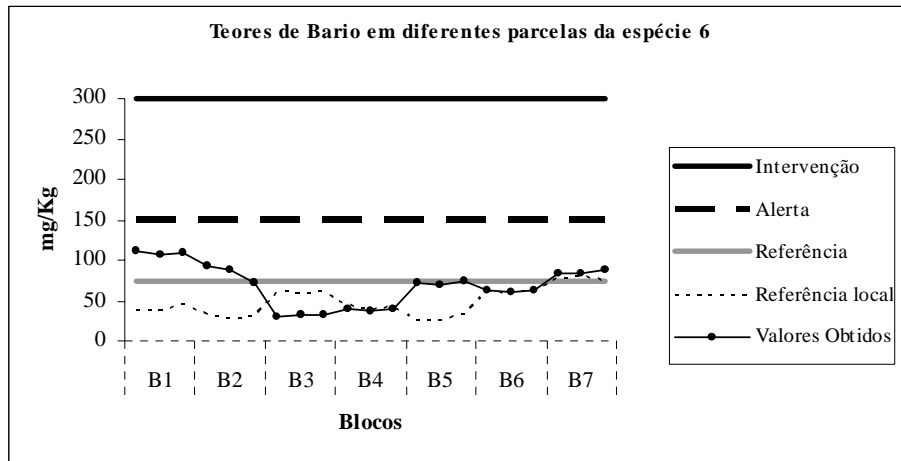


Figura 50 -Teores de Bário no solo cultivado com *Enterolobium contorsiliquum*

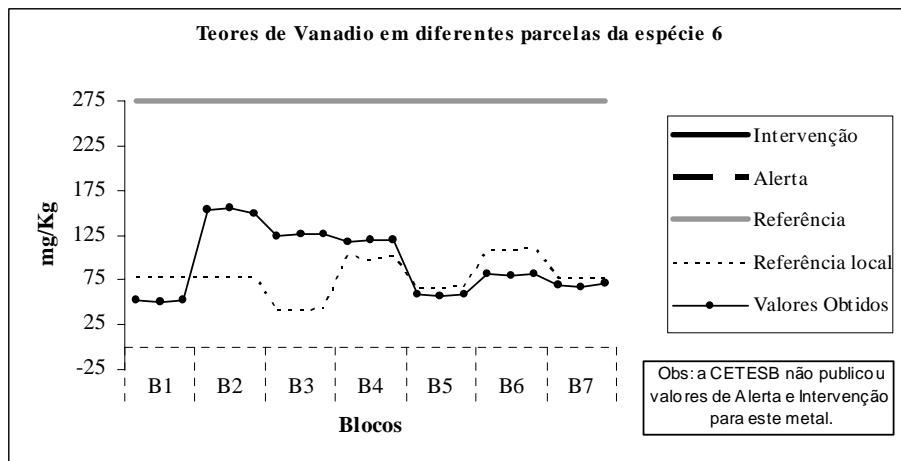


Figura 51 -Teores de Vanádio no solo cultivado com *Enterolobium contorsiliquum*

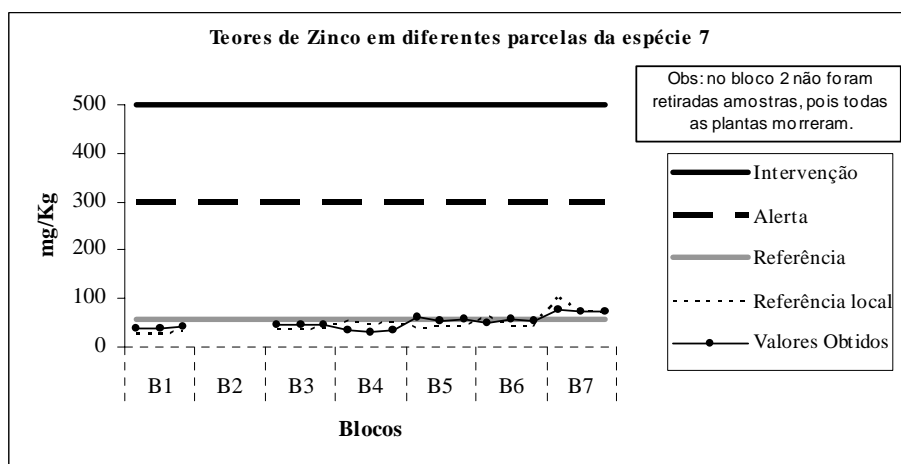


Figura 52 -Teores de Zinco no solo cultivado com *Acacia holosericea*

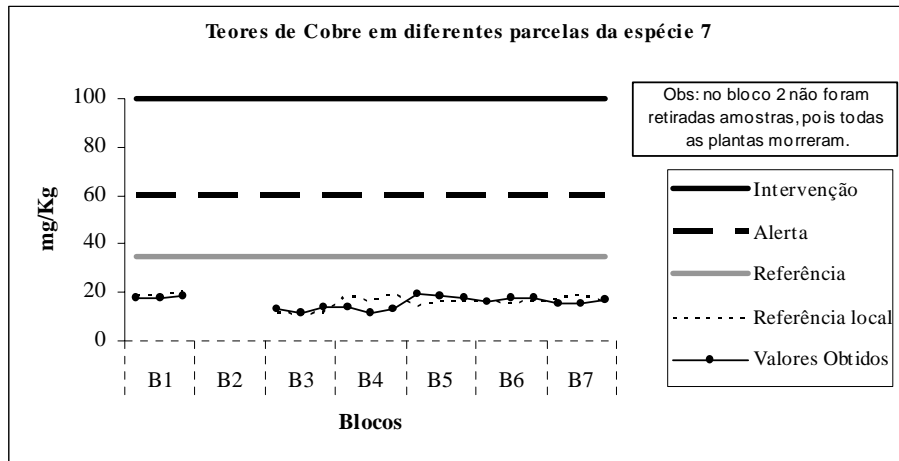


Figura 53 -Teores de Cobre no solo cultivado com *Acacia holosericea*

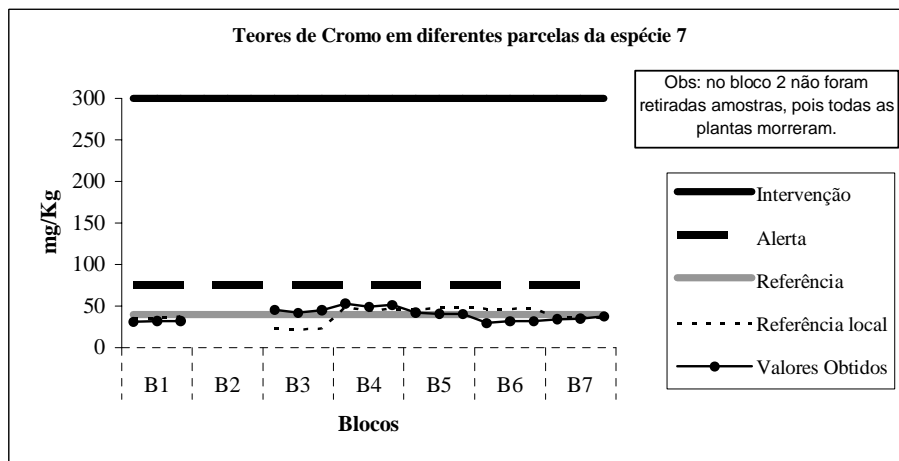


Figura 54 -Teores de Cromo no solo cultivado com *Acacia holosericea*

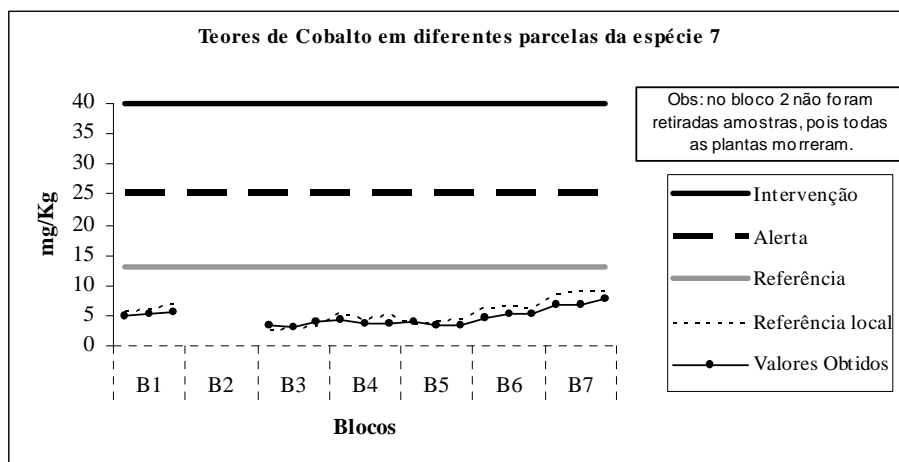


Figura 55 -Teores de Cobalto no solo cultivado com *Acacia holosericea*

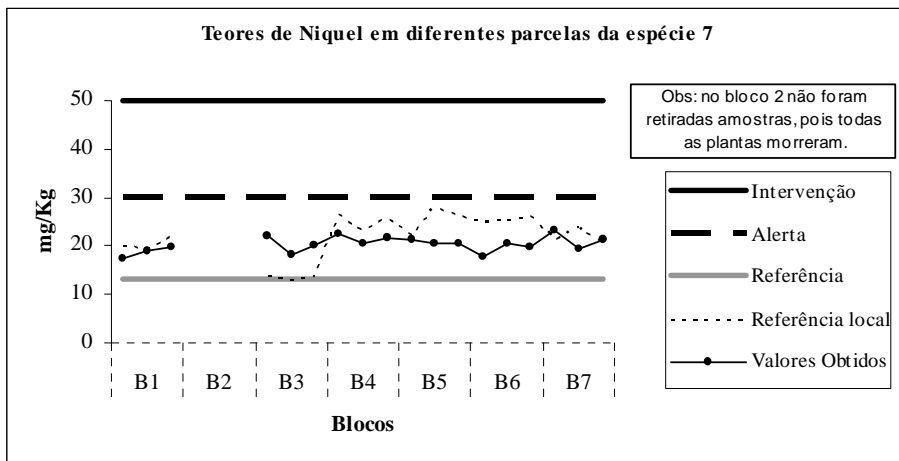


Figura 56 -Teores de Níquel no solo cultivado com *Acacia holosericea*

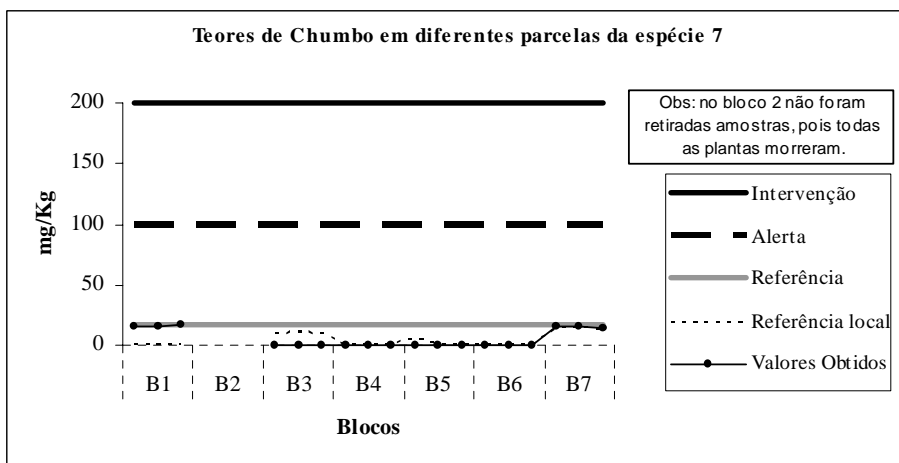


Figura 57 -Teores de Chumbo no solo cultivado com *Acacia holosericea*

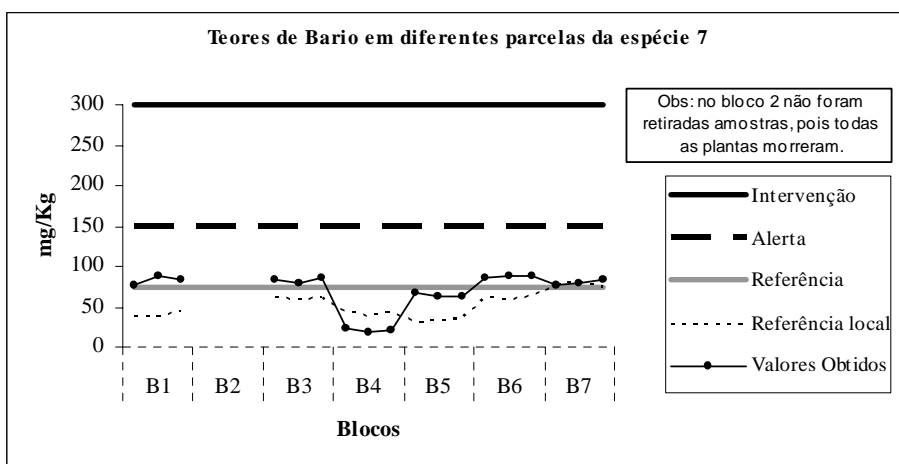


Figura 58 -Teores de Bário no solo cultivado com *Acacia holosericea*

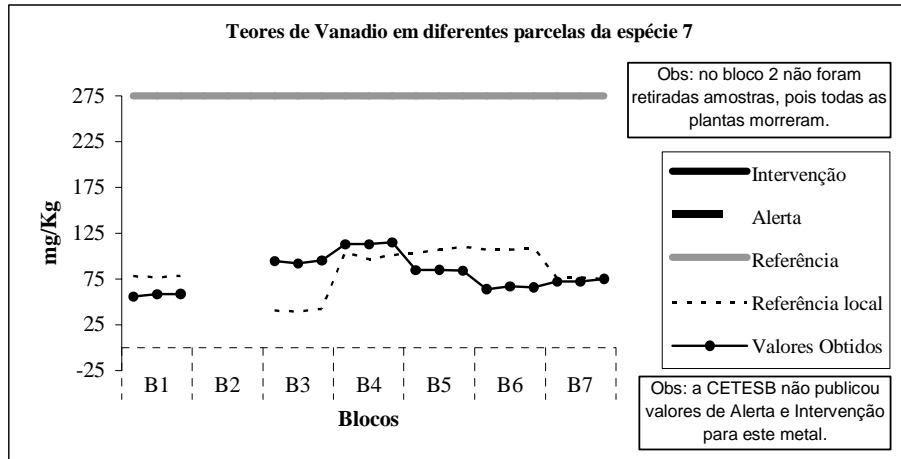


Figura 59 - Teores de Vanádio no solo cultivado com *Acacia holosericea*

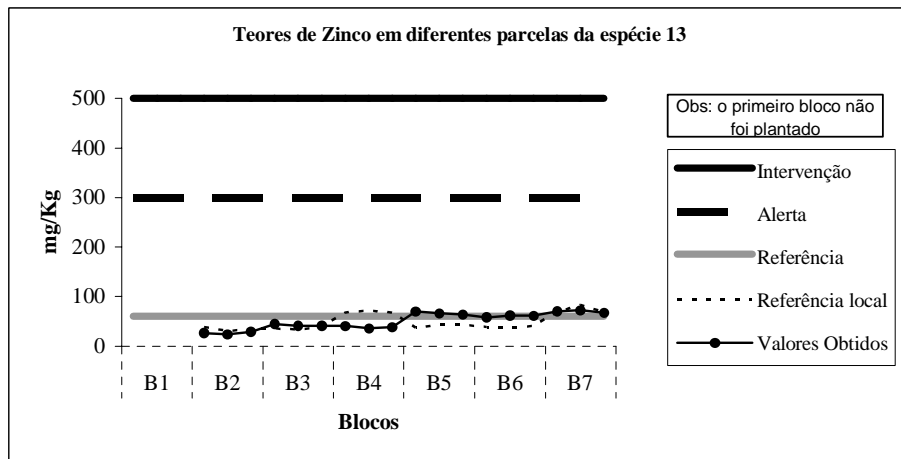


Figura 60 - Teores de Zinco no solo cultivado com *Clitoria fairchildiana*

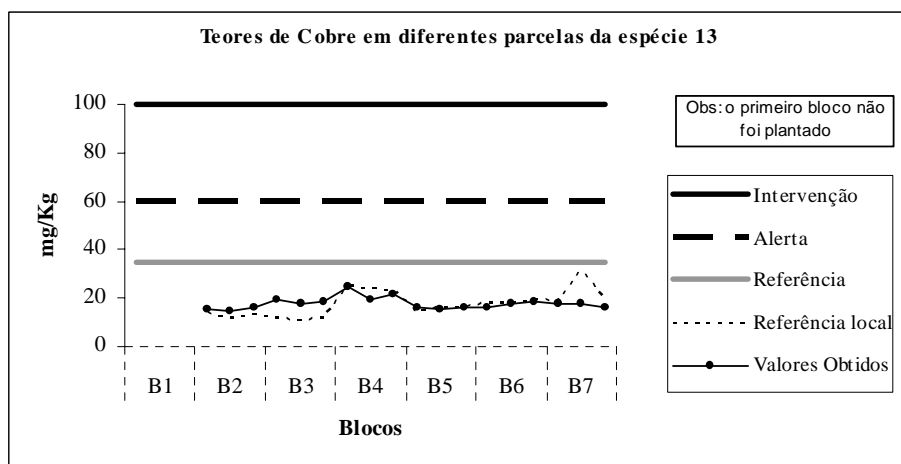


Figura 61 - Teores de Cobre no solo cultivado com *Clitoria fairchildiana*

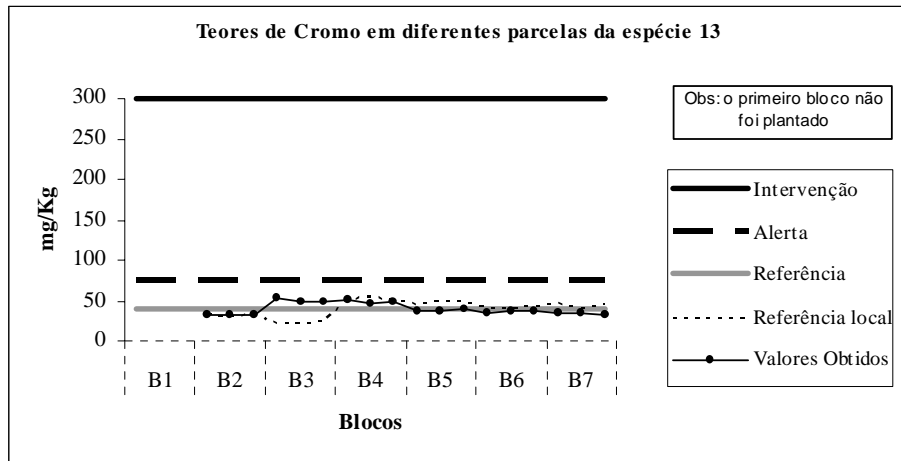


Figura 62 -Teores de Cromo no solo cultivado com *Clitoria fairchildiana*

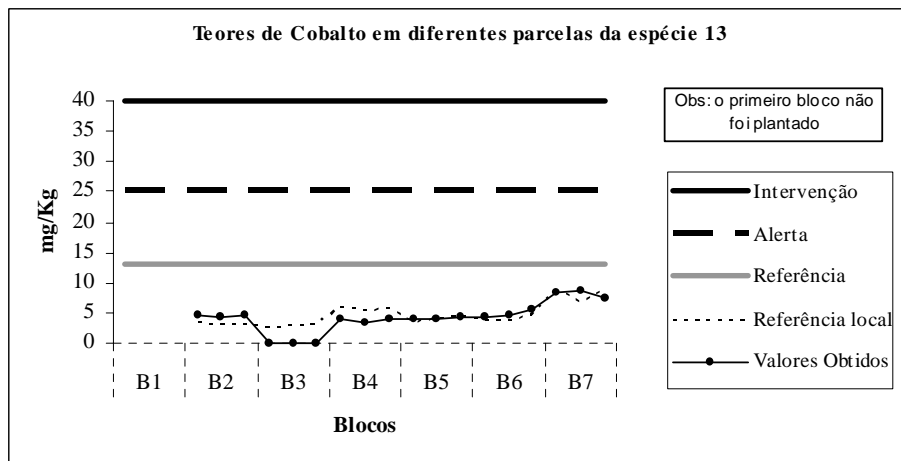


Figura 63 -Teores de Cobalto no solo cultivado com *Clitoria fairchildiana*

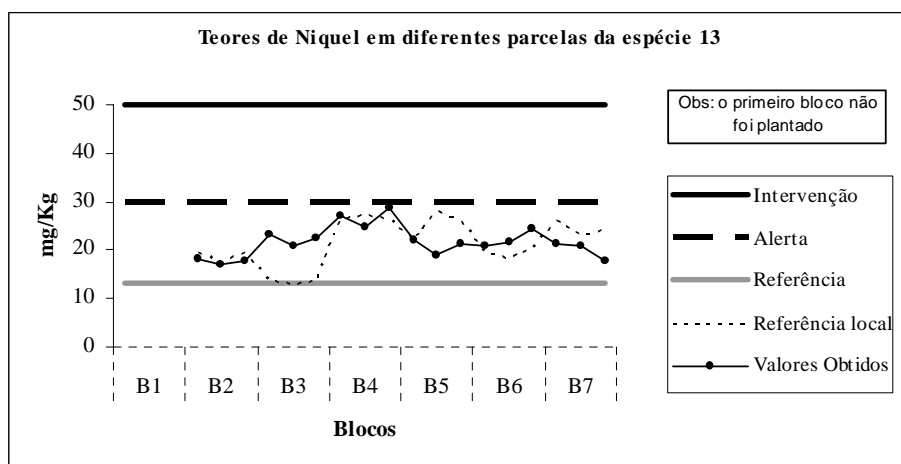


Figura 64 -Teores de Níquel no solo cultivado com *Clitoria fairchildiana*

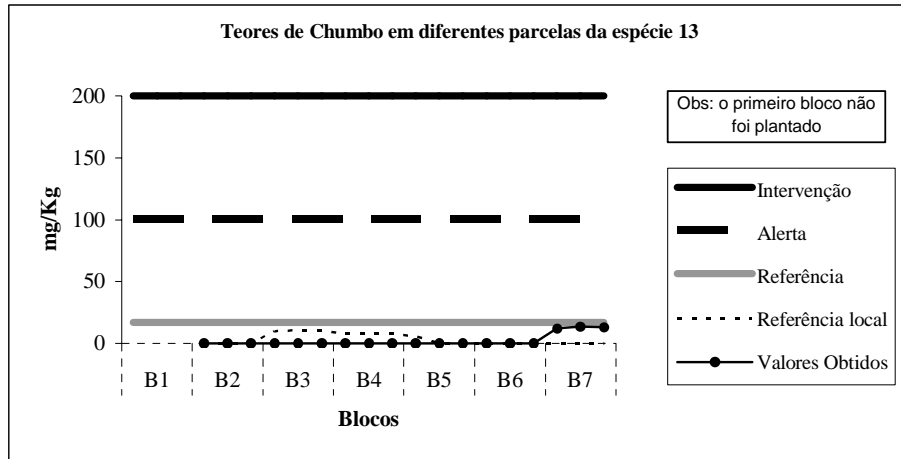


Figura 65 - Teores de Chumbo no solo cultivado com *Clitoria fairchildiana*

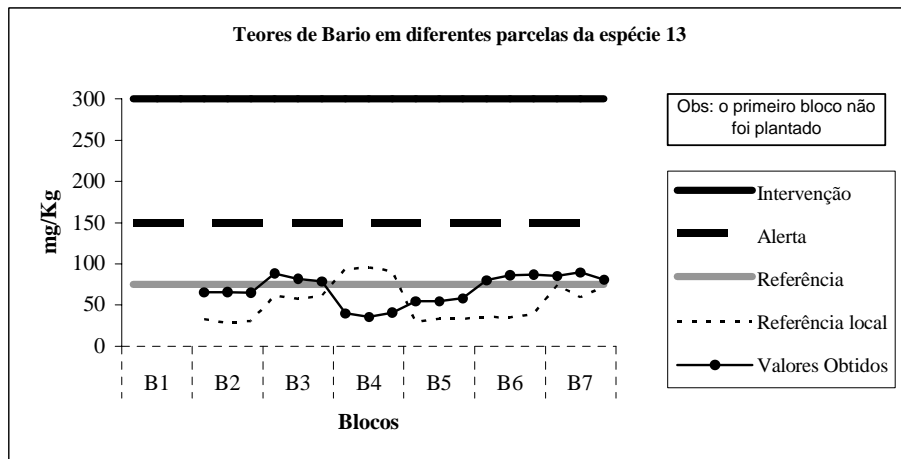


Figura 66 - Teores de Bário no solo cultivado com *Clitoria fairchildiana*

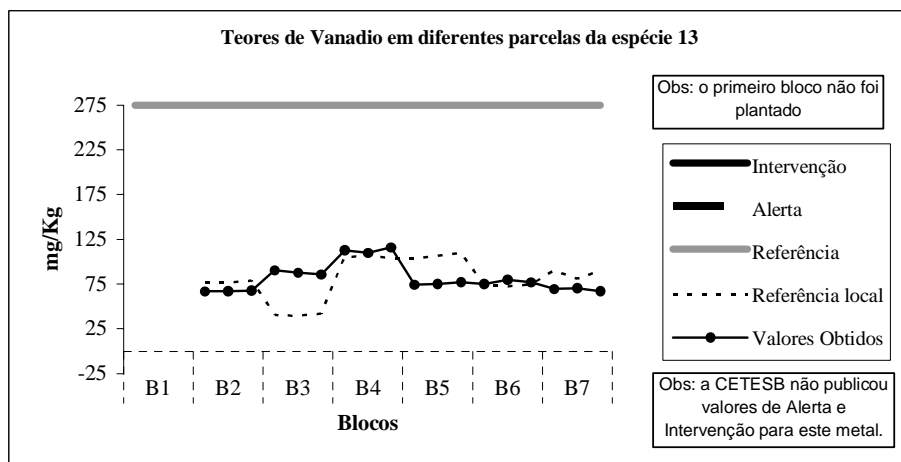


Figura 67 - Teores de Vanádio no solo cultivado com *Clitoria fairchildiana*

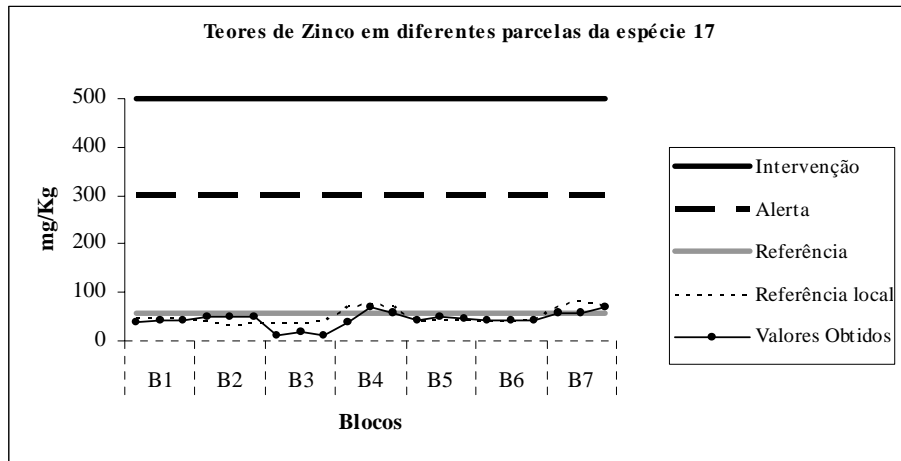


Figura 68 -Teores de Zinco no solo cultivado com *Schinus terebinthifolius*

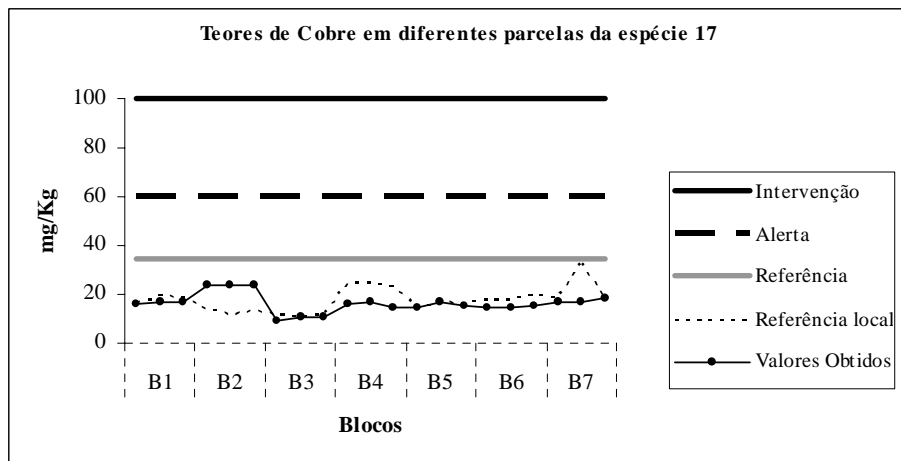


Figura 69 -Teores de Cobre no solo cultivado com *Schinus terebinthifolius*

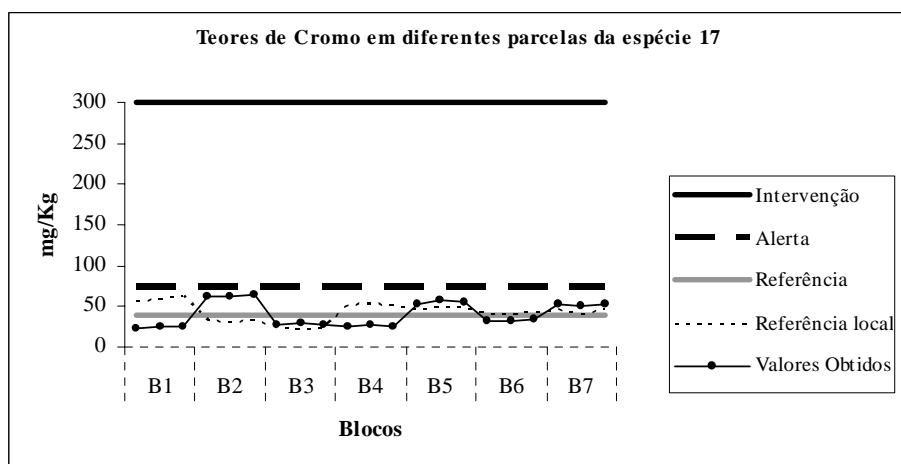


Figura 70 -Teores de Cromo no solo cultivado com *Schinus terebinthifolius*

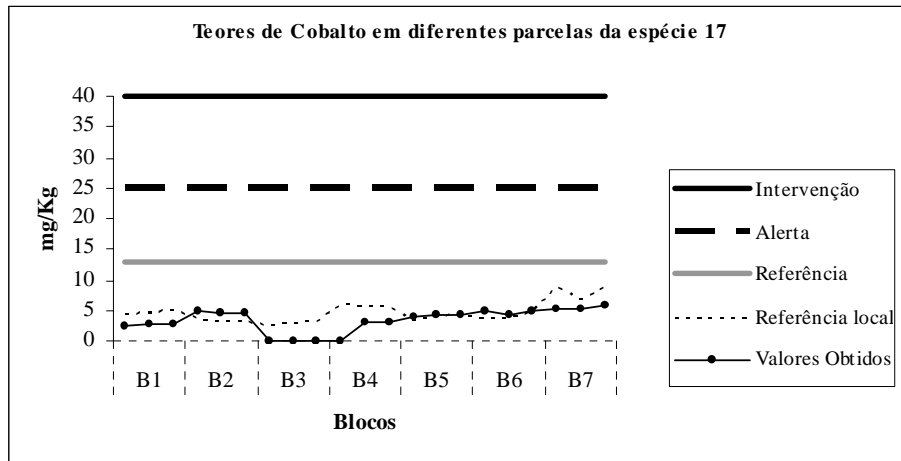


Figura 71 - Teores de Cobalto no solo cultivado com *Schinus terebinthifolius*

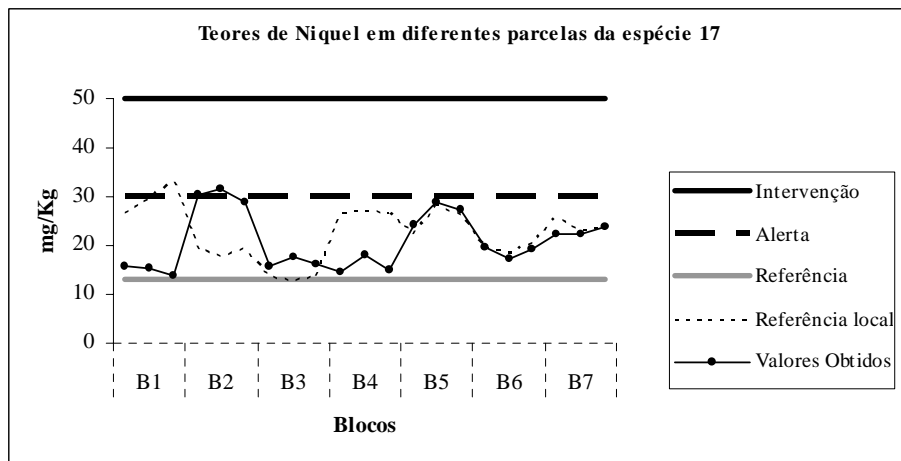


Figura 72 - Teores de Níquel no solo cultivado com *Schinus terebinthifolius*

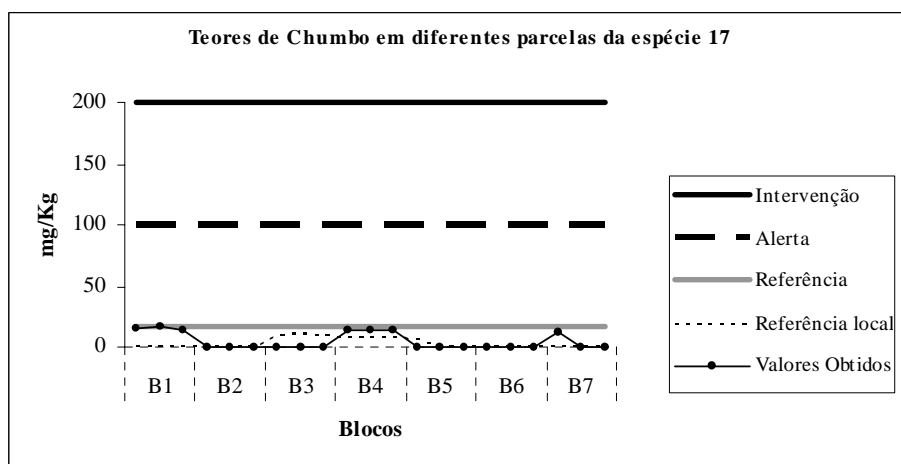


Figura 73 - Teores de Chumbo no solo cultivado com *Schinus terebinthifolius*

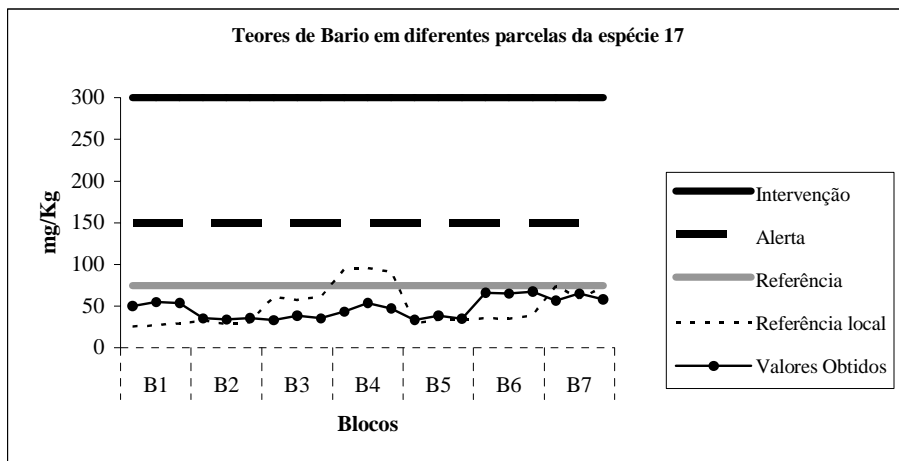


Figura 74 -Teores de Bário no solo cultivado com *Schinus terebinthifolius*

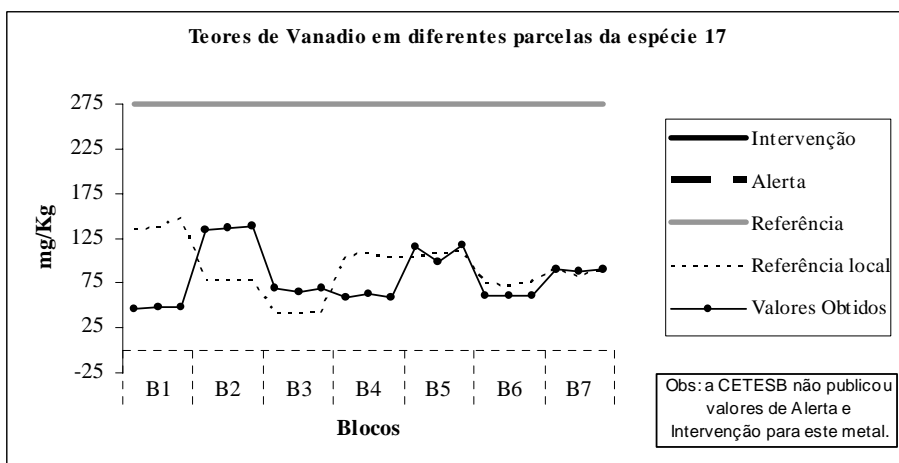


Figura 75 -Teores de Vanádio no solo cultivado com *Schinus terebinthifolius*

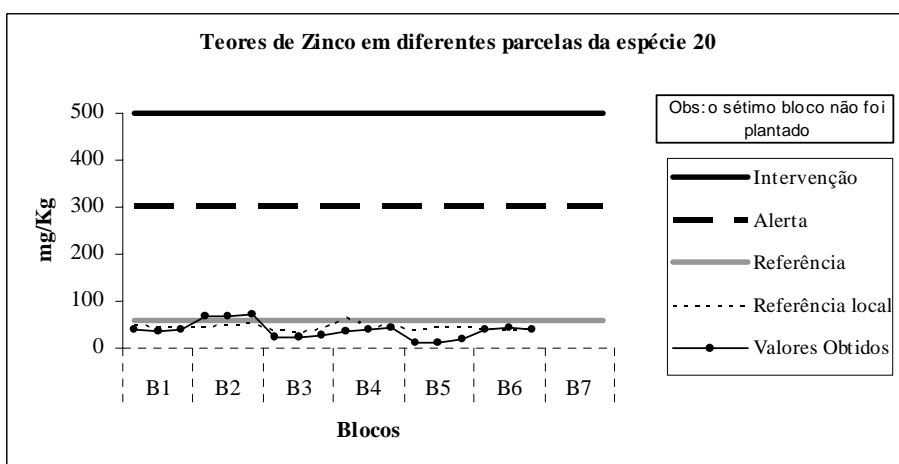


Figura 76 -Teores de Zinco no solo cultivado com *Mimosa pigra*

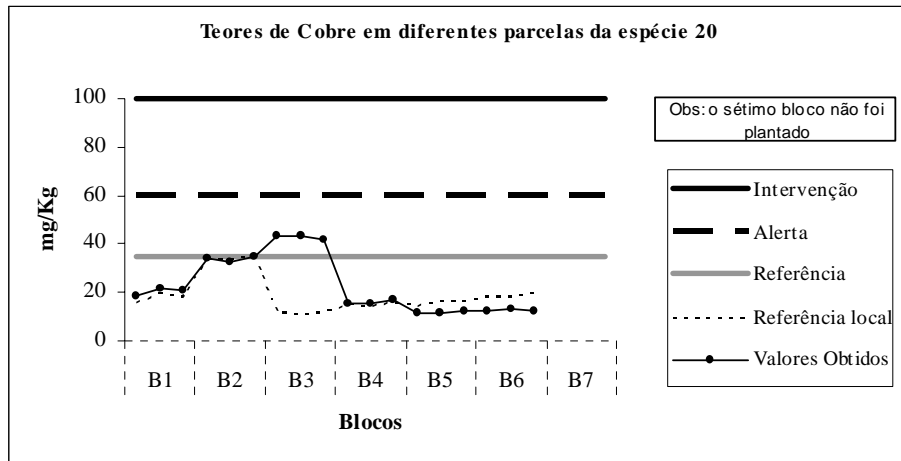


Figura 77 -Teores de Cobre no solo cultivado com *Mimosa pigra*

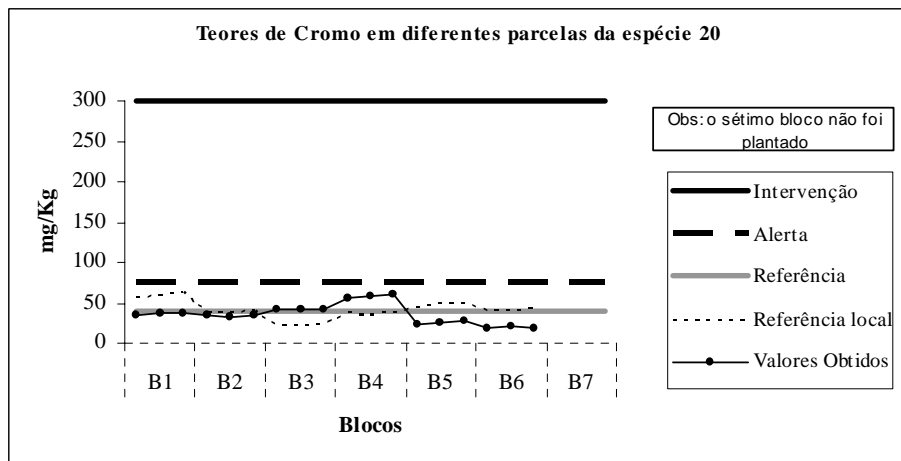


Figura 78 -Teores de Cromo no solo cultivado com *Mimosa pigra*

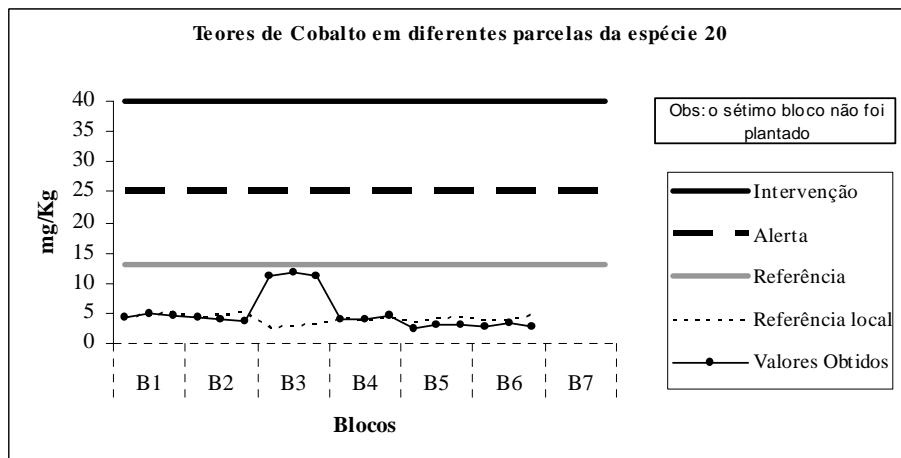


Figura 79 -Teores de Cobalto no solo cultivado com *Mimosa pigra*

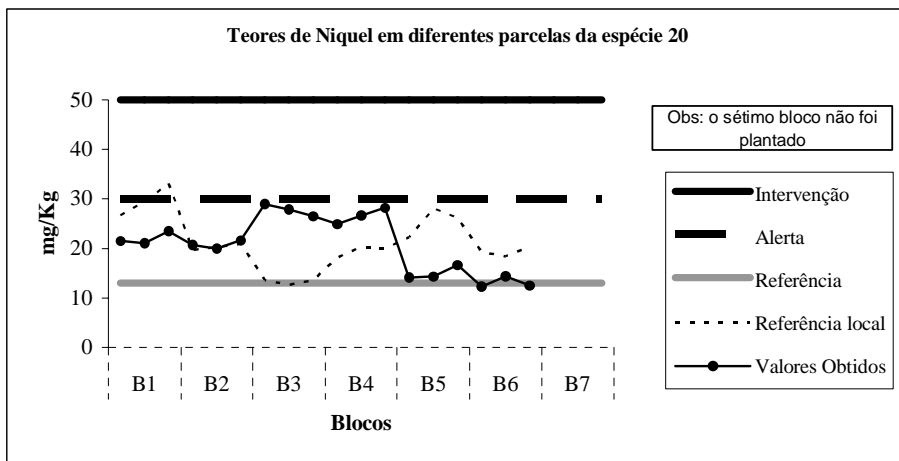


Figura 80 -Teores de Níquel no solo cultivado com *Mimosa pigra*

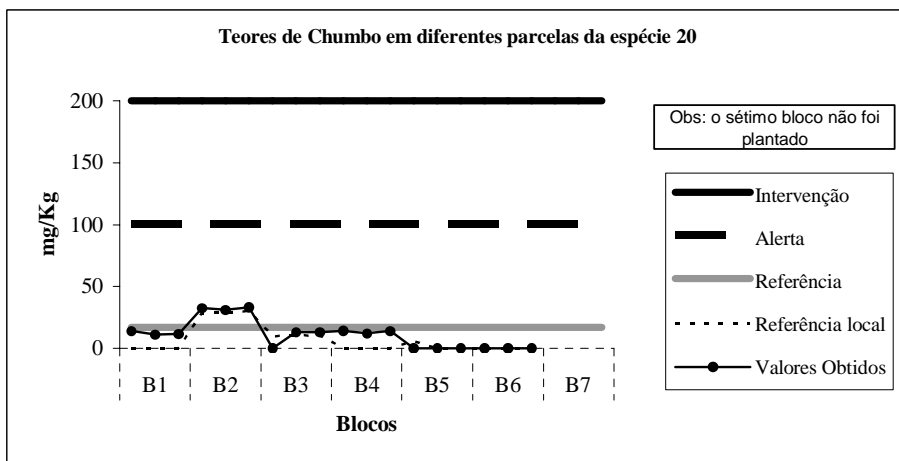


Figura 81 -Teores de Chumbo no solo cultivado com *Mimosa pigra*

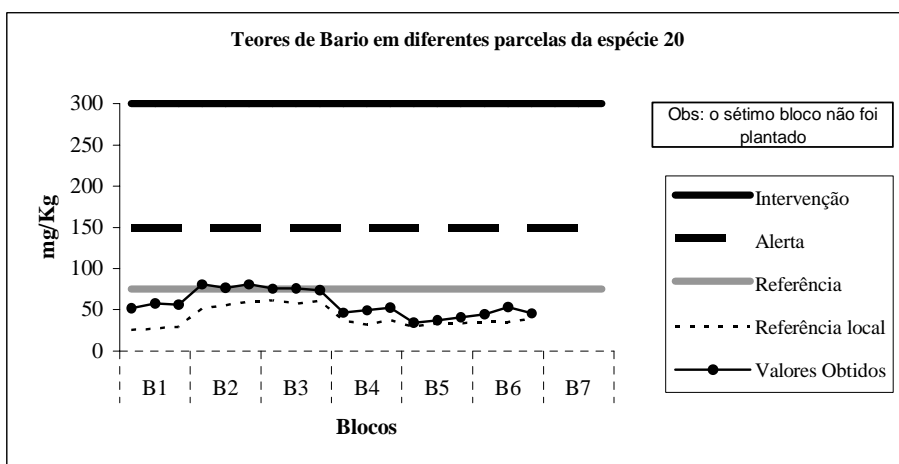


Figura 82 -Teores de Bário no solo cultivado com *Mimosa pigra*

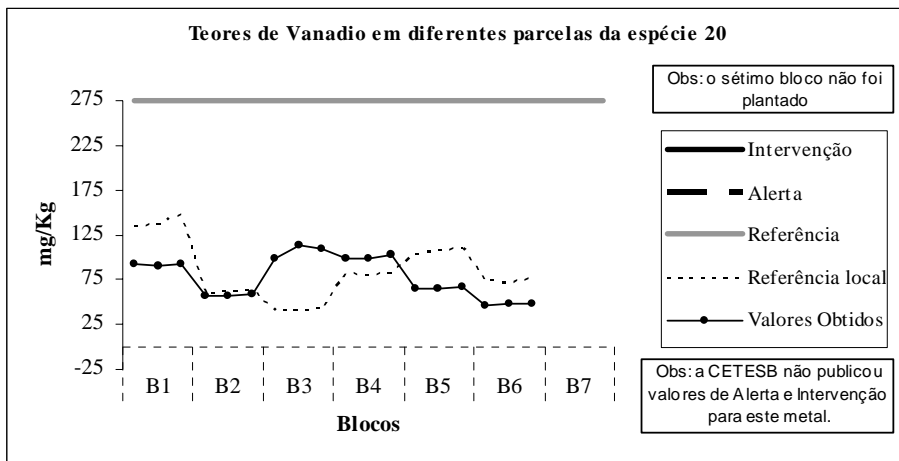


Figura 83 - Teores de Vanádio no solo cultivado com *Mimosa pigra*

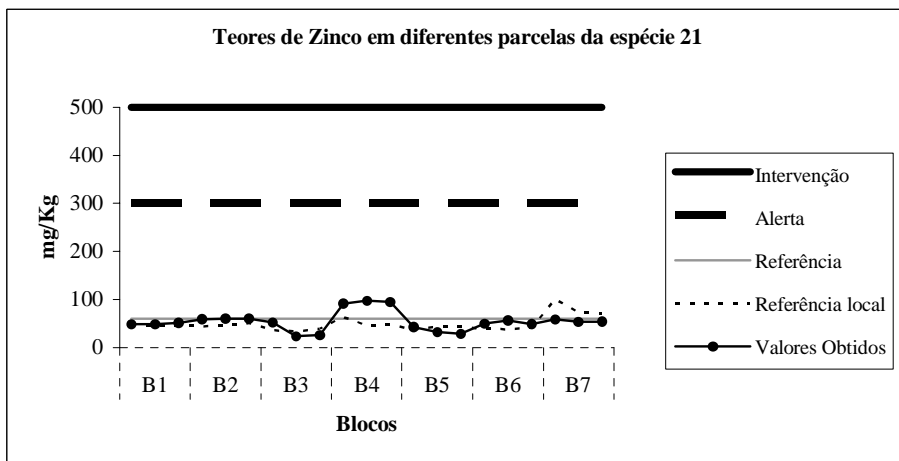


Figura 84 - Teores de Zinco no solo cultivado com *Mimosa tenuiflora*

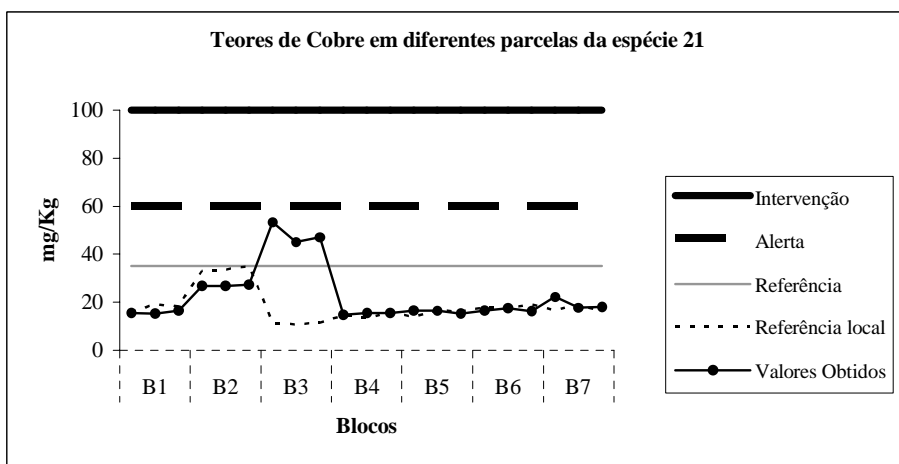


Figura 85 - Teores de Cobre no solo cultivado com *Mimosa tenuiflora*

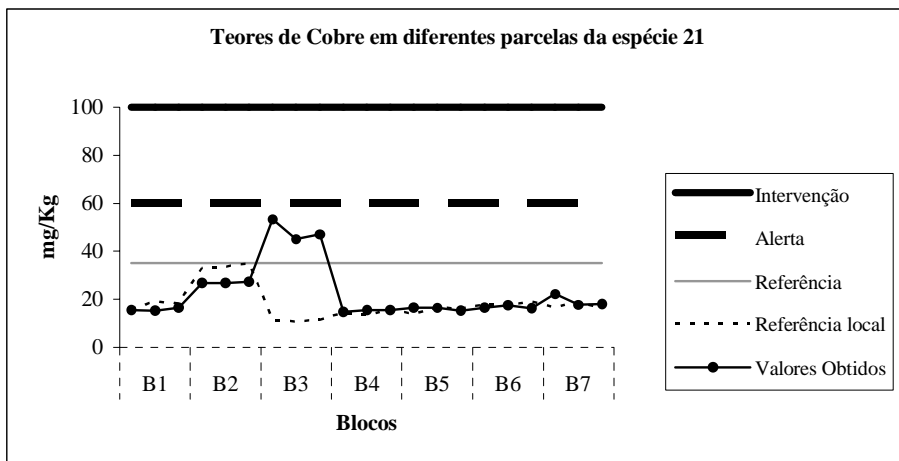


Figura 86 -Teores de Cromo no solo cultivado com *Mimosa tenuiflora*

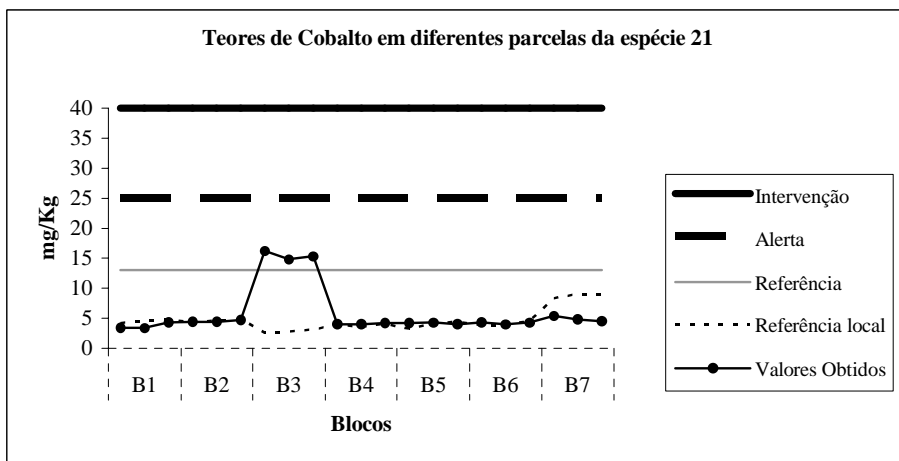


Figura 87 -Teores de Cobalto no solo cultivado com *Mimosa tenuiflora*

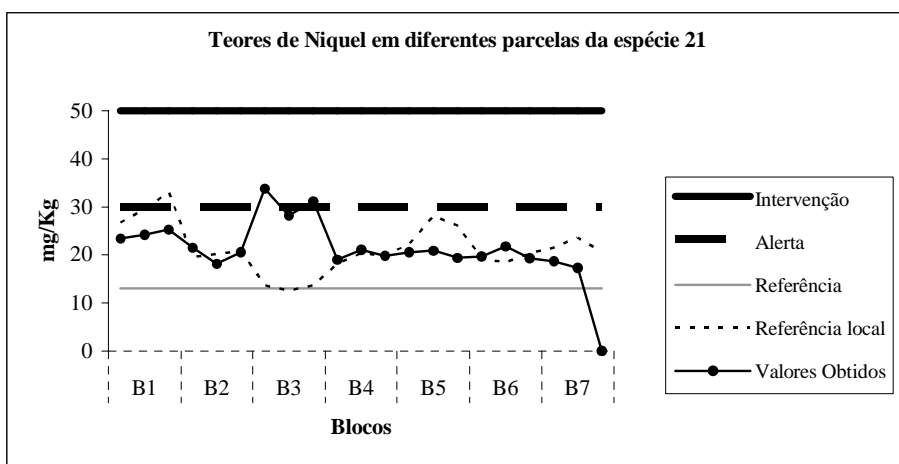


Figura 88 -Teores de Níquel no solo cultivado com *Mimosa tenuiflora*

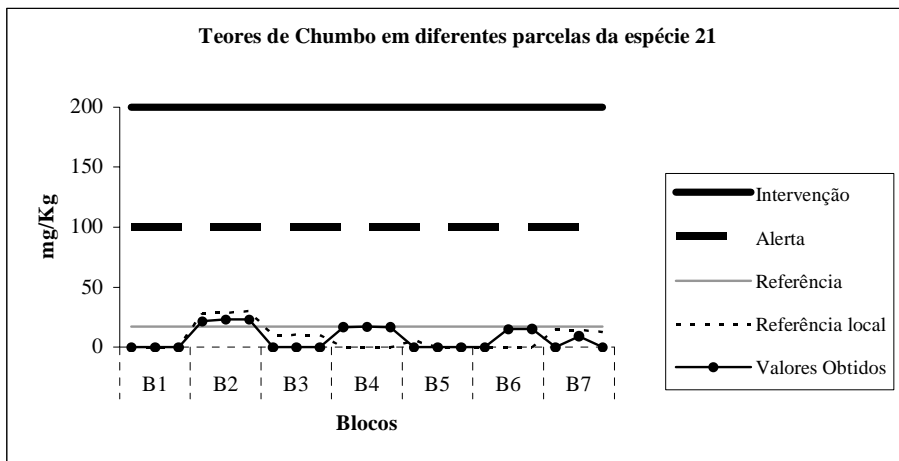


Figura 89 - Teores de Chumbo no solo cultivado com *Mimosa tenuiflora*

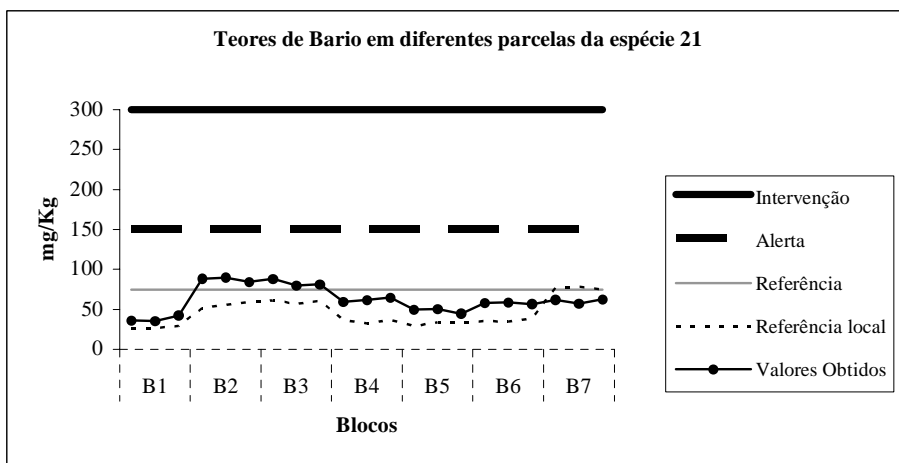


Figura 90 - Teores de Bário no solo cultivado com *Mimosa tenuiflora*

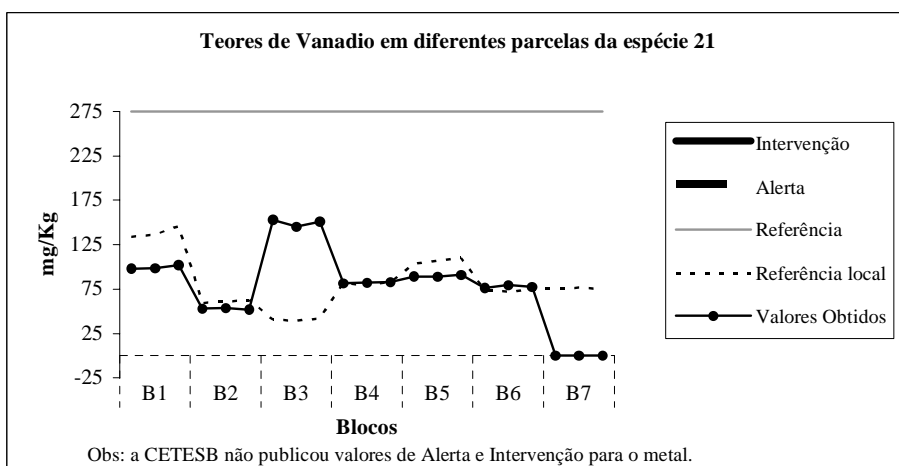


Figura 91 - Teores de Vanádio no solo cultivado com *Mimosa tenuiflora*

VII.4 Interpretação dos resultados

Os valores encontrados mostram variações de composição que refletem as diferentes origens do solo e a forma de sua distribuição na conformação da cobertura. Neste sentido, é importante observar que durante a construção da capa de cobertura, o material, proveniente de diferentes áreas de empréstimo, é descarregado na base ou no topo dos taludes, sendo posteriormente empurrado por máquinas que, subindo ou descendo, efetuam sua distribuição em faixas. Desta forma, solos diferentes podem ser dispostos lado a lado, em operação muitas vezes também realizada sobre camada de solo já existente (cobertura intermediária). Além disto, o plantio de gramíneas em placas, o conserto de pequenos escorregamentos e recalques, além de operações de manutenção como, por exemplo, a limpeza de drenos, colabora para as diferenciações encontradas. Existe também a contribuição atmosférica com a entrada de elementos por precipitação, gases, aerossóis e poeira, além do balanço pela saída de elementos por: lixiviação, volatilização e erosão.

Apesar das muitas variantes e variáveis envolvidas, foi observado que os teores dos metais avaliados apresentaram-se, com exceção do Níquel, próximos aos teores de referência da CETESB (2001), o que caracteriza sua conformidade com a composição média dos solos do Estado de São Paulo. Quanto ao Níquel, o solo avaliado apresentou-se bastante rico, estando os valores obtidos quase sempre acima dos valores apresentados como referência pela CETESB e algumas vezes acima do valor considerado como de alerta. A riqueza do elemento na superfície do solo, tanto cultivado como não cultivado, pode ser explicada por provável deposição atmosférica, pois o Aterro de Santo Amaro está situada em zona industrial, onde o ar recebe contribuição proveniente da queima de óleos combustíveis e incineração, ambas importantes fontes de contribuição antrópica (AZEVEDO E CHASIN, 2003). Não foram, porém, encontrados para nenhum dos metais avaliados, teores que, segundo a classificação do referido órgão ambiental estadual, representassem risco potencial à saúde humana (teor superior ao limite de intervenção).

VIII Abertura de cavas

Para realização de avaliação visual, física e química do solo subsuperficial, assim como de tecidos vegetais e do comportamento do sistema radicular, foram abertas cavas com o auxílio de uma escavadeira e extraídos exemplares de 11 das espécies avaliadas. As escavações foram realizadas no bloco 6 onde, na investigação que antecedeu ao plantio, haviam sido verificadas as menores espessuras na camada de cobertura (ANDRADE, 2000). Como parâmetro para a investigação, foram abertas cavas no solo sob exemplares das 10 espécies que apresentaram melhor estabelecimento no experimento, sendo investigado o solo sob exemplares das espécies: *Acacia holosericea*, *Clitoria fairchildiana*, *Enterolobium contorsiliquum*, *Mimosa binucronata*, *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Mimosa pellita*, *Mimosa pigra*, *Mimosa tenuiflora*, *Schinus terebinthifolius*, *Sesbania virgata*. Também foi aberta cava sob exemplar da espécie *Acácia mangium*, visto terem as plantas desta espécie apresentado a maior altura média do experimento, havendo interesse sobre o comportamento de seu sistema radicular.

Durante a abertura das cavas, o solo foi retirado até o local onde a presença de resíduos era claramente identificada, o que resultou em cavas com diferentes profundidades. As plantas existentes sob as cavas tiveram suas folhas amostradas sendo, posteriormente, os exemplares arrancados para avaliação do sistema radicular (vide figura 92) e retirada de amostras de raízes e troncos.



Figura 92 - Abertura de cava e retirada de planta

IX Avaliação visual do perfil do solo e da arquitetura e distribuição do sistema radicular

Após a abertura das cavas, foi efetuada limpeza e regularização da superfície das paredes escavadas. Assim, a partir da superfície e tendo como guia uma régua topográfica posicionada verticalmente da base do tronco ao fundo da cava, foram registradas distâncias de variação de cores no perfil e anotados detalhes referentes à profundidade em que se encontravam os resíduos. Além disto, foram observadas particularidades passíveis de influírem na composição dos resultados (manchas de coloração anômala, presença diferenciada de resíduos, etc.).

O sistema radicular foi inicialmente avaliado a partir da observação da parcela que foi exposta nas paredes das cavas, tendo sido registradas informações referentes à distribuição e profundidade de penetração das raízes. Posteriormente as plantas foram arrancadas com uso de cabo de aço que, amarrado ao tronco, foi puxado pela lança de uma escavadeira. As raízes das plantas retiradas foram então limpas, fotografadas e medidas, enquanto o local de arranquio foi observado quanto ao comportamento das raízes em relação aos resíduos. As figuras 93 a 103 apresentam fotos e o resumo das informações registradas.



Figura 93 – Cava sob a espécie 1 (*Mimosa caesalpinifolia*)



Figura 94 – Cava sob a espécie 2 (*Mimosa pellita*)



Figura 95 – Cava sob a espécie 4 (*Sesbania virgata*)



Figura 96 – Cava sob a espécie 5 (*Mimosa bimucronata*)



Figura 97 – Cava sob a espécie 6 (*Enterolobium contorsiliquum*)

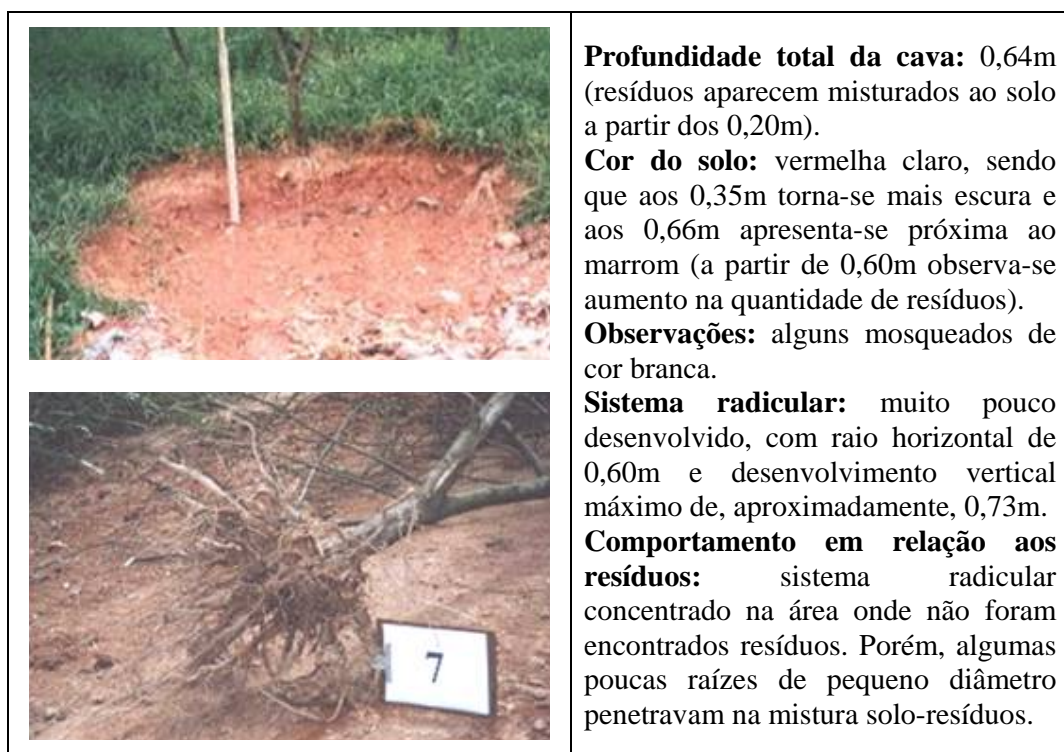


Figura 98 – Cava sob a espécie 7 (*Acácia holosericea*)



Figura 99 – Cava sob a espécie 11 (*Acácia mangium*)

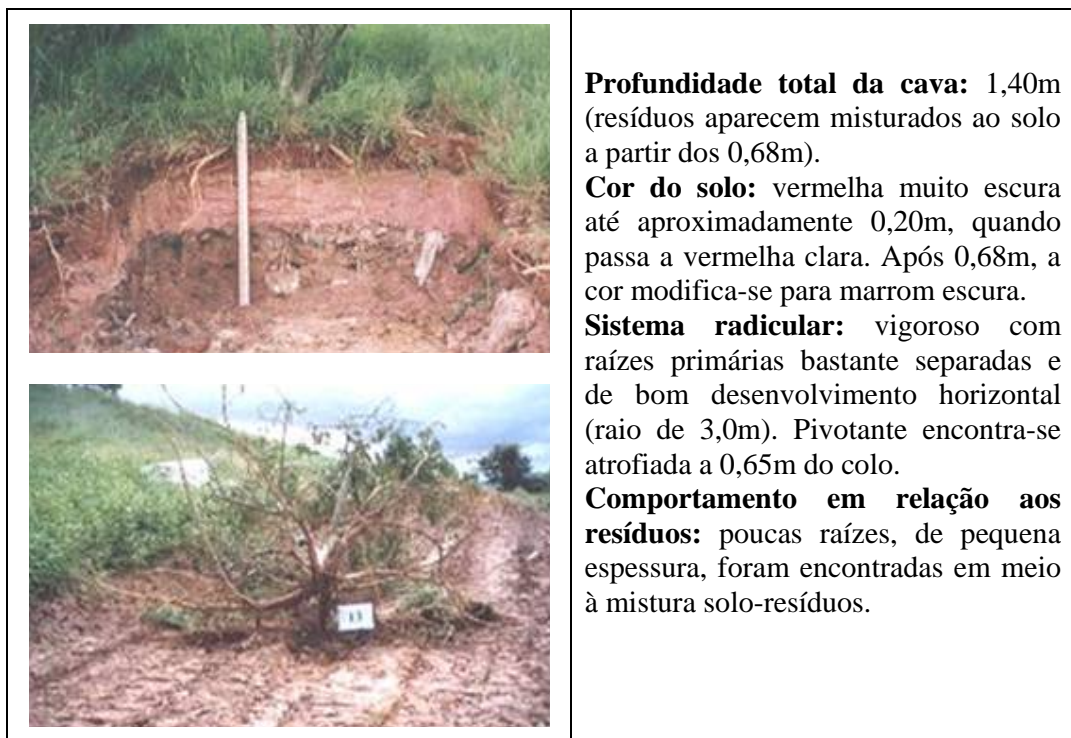


Figura 100 – Cava sob a espécie 13 (*Clitoria fairchildiana*)



Figura 101 – Cava sob a espécie 17 (*Schinus terebinthifolius*)



Figura 102 – Cava sob a espécie 20 (*Mimosa pigra*)



Figura 103 – Cava sob a espécie 21 (*Mimosa tenuiflora*)

IX.1 Interpretação dos resultados

A observação da distribuição do sistema radicular permitiu verificar que a maior parte das raízes concentrava-se na camada de solo onde não era visualizada a presença de resíduos. Porém, com exceção de plantas das espécies: *Acacia mangium*, *Schinus terebinthifolius* e *Mimosa pigra*, todas as demais apresentavam pequeno número de raízes em meio à mistura solo/resíduos, sendo que nas espécies: *Mimosa caesalpinifolia*, *Mimosa pellita*, *Sesbania virgata*, *Acácia holosericea* e *Mimosa tenuiflora*, algumas raízes se aprofundavam em meio aos resíduos.

Ressalta-se que durante o período monitorado, foi observado que apenas 22 plantas, pertencentes a 7 diferentes espécies, tombaram e que nem todos os tombamentos resultaram em mortes. A presença de ramificações próximas ao solo em plantas do gênero *Mimosa* propiciou o escoramento de algumas plantas e impediu a morte pela queda com total rompimento do sistema radicular. O pequeno número de

tombamentos e conseqüentes mortes contrastou com o comportamento esperado, pois a abertura de cavas no aterro demonstrou a concentração superficial de raízes e sustentação quase exclusivamente limitada à ancoragem rasa.

O não aprofundamento das raízes é explicado pelo cultivo em solo compactado e pela pequena espessura da capa de cobertura em trechos do aterro, quando as raízes são expostas a gases tóxicos e ou a presença da elevada salinidade no solo imediatamente próximo ou em contato com resíduos. Infere-se assim que, durante os seis anos avaliados, a distribuição superficial das raízes compensou o seu não aprofundamento, superando o estresse ocasionado pela força alavancada pelo peso da copa em taludes de grande inclinação e com constante exposição a ventos. Entretanto, a situação pode modificar-se com o maior desenvolvimento das plantas, com a maturidade e o início da senescência característico de cada espécie e, principalmente, com mudanças no equilíbrio ambiental.

X Avaliação Física do solo

X.1 Granulometria

A amostragem foi realizada a partir da observação de diferenças na coloração do solo que, em todas as cavas, apresentava tonalidade mais escura que se estendia desde área próxima ao local onde existiam resíduos misturados ao solo até o fundo da cava. Com base nesta diferença, indicadora de possível influência dos resíduos, o solo de cada cava foi demarcado horizontalmente para extração de amostras, visando a verificar a existência de diferenças, decorrentes da migração de partículas. Na amostragem foram descartados os 0,10m de solo contados a partir da superfície, já que nesta camada concentra-se material orgânico superficial e, em alguns locais, solo proveniente do plantio de grama, trazendo características não relacionadas aos resíduos.

Foram extraídas duas amostras de cada cava, amostras estas representativas de área de solo livre de resíduos (amostra A1) e de solo com coloração diferenciada, retirado de área onde existiam resíduos misturados ao solo (amostra A2). Os valores obtidos em cada cava são apresentados nos gráficos das figuras 104 a 114, na forma de curvas granulométricas.

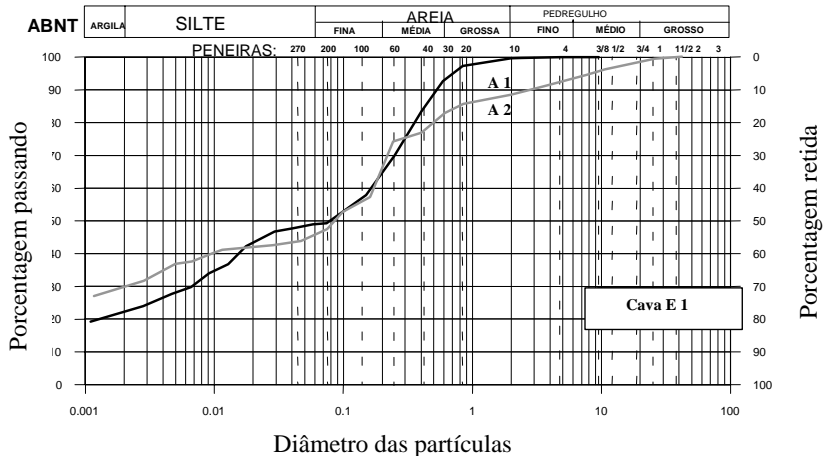


Figura 104 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de *Mimosa caesalpinifolia*

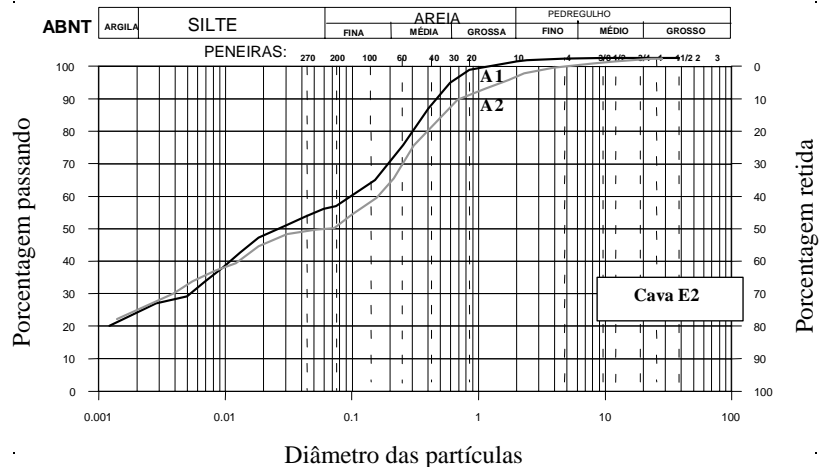
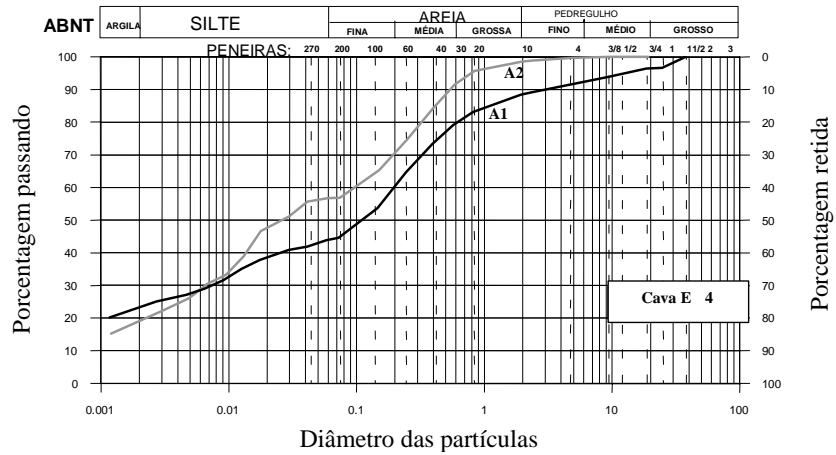
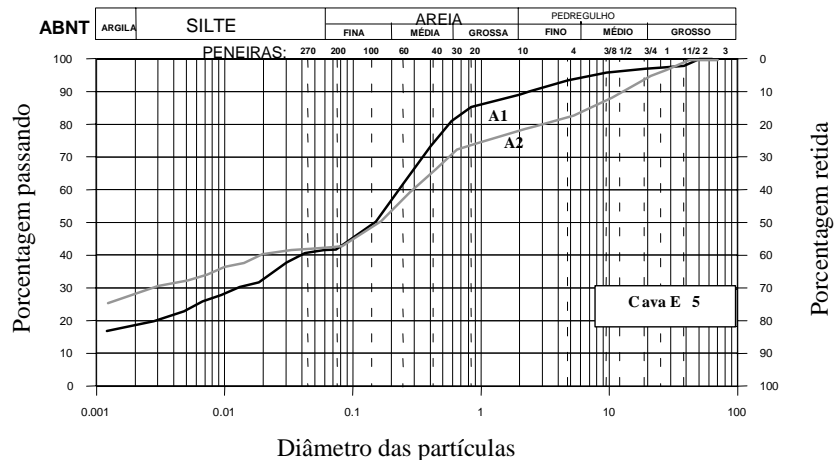


Figura 105 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de *Mimosa pellita*



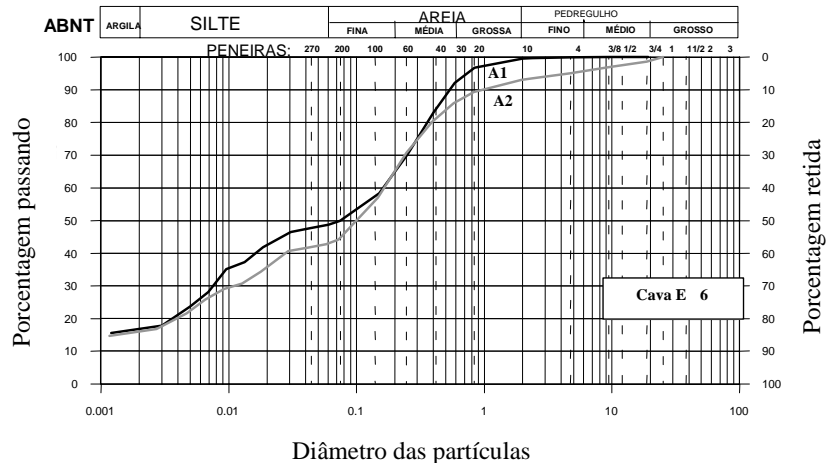
A1 = solo livre de resíduos; A2 = solo misturado aos resíduos

Figura 106 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de *Sesbania virgata*



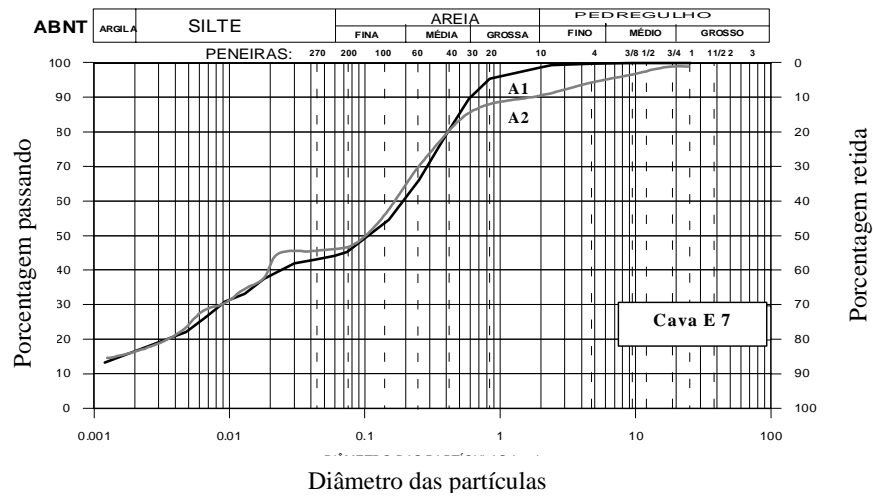
A1 = solo livre de resíduos; A2 = solo misturado aos resíduos

Figura 107 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de *Mimosa bimucronata*



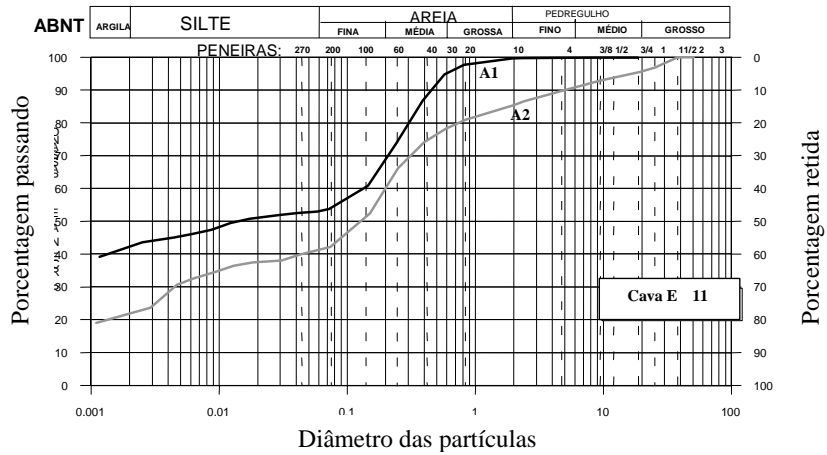
A1 = solo livre de resíduos; A2 = solo misturado aos resíduos

Figura 108 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de *E. contorsiliquum*



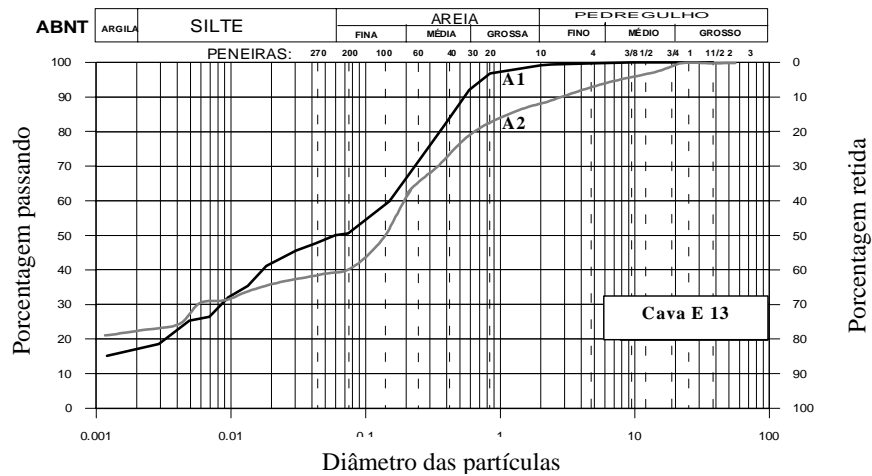
A1 = solo livre de resíduos; A2 = solo misturado aos resíduos

Figura 109 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de *Acacia holosericea*



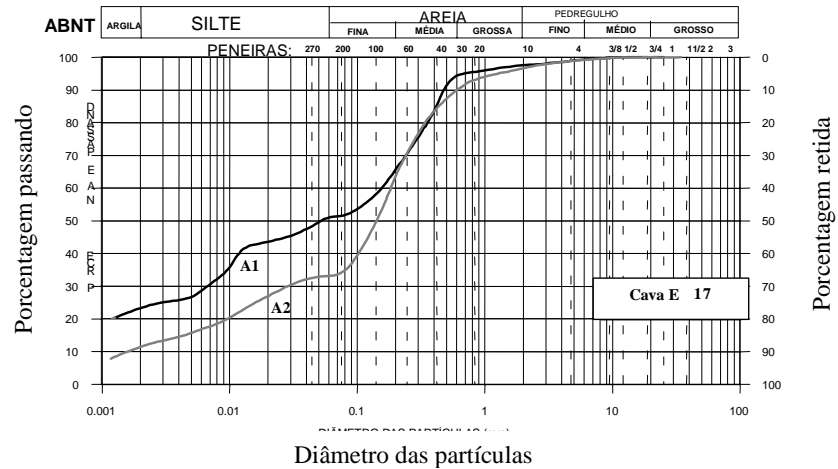
A1 = solo livre de resíduos; A2 = solo misturado aos resíduos

Figura 110 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de *Acacia mangium*



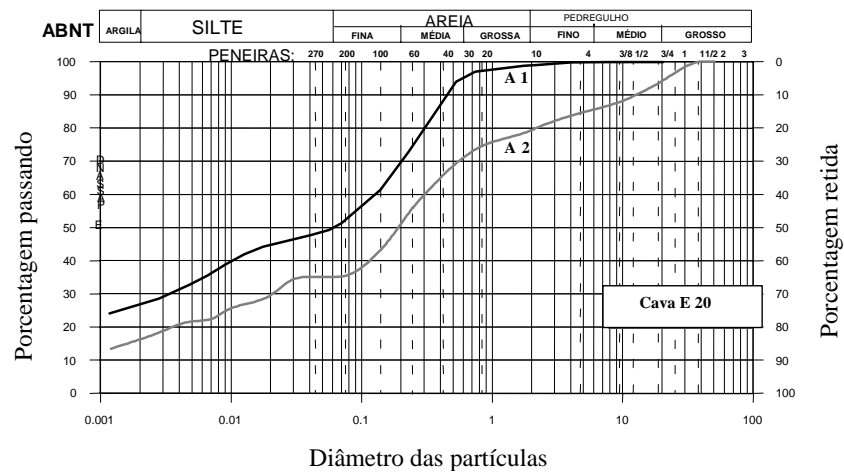
A1 = solo livre de resíduos; A2 = solo misturado aos resíduos

Figura 111 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de *Clitoria fairchildiana*



A1 = solo livre de resíduos; A2 = solo misturado aos resíduos

Figura 112 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de *Schinus terebinthifolius*



A1 = solo livre de resíduos; A2 = solo misturado aos resíduos

Figura 113 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de *Mimosa pigra*

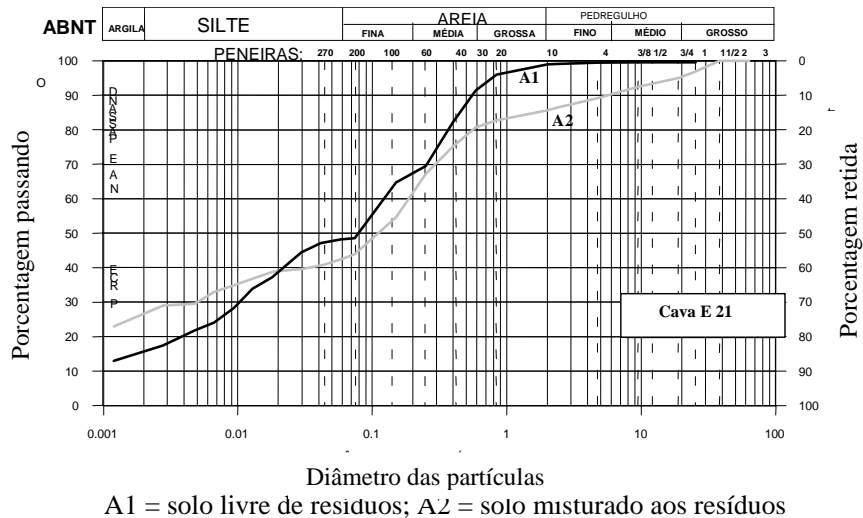


Figura 114 – Granulometria do solo em cava sob exemplar de *Mimosa tenuiflora*

X.2 Interpretação dos resultados

A avaliação granulométrica não revelou correlação entre a distribuição e o tamanho das partículas com as diferenciações observadas na coloração do solo. Evidenciou, entretanto, a heterogeneidade da constituição da camada final de cobertura, formada com materiais de variadas origens e características, fato claramente observado na tabela 84, onde, de acordo com carta triangular desenvolvida pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (BRADY, 1976), são apresentadas classes texturais de solo.

Os resultados também evidenciaram que a diferença de coloração encontrada entre o solo com e sem a presença de resíduos, não pode ser atribuída ao transporte de partículas por percolação e deposição preferencial.

Tabela 84 Classificação de textura com o uso da carta triangular

Cavas	Prof. de coleta (m)	Classificação Textural	Prof. de coleta (m)	Classificação Textural
		A1		A2
Cava E1	0,10-0,66	Franco argilo-arenoso	0,66-1,04	Franco argilo-arenoso
Cava E2	0,10-0,80	Franco	0,80-1,06	Franco argilo-arenoso
Cava E4	0,10-0,46	Franco	0,46-0,87	Franco argilo-arenoso
Cava E5	0,10-0,24	Franco arenoso	0,24-1,20	Franco argilo-arenoso
Cava E6	0,10-0,26	Franco	0,26-1,00	Franco arenoso
Cava E7	0,10-0,20	Franco arenoso	0,20-0,64	Franco
Cava E11	0,10-1,05	Argiloso	1,05-1,90	Franco argilo-arenoso
Cava E13	0,10-0,68	Franco argiloso	0,68-1,40	Franco argilo-arenoso
Cava E17	0,10-0,66	Franco argilo-arenoso	0,66-1,53	Franco arenoso
Cava E20	0,10-0,20	Franco argiloso	0,20-0,67	Franco arenoso
Cava E21	0,10-0,30	Franco	0,30-1,19	Franco argilo-arenoso

XI Investigação dos teores de metais no solo das cavas

Objetivou-se com esta investigação verificar a distribuição de metais pesados no perfil do solo de cobertura e permitir inferências sobre o risco ambiental, pela presença destes poluentes e de possíveis acréscimos de seus teores, pelo contato com resíduos ou por influência da vegetação cultivada.

XI.1 Amostragem e análise química

A avaliação foi realizada com a marcação da parede de cada cava a cada 0,10m, sendo, posteriormente, traçadas linhas horizontais que delimitaram faixas de amostragem nesta largura. Após descarte do solo superficial (evitando contaminação ocorrida na escavação), cada faixa foi longitudinalmente amostrada e o solo depositado em sacos plásticos transparentes, que foram referenciados de acordo com a distância da faixa escavada para a superfície do solo. Este procedimento foi realizado até a profundidade em que a mistura do solo com resíduos apresentava continuidade visual, ponto a partir do qual foi retirada uma única amostra, representativa da faixa de solo que se estendia até o fundo da cava.

As amostras foram posteriormente secas em estufa a 60°C e peneiradas em peneira de malha 250 Mesh. A partir do material obtido foram retiradas 2 alíquotas de 0,5g (2 repetições), que passaram por digestão ácida (água régia) a quente (vide

apêndice 1), em processo idêntico ao realizado pela CETESB (2001). O produto foi filtrado, avolumado e levado para a EMBRAPA/Solos, onde foi feita a quantificação dos elementos: Ca, Mg, K, Mn, Fe, Zn, Cu, Cr, Co, Ni, Cd, Pb, Mo, Ba e V em espectrofotômetro de emissão de plasma (ICP - vide apêndice 2).

XI.2 Interpretação dos resultados

A quantificação realizada permitiu verificar que os teores de Molibdênio, em sua grande maioria, encontravam-se abaixo do limite de detecção do equipamento e, quando detectados, apresentaram-se inferiores aos teores encontrados naturalmente nos solos do Estado de São Paulo (teores de referência – CETESB, 2001). Apesar de avaliados, teores de Ferro não foram considerados em virtude da natural riqueza da maioria dos solos brasileiros e do baixo risco ambiental representado por sua presença em relação ao transporte vegetal por árvores e arbusto.

Valores obtidos em relação aos demais metais (vide apêndice 3) são apresentados nos gráficos das figuras 115 a 213, onde as cavas encontram-se referenciadas de acordo com a espécie da planta cultivada sobre o solo avaliado. Os gráficos permitem a comparação com parâmetros de referência, alerta e intervenção da CETESB (2001) e apresentam informações, relativas à profundidade em que foram observadas modificações na coloração do solo associadas à presença dos resíduos.

XI.2.1 Teores de Zinco

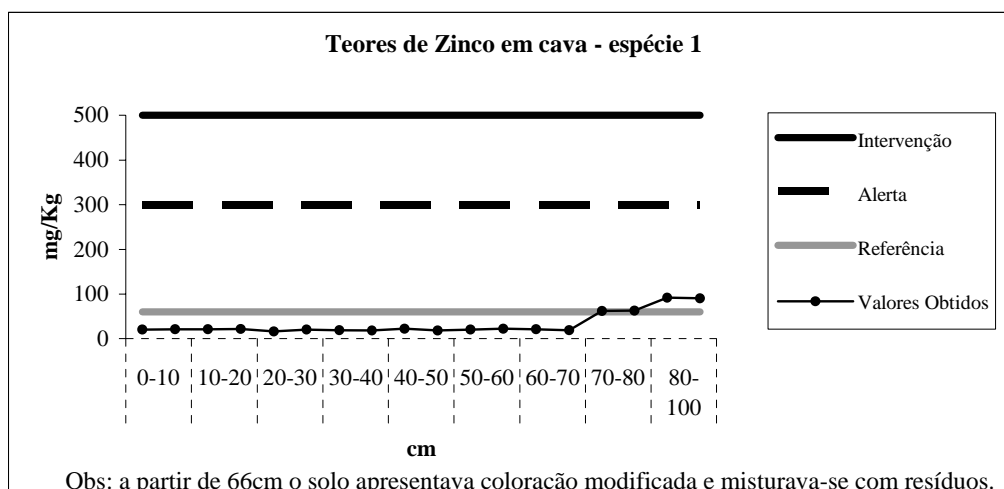


Figura 115 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de *Mimosa caesalpinifolia*

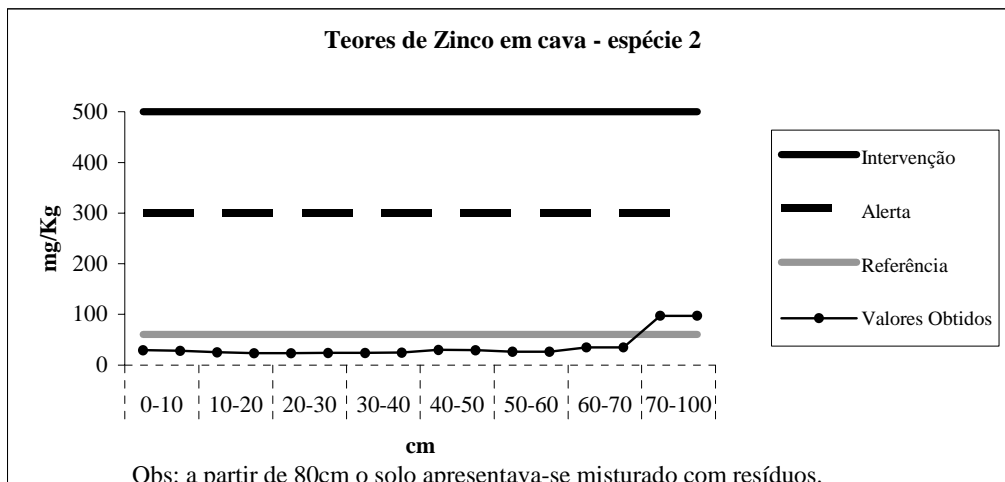


Figura 116 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de *Mimosa pellita*

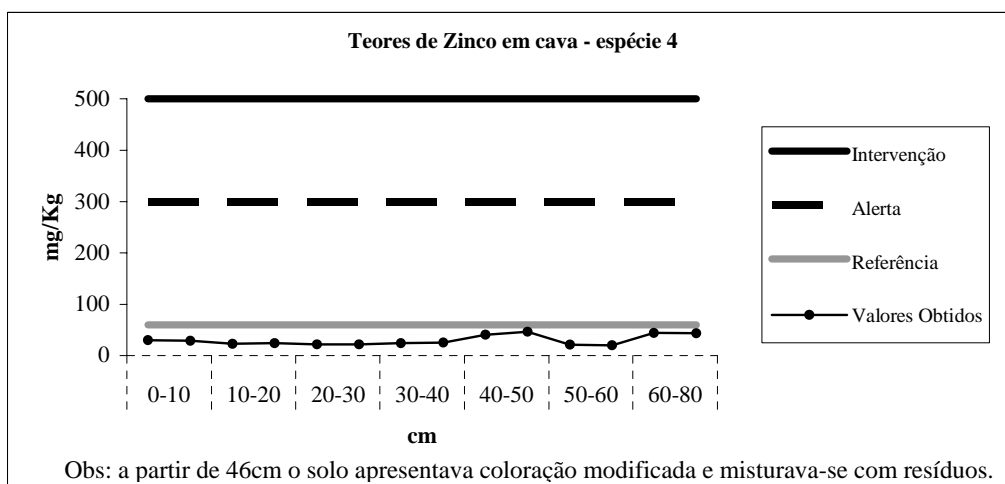


Figura 117 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de *Sesbania virgata*

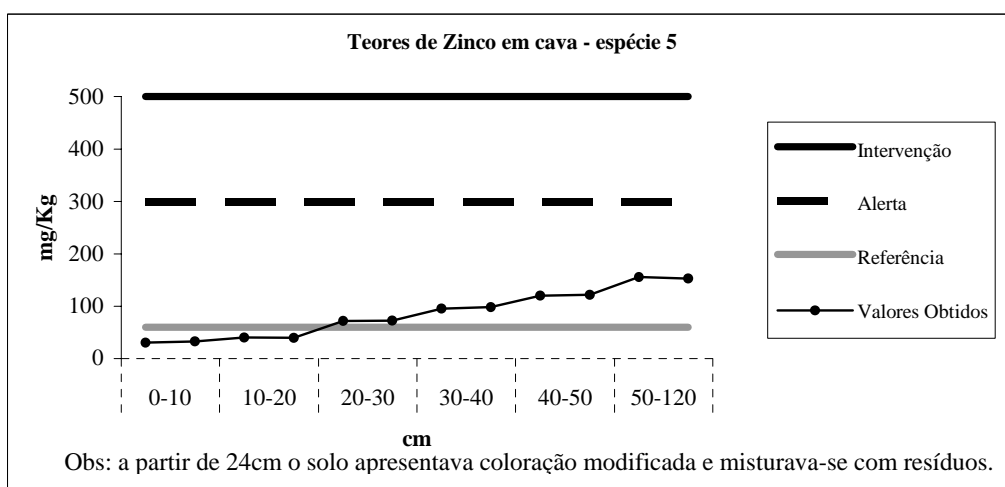


Figura 118 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de *Mimosa binucronata*

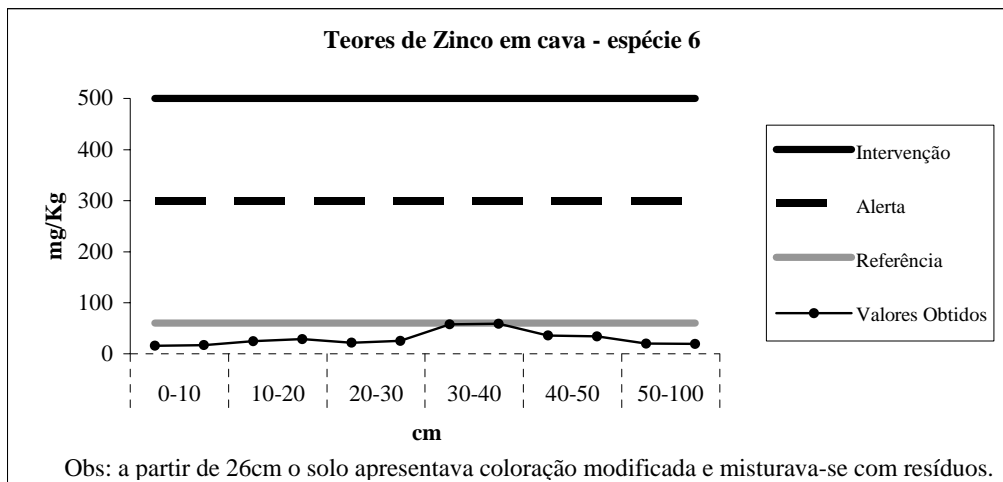


Figura 119 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de *Enterolobium contorsiliquum*

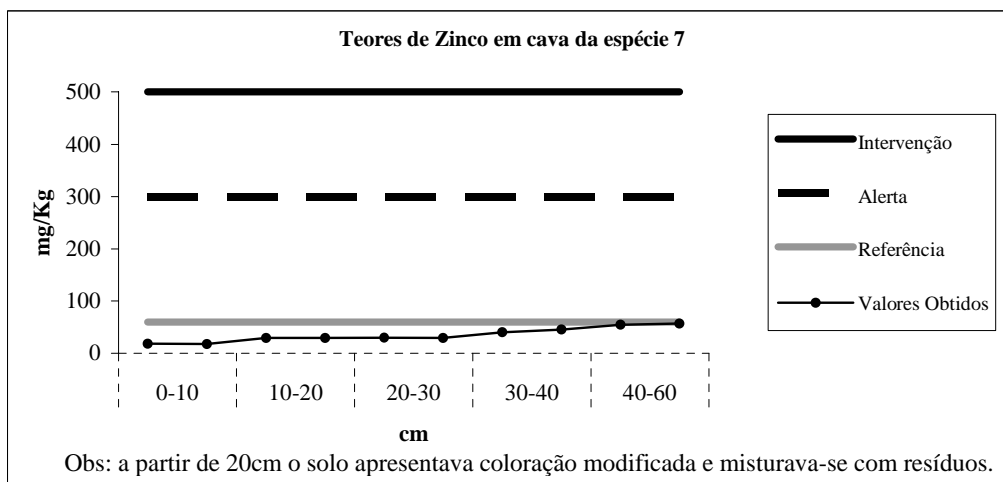


Figura 120 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de *Acacia holosericea*

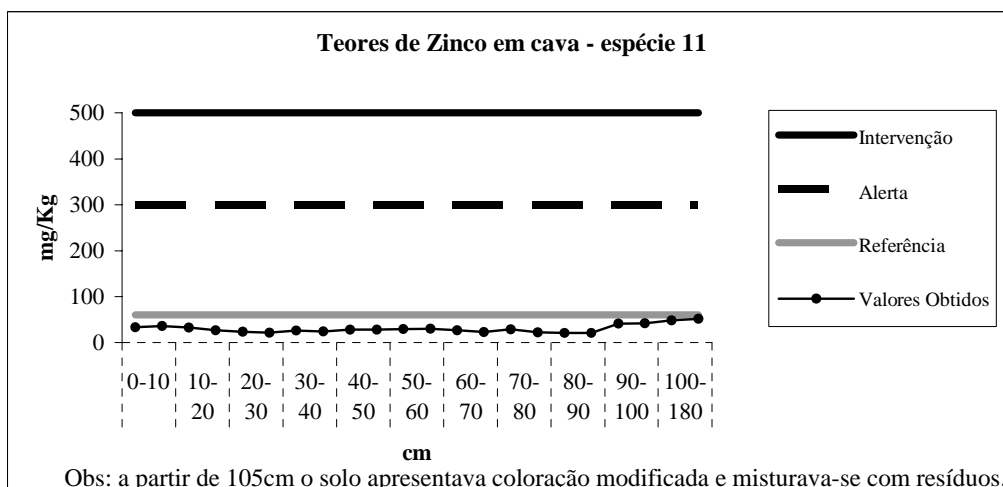


Figura 121 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de *Acacia mangium*

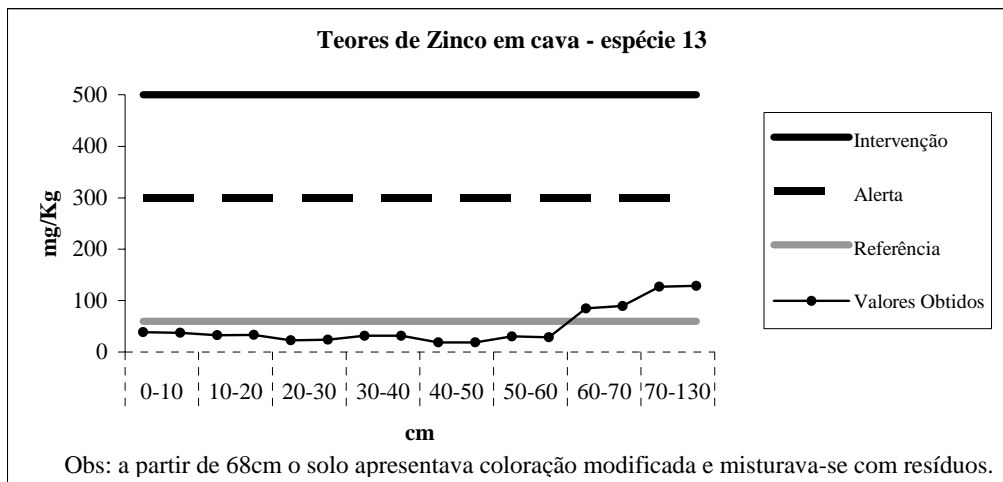


Figura 122 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de *Clitoria fairchildiana*

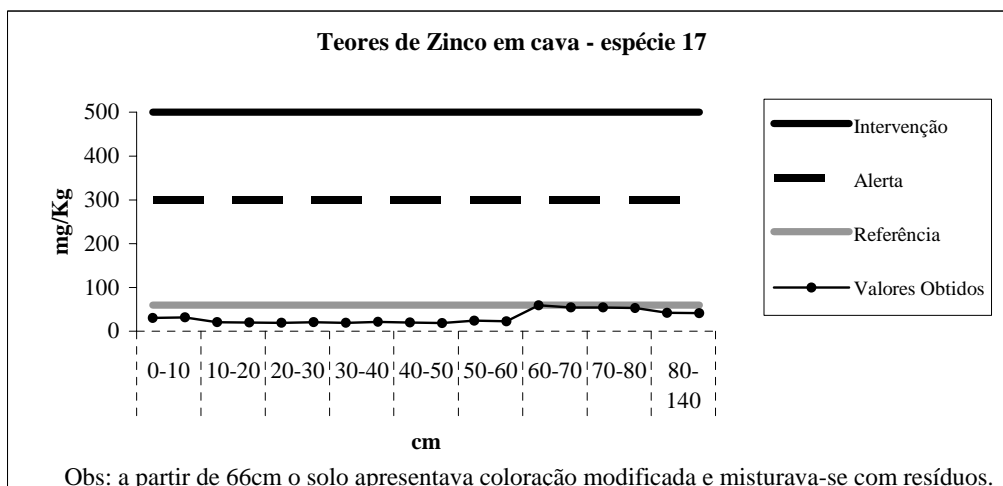


Figura 123 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de *Schinus terebinthifolius*

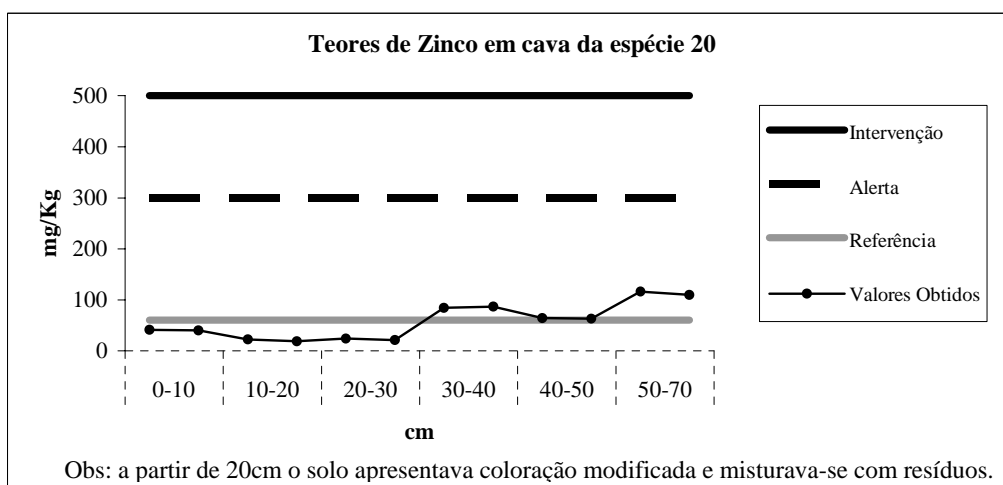


Figura 124 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de *Mimosa pigra*

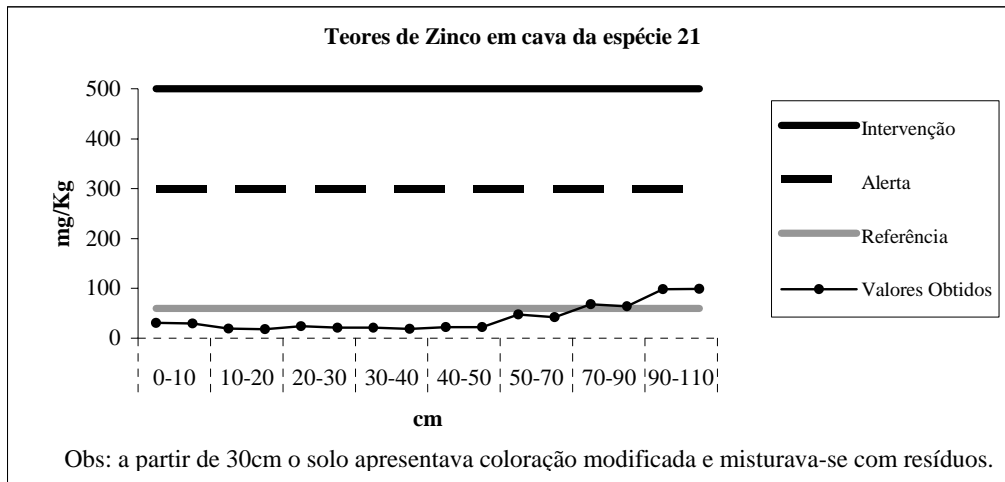


Figura 125 - Teores de Zinco em cava sob exemplar de *Mimosa tenuiflora*

XI.2.2 Teores de Cobre

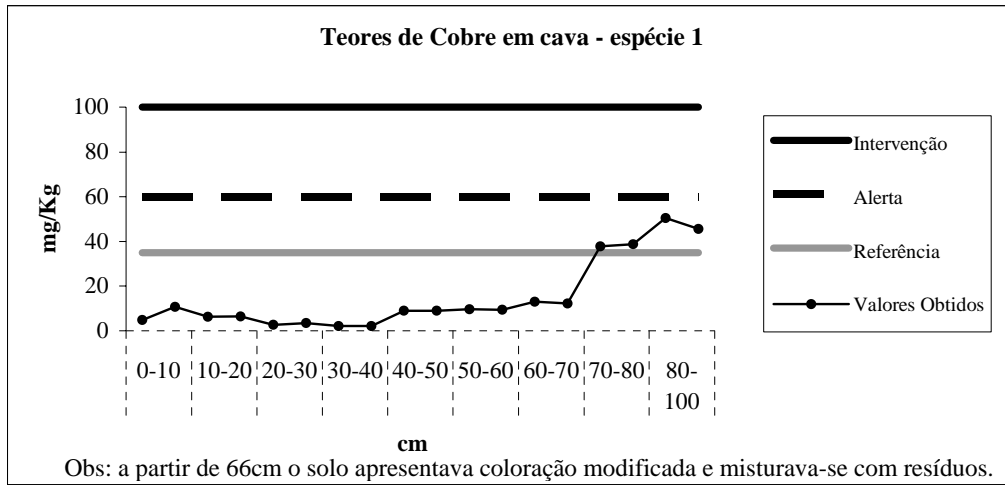


Figura 126 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de *Mimosa caesalpinifolia*

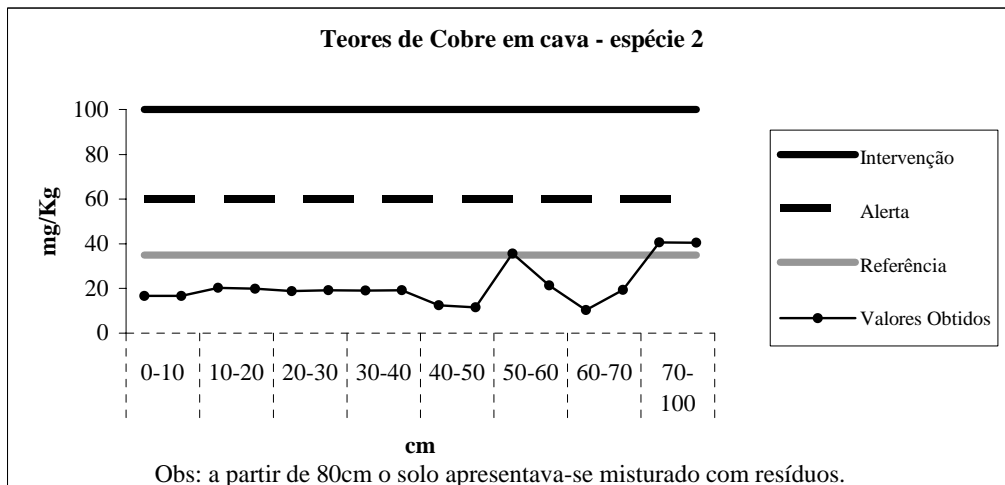


Figura 127 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de *Mimosa pellita*

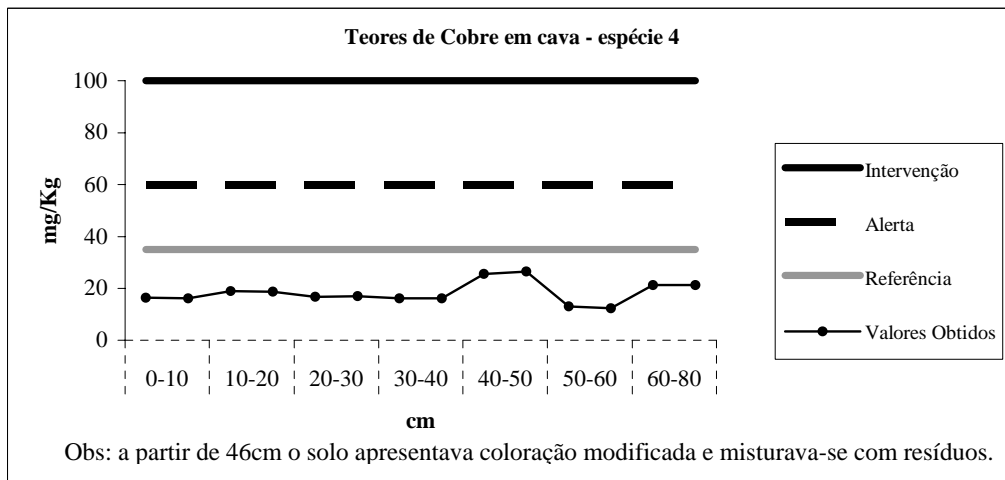


Figura 128 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de *Sesbania virgata*

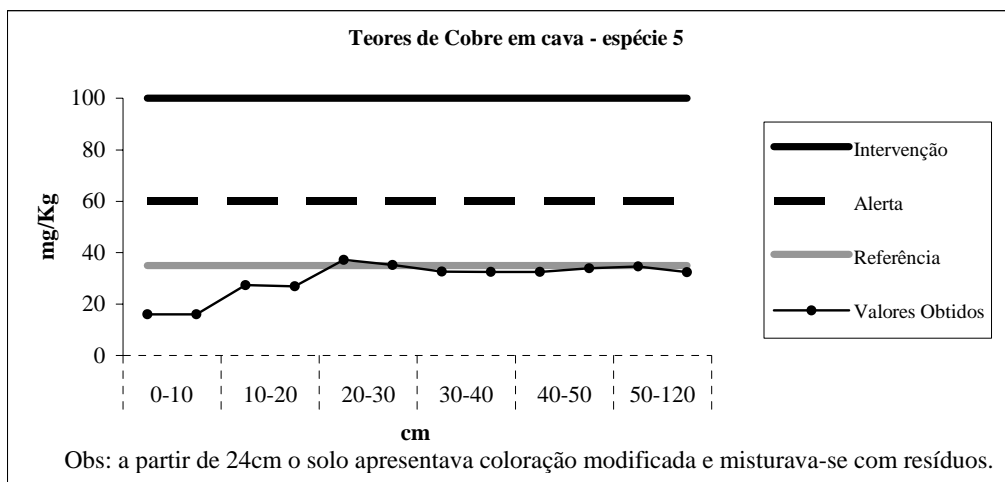


Figura 129 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de *Mimosa binucronata*

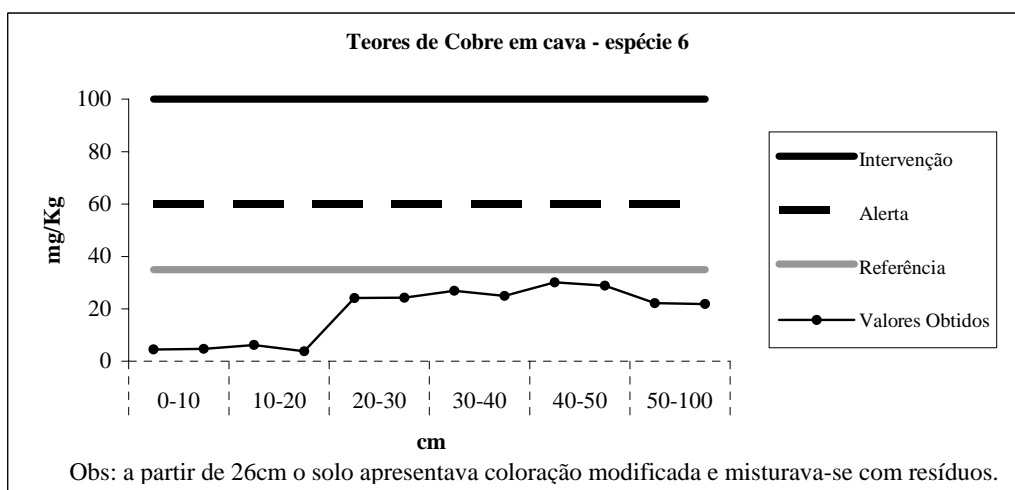


Figura 130 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de *Enterolobium contorsiliquum*

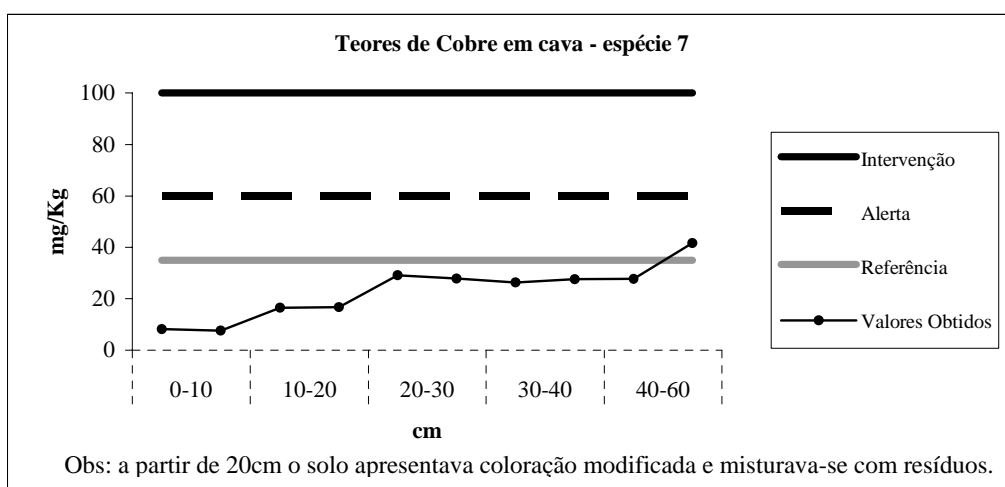


Figura 131 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de *Acacia holosericea*

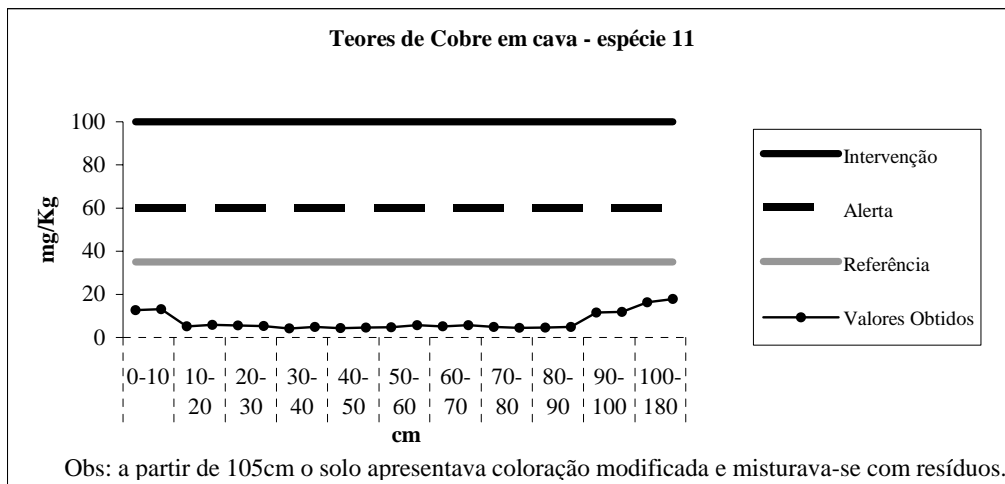


Figura 132 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de *Acacia mangium*

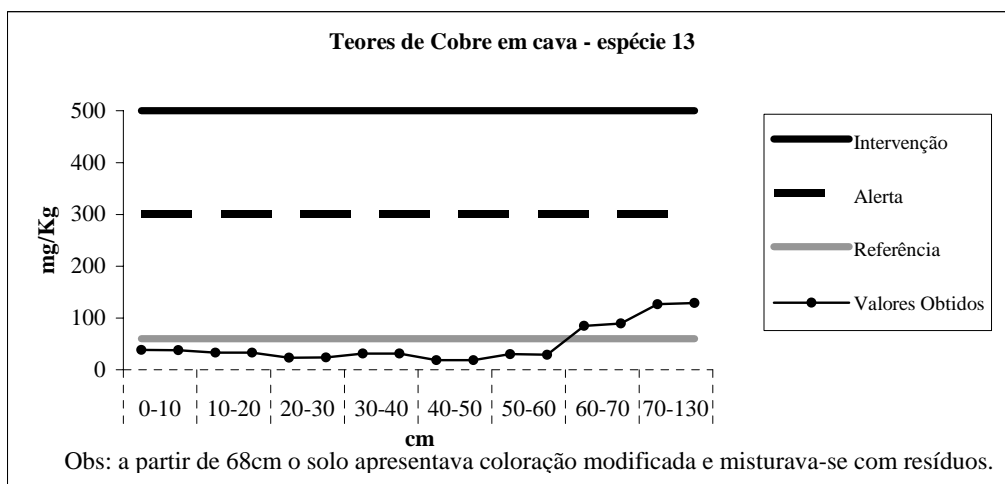


Figura 133 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de *Clitoria fairchildiana*

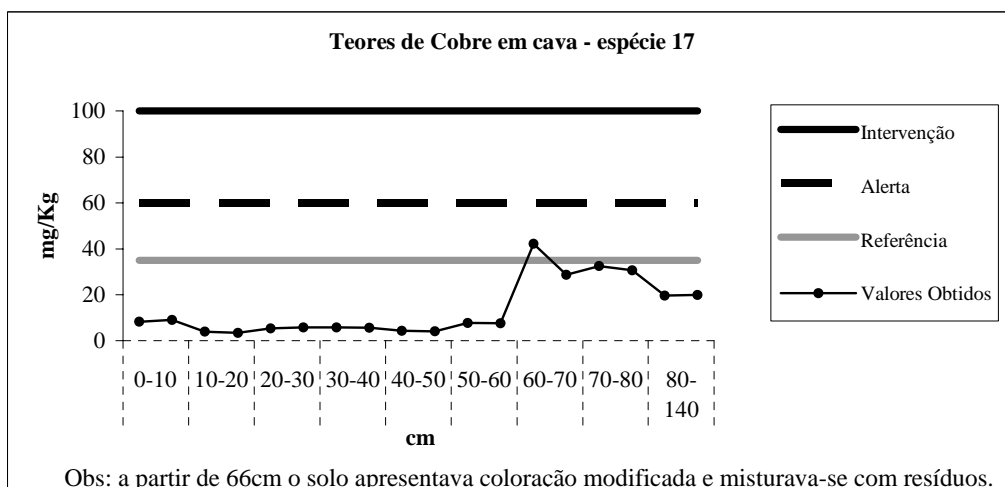


Figura 134 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de *Schinus terebinthifolius*

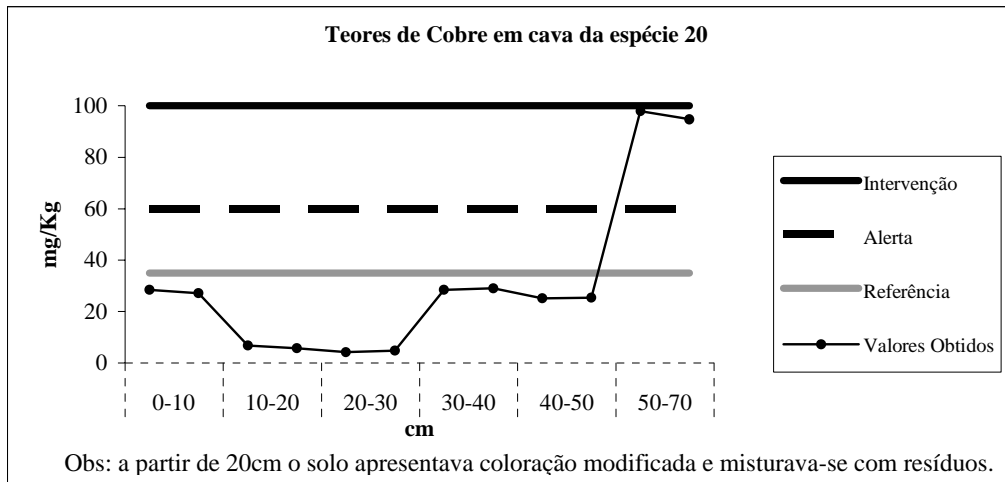


Figura 135 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de *Mimosa pigra*

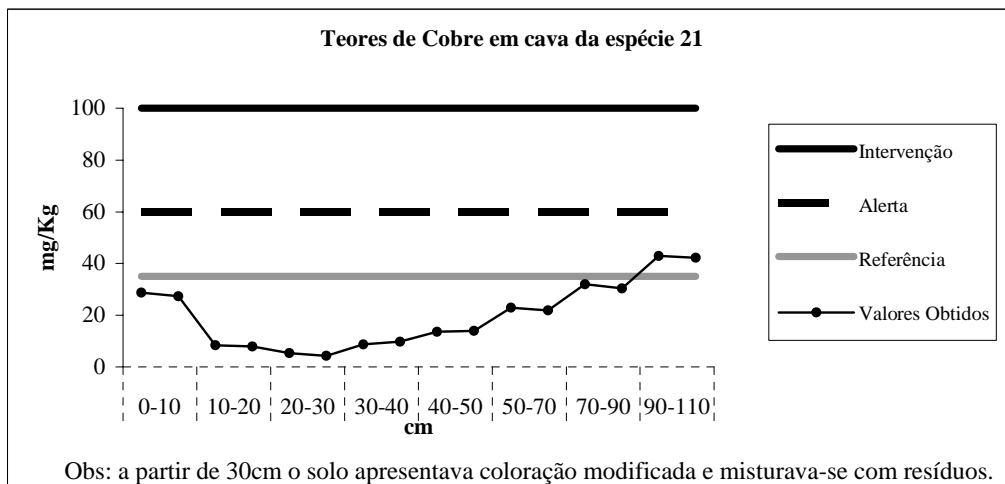


Figura 136 - Teores de Cobre em cava sob exemplar de *Mimosa tenuiflora*

XI.2.3 Teores de Cromo

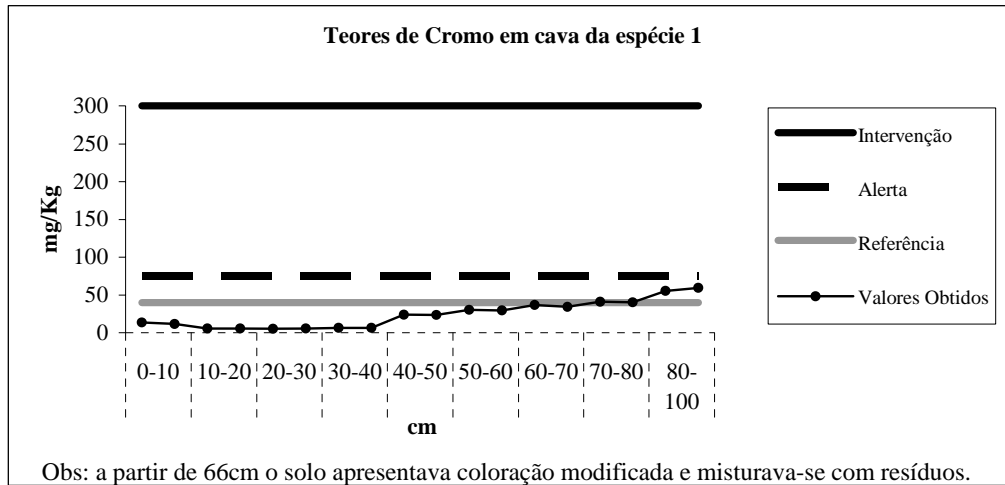


Figura 137 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de *Mimosa caesalpinifolia*

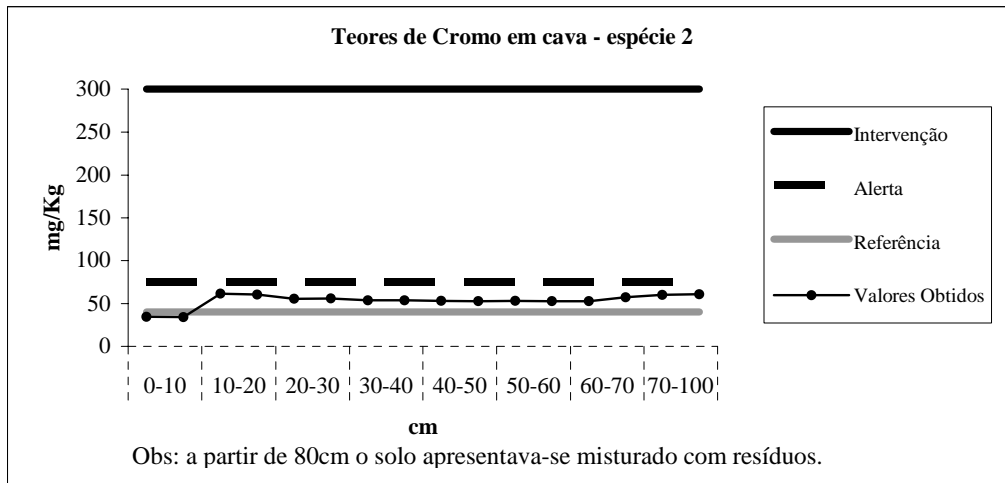


Figura 138 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de *Mimosa pellita*

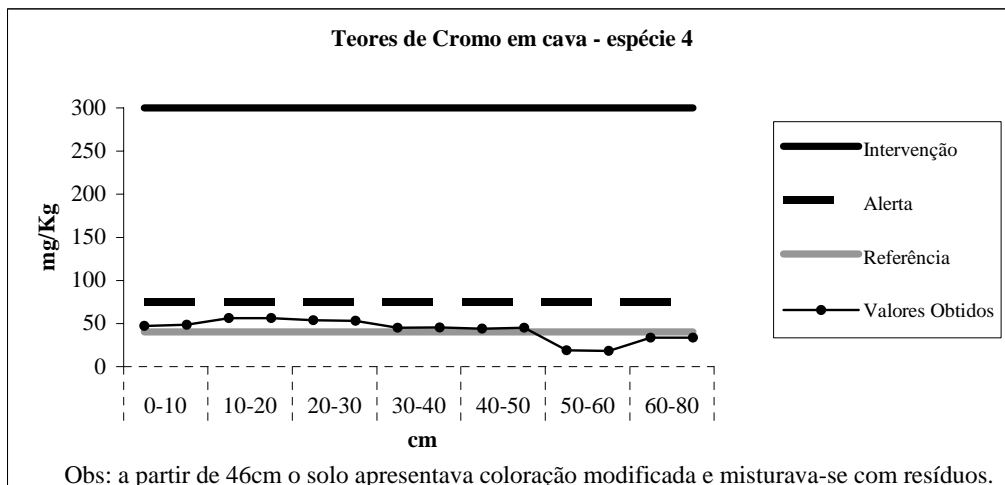


Figura 139 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de *Sesbania virgata*

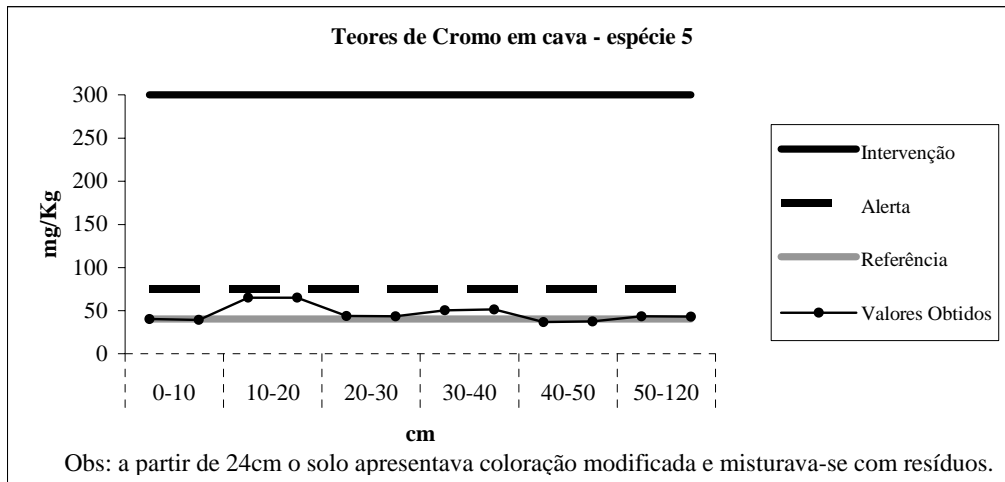


Figura 140 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de *Mimosa binucronata*

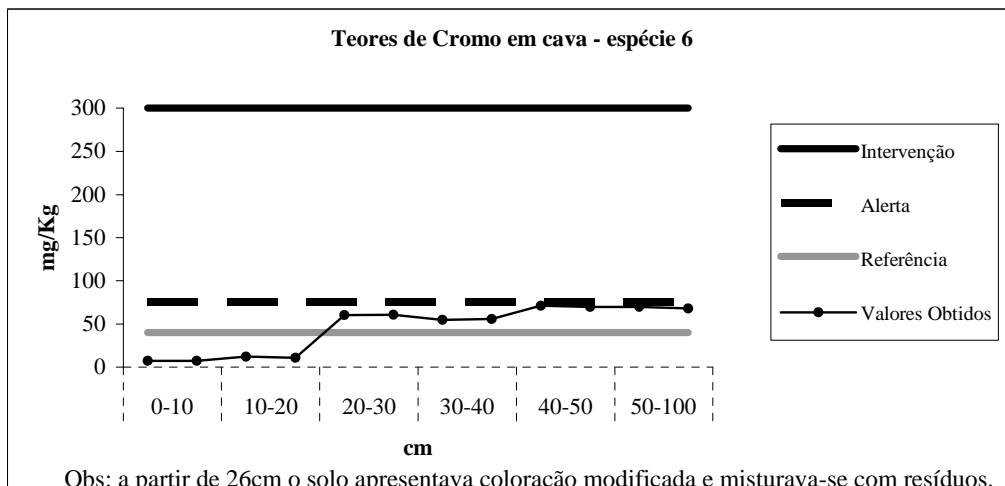


Figura 141 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de *Enterolobium contorsiliquum*

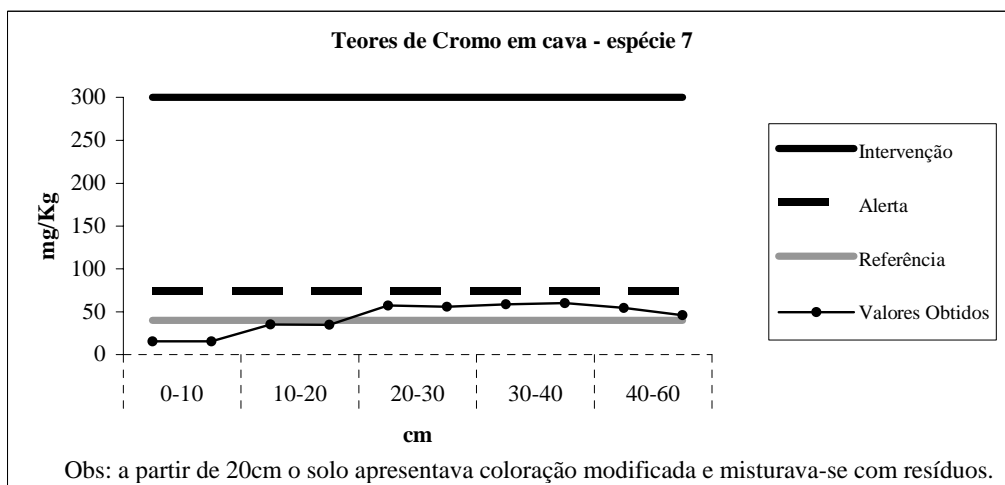


Figura 142 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de *Acacia holosericea*

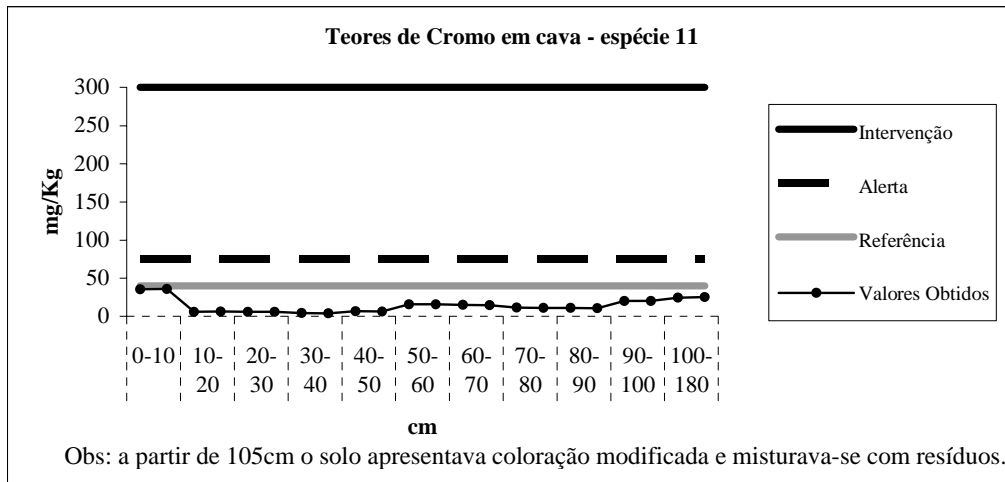


Figura 143 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de *Acacia mangium*

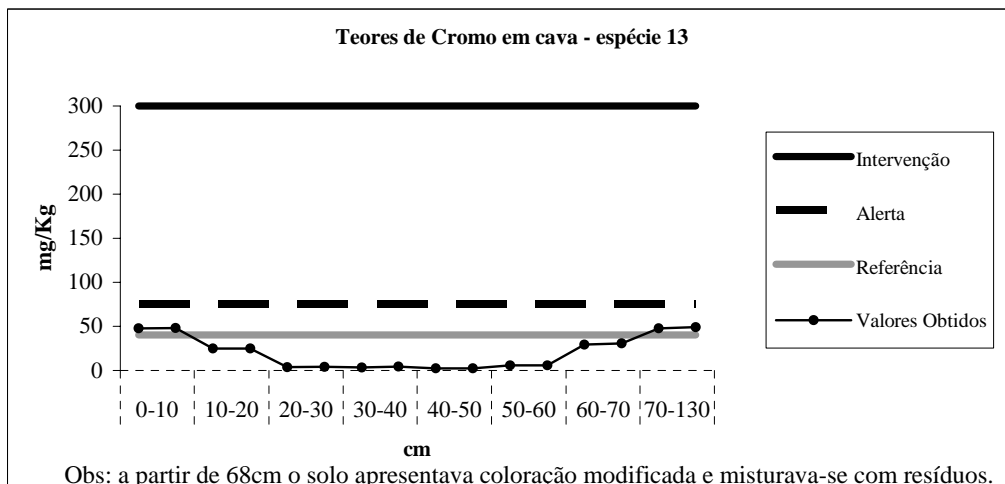


Figura 144 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de *Clitoria fairchildiana*

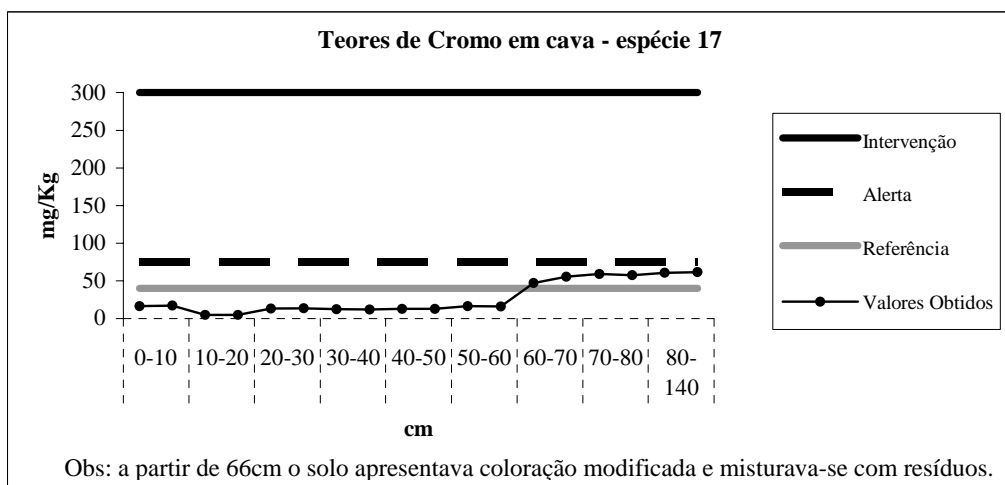


Figura 145 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de *Schinus terebinthifolius*

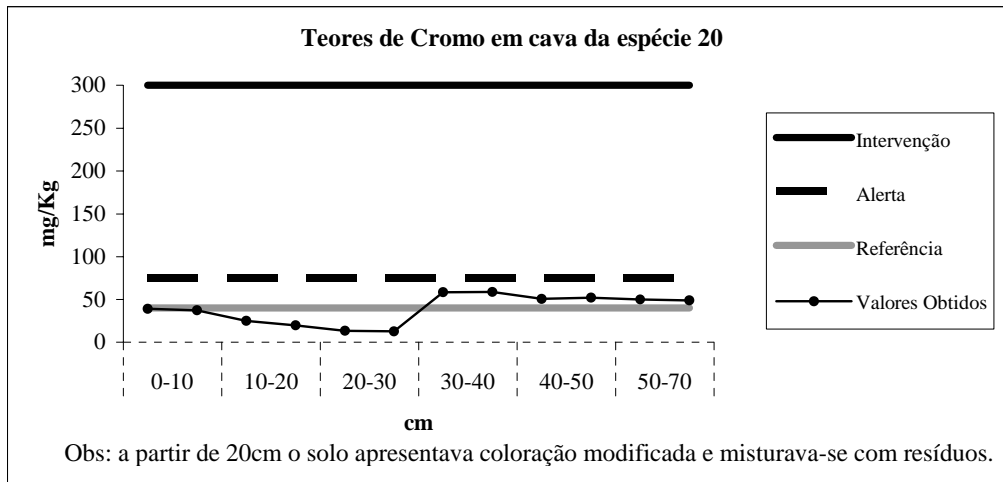


Figura 146 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de *Mimosa pigra*

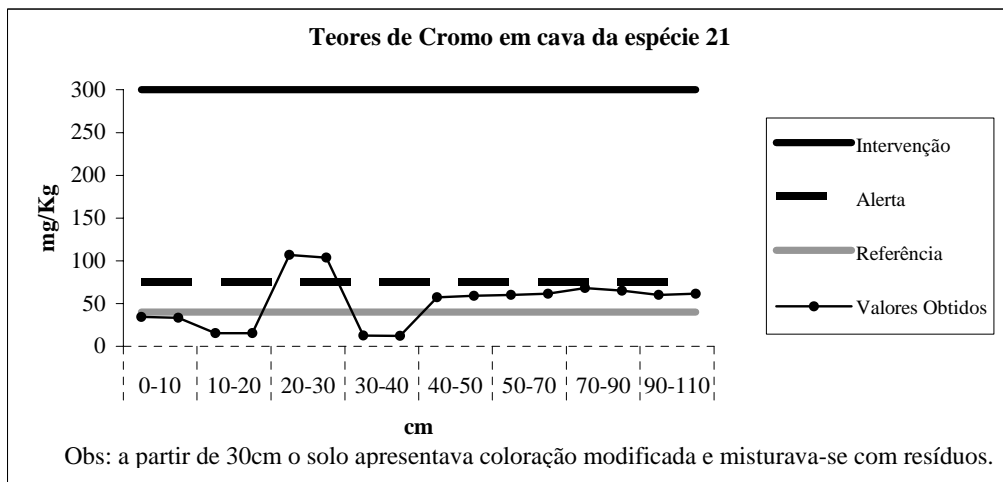


Figura 147 - Teores de Cromo em cava sob exemplar de *Mimosa tenuiflora*

XI.2.4 Teores de Cobalto

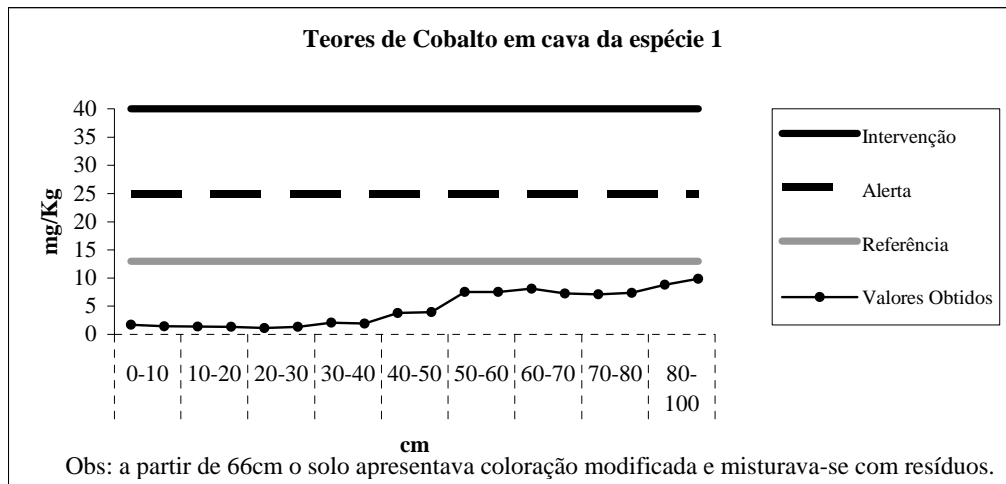


Figura 148 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de *Mimosa caesalpinifolia*

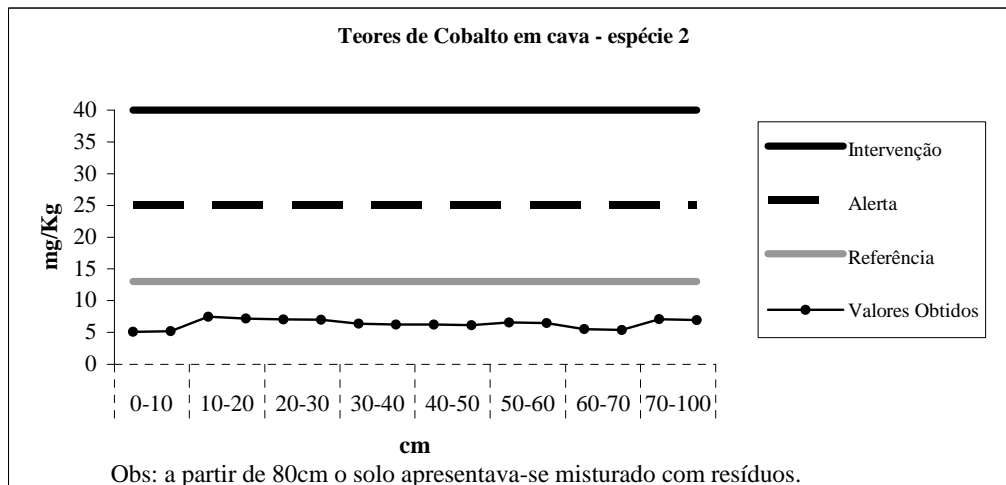


Figura 149 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de *Mimosa pellita*

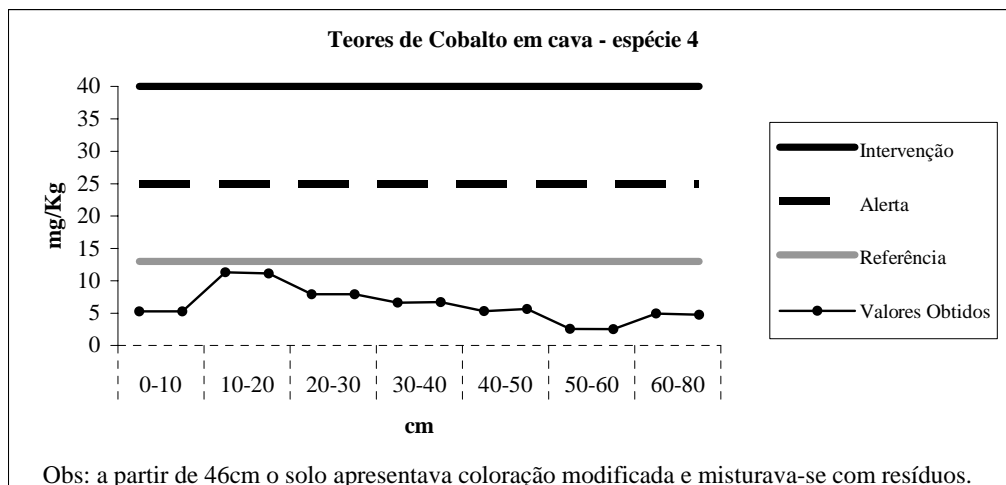


Figura 150 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de *Sesbania virgata*

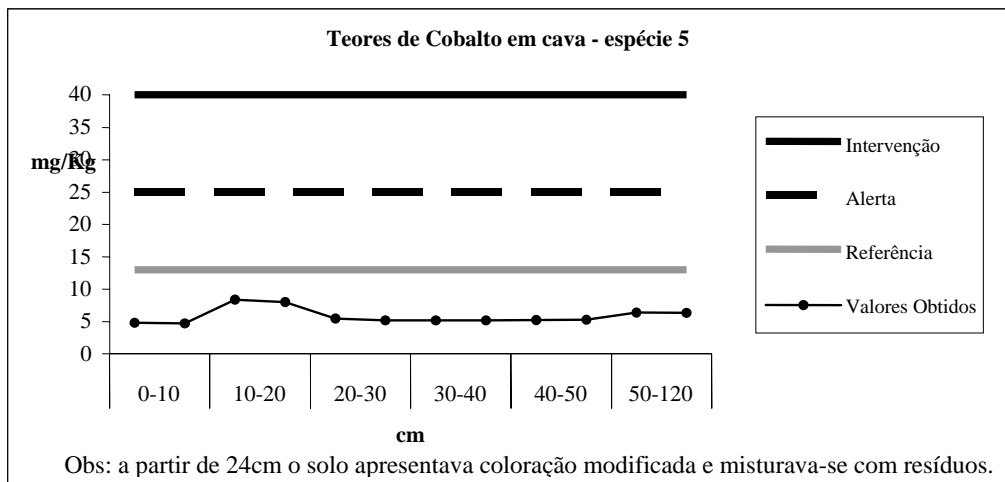


Figura 151 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de *Mimosa binucronata*

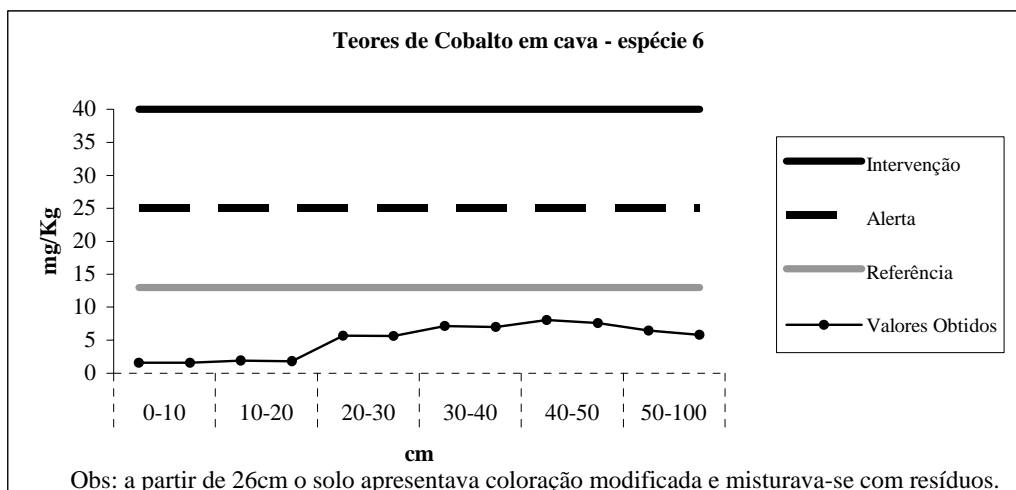


Figura 152 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de *Enterolobium contorsiliquum*

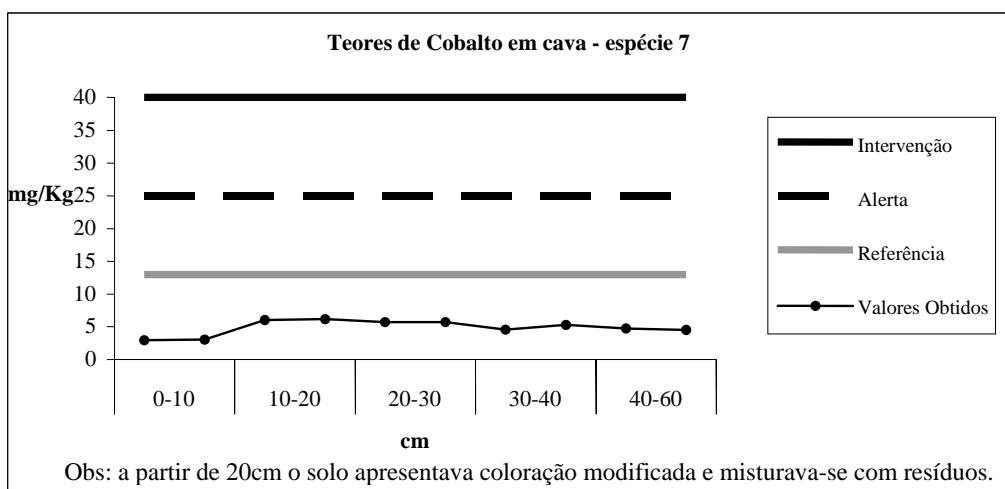


Figura 153 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de *Acacia holosericea*

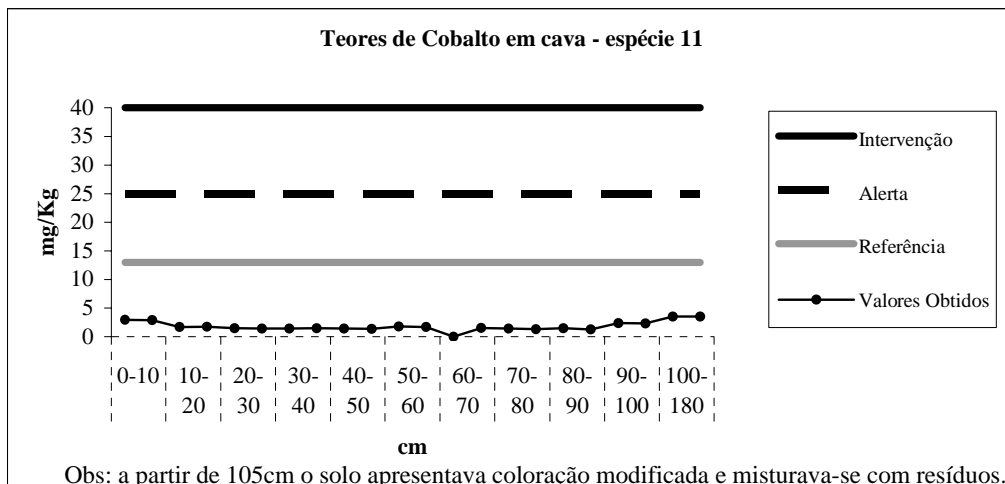


Figura 154 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de *Acacia mangium*

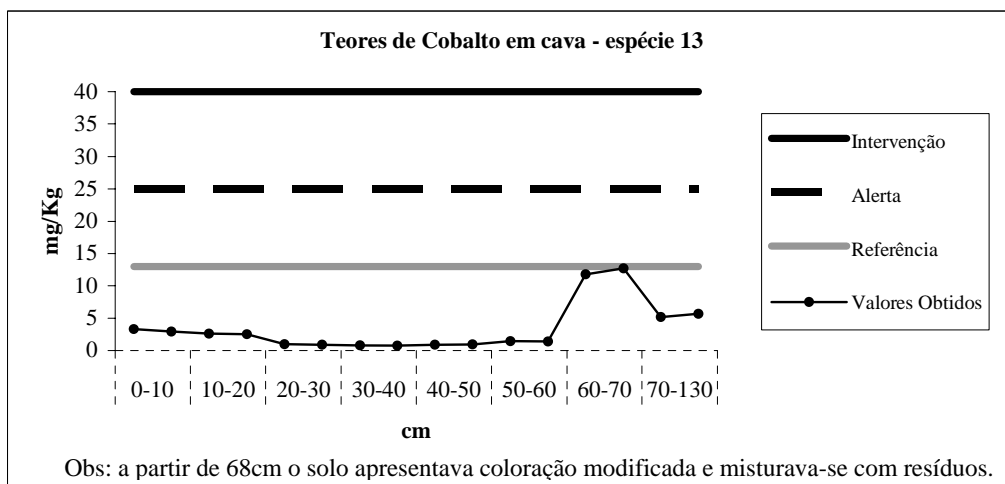


Figura 155 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de *Clitoria fairchildiana*

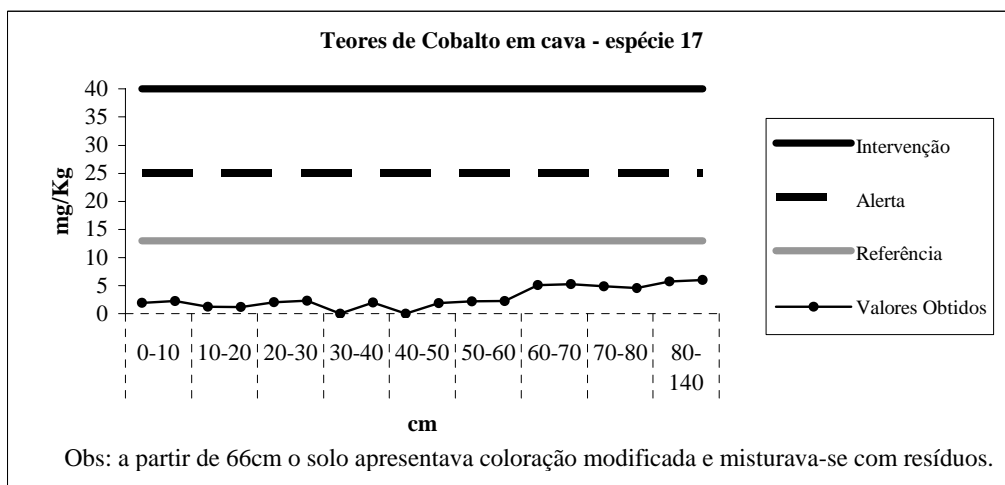


Figura 156 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de *Schinus terebinthifolius*

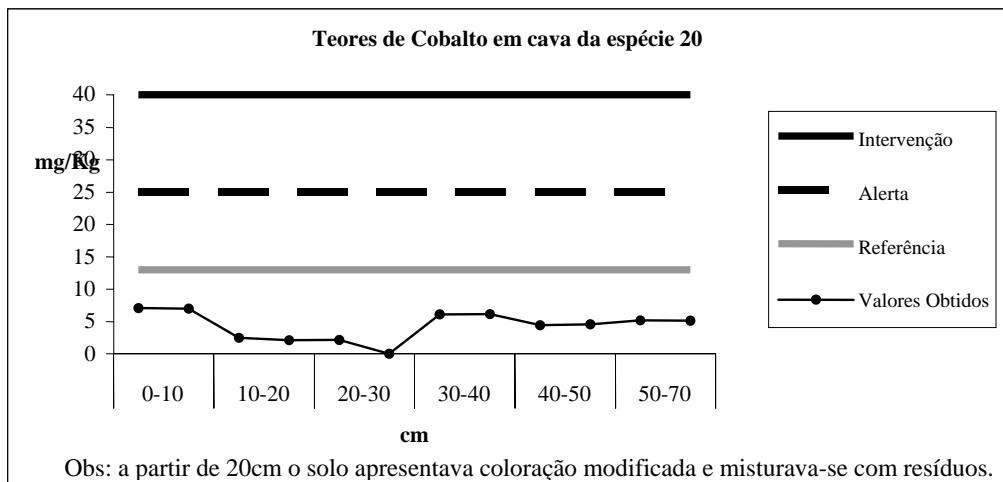


Figura 157 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de *Mimosa pigra*

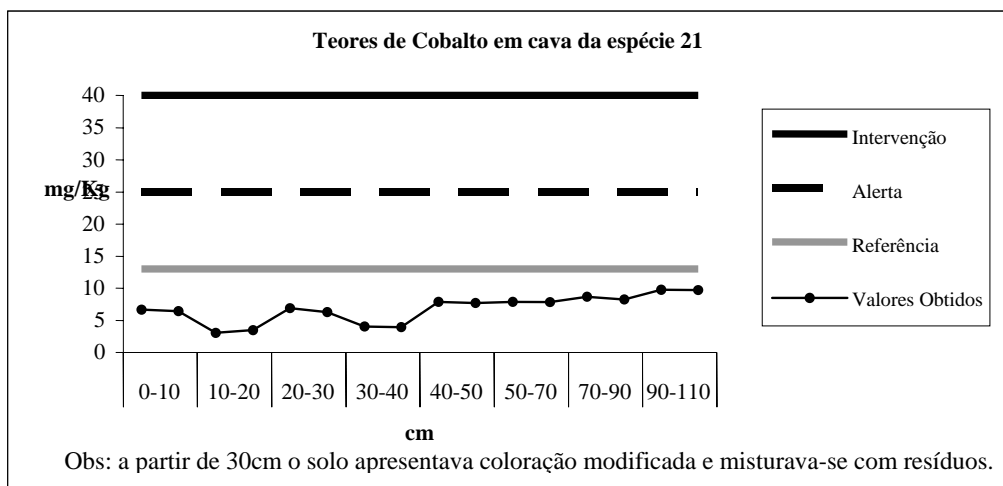


Figura 158 - Teores de Cobalto em cava sob exemplar de *Mimosa tenuiflora*

XI.2.5 Teores de Níquel

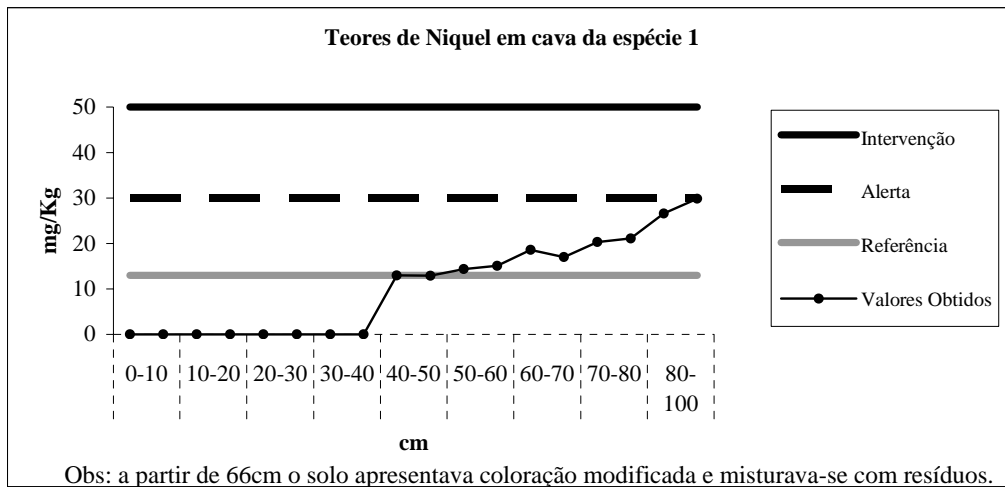


Figura 159 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de *Mimosa caesalpinifolia*

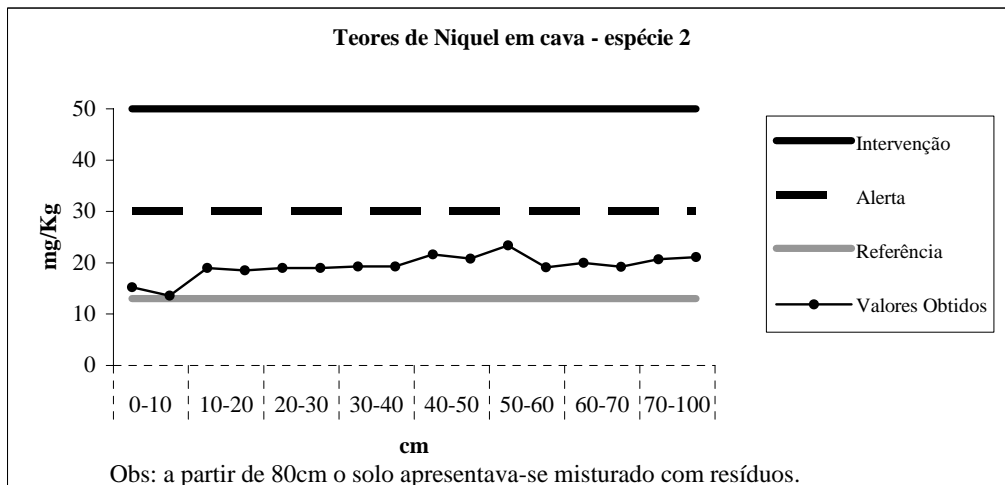


Figura 160 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de *Mimosa pellita*

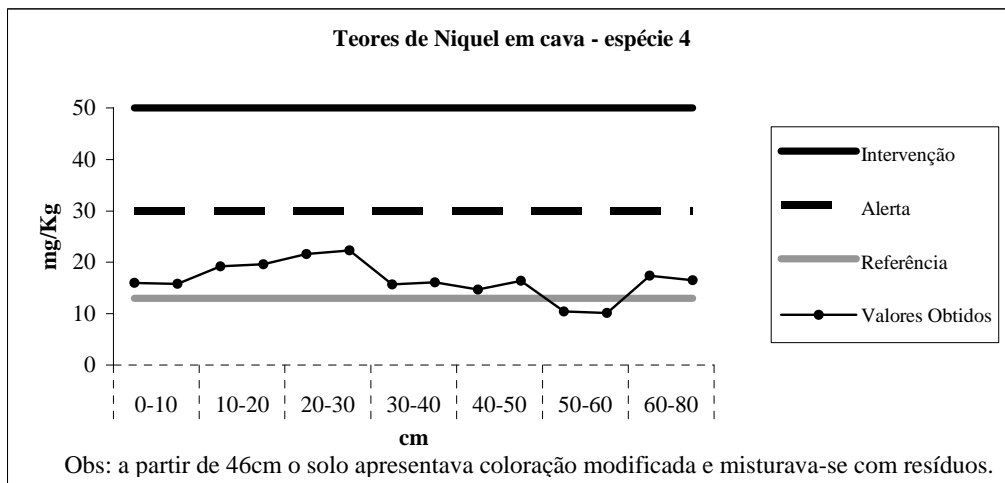


Figura 161 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de *Sesbania virgata*

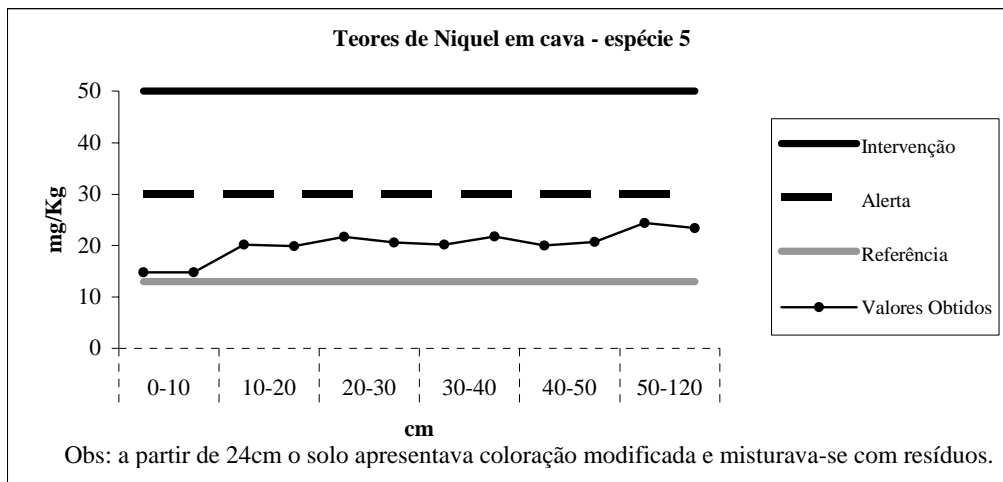


Figura 162 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de *Mimosa binucronata*

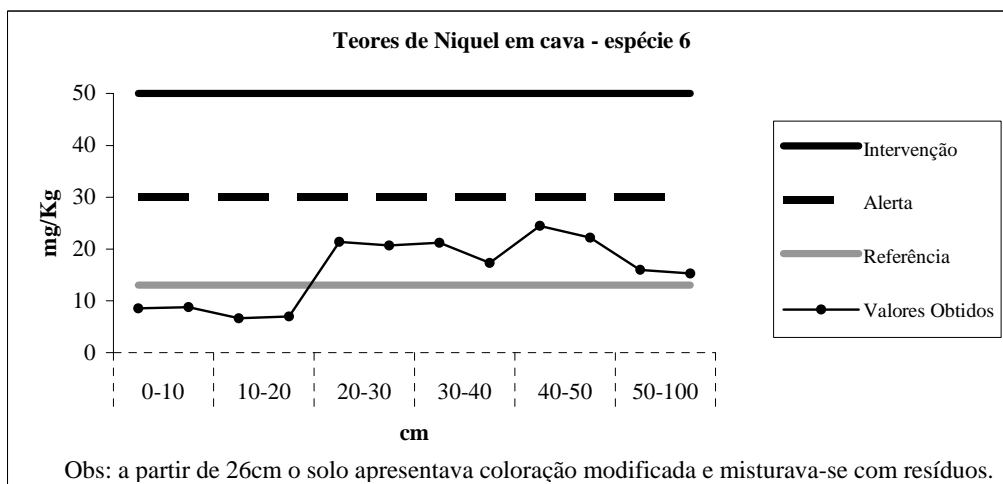


Figura 163 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de *Enterolobium contorsiliquum*

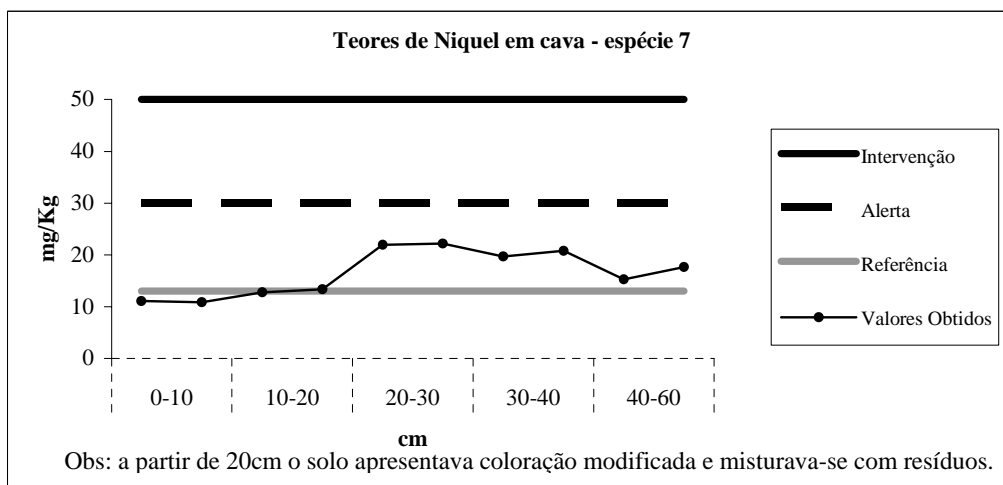


Figura 164 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de *Acacia holosericea*

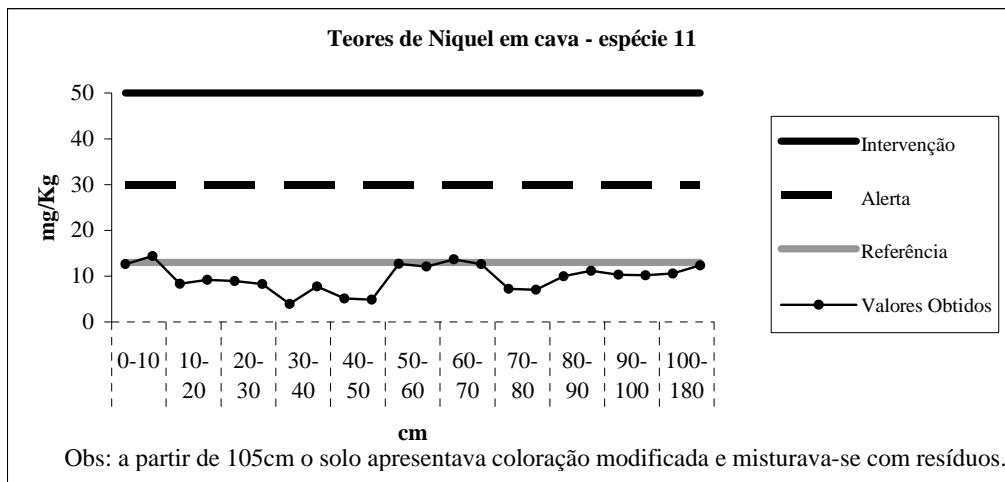


Figura 165 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de *Acacia mangium*

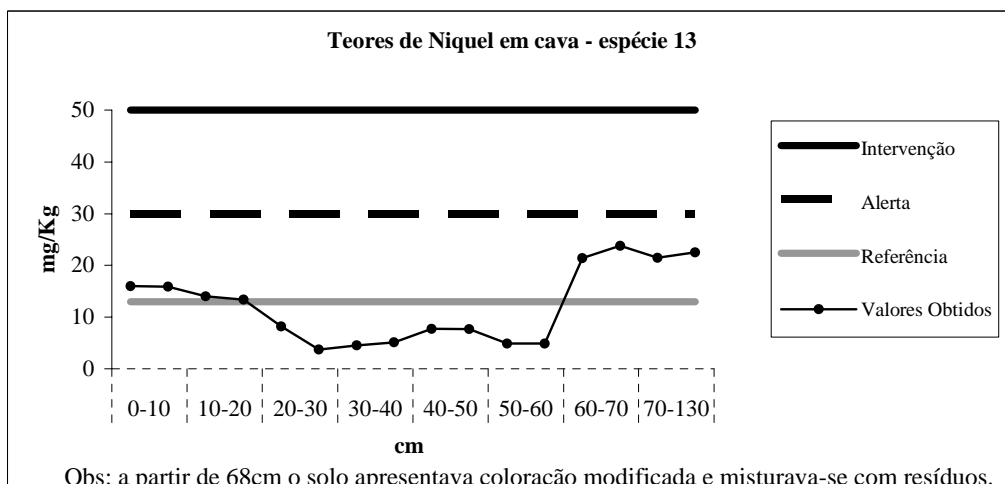


Figura 166 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de *Clitoria fairchildiana*

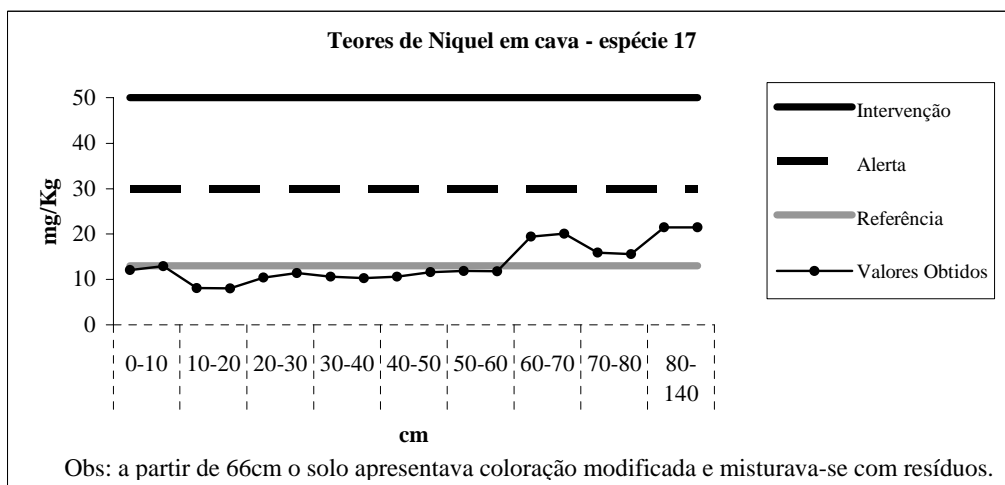


Figura 167 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de *Schinus terebinthifolius*

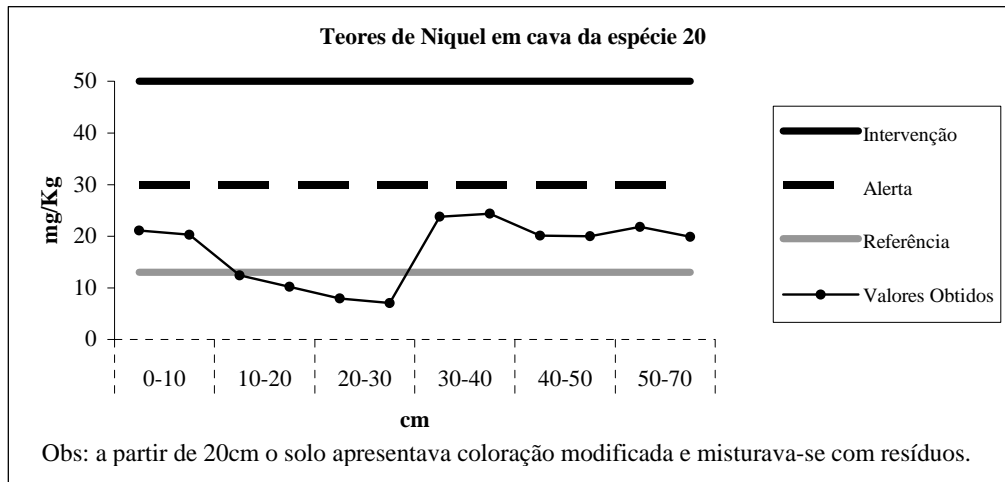


Figura 168 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de *Mimosa pigra*

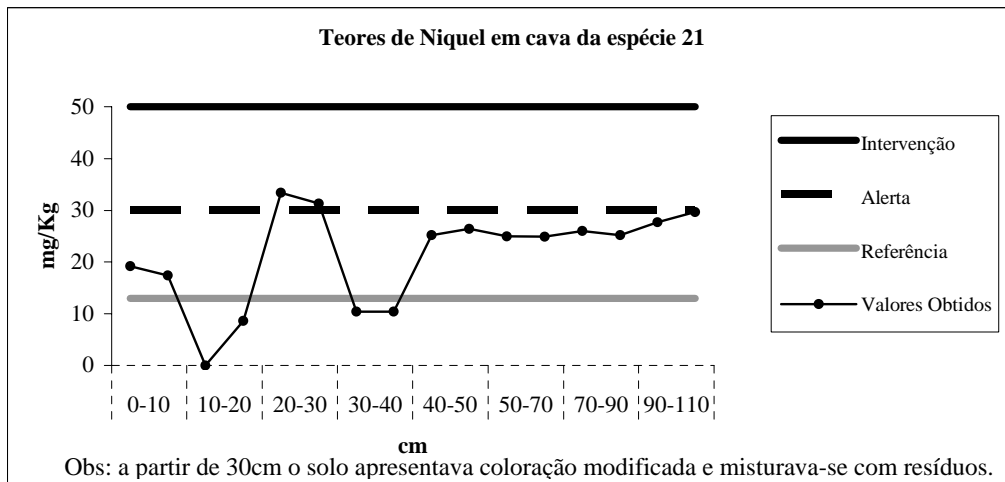


Figura 169 - Teores de Níquel em cava sob exemplar de *Mimosa tenuiflora*

XI.2.6 Teores de Cádmi

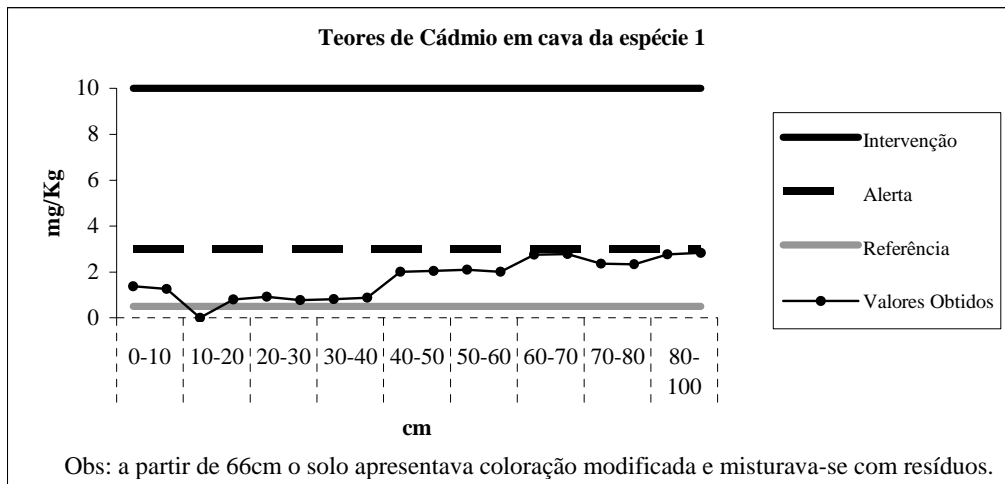


Figura 170 - Teores de Cádmi em cava sob exemplar de *Mimosa caesalpinifolia*

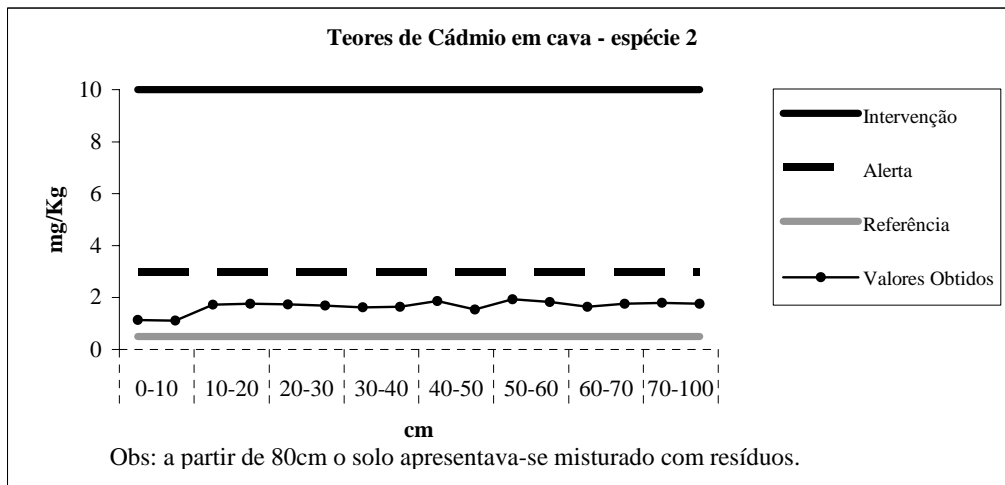


Figura 171 - Teores de Cádmi em cava sob exemplar de *Mimosa pellita*

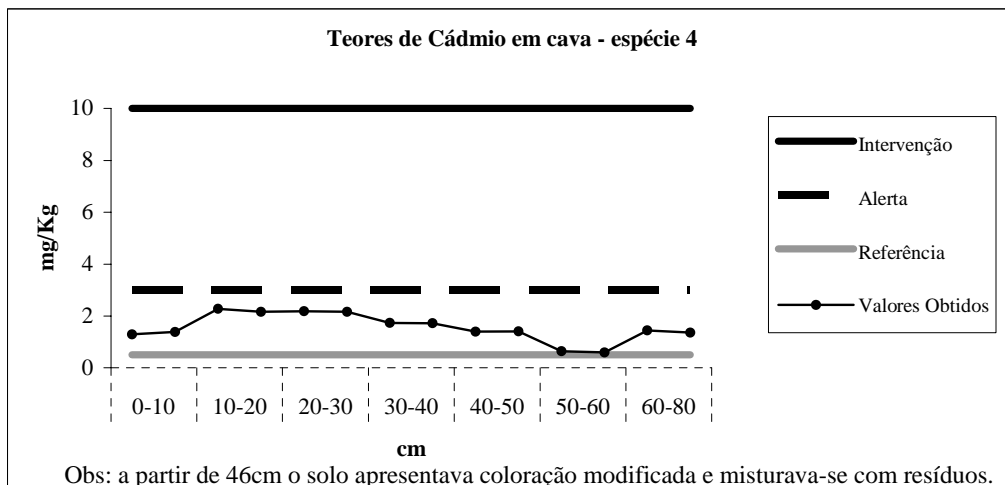


Figura 172 - Teores de Cádmi em cava sob exemplar de *Sesbania virgata*

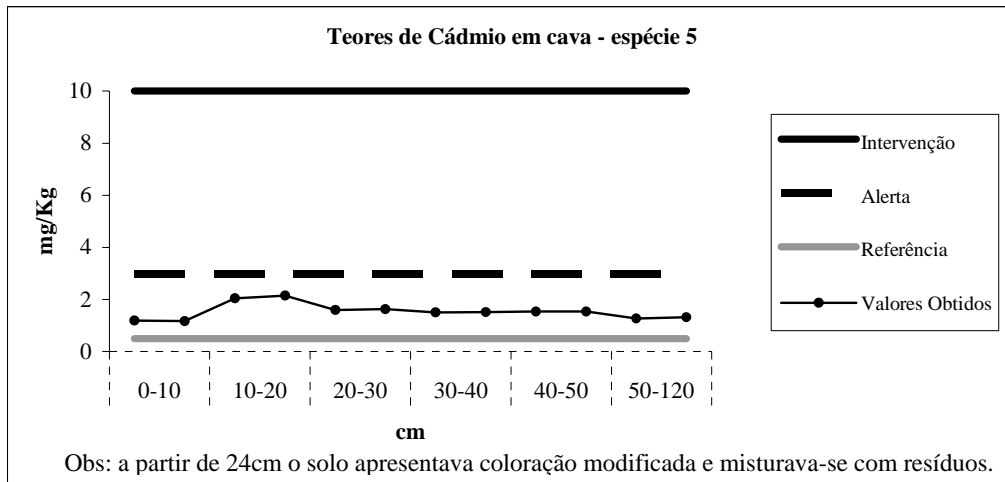


Figura 173 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de *Mimosa binucronata*

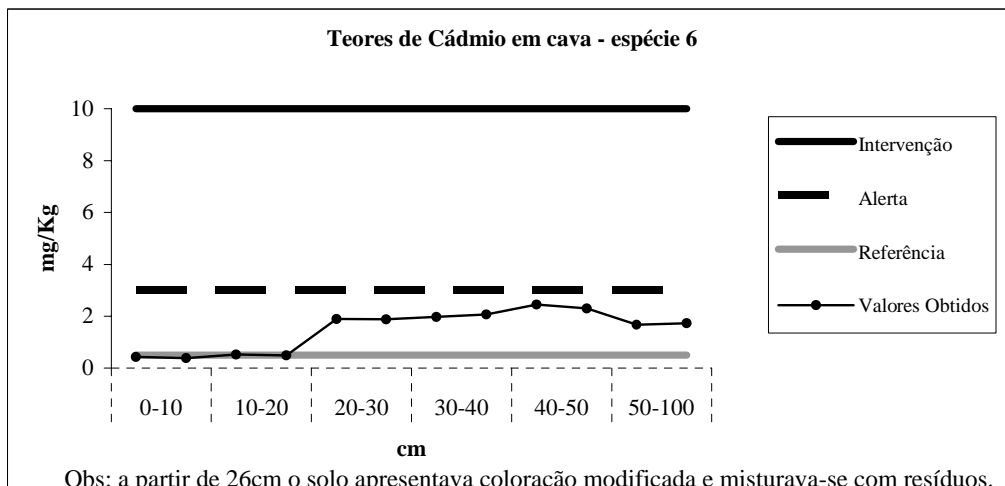


Figura 174 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de *Enterolobium contorsiliquum*

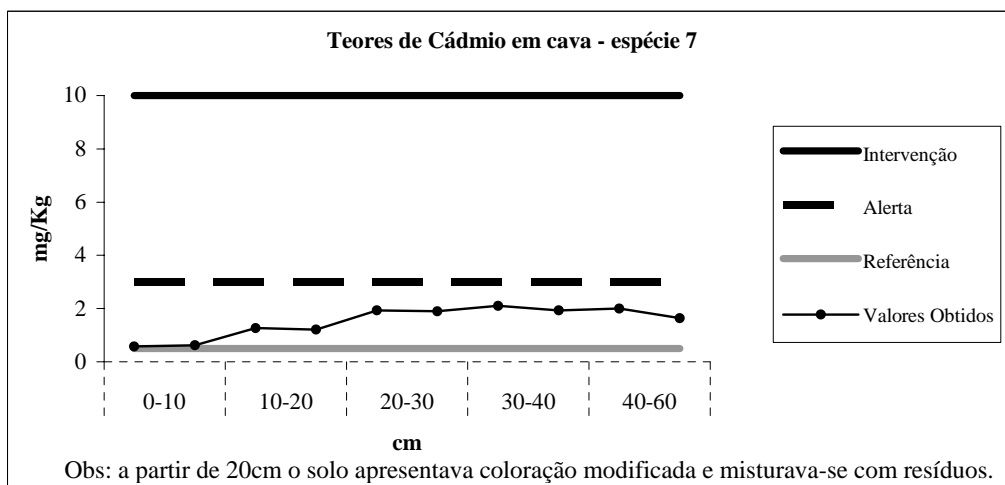


Figura 175 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de *Acacia holosericea*

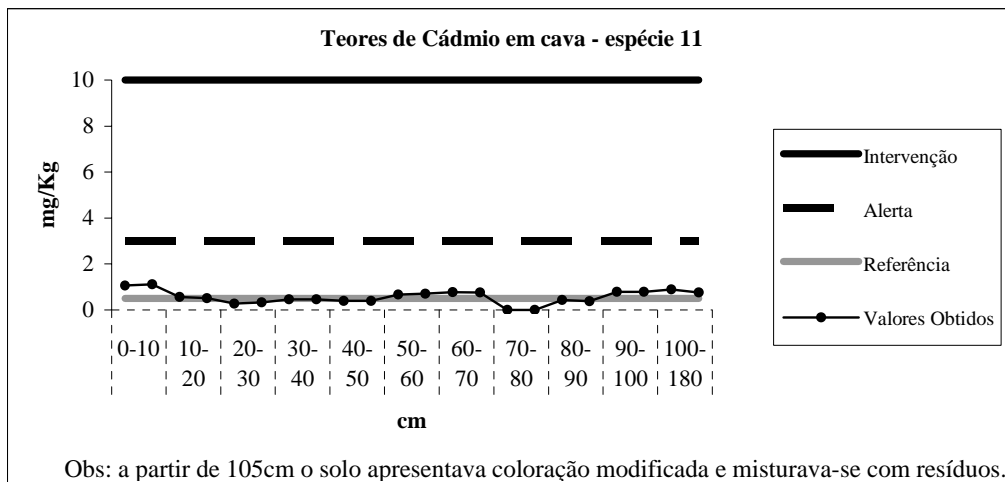


Figura 176 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de *Acacia mangium*

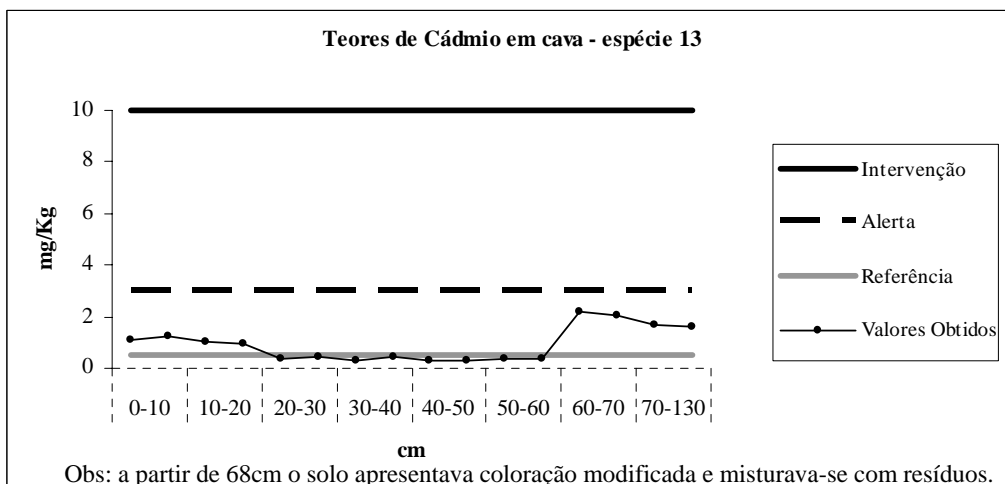


Figura 177 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de *Clitoria fairchildiana*

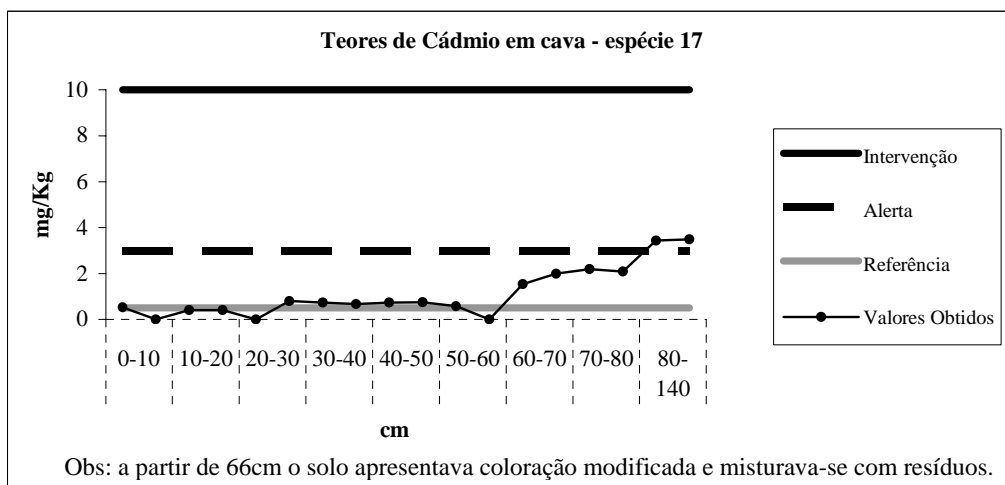


Figura 178 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de *Schinus terebinthifolius*

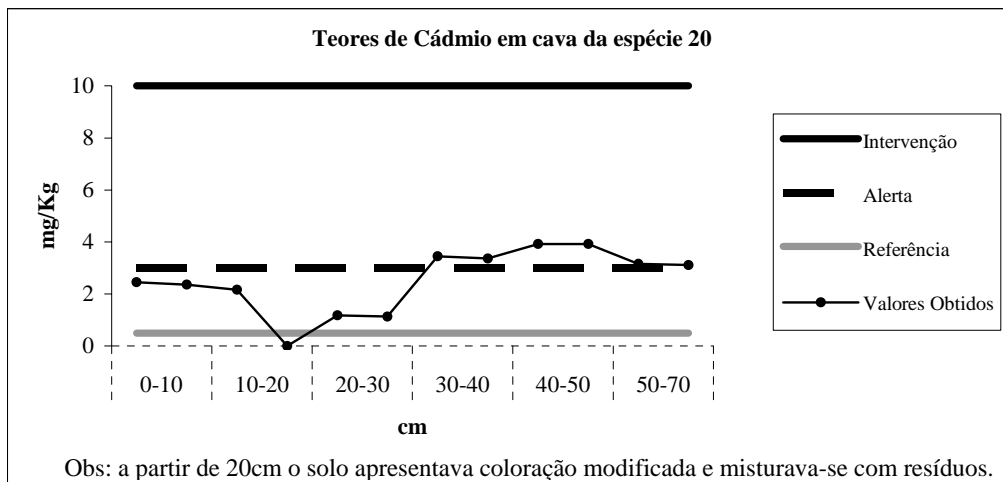


Figura 179 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de *Mimosa pigra*

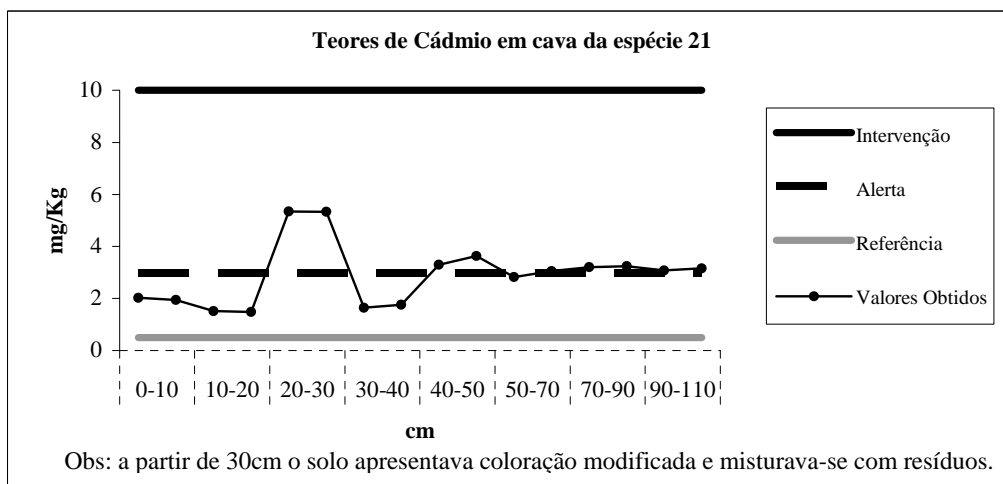


Figura 180 - Teores de Cádmio em cava sob exemplar de *Mimosa tenuiflora*

XI.2.7 Teores de Chumbo

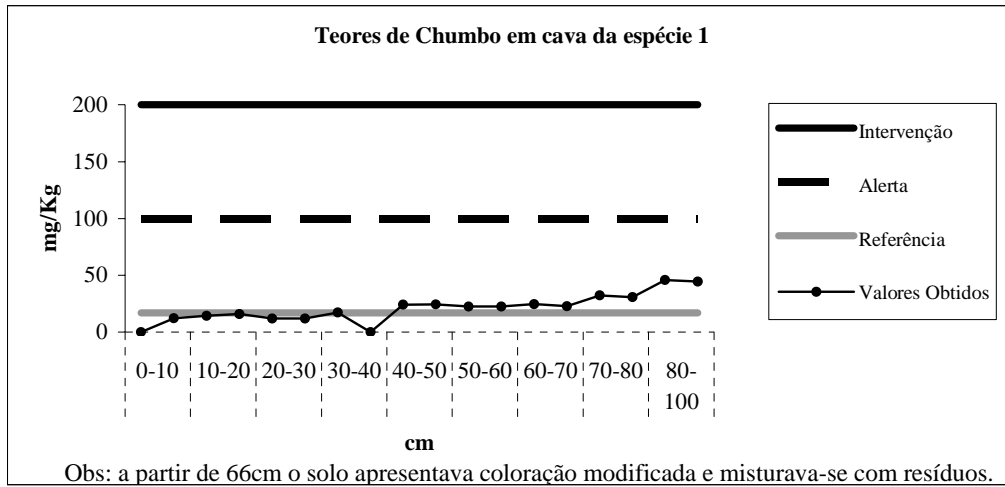


Figura 181 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de *Mimosa caesalpinifolia*

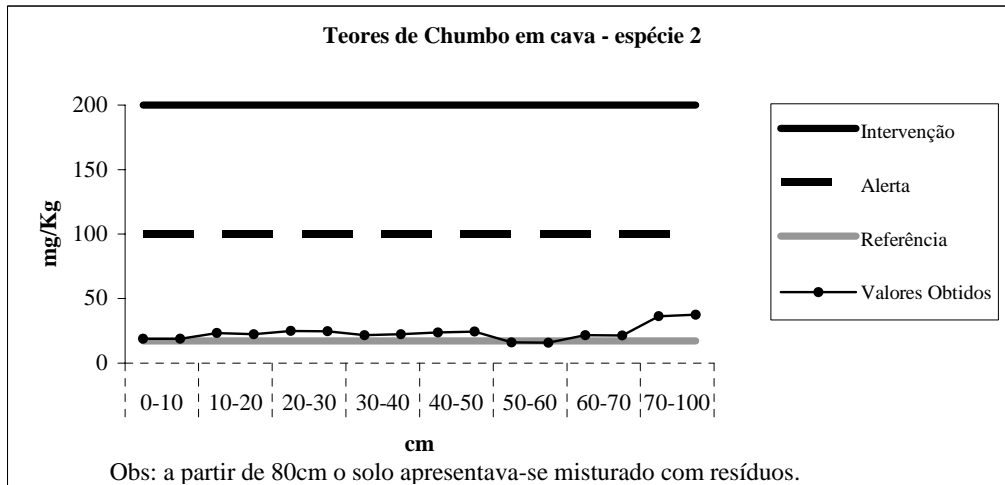


Figura 182 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de *Mimosa pellita*

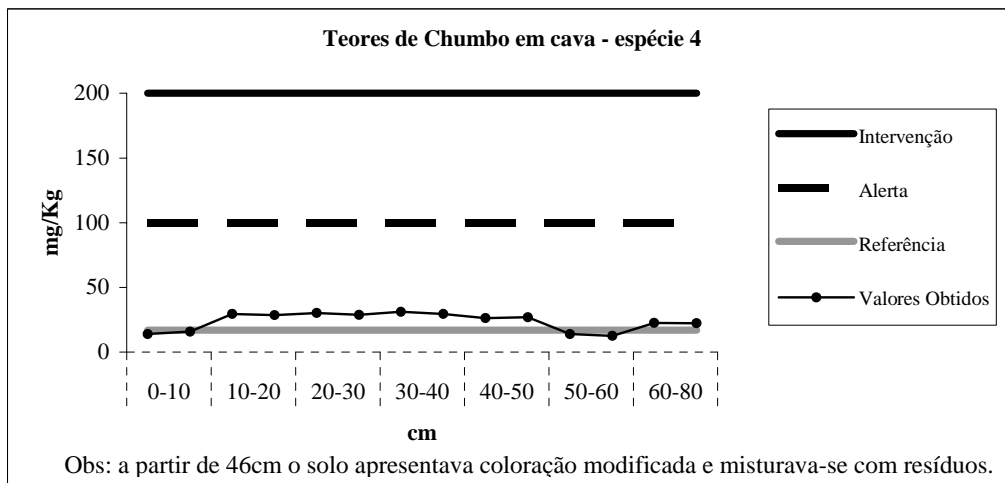


Figura 183 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de *Sesbania virgata*

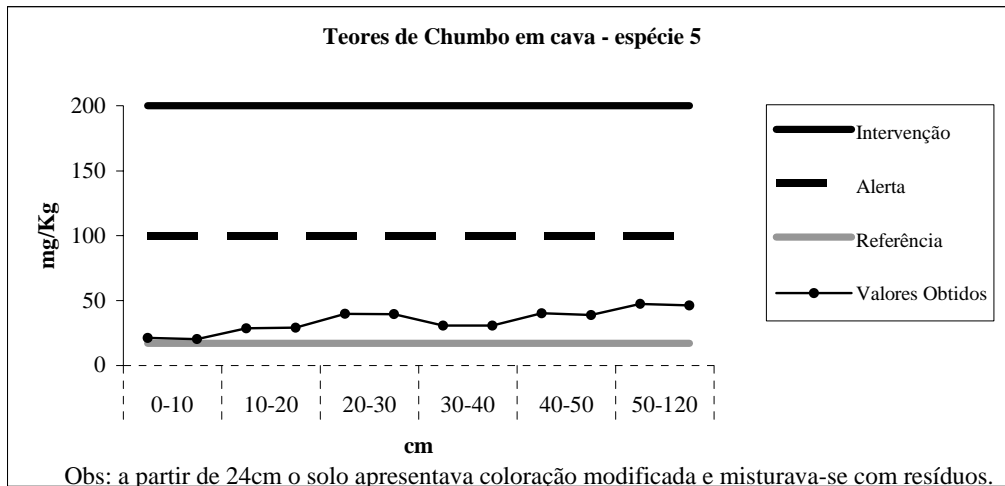


Figura 184 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de *Mimosa binucronata*

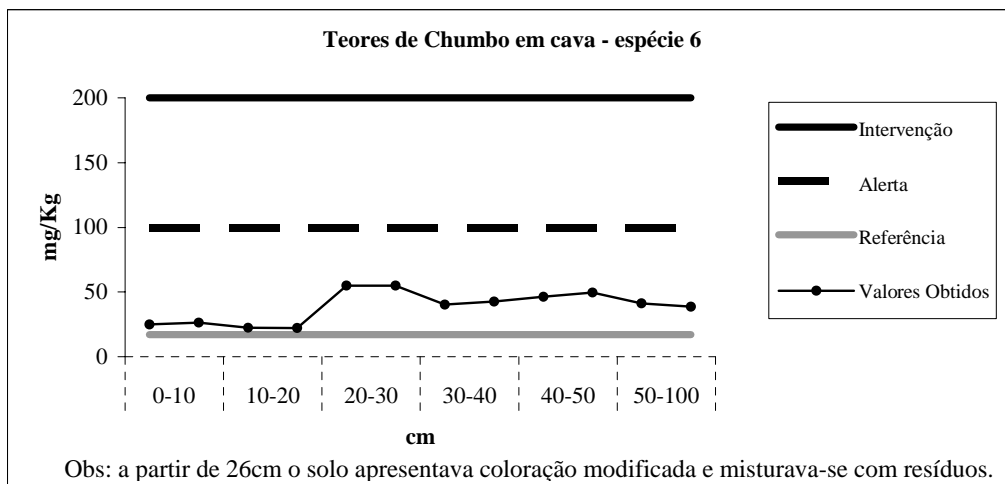


Figura 185 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de *Enterolobium contorsiliquum*

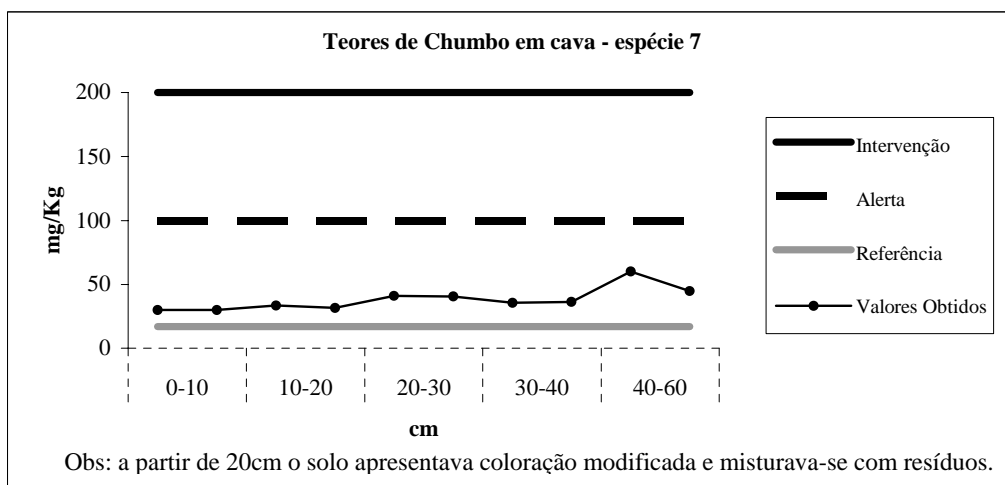


Figura 186 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de *Acacia holosericea*

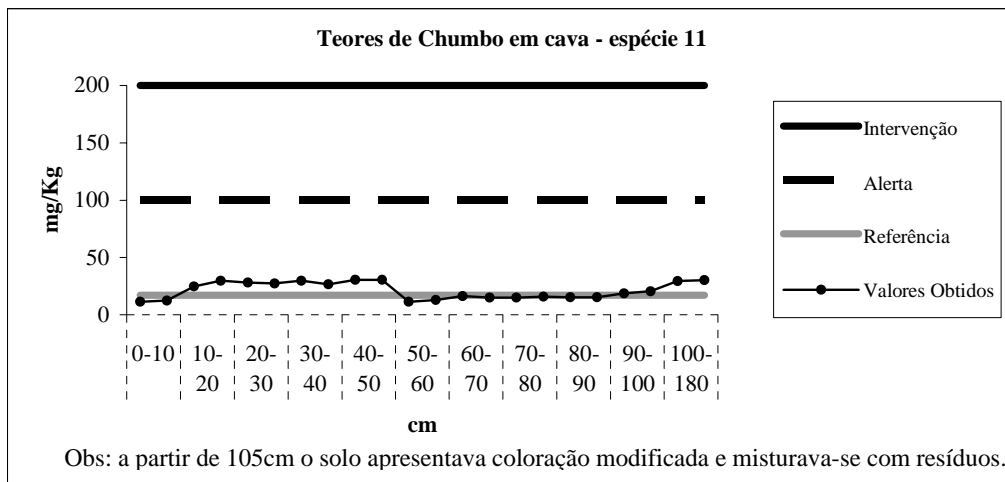


Figura 187 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de *Acacia mangium*

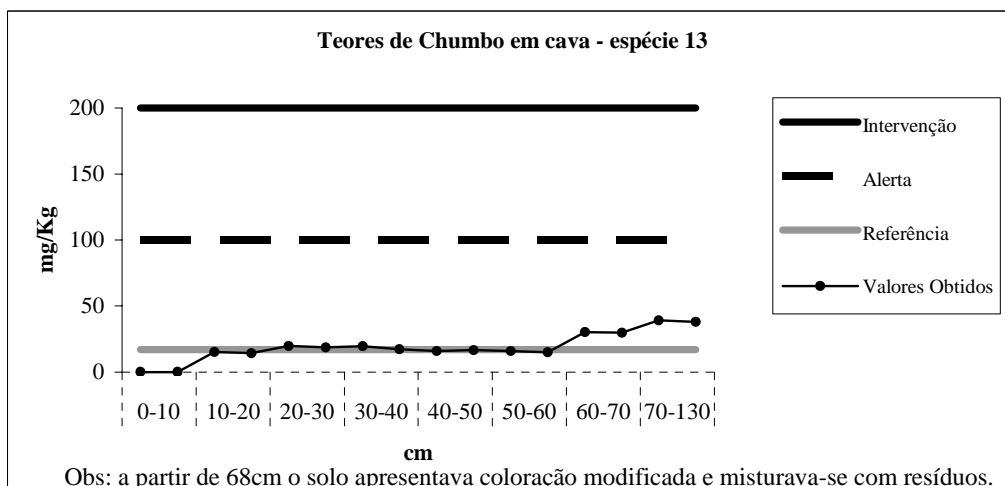


Figura 188 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de *Clitoria fairchildiana*

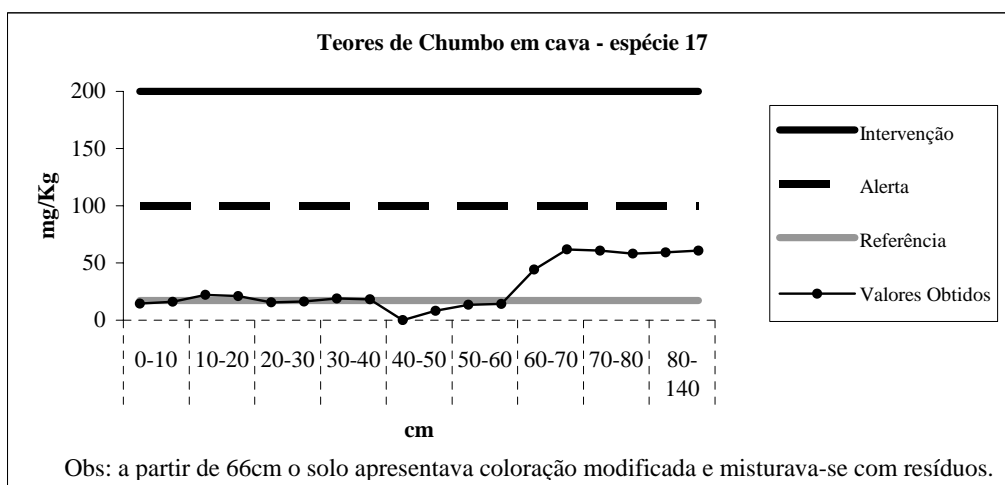


Figura 189 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de *Schinus terebinthifolius*

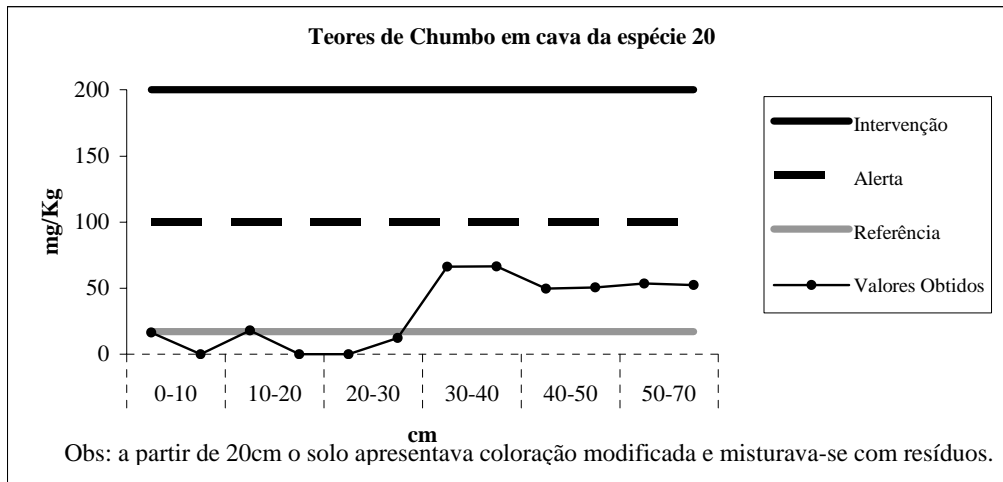


Figura 190 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de *Mimosa pigra*

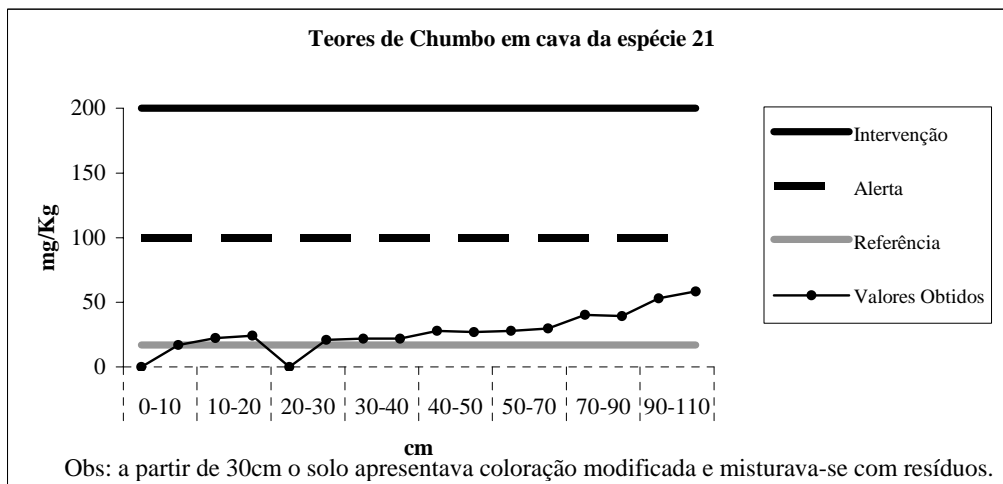


Figura 191 - Teores de Chumbo em cava sob exemplar de *Mimosa tenuiflora*

XI.2.8 Teores de Bário

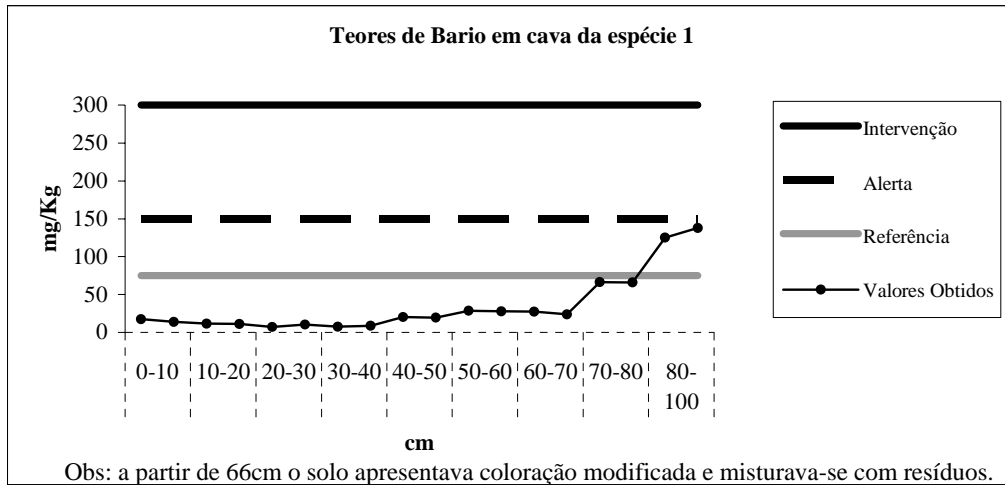


Figura 192 - Teores de Bário em cava sob exemplar de *Mimosa caesalpinifolia*

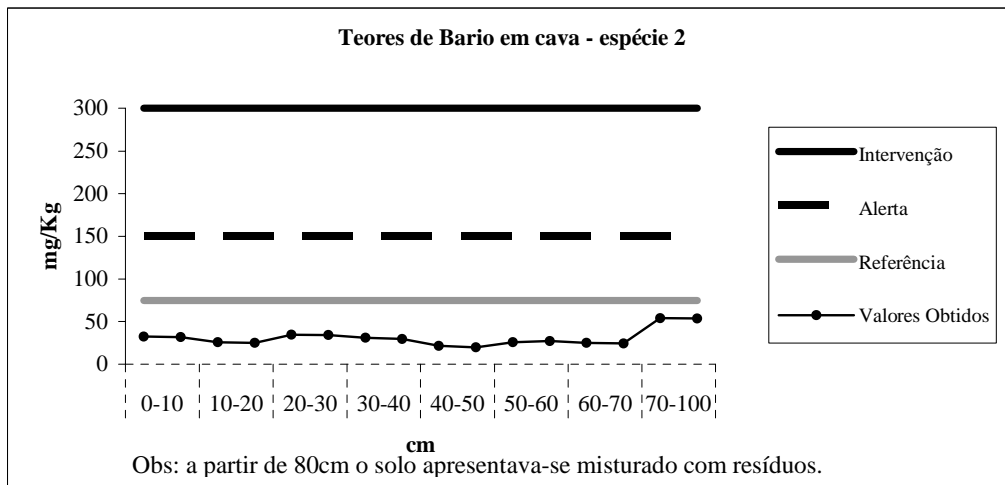


Figura 193 - Teores de Bário em cava sob exemplar de *Mimosa pellita*

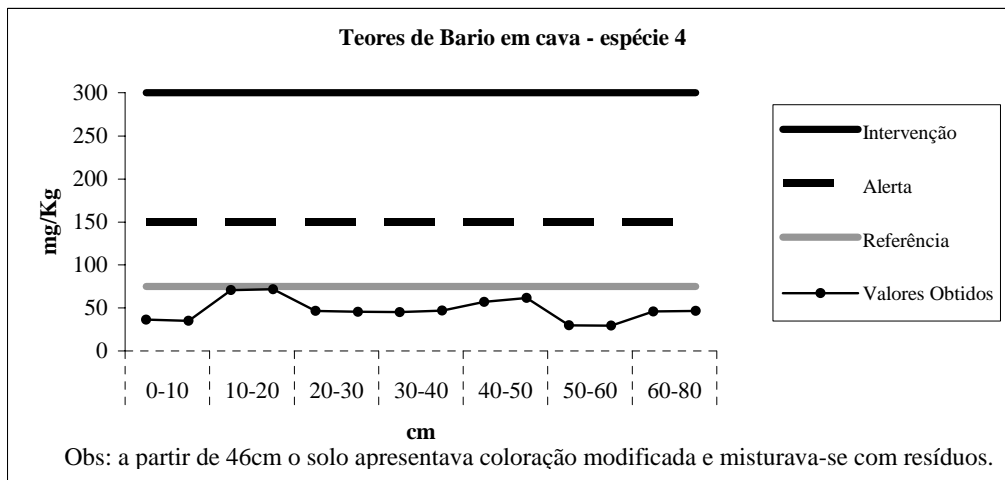


Figura 194 - Teores de Bário em cava sob exemplar de *Sesbania virgata*

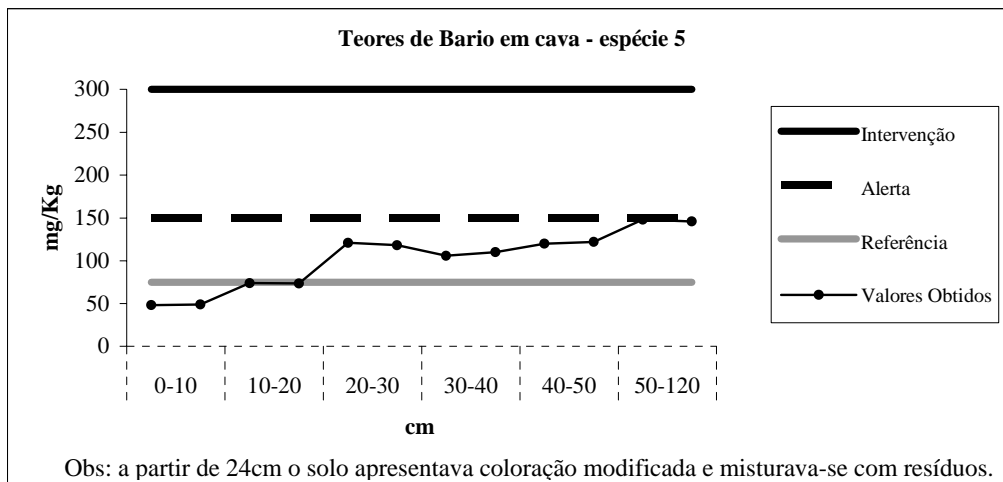


Figura 195 - Teores de Bário em cava sob exemplar de *Mimosa binucronata*

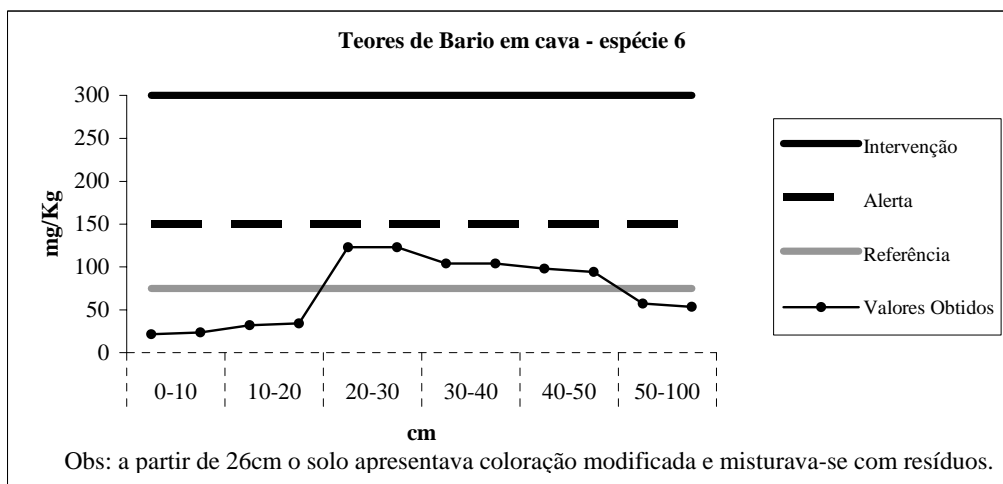


Figura 196 - Teores de Bário em cava sob exemplar de *Enterolobium contorsiliquum*

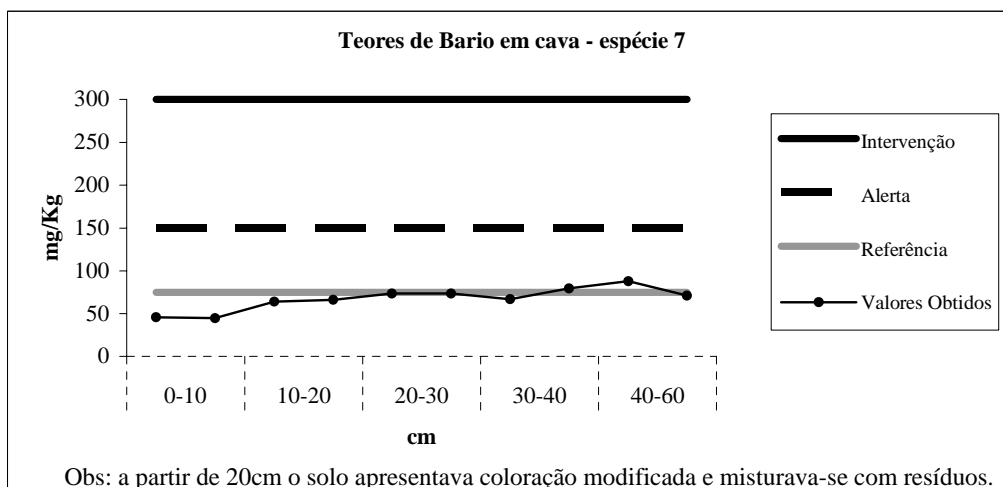


Figura 197 - Teores de Bário em cava sob exemplar de *Acacia holosericea*

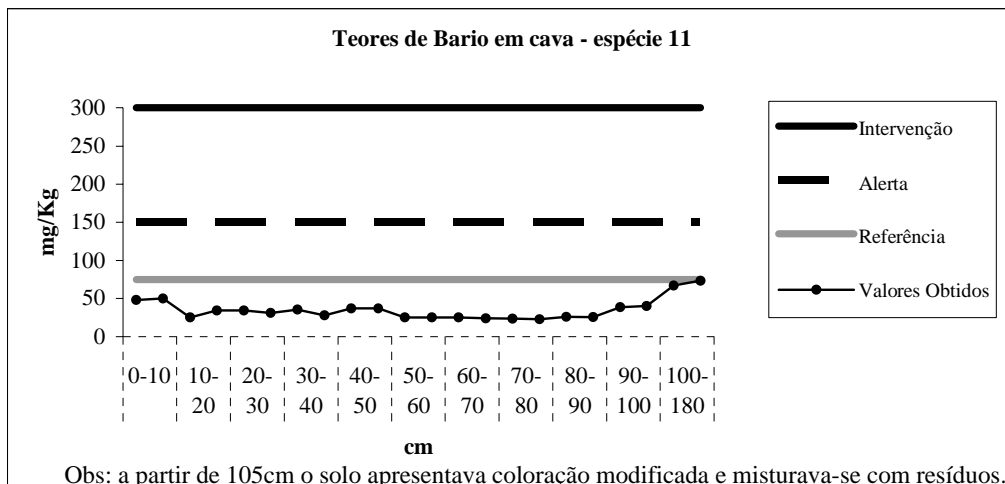


Figura 198 - Teores de Bário em cava sob exemplar de *Acacia mangium*

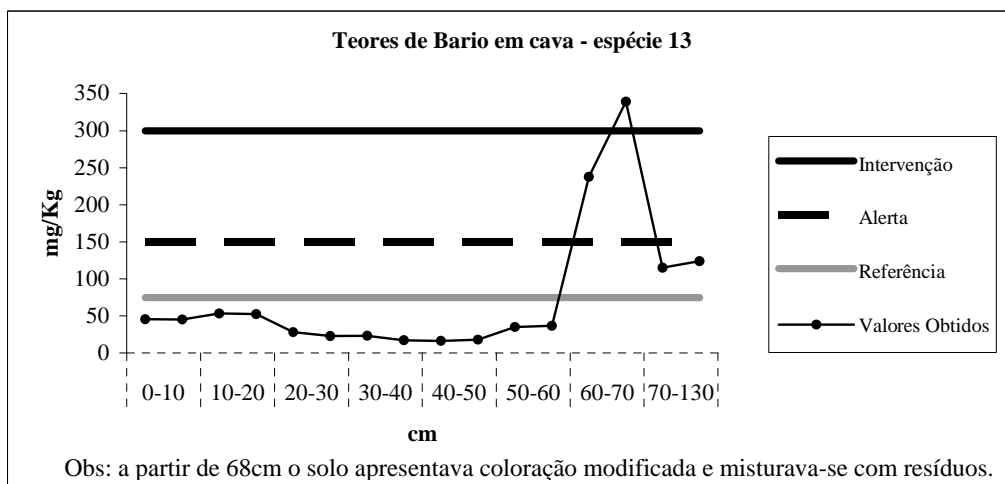


Figura 199 - Teores de Bário em cava sob exemplar de *Clitoria fairchildiana*

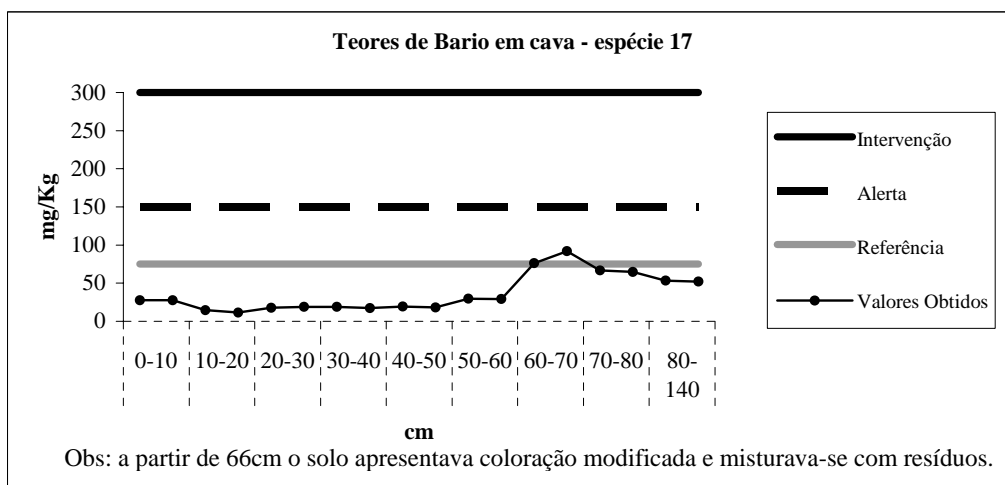


Figura 200 - Teores de Bário em cava sob exemplar de *Schinus terebinthifolius*

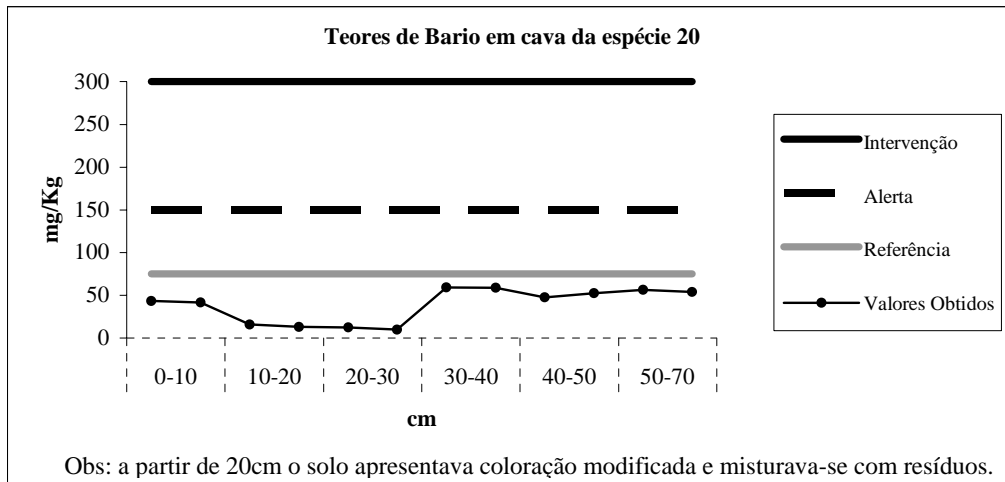


Figura 201 - Teores de Bário em cava sob exemplar de *Mimosa pigra*

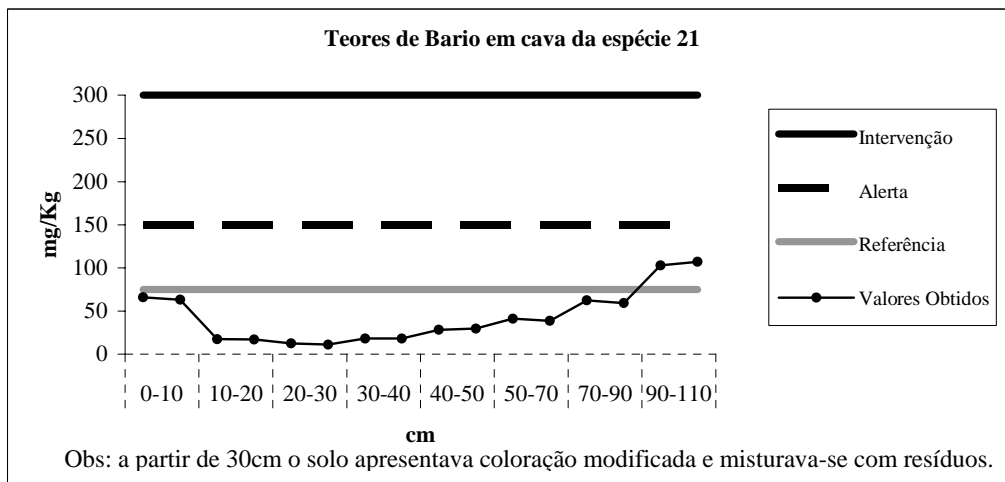


Figura 202 - Teores de Bário em cava sob exemplar de *Mimosa tenuiflora*

XI.2.9 Teores de Vanádio

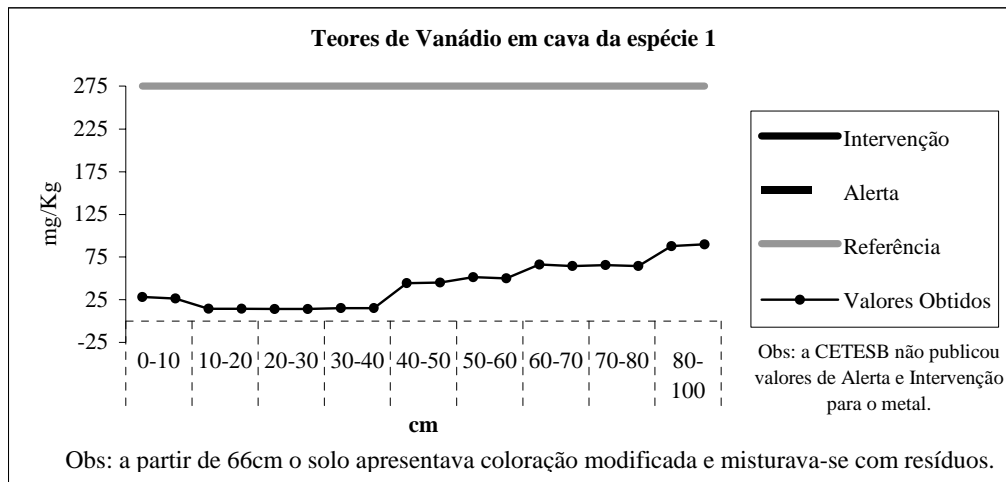


Figura 203 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de *Mimosa caesalpinifolia*

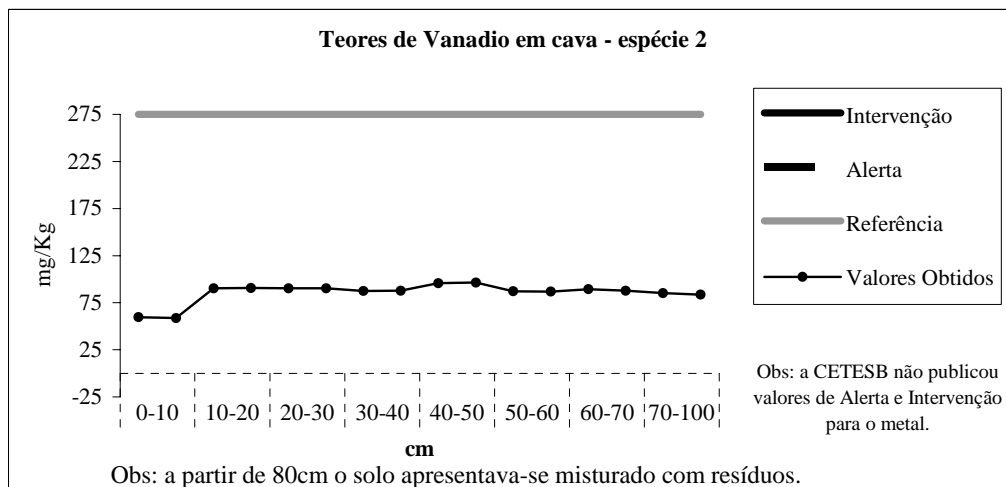


Figura 204 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de *Mimosa pellita*

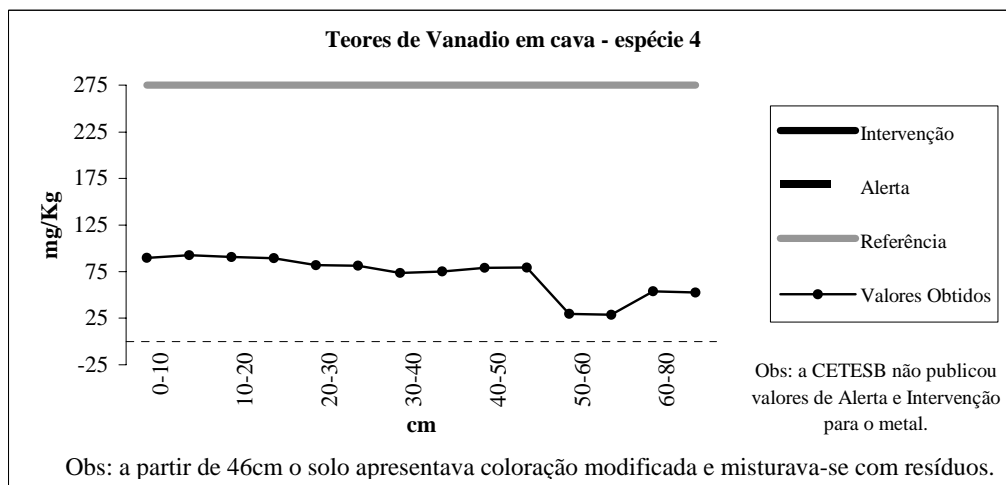


Figura 205 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de *Sesbania virgata*

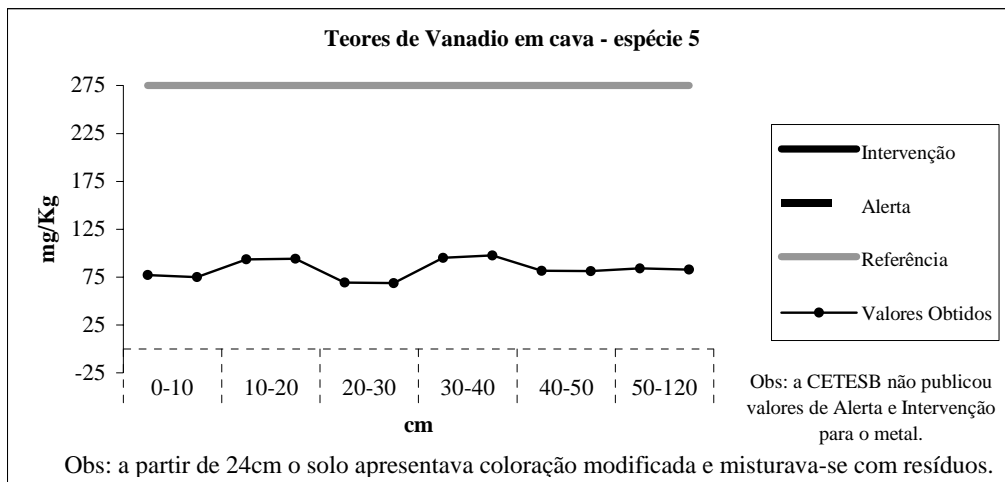


Figura 206 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de *Mimosa binucronata*

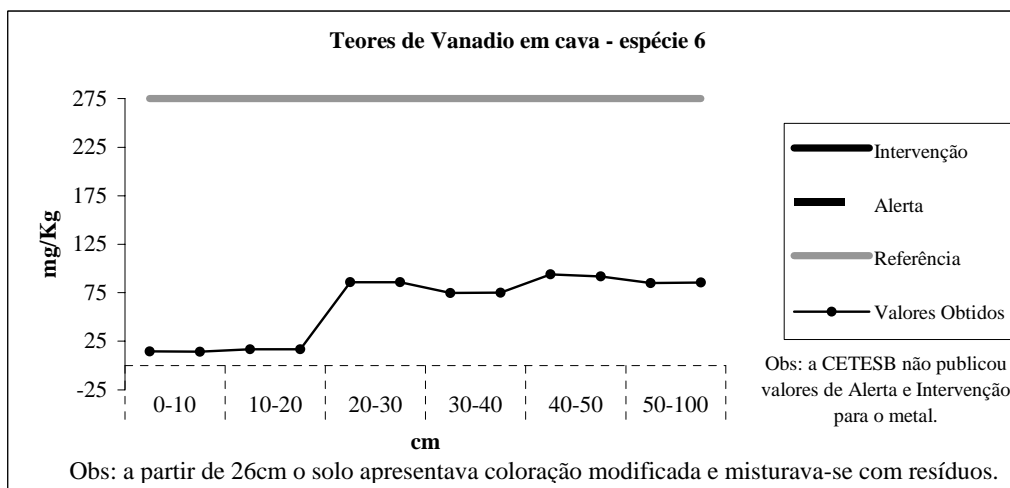


Figura 207 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de *Enterolobium contorsiliquum*

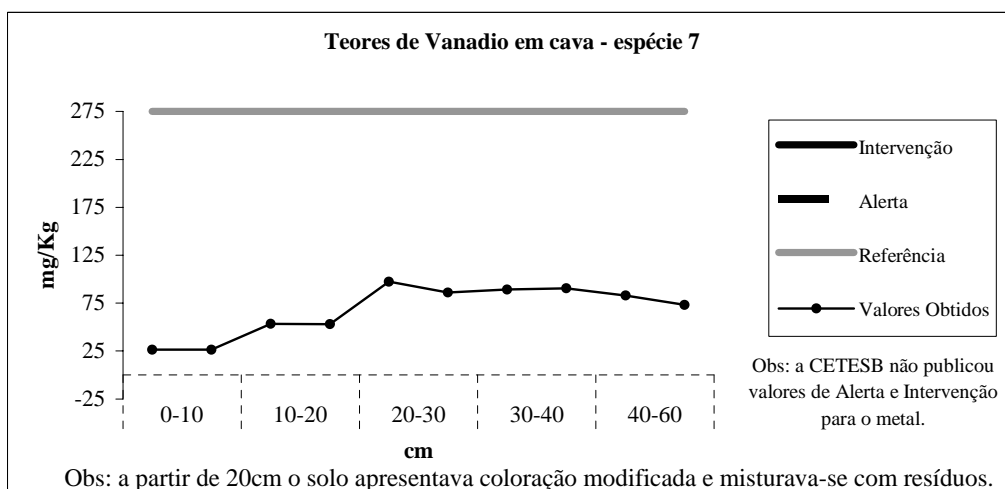


Figura 208 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de *Acacia holosericea*

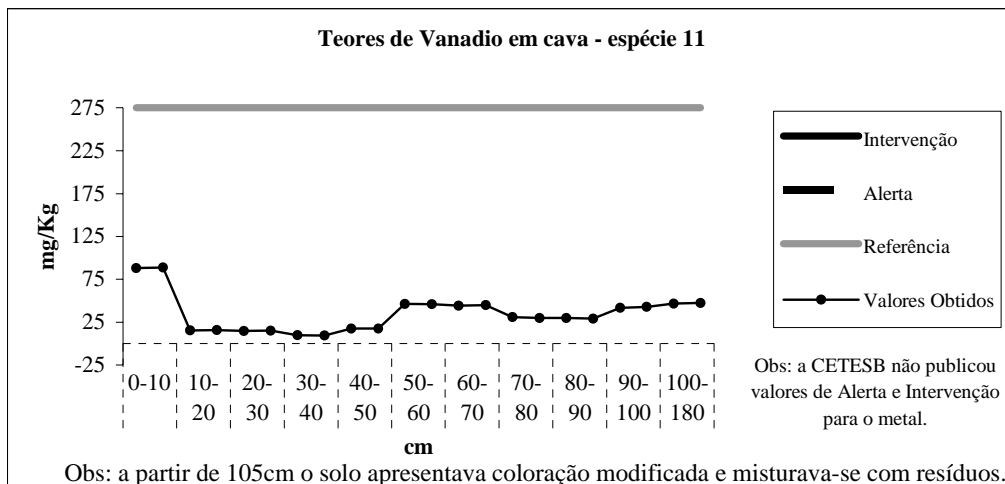


Figura 209 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de *Acacia mangium*

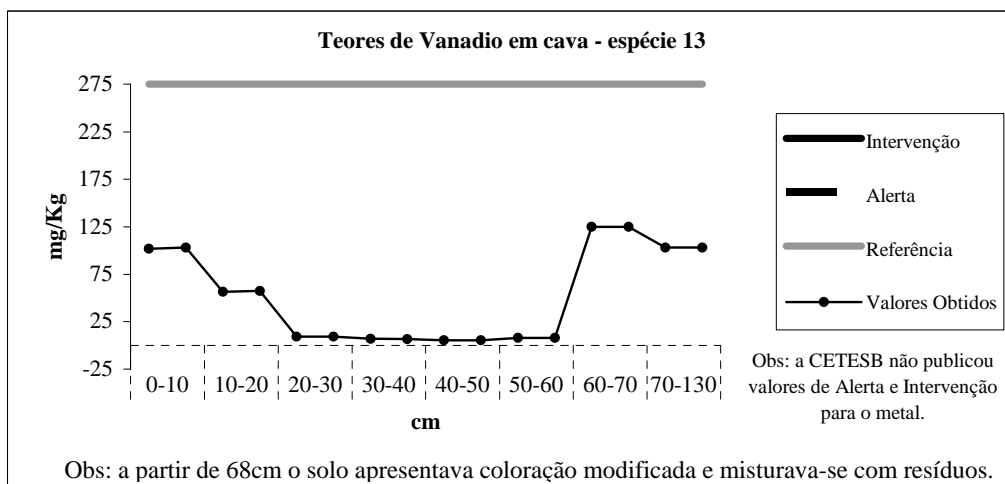


Figura 210 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de *Clitoria fairchildiana*

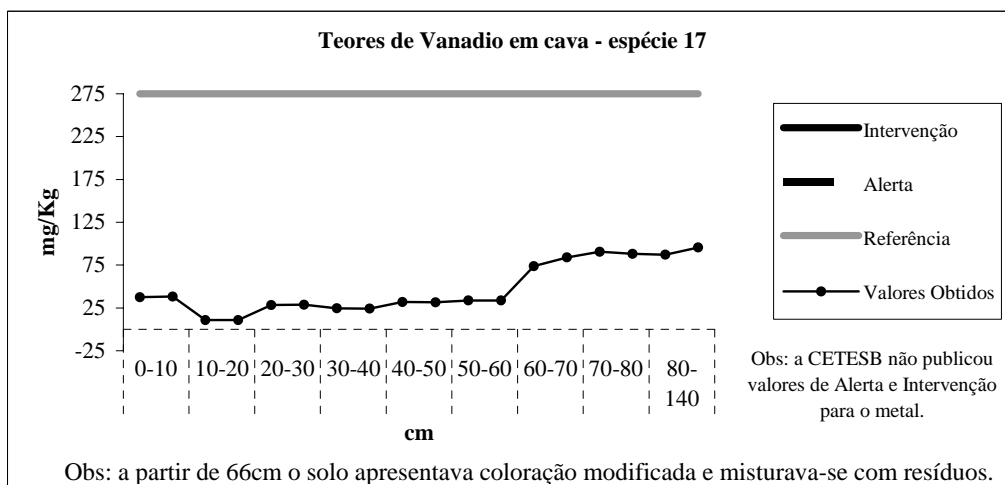


Figura 211 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de *Schinus terebinthifolius*

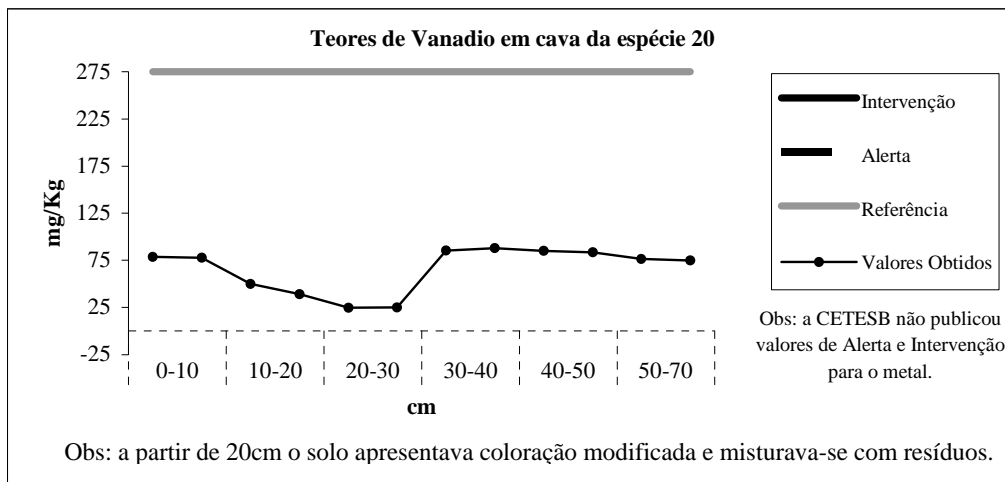


Figura 212 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de *Mimosa pigra*

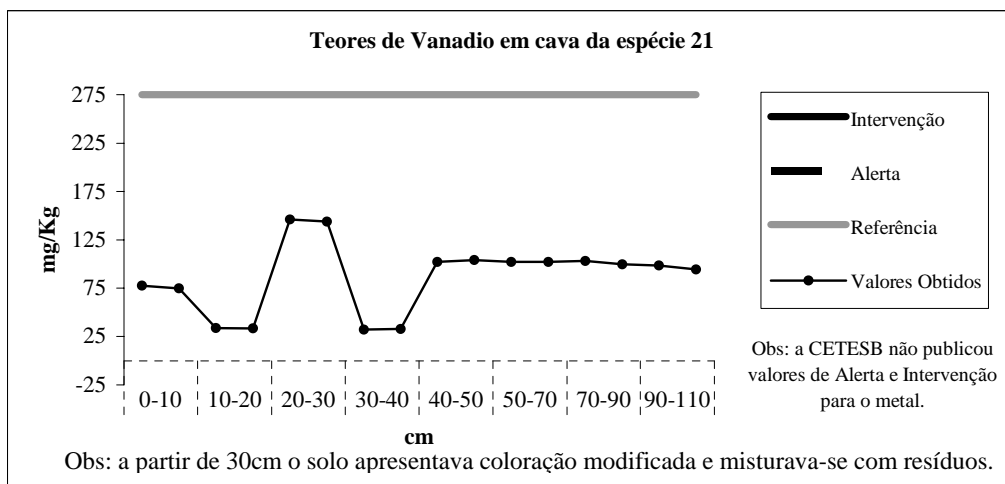


Figura 213 - Teores de Vanádio em cava sob exemplar de *Mimosa tenuiflora*

XI.3 Interpretação dos resultados

Comparando-se os resultados, relativos à presença e quantificação metais nas 85 amostras avaliadas, com valores orientadores publicados e atualmente utilizados pela agência ambiental do estado de São Paulo (CETESB, 2001), foi possível observar que:

- Teores de Molibdênio estiveram acima dos limites mínimos de detecção do ICP em apenas 37 amostras, com quantificações que revelaram valores muito abaixo do valor tido como referência para o metal, revelando a pobreza deste elemento no solo.
- Em todas as amostras avaliadas os teores de Zinco, Cobalto, Chumbo e Vanádio apresentaram-se menores que o valor tido como de alerta, estando assim compatíveis com teores médios naturalmente encontrados em solos do estado de São Paulo.
- Teores de Cobre, Cromo, Níquel e Bário estiveram em 84 das 85 amostras avaliadas, abaixo dos valores considerados como de alerta. Ou seja, pode-se considerar que o solo, também para estes metais, apresenta teores médios compatíveis com valores naturalmente encontrados em solos do estado de São Paulo.
- Teores de Cádmio superaram ao valor considerado como de alerta em 9 amostras, sendo: 1 da cava sob a E17 (profundidade de 0,80 a 1,40m) - de onde foram extraídas outras 9 amostras; 3 da cava sob a E20 (profundidades de 0,30 a 0,40m; 0,40 a 0,50m e 0,50 a 0,70m) - de onde foram extraídas outras 6 amostras; 5 da cava sob a E21 (profundidades de 0,20 a 0,30m; 0,40 a 0,50m; 0,50 a 0,70m; 0,70 a 0,90m; 0,90 a 1,10m) - de onde foram extraídas outras 8 amostras. Estes resultados permitem inferir a possibilidade de existir alteração na qualidade ambiental do solo sob exemplares das espécies 20 e 21 no Bloco 3.
- Apenas 1 das 85 amostras avaliadas apresentou (em 1 de suas 2 repetições), teor de Bário (profundidade de 0,60 a 0,70m na cava sob a E13), que superou ao valor tido como orientador para intervenção. O resultado mostra, entretanto, a possibilidade de contaminação ou erro, pois nenhuma outra amostra avaliada para este metal, apresentou teores que sequer ultrapassassem o valor tido como de alerta. Com o descarte deste resultado,

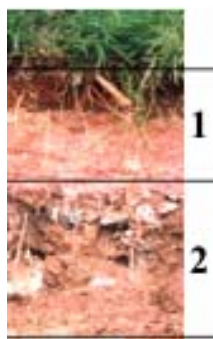
tem-se conteúdo compatível com valores médios encontrados em outros solos do estado.

É interessante observar que, a semelhança do inferido nas investigações que deram início aos trabalhos no aterro (ANDRADE, 2000), foi verificado aumento dos teores da maioria dos metais com o aprofundamento da cava e proximidade dos resíduos. A visualização deste fato é facilitada a partir da comparação apresentada a seguir.

XII Influência da presença de resíduos no solo

As análises químicas realizadas permitiram observar que a maior proximidade dos resíduos, está correlacionada com o aumento nos teores de vários dos elementos avaliados. A influência pode ser visualizada nos gráficos apresentados nas figuras 215 a 229, através da comparação de valores médios dispostos em colunas com o seguinte critério:

- I **Amostragem de solo sem a presença de resíduos** – valor médio obtido a partir de amostras retiradas de faixa com profundidade que se entendia da superfície até o local era observada mudança de coloração e presença de resíduos (vide figura 214 e tabela 85).
- II **Amostragem de solo em que resíduos aparecem misturados** – valor médio obtido a partir de amostras retiradas de faixa com profundidade que se estendia do local onde solo apresentava coloração diferenciada e presença de resíduos até o fundo da cava (vide figura 214 e tabela 85).



1 = sem a presença de resíduos; 2 = coloração diferenciada e presença de resíduos

Figura 214 – Solo com e sem a presença de resíduos

Tabela 85 Faixas de profundidade comparadas pela presença ou não de resíduos

Cavas	Amostras (profundidade considerada – m)	
	1	2
Cava E1	0,00-0,60	0,60-1,00
Cava E2	0,00-0,70	0,70-1,00
Cava E4	0,00-0,40	0,40-0,80
Cava E5	0,00-0,20	0,20-1,20
Cava E6	0,00-0,20	0,20-1,00
Cava E7	0,00-0,20	0,20-0,60
Cava E11	0,00-1,00	1,00-1,80
Cava E13	0,00-0,60	0,60-1,30
Cava E17	0,00-0,60	0,66-1,40
Cava E20	0,00-0,20	0,20-0,70
Cava E21	0,00-0,30	0,30-1,10

1 = sem a presença de resíduos; 2 = coloração diferenciada e presença de resíduos

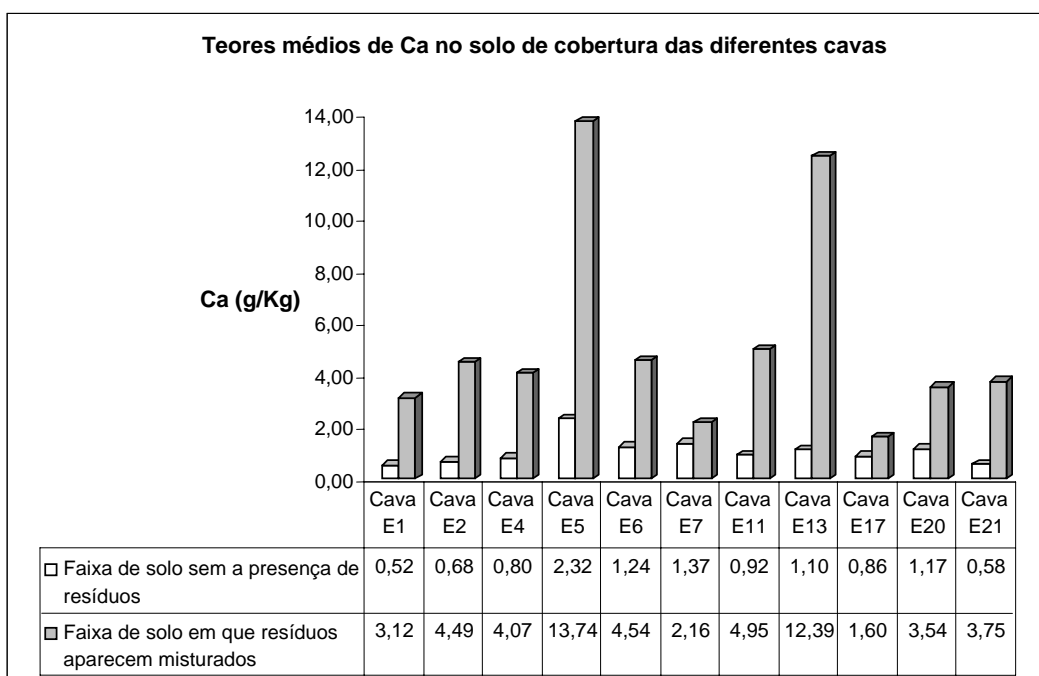


Figura 215 - Teores de Cálcio em cavas

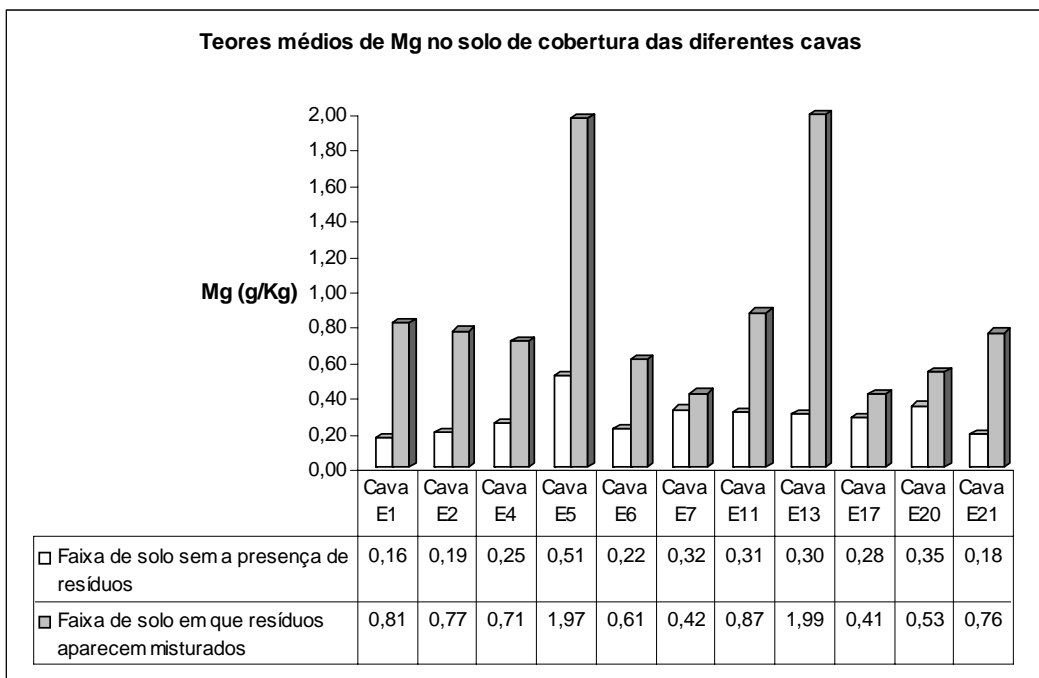


Figura 216 - Teores de Manganês em cavas

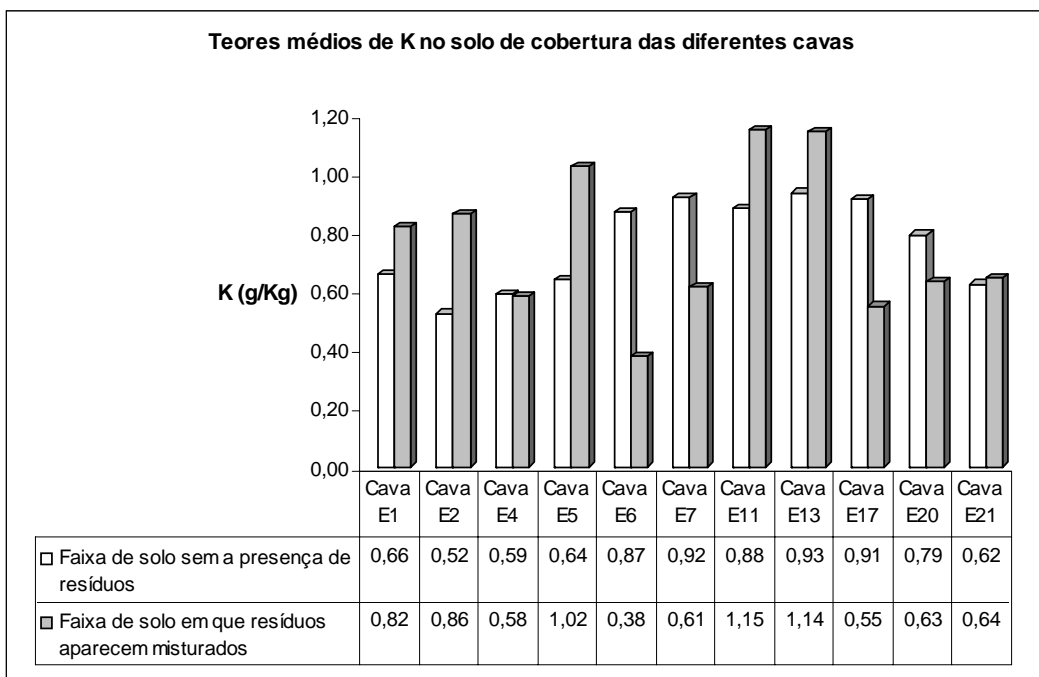


Figura 217 - Teores de Potássio em cavas

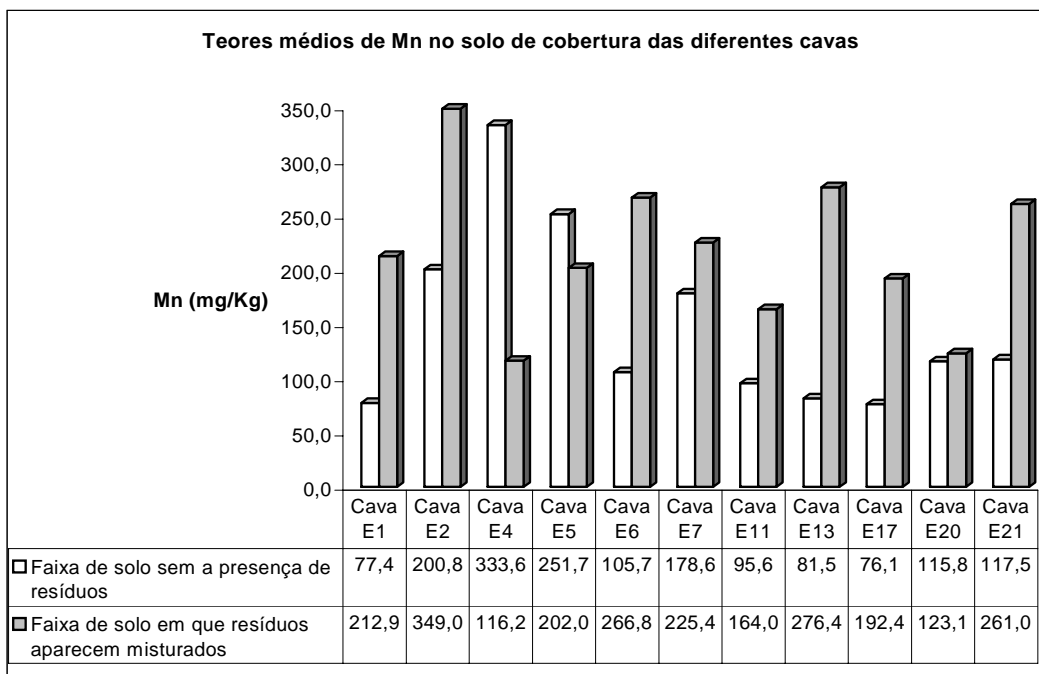


Figura 218 - Teores de Manganês em cavas

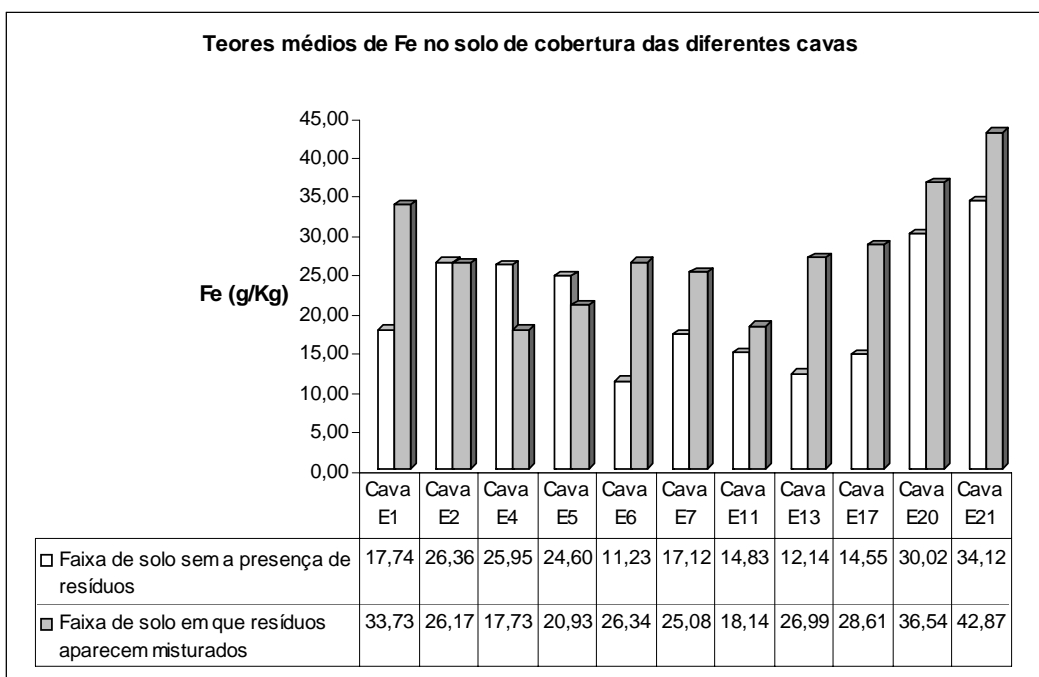


Figura 219 - Teores de Ferro em cavas

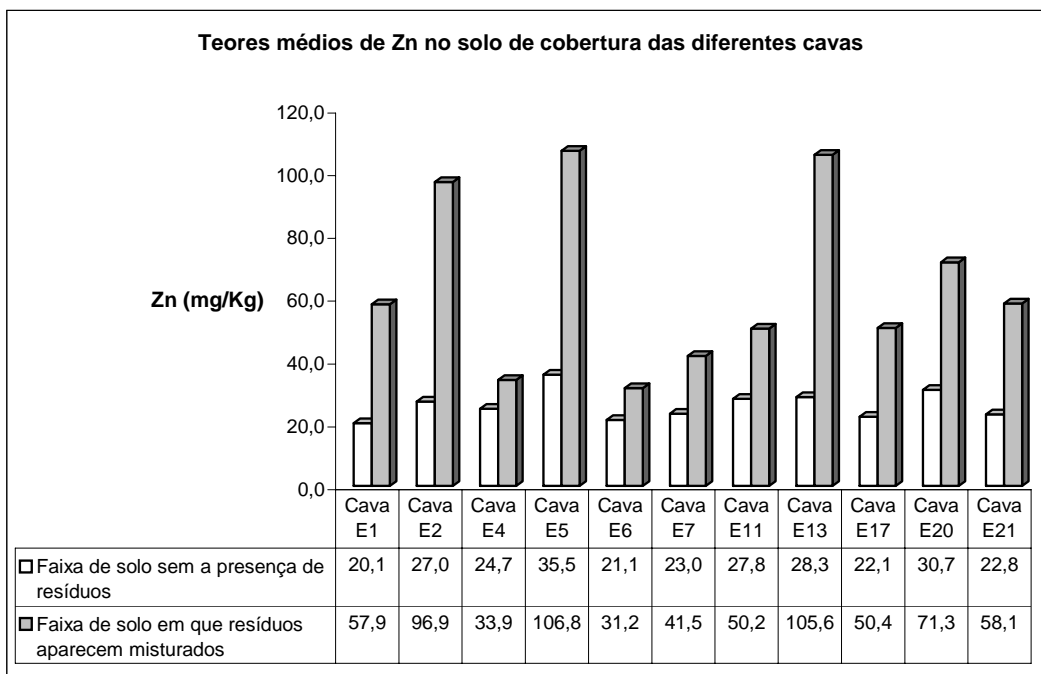


Figura 220 - Teores de Zinco em cavas

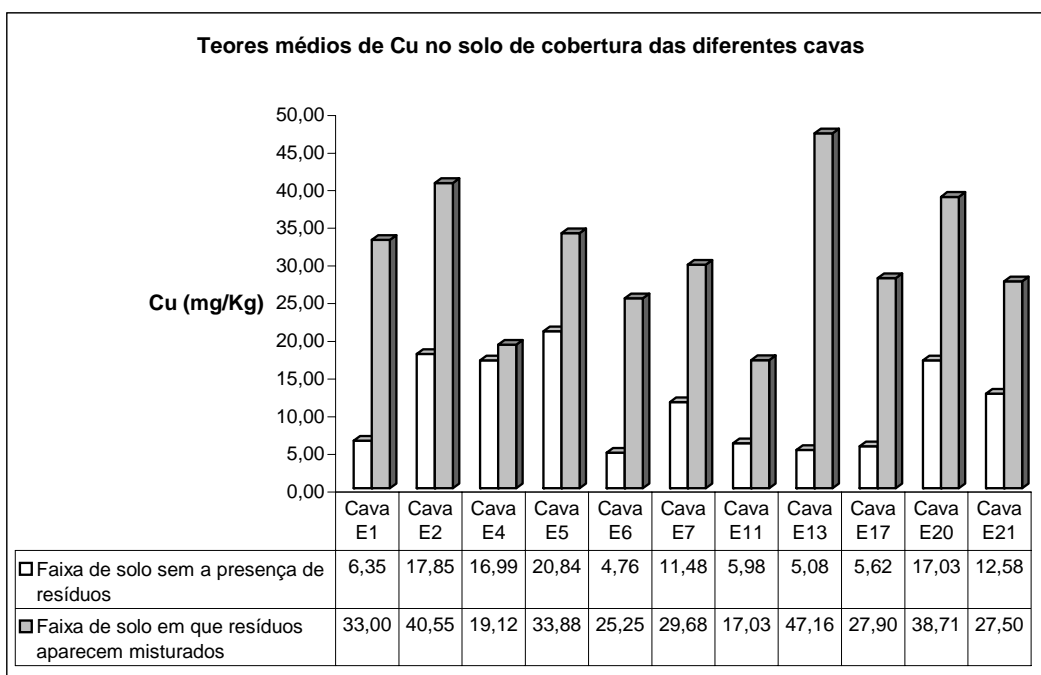


Figura 221 - Teores de Cobre em cavas

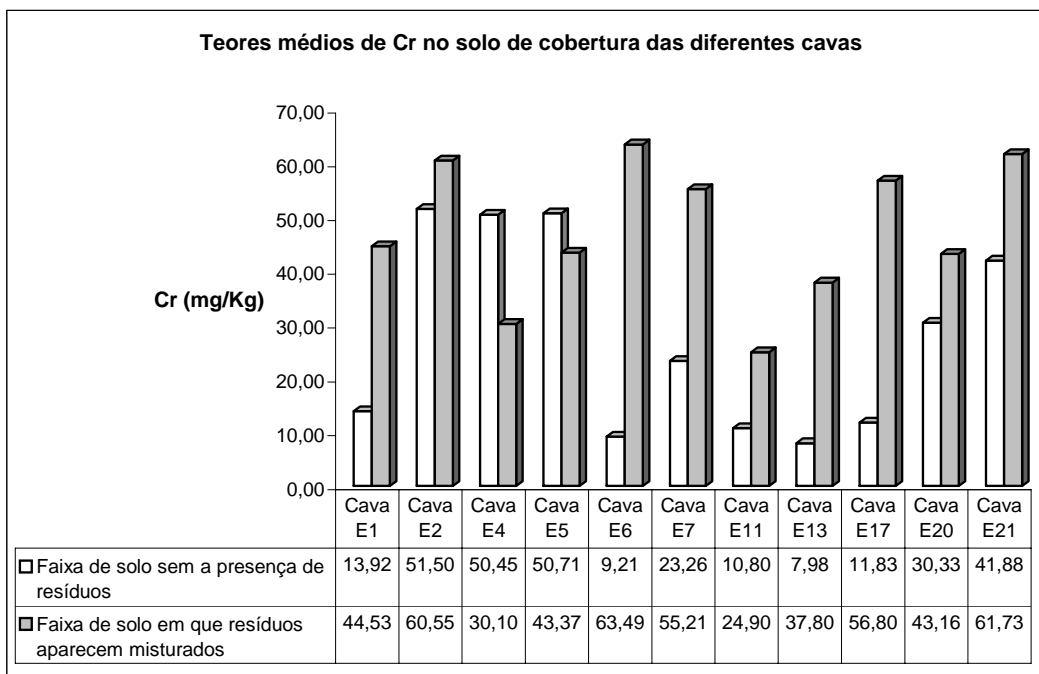


Figura 222 - Teores de Cromo em cavas

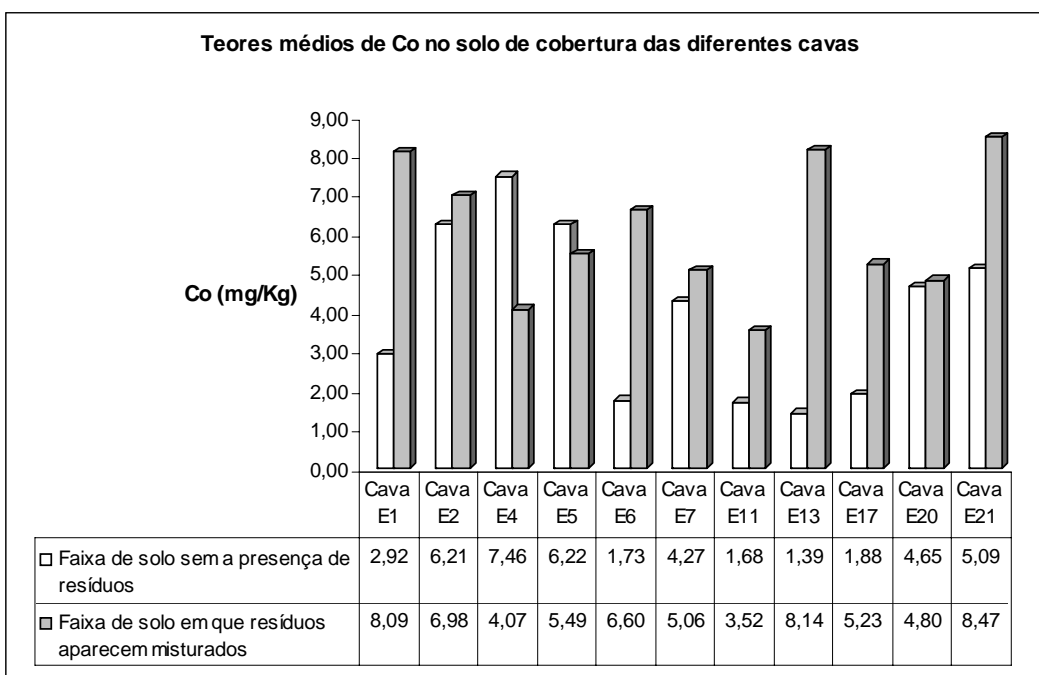


Figura 223 - Teores de Cobalto em cavas

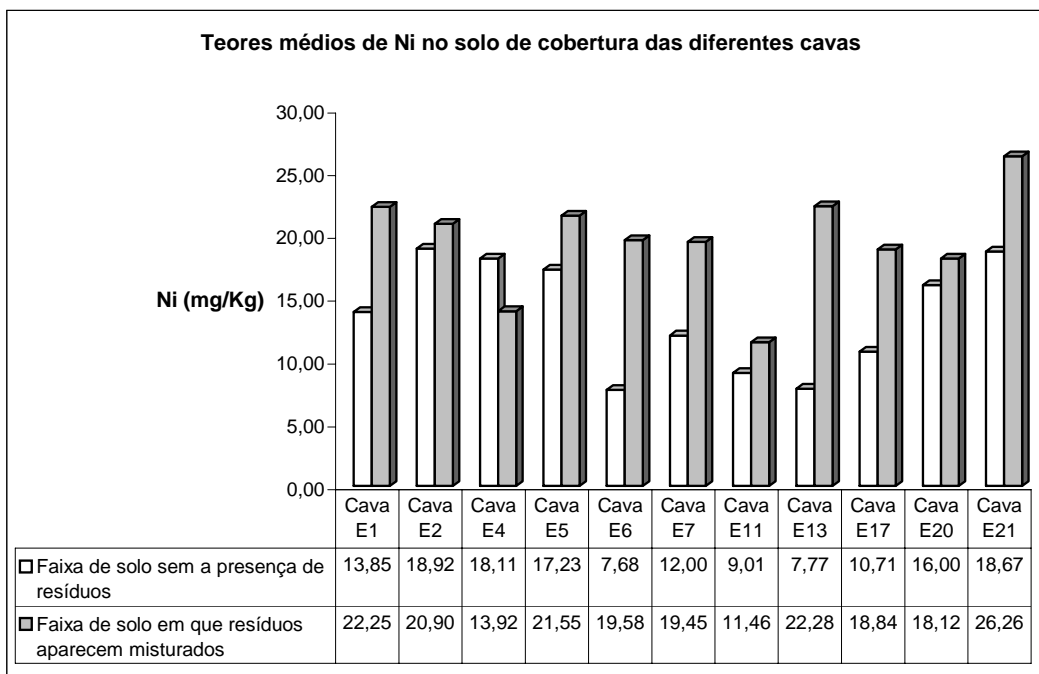


Figura 224 - Teores de Níquel em cavas

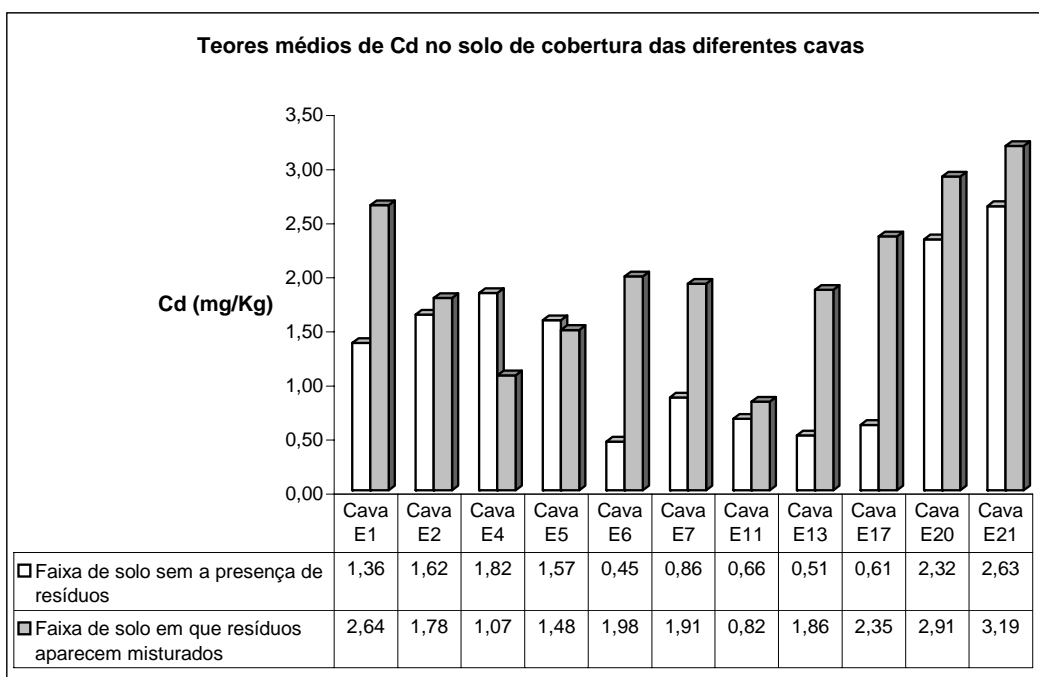


Figura 225 - Teores de Cádmio em cavas

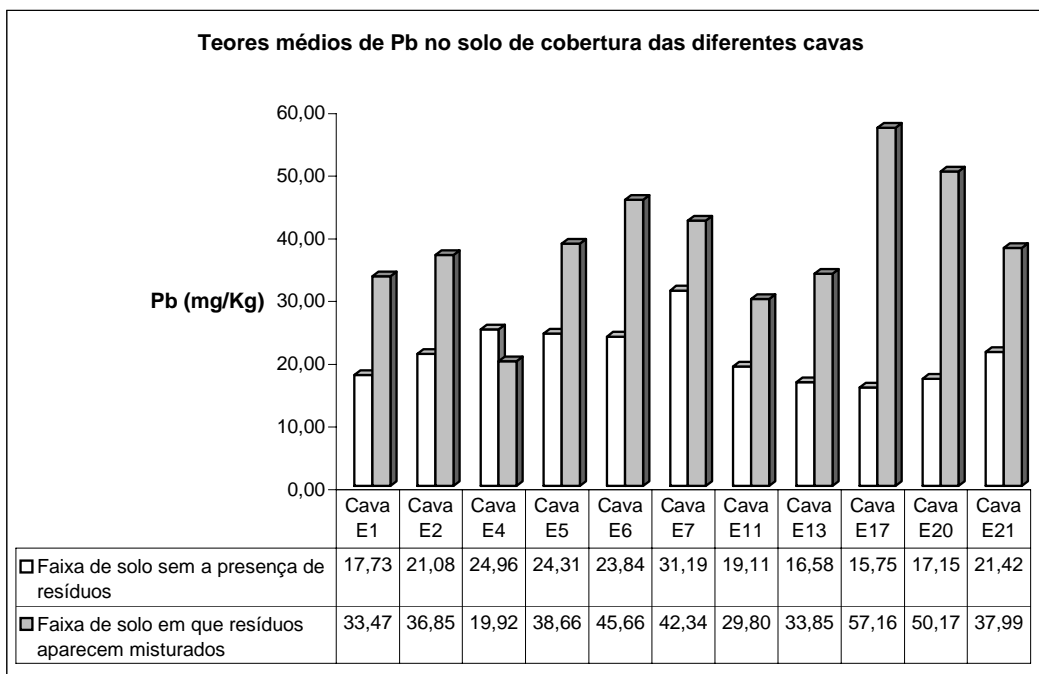


Figura 226 - Teores de Chumbo em cavas

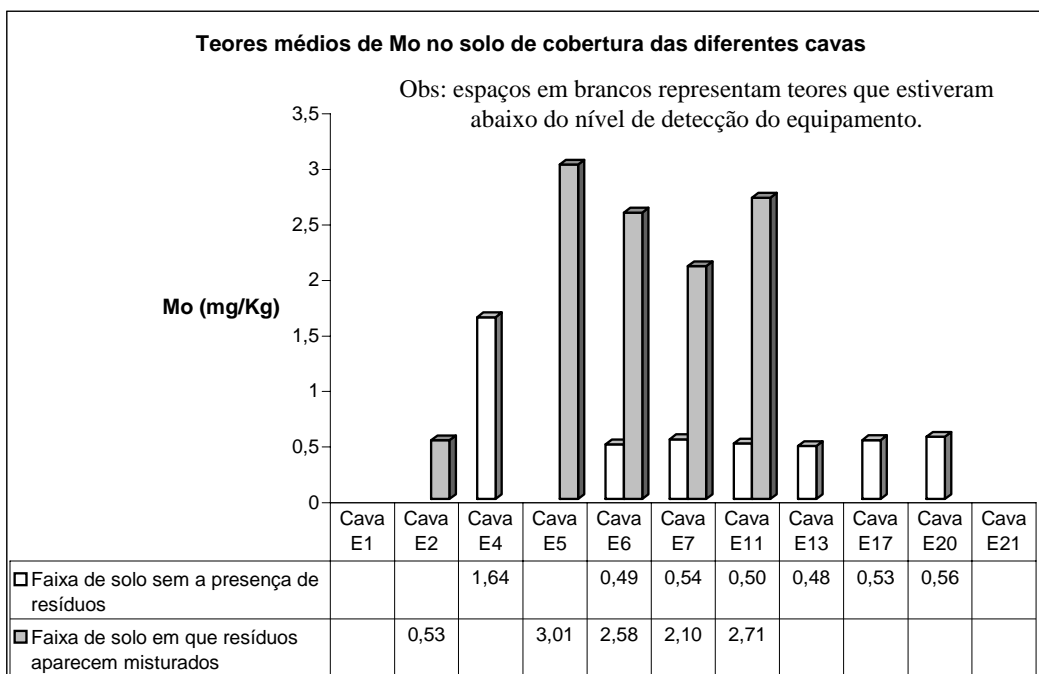


Figura 227 - Teores de Molibdênio em cavas

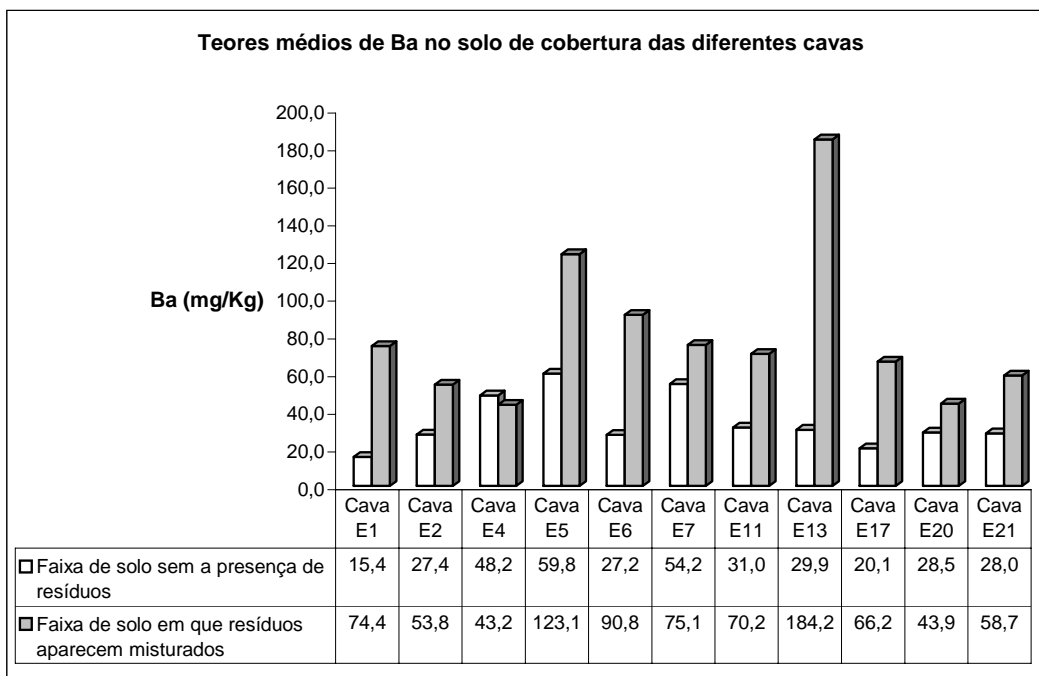


Figura 228 - Teores de Bário em cavas

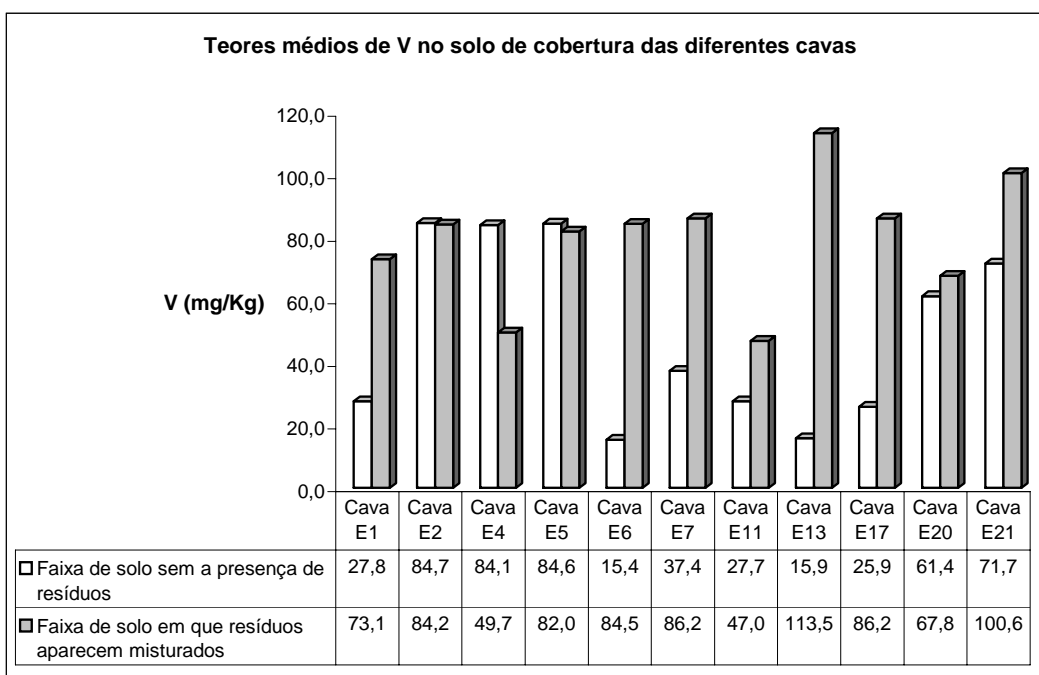


Figura 229 - Teores de Vanádio em cavas

XII.1 Avaliação de resultados

A comparação dos resultados obtidos permitiu verificar que, na profundidade em que as faixas de solo apresentavam alteração de coloração relacionada à proximidade e/ou presença de resíduos, houve maior concentração para vários metais e macronutrientes avaliados. Existiu assim a influência da presença dos resíduos, ou de subprodutos associados a sua degradação, sendo os teores médios encontrados em faixas de solo com coloração alterada, superiores em:

- todas as cavas - para Cálcio, Magnésio, Zinco e Cobre;
- 10 das 11 cavas - para Níquel, Chumbo e Bário;
- 9 das 11 cavas - para Magnésio, Manganês, Cromo, Cobalto e Cádmio;
- 8 das 11 cavas - para Ferro e Vanádio.

Teores de Molibdênio apresentaram-se muito baixos, sendo que, nas 9 amostras em que houve detecção pelo equipamento, não foi possível correlacionar qualquer padrão em sua distribuição. O Potássio, devido a sua grande mobilidade, também não apresentou diferenças passíveis de serem correlacionadas.

XIII Análises complementares do solo de cobertura

XIII.1 Metodologia

Diante das muitas dúvidas e curiosidades despertadas no desenvolvimento do experimento, optou-se pela realização de investigação expedita que contemplasse a características ainda não avaliadas do solo. Para isto foram coletadas amostras em cavas sob as espécies: *Enterolobium contorsiliquum* (espécie 6), *Clitoria fairchildiana* (espécie 13) e *Mimosa Tenuiflora* (espécie 21), tendo como base diferenças na coloração do solo.

A amostragem baseou-se na seguinte metodologia de extração (vide figura 230):

- A – amostra de solo retirada em pequena profundidade, com coloração e características influenciadas pela presença de matéria orgânica superficial;
- B – amostra retirada entre o solo com contribuição orgânica superficial e o local de coloração diferenciada e presença de resíduos;
- C – amostra retirada de local com coloração diferenciada e presença de resíduos.

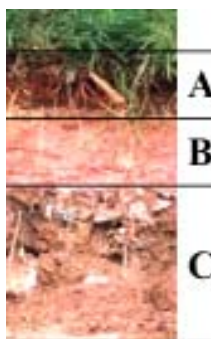


Figura 230 – Amostragem de solo para avaliações complementares

Após descarte do solo superficial (evitando contaminação ocorrida na escavação), cada faixa foi longitudinalmente amostrada e o solo depositado em sacos plásticos transparentes.

Obedecendo a metodologia de extração anteriormente citada, foram retiradas amostras nas seguintes faixas de profundidade:

- Cava sob exemplar de *Enterolobium contorsiliquum* (E 6) – 0 a 0,15m (A), 0,15 a 0,34m (B) e 0,34 a 1,00m (C);
- Cava sob exemplar de *Clitoria fairchildiana* (E 13) – 0 a 0,20m (A), 0,20 a 0,69m (B) e 0,69 a 1,24m (C);
- Cava sob exemplar de *Mimosa Tenuiflora* (E 21) – 0 a 0,10m (A), 0,10 a 0,43m (B) e 0,43 a 1,19m (C).

O solo coletado foi seco em estufa a 60°C durante 3 dias, destorroado e peneirado em peneira 250 mesh. O material obtido foi avaliado quanto a seu pH, presença de cloretos e sulfatos e condutividade elétrica.

Foram também retiradas amostras indeformadas para avaliação da retenção de água, macro e micro porosidades. A extração foi realizada a partir da cravação de anéis volumétricos de aço (Kopecky), com 5cm de altura e 9cm de diâmetro, nas seguintes profundidades:

- Cava sob exemplar de *Enterolobium contorsiliquum* – 0,04m (A), 0,51m (B) e 0,93m (C);
- Cava sob exemplar de *Clitoria fairchildiana* – 0,04m (A), 0,50m (B) e 1,31m (C);
- Cava sob exemplar de *Mimosa Tenuiflora* – 0,04m (A), 0,24m (B) e 0,52m (C).

Depois de retiradas, as amostras foram envoltas em fita plástica (evitando a perdas de água), numeradas e encaminhadas para avaliação na EMBRAPA/CNPS.

As análises seguiram metodologias descritas no Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa (EMBRAPA, 1997).

XIII.2 Resultados obtidos

XIII.2.1 pH, cátions, cloretos e sulfatos

Os resultados obtidos são apresentados na tabela 86, 87 e 88.

Tabela 86 - pH, cátions, cloretos e sulfatos

Cava	Amostra	pH H ₂ O	pH KCl	mg/L		Condutividade (mS/cm a 25°C)	Água (%)
				Sulfatos	Cloretos		
E 6	A	5,4	54,7	59,96	25,15	0,95	94
	B	6,0	5,6	685,61	113,99	1,48	93
	C	8,0	8,1	1789,37	991,86	3,44	81
E 13	A	6,9	6,2	36,09	32,2	0,84	95
	B	6,8	6,0	12,53	70,87	0,31	100
	C	8,0	8,0	2388,09	164,67	2,75	90
E 21	A	5,2	4,5	103,43	21,46	0,73	93
	B	4,7	4,2	14,43	21,45	0,25	100
	C	8,1	7,8	444,15	22,96	1,05	87

Tabela 87 – Curva de saturação

Sucção (Mpa)	% Saturação								
	Cava E6			Cava E13			Cava E21		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0,000	51,1	48,0	51,1	55,1	51,8	52,3	58,5	54,1	55,5
0,006	38,9	37,7	36,6	36,6	42,4	44,2	39,5	37,2	40,4
0,01	38	37,1	36,2	41,6	43,7	39,1	36,5	39,5	31,2
0,033	33,1	31,8	33,2	38,5	37,6	36,8	31,9	33,3	26
0,1	28,6	27,2	30,5	36,1	31,6	34,4	27,3	28	23,2
0,5	23,4	24,3	27,9	33,6	25	30,7	24,2	23,5	21,3
1	20,3	21,4	26,3	31,1	21	29	21,5	20,5	19,8
1,5	19,3	20,2	25,4	30	19,6	28	20,6	19,1	19,3

Tabela 88 – Macro e micro porosidade

Amostra	% Porosidade					
	Macro			Micro		
	Cava E6	Cava E13	Cava E21	Cava E6	Cava E13	Cava E21
A	5,2	9,4	13,5	38,9	42,4	37,2
B	7,7	1,5	5,2	37,7	44,2	40,4
C	13,4	5,8	14,8	36,6	39,5	32,1

XIII.3 Interpretação de resultados

XIII.3.1 pH, cátions, cloretos e sulfatos

Os valores encontrados mostram grandes variações químicas, decorrentes da heterogeneidade do solo e a clara influência dos resíduos. Percebe-se que o maior pH em amostras representativas da mistura solos/resíduos, corresponde ao aumento da salinidade, das concentrações de sulfatos e/ou cloretos e da elevação da condutividade elétrica (vide figuras 231, 232, 233).

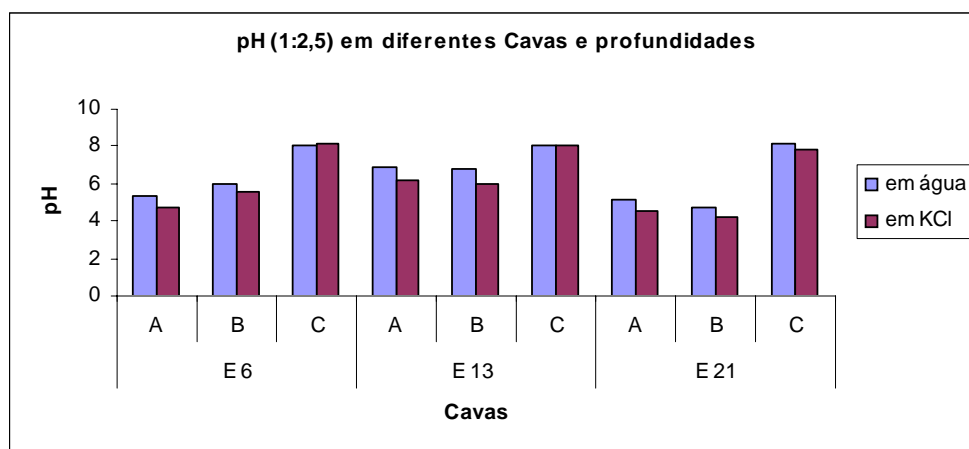


Figura 231 – pH do solo

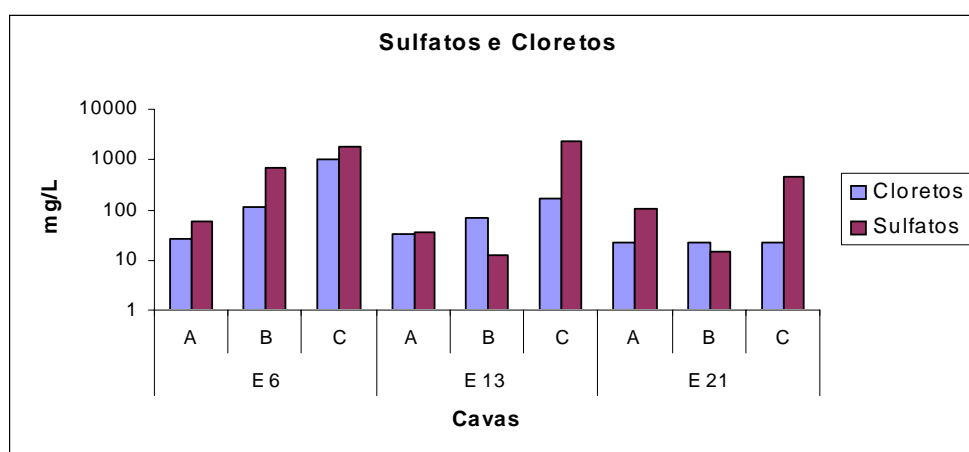


Figura 232 – Sulfatos e Cloretos no solo

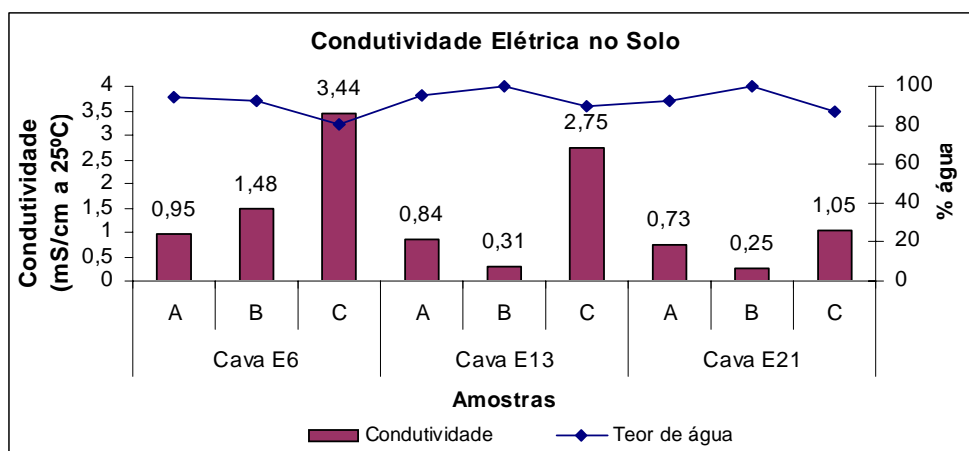


Figura 233 – Condutividade elétrica no solo

A salinidade observada na área de influência dos resíduos chegou a atingir níveis classificados, segundo DAKER (1988), como característicos de solos “ligeiramente salinos”, com condutividade na faixa de 2 a 4 mS/cm e decorrente redução na produtividade de algumas culturas. O efeito mais direto do aumento da concentração salina decorre do aumento da pressão osmótica, com conseqüente redução da disponibilidade de água passível de ser absorvida pelas raízes. Neste sentido, o possível aumento da salinidade com o aprofundamento na massa de resíduos, pode influenciar na redução ou no não desenvolvimento de raízes no local, dependendo do grau de tolerância relativo a cada espécie vegetal.

XIII.4 Retenção de água, macro e micro porosidade

O pequeno número de amostras avaliadas em relação à heterogeneidade do ambiente, decorre em baixa representatividade dos resultados obtidos. Apesar disto, verifica-se que as porções avaliadas apresentaram percentuais de macroporosidade maiores na mistura solo/resíduos em detrimento do percentual de microporos nesta região (vide figura 234).

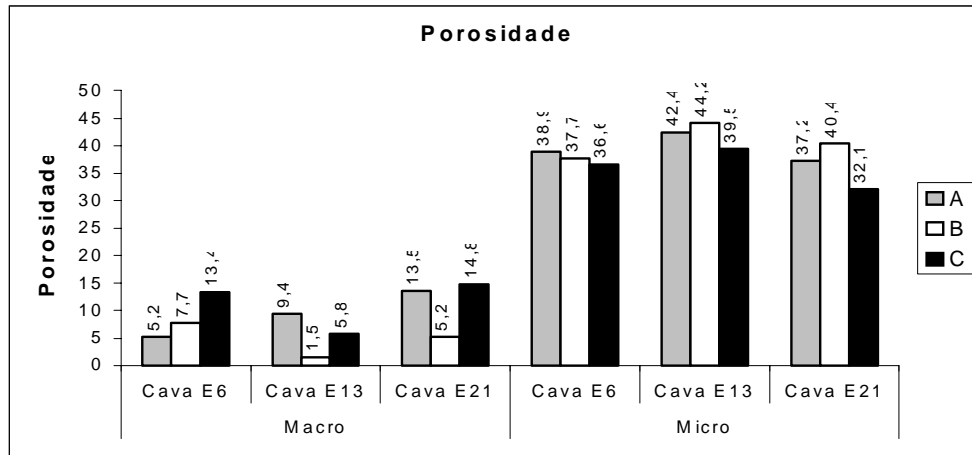


Figura 234 – Macro e microporosidade em três diferentes cavas

A maior presença de macroporos na mistura solo/resíduos, já era esperada, pois a condutividade hidráulica dos resíduos situa-se, segundo SCHOROEDER et al. (1994 – para resíduo municipal com 312Kg/m^3), próxima a $3,6\text{cm/h}$, enquanto a condutividade verificada por BRIGGS (2001), no solo de cobertura do aterro de Santo Amaro variou de $0,0718$ a $0,0988$ cm/s . As curvas de retenção também retratam a maior permeabilidade da mistura solo/resíduos, com a acentuada queda na porcentagem de saturação das amostras com baixa sucção (até $0,006$ MPa). É possível observar, entretanto, grande variação entre valores obtidos nas cavas, revelando o efeito da heterogeneidade do solo, frente aos pequenos volumes avaliados (vide figuras 235, 236, 237).

A maior macroporosidade na zona onde o solo apresenta-se misturado a resíduos, mostra a possibilidade de que os gases, produzidos a partir da decomposição dos resíduos, possam, pelo baixo peso molecular de alguns de seus componentes, ascender e ocupar os vazios do local, dificultando o desenvolvimento de raízes em função de efeito fitotóxico e depleção do oxigênio.

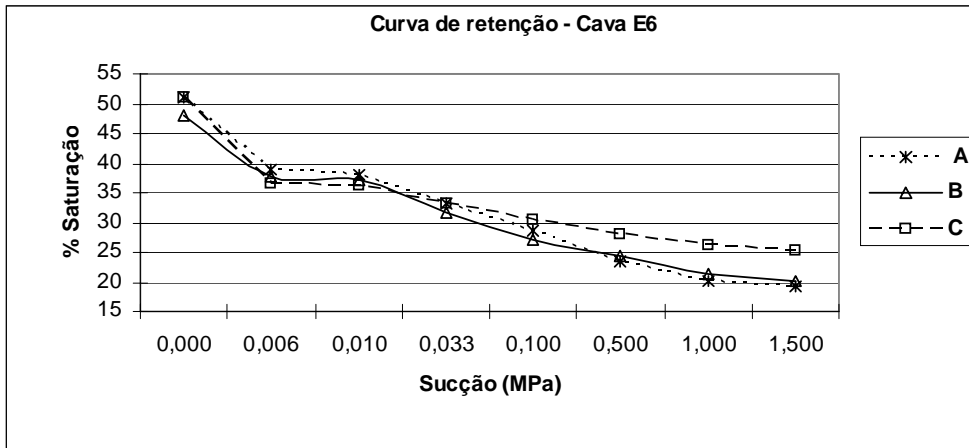


Figura 235 – Retenção hidráulica – Cava E6

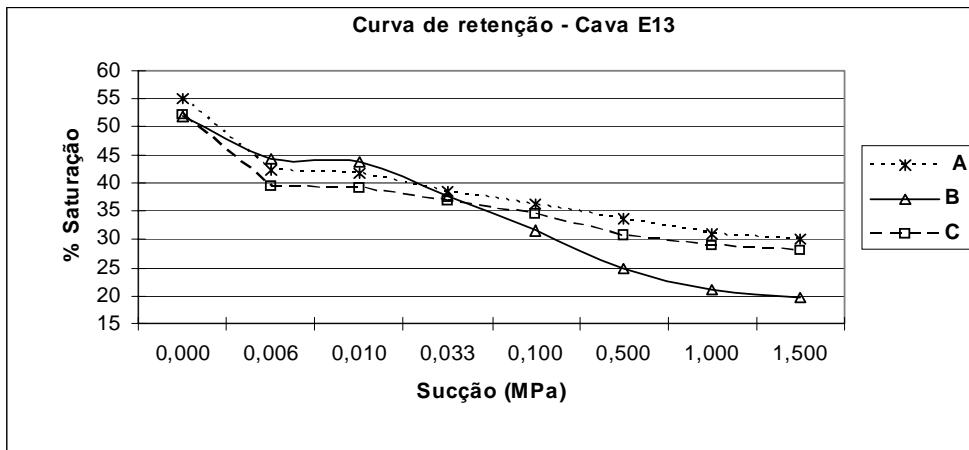


Figura 236 – Retenção hidráulica – Cava E13

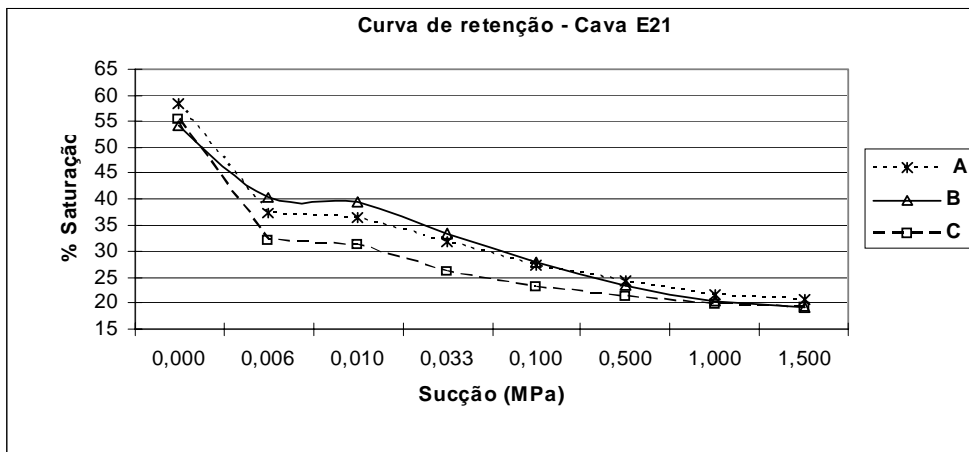


Figura 237 – Retenção hidráulica – Cava E21

XIV Análise de teores de metais no tecido vegetal

Tecidos oriundos de plantas de uma mesma espécie, ou mesmo de linhagem ou variedade de uma espécie, podem revelar significativas diferenças em sua composição química. Teores de elementos contidos nos tecidos variam por razões bastante diversas, podendo apresentar-se diferenciados em função de diferenças genéticas, do órgão ou da parte do órgão avaliado, da idade, da época de colheita, das condições de clima, da presença ou ausência de frutos, da interação com pragas e doenças, etc. Por este motivo, à amostragem não pode prescindir da representatividade do material amostrado para com a característica avaliada, assim como da padronização de procedimentos, que viabiliza a futuras repetições. O mesmo ocorre com a análise laboratorial do material que, além de se desenvolver com técnica adequada aos objetivos pretendidos, deve obedecer à seqüência de operações devidamente protocolizadas. Resultados confiáveis garantem a possibilidade de comparação com dados anteriormente obtidos e permitem a sistematização de informações em banco de dados.

Entretanto, quando faltam conhecimentos prévios para embasamento e direcionamento da amostragem para a característica avaliada, a investigação fica atrelada à comparação com valores não específicos para a situação abordada, o que pode implicar na falta de acurácia para identificação de diferenças e em falhas na avaliação dos resultados.

XIV.1 Metodologia

A falta de referências para fundamentação prática de amostragem no experimento, foi o principal problema enfrentado, não existindo metodologia que pudesse ser genericamente aplicada na coleta de amostras de todas as espécies estudadas. Assim, na falta destes conhecimentos, optou-se pela realização de coleta baseada em práticas utilizadas para outras culturas e na experiência do pesquisador, tendo sido empiricamente adotada a seguinte padronização:

- Folhas - antes do arranquio das plantas, foram coletadas em 4 diferentes posições da porção média da copa (10 exemplares de cada posição). As amostras foram formadas: 1 - por folhas (compostas ou não) do 5º par; 2 - por folhas maduras mas ainda não senescentes, retiradas segundo avaliação visual.

- Tronco – foi cortado com machado em sua porção mediana, sendo extraída amostra que foi, posteriormente, dividida com uso de serra-circular de bancada, formando anéis com pequena espessura.
- Raízes – coletadas com diâmetro inferior a 0,3cm em variadas posições do sistema radicular.

As amostras coletadas foram levadas ao laboratório e lavadas com solução de HCl a 5% e água destilada, sendo posteriormente secas em estufa a 80 °C e trituradas (triturador elétrico com lâminas de aço inox). O material resultante foi mineralizado com uso de mistura nítrico-perclórica (2:1), obedecendo ao recomendado por ALLAN (1969) – vide anexo 1, sendo os elementos posteriormente quantificados com o uso do ICP.

A amostragem esteve restrita a apenas 1 exemplar de cada uma das 11 diferentes espécies apresentadas como de interesse, tendo sido realizada em conjunto com a abertura de cavas para investigação do solo e visualização do sistema radicular (vide item II.5.1). Foram avaliadas plantas do Bloco 6, pois ANDRADE (2000) havia aberto cavas em local próximo e encontrado pequena espessura da camada de solo de cobertura. Esta observação que trouxe maior facilidade à investigação, pois facilitou a avaliação do solo, a visualização do sistema radicular e permitiu maior inferência sobre à influência dos resíduos, pois estes estiveram próximos as raízes das plantas.

XIV.2 Resultados obtidos

Os tecidos coletados foram avaliados com base em padrões e parâmetros utilizados para outras espécies vegetais. Assim, faixas de teores tidos como característicos de folhas provenientes de plantas adequadamente nutridas nas culturas de Eucalipto, Pinus e Seringueira no Brasil, foram, juntamente com valores referenciados como normais para outras culturas vegetais, agrupados na tabela 89 e compilados em intervalos de máxima amplitude na tabela 90. Valores médios obtidos nas análises foliares das 11 espécies estudadas são apresentados na tabela 91, estando agrupados conforme o órgão avaliado.

Tabela 89 – Teores de referência

Teores apresentados por Malavolta (1992) com base em análises padronizadas de folhas visando a máxima produtividade das culturas				
Met al	Classificação do conteúdo	Teor em mg/Kg nas espécies: (*originalmente apresentados em % de Matéria Seca)		
		Eucalipto	Pinus	Seringueira
*Ca	Adequado	8000 - 12000	3000 - 5000	7600 - 8200
*Mg	Adequado	4000 - 5000	1500 - 2000	1700 - 2400
*K	Adequado	10000 - 12000	10000 - 11000	10000 - 14000
Mn	Adequado	100 - 600	200 - 300	180 - 250
Fe	Adequado	150 - 200	50 - 100	150 - 250
Zn	Adequado	40 - 60	34 - 40	25 - 30
Cu	Adequado	8,0 - 10,0	5,0 - 8,0	10,0 - 15,0
Mo	Adequado	0,50 - 1,00	0,10 - 0,30	0,50 - 1,00
Teores de metais (mg/Kg) com outras referências e observações				
Pb	2 a 3	Valores citados por MALAVOLTA (1980) para plantas encontradas a 150m de estradas com tráfego pesado.		
Cd	0,1 a 1	Teores normalmente encontrados em plantas (MALAVOLTA, 1980).		
Cr	0,02 a 1	Teores normalmente encontrados em plantas (MALAVOLTA, 1980).		
Co	0,02 a 1,61	Valores encontrados respectivamente em aveia grão e em tecido retirado de videira (ANDREOLI, 2001).		
Ni	0,1 a 5	MALAVOLTA (1980)		
Ba	NE	Não foram encontradas referências.		
V	NE	Não foram encontradas referências.		

Tabela 90 – Faixas de teores adotadas para comparação

Faixas de teores para comparação com resultados obtidos nas análises de tecidos vegetais					
Mg/Kg					
Classificação	Ca	Mg	K	Mn	Fe
Adequado	3000 - 8200	1500 - 5000	10000 - 14000	100 - 600	50 - 250
Classificação	Zn	Cu	Mo	Pb	Cd
Adequado	25 - 60	5 - 15	0,10 - 1	2 - 3	0,1 - 1
Classificação	Cr	Co	Ni	Ba	V
Adequado	0,02 - 1	0,02 a 1,61	0,1 a 5	NE	NE

Tabela 91 – Teores encontrados em amostras de troncos

Espécie	Amostras de troncos (mg/Kg)														
	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
E1	1338,0	*	478,5	7,3	45,8	41,0	3,9	*	3,2	*	*	*	*	*	*
E2	337,0	123,5	3397,0	102,6	63,0	45,6	5,9	*	*	*	*	*	*	*	*
E4	1073,5	60,3	1347,5	26,4	139,7	40,9	5,6	*	*	*	*	*	*	*	*
E5	600,5	*	842,5	3,5	33,8	45,1	2,7	*	*	*	*	*	*	*	*
E6	*	193,5	1496,5	2,9	114,8	46,4	4,0	*	3,1	*	*	*	*	*	*
E7	502,5	*	321,0	20,6	24,1	43,8	7,2	*	*	*	*	*	*	*	*
E11	*	*	543,5	5,4	45,7	36,3	2,5	*	*	*	*	*	*	*	*
E13	2697,0	*	841,5	11,3	70,1	46,8	4,8	*	*	*	*	*	*	*	*
E17	112,5	*	2319,0	8,8	37,1	34,7	2,8	*	*	*	*	*	*	*	*
E20	591,0	*	2462,5	5,6	60,7	35,3	6,0	*	*	*	*	*	*	*	*
E21	2599,0	*	863,0	3,7	65,6	36,8	3,9	*	*	*	*	*	*	*	*

Tabela 92 – Teores encontrados em amostras de folhas - 5º par

Espécie	Amostras de folhas – 5º par (mg/Kg)														
	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
E1	2687,0	530,0	3677,5	48,6	55,9	28,3	5,0	*	*	*	*	*	*	*	*
E2	5741,0	1247,5	2041,5	70,1	89,0	33,8	11,1	*	*	2,7	*	*	*	*	*
E4	2399,0	725,0	3931,5	128,3	54,9	54,1	22,6	*	*	*	*	*	*	*	*
E5	4218,5	999,0	3572,0	37,4	97,9	29,4	8,5	*	*	*	*	*	*	*	*
E6	1685,5	1730,5	4809,5	34,7	154,3	30,4	5,2	*	*	*	*	*	*	*	*
E7	1062,5	801,5	3012,5	33,6	142,8	51,1	4,0	*	*	*	*	*	*	*	*
E11	1613,5	418,0	4288,5	99,1	70,0	22,4	4,9	*	*	*	*	*	*	*	*
E13	2939,5	759,5	3540,0	176,2	101,4	26,5	7,3	*	*	*	*	*	*	*	*
E17	3077,0	642,0	7567,5	69,5	53,7	35,9	10,0	*	*	*	*	*	*	*	*
E20	5364,5	906,0	2858,5	190,5	30,0	28,4	2,0	*	*	*	*	*	*	*	*
E21	2661,0	860,0	2827,5	83,0	207,2	53,0	5,0	*	*	*	*	*	*	*	*

Tabela 93 – Teores encontrados em amostras de folhas - maduras não senescentes

Espécie	Amostras de folhas – folhas maduras não senescentes (mg/Kg)														
	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
E1	3897,0	838,5	4804,5	74,1	82,5	50,4	7,6	*	34,9	*	*	*	*	*	*
E2	2801,5	586,5	2892,5	180,0	269,2	41,6	12,3	*	30,6	*	*	*	*	*	*
E4	3344,5	595,5	2741,5	157,3	99,6	37,7	4,7	*	30,8	*	*	*	*	*	*
E5	4975,5	1123,0	3779,5	50,0	239,3	39,2	7,7	*	35,3	*	*	*	*	*	*
E6	523,5	1194,5	4731,0	25,9	116,0	35,4	7,2	*	23,0	*	*	*	*	*	*
E7	994,0	796,0	3985,0	55,5	189,9	49,6	7,6	0,1	37,6	*	*	*	*	*	*
E11	4444,0	673,5	1366,5	185,9	105,6	47,3	7,3	*	52,6	*	*	*	*	*	*
E13	1680,0	556,5	3327,5	79,1	96,0	35,7	7,8	*	36,5	*	*	*	*	*	*
E17	6692,5	845,0	6119,5	115,5	171,5	42,8	7,0	*	37,5	*	*	*	*	*	*
E20	8139,5	1479,5	2532,0	62,4	138,5	37,9	6,1	*	48,6	*	*	*	*	*	*
E21	3347,0	998,0	3889,0	84,2	327,6	52,2	7,3	*	22,4	*	*	*	*	*	*

Tabela 94 – Teores encontrados em amostras de raízes

Espécie	Amostras de raízes (mg/Kg)														
	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
E1	3076,0	12,0	1281,5	11,9	92,7	35,4	4,6	*	*	*	*	*	*	*	*
E2	2619,5	521,0	2604,5	183,6	109,7	39,0	8,2	*	*	*	*	*	*	2,3	*
E4	3604,5	440,0	2130,0	30,2	528,6	44,4	9,1	*	*	*	*	*	*	*	*
E5	1561,0	485,5	2832,0	12,0	120,4	47,1	7,7	*	*	*	*	*	*	*	*
E6	3703,5	847,5	4718,0	6,0	93,8	40,5	5,5	*	*	*	*	*	*	*	*
E7	2554,0	618,5	967,5	26,9	120,0	25,5	7,8	*	*	*	*	*	*	*	*
E11	2379,5	744,5	1186,0	32,3	205,8	26,8	9,4	0,5	*	*	*	*	*	*	*
E13	6412,0	303,5	1978,0	17,1	437,8	26,4	11,9	*	*	*	*	*	*	*	*
E17	4446,0	551,0	4471,0	64,3	539,1	33,2	8,7	*	*	*	*	*	*	*	*
E20	2700,0	1083,0	2740,5	26,2	611,2	51,1	20,7	*	*	*	*	*	*	12,0	*
E21	463,5	83,5	1326,0	18,5	256,4	25,3	6,8	*	*	*	*	*	*	*	*

- Abaixo do limite de detecção do equipamento (ICP)

XIV.3 Interpretação de resultados

Os teores dos macronutrientes: Ca, Mg e K e do metal Mn, apresentaram-se em sua maioria abaixo ou dentro do intervalo adotado como referência para plantas com adequada nutrição, não tendo sido verificados teores considerados como excessivos em nenhum dos órgãos avaliados. O mesmo aconteceu com os metais Fe, Zn, Cu Cr, Ni, Cd, Pb, Mo, Ba e V.

Teores de Fe também estiveram, na quase totalidade das amostras, dentro do intervalo considerado como de normalidade. Foram exceções apenas cinco amostras provenientes de raízes, o que se explica pelo fato do tecido servir como barreira a absorção, podendo reter o elemento sem que este seja translocado.

Teores de Co, com exceção de apenas duas amostras estiveram abaixo do nível de detecção em folhas jovens (5º par de folhas), tronco e raízes. Porém, amostras de folhas maduras apresentaram teores muito elevados do elemento, o que pode ser resultado da pequena mobilidade no tecido vegetal e, conseqüentemente, de sua concentração natural nas folhas mais velhas ou do aporte por via atmosférica, já que os demais tecidos apresentam-se pobres no elemento.

O Cobalto possui importância nutricional primária para ruminantes, sendo sua deficiência preocupação comumente apresentada por pecuaristas no Brasil, onde a pobreza do solo, característica de várias regiões, reflete-se nas pastagens, que precisam ser adubadas e/ou os animais terem sua alimentação suplementada com o elemento. Apesar disto, existe a informação de que solos muito ricos no elemento podem resultar

em teores que, apesar de não fitotóxicos, refletem-se na composição do tecido vegetal e chegam a ocasionar toxicidade para ruminantes (CHANEY, 1980 apud BERTON, 2000). Porém, a situação é de difícil ocorrência, pois níveis tóxicos do elemento são cerca de 300 vezes superiores àqueles correspondentes as exigências dietéticas (ROSA, 1991). No caso de árvores e arbustos, não foram encontrados relatos de problemas ambientais relacionados ao transporte do metal do solo.

Com a falta de referências e tendo apenas dados obtidos a partir de análise expedita de tecidos vegetais, não existem subsídios para caracterização de anormalidade e muito menos para avaliação de risco ambiental. Além disto, o uso de parâmetros específico para avaliação foliar de culturas agrícolas e florestais tradicionais, deve ser visto com a reserva de sua extrapolação para comparação não rotineira. Entretanto, a presença de grande e diferenciada concentração de Co e sua associação com a idade de um órgão (folha), mereceria o desenvolvimento de uma investigação mais aprofundada e específica.

XV Considerações finais

Seis anos após o plantio, 930 plantas vegetavam sobre o solo utilizado como capa de cobertura dos resíduos no Aterro de Santo Amaro, representando cerca de 40% da população efetivamente testada³⁰. O resultado mostrou que, apesar de todos os fatores deletérios inerentes ao ambiente, plantas de porte arbóreo e arbustivo podem se estabelecer e desenvolver com sucesso no local.

Das 24 espécies inicialmente avaliadas, algumas sequer se estabeleceram e outras apresentaram pífio estabelecimento. As espécies que se destacaram pela boa adaptabilidade e elevada rusticidade, ressaltada pelo cultivo com poucos tratamentos culturais, são: *Acácia holosericea*, *Clitoria fairchildiana*, *Enterolobium contorsiliquum*, *Mimosa binucronata*, *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Mimosa pellita*, *Mimosa pigra*, *Mimosa tenuiflora* e *Schinus terebinthifolius*, com estabelecimento individual superior a 50% e constituindo 72% da população final. Neste sentido, o melhor desempenho foi o da espécie *Enterolobium contorsiliquum*, que apresentou estabelecimento próximo a 93% e bom desenvolvimento médio.

Durante o período monitorado apenas 22 plantas, pertencentes a 7 diferentes espécies, tombaram. Apesar da inexistência de parâmetros para comparação, o número foi considerado pequeno, especialmente pelas condições de desenvolvimento do sistema radicular. Neste sentido, a abertura de cavas sob plantas de 11 diferentes espécies, permitiu visualizar a existência de concentração superficial de raízes, estando a estabilização das plantas quase exclusivamente limitada à ancoragem rasa no solo. Com o observado é possível inferir que, apesar de superficial, a arquitetura do sistema radicular apresentou-se suficiente a razoável estabilização das plantas, característica evidenciada pela sustentação em taludes de grande inclinação e com constante exposição a ventos. Entretanto, a manutenção deste estado de equilíbrio depende grandemente da dinâmica ambiental, podendo o atual comportamento ser modificado com alterações na composição do solo, ocorrência de ventos de grande intensidade ou mesmo pela progressão do desenvolvimento e envelhecimento natural a cada espécie. Cabe assim a continuidade do monitoramento, pois a avaliação necessita de maior embasamento temporal.

³⁰ Apesar de terem sido plantadas 2.416 mudas, o monitoramento foi efetivamente iniciado com 2334 plantas, pois 82 mudas foram perdidas pelo arranquio para limpeza de drenos e conserto de taludes.

A possibilidade de risco ambiental, correlacionado ao estabelecimento de plantas de porte arbóreo e arbustivo no aterro, foi avaliada a partir da extração de amostras de solo, coletadas por raspagem dentro e fora de parcelas ocupadas por 10 diferentes espécies de plantas e pela abertura de 11 cavas na capa de cobertura. A amostragem da superfície do solo foi realizada em parcelas de espécies que, em 03/2001, apresentavam percentuais de estabelecimento superiores a 50%, sendo estas: *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Mimosa pellita*, *Sesbania virgata*, *Mimosa binucronata*, *Enterolobium contorsiliquum*, *Acacia holosericea*, *Clitoria fairchildiana*, *Schinus terebinthifolius*, *Mimosa pigra* e *Mimosa tenuiflora*. Com a abertura de cavas, foi possível coletar amostras no perfil do solo de cobertura, assim como proceder à avaliação visual do sistema radicular das plantas. Com este objetivo, além da abertura de cavas sob exemplares das espécies anteriormente citadas, a investigação incluiu a abertura de cava sob planta da espécie *Acácia mangium*, cujas parcelas revelaram as maiores médias de altura do experimento, despertando interesse sobre o formato e distribuição de seu sistema radicular.

O risco ambiental associado à presença dos metais: Mn, Fe, Ba, Zn, Cu, Cr, Co, Ni, Cd, Pb, Mo, Ag e V, foi avaliado através da comparação dos teores obtidos com valores orientadores, então adotados pela Agência Ambiental Estadual (CETESB, 2001). Os resultados permitiram verificar a existência da compatibilidade dos teores encontrados, com concentrações naturalmente verificadas nos solos de áreas não contaminadas do Estado de São Paulo, possibilitando caracterizar a não existência de restrições ao cultivo agrícola. Entretanto, a riqueza superficial em Ni e subsuperficial em Cd, sinalizaram a existência de possível depreciação na qualidade, apesar da não verificação de teores indicativos de risco a saúde humana. Foi observada a influência da presença de resíduos e ou de seus produtos/subprodutos, no aumento de concentrações de vários dos elementos avaliados. Teores crescentes dos elementos: Ca, Mg, Cd Zn, Cu, Ni, Pb, Ba, Mn, Cr, Co, Fe e V, com o aprofundamento das cavas e proximidade dos resíduos, indicam que há modificação das características físico-químicas da barreira e a existência de risco pela ascensão de poluentes.

A abertura de cavas e o posterior arranquio das plantas, permitiram observar o pequeno aprofundamento do sistema radicular, fato possivelmente correlacionado a compactação do solo, que dificulta a penetração das raízes, e a pequena espessura de certos trechos da camada de cobertura, que facilita o contato das raízes com gases

fitotóxicos. Foi também verificado o grande aumento nos teores de sais, nos locais onde o solo apresenta-se misturado aos resíduos, fato que também pode contribuir para o não aprofundamento das raízes. Com a superficialidade do sistema radicular e a conseqüente absorção de água e íons concentrada em solo com teores considerados como normais para o solo do estado, apresenta-se como pequena a probabilidade do transporte anormal destes elementos. Porém, a observação da presença de algumas raízes em meio à mistura solo/resíduos e a penetração de outras em meio à massa de resíduos, demonstra a necessidade do desenvolvimento de monitoramento contínuo, para assegurar a não exportação de poluentes.

O risco associado ao fitotransporte e bioacúmulo dos metais, como: Mn, Fe, Ba, Zn, Cu, Cr, Co, Ni, Cd, Pb, Mo, Ag e V, na superfície do solo foi também investigado. A avaliação teve como base a correlação entre absorção e transporte de metais para a parte aérea das plantas, senescência e queda de material formador da copa, deposição dos resíduos na serapilheira e a lenta decomposição desta, com conseqüente liberação de elementos e compostos químicos no solo superficial. O estudo foi realizado sem levar em conta a massa vegetal aportada durante o período estudado, não havendo previsão do tempo necessário à detecção do bioacúmulo. Apesar disto, foi possível verificar que, nos primeiros 6 anos de cultivo com a correlata deposição de material orgânico sobre o solo, não foram verificadas correlações indicadoras de significativo acúmulo decorrente do fitotransporte dos metais avaliados. A única exceção entre os elementos avaliados ocorreu com o Ba, cujos teores apresentam acréscimo em parcelas cultivadas com as espécies *Mimosa binucronata* e *Mimosa pigra*. O comportamento diferencial destas espécies deve, entretanto, considerar a possibilidade de que a elevação dos teores de Ba tenha apenas ocorrido em função do estabelecimento de uma nova dinâmica na distribuição do metal, o que necessariamente não representa a existência de risco ambiental.

A investigação da possibilidade da ocorrência de fitotransporte associado ao acúmulo de metais em tecido vegetal de plantas das espécies: *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Mimosa pellita*, *Sesbania virgata*, *Mimosa binucronata*, *Enterolobium contorsiliquum*, *Acácia holosericea*, *Clitoria fairchildiana*, *Schinus terebinthifolius*, *Mimosa pigra*, *Mimosa tenuiflora* e *Acácia mangium* foi, pela inexistência de parâmetros pré-estabelecidos, realizada com coleta não rotineira de amostras e avaliação que se baseou na extrapolação de referências aplicáveis a outras espécies de plantas. O conjunto das

análises revelou teores baixos dos metais Mn, Zn, Cu Cr, Ni, Cd, Pb, Mo, Ba, Fe e V e surpreendeu pela presença de concentrações elevadas de Co em folhas mais velhas. Esta diferenciação na distribuição, não pode ser primariamente considerada como indicadora de risco ou anomalia ambiental, faltando referências para tanto e existindo várias possíveis explicações para o observado, merecendo investigação com maior direcionamento.

XVI Conclusões

Apesar da existência de vários fatores deletérios inerentes ao ambiente, plantas de porte arbóreo e arbustivo podem se estabelecer e se desenvolver em camada de cobertura simples, formada por solo disposto diretamente sobre os resíduos sólidos urbanos de um aterro.

Na superfície do solo do Aterro de Santo Amaro, as atuais concentrações de metais pesados não restringem ao cultivo vegetal ou trazem risco ambiental e, com exceção do Bário, não foram verificados aumentos de teores correlacionados ao fitotransporte pelas espécies arbóreas e arbustivas testadas.

A camada de solo, utilizada como capa de cobertura para os resíduos, também não apresenta em seu perfil teores de metais que restrinjam ao uso no cultivo vegetal ou representem risco ambiental. Apesar disto, verificou-se o aumento nos teores de vários metais com a proximidade e ou contato com os resíduos, revelando a existência de transporte e a possibilidade de alteração do atual cenário com o tempo.

As raízes das plantas avaliadas apresentaram-se superficialmente distribuídas e pouco aprofundadas no solo de cobertura, revelando ser muito pequena a área de contato das raízes com os resíduos. Como consequência, apresenta-se reduzida à possibilidade da significativa absorção de metais pesados disponíveis na massa de resíduos.

Com base nas conclusões obtidas, verifica-se que o estabelecimento de espécies arbóreas e arbustivas não ocasionou prejuízo ambiental pela mobilização de metais pesados. Entretanto, os resultados referem-se à interação ambiental e acúmulo de biomassa durante período de 6 anos a partir do plantio, o que é pouco diante da perspectiva temporal do estabelecimento de uma nova ecodinâmica no ambiente. Além disto, existem parâmetros ambientais que se modificam com o envelhecimento da massa de resíduos, podendo alterar a realidade que está sendo atualmente considerada. É assim imprescindível o monitoramento periódico das condições ambientais, como também, recomendável o aprofundamento das pesquisas, considerando a possibilidade da interação vegetal com outros poluentes como, por exemplo, os compostos organoclorados.

Recomendações para continuidade da pesquisa

A estruturação e o desenvolvimento de novas pesquisas podem contemplar áreas bastante diversas, pois o assunto apresenta interfaces com as mais variadas ciências. Entretanto, seqüenciando a pesquisa desenvolvida no Aterro de Santo Amaro seria interessante:

1. Prosseguir no acompanhamento da evolução das espécies testadas, monitorando os teores de metais e o risco ambiental associado, levando em consideração os teores superficiais de Ni, subsuperficiais de Cd.
2. Avaliar a dinâmica ambiental da presença de xenobiontes no solo e na vegetação.
3. Investigar a influência do aumento de salinidade no solo em contato com resíduos e as possíveis modificações na estrutura e na atuação da capa de cobertura como barreira.
4. Avaliar o comportamento de bactérias do Gênero Rhizóbio na colonização radicular.
5. Trabalhar considerando o balanço hídrico do local.
6. Avaliar a influência das plantas na fitorremediação dos componentes tóxicos do gás emitido.
7. Efetuar tratamento estatístico mais acurado dos dados obtidos.
8. Desenvolver avaliação de impactos decorrentes da vegetação da área.
9. Avaliar a interação com xenobiontes e com compostos organometálicos voláteis presentes nos gases contidos na massa de resíduos.

XVII Bibliografia

- ABREU, C. A. de, LOPES, A. S., VAN RAIJ, B. “Análise de micronutrientes em solos brasileiros: situação atual e perspectiva”. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo** (Anais), Rio de Janeiro: ABCS, 1997.
- ALLAN, J. E. **The preparation of agricultural samples for analysis by atomic absorption spectroscopy**, Varian Techtron - Bulletin, 12, 1969.
- ANDRADE, J. C. da M. e. **Vegetação em Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos: Estudo de Caso do Aterro Sanitário de Santo Amaro, São Paulo**. Tese de M.Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.
- AGUIAR, A. B. de. **O emprego do permeâmetro de Guelph na determinação da permeabilidade do solo, de camadas de lixo e sua cobertura**. de M.Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.
- AZEVEDO, F. A., CHASIM, A. A. da M. **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo, Editora Atheneu, 2003.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. Trad. RECIO, M. A.L.; CARRERA, L. C. M. 2 ed. Porto Alegre, Bookman, 2002.
- BASE, 2000. “Vista aérea do Aterro Santo Amaro”. *Apud* PMSP (Prefeitura Municipal de São Paulo / SMMA). **Avaliação preliminar da viabilidade ambiental da implantação de parques municipais em aterros desativados**, PMSP, São Paulo, 2001.
- BERTON, R. S. “Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados”. In: BETTIOL, W., CAMARGO O. A (eds.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna,SP, EMBRAPA-MA, 2000.

- BRADY, N. C., BUCKMAN, H. O. **Natureza e propriedades dos solos: compêndio universitário sobre edafologia**. Trad, de Antônio B. Neiva Figueiredo, 2ed., Livraria Freitas Bastos S.A., Rio de Janeiro, 1976.
- BRANDÃO, M., BRANDÃO H. **A árvore: paisagismo e meio ambiente**. Vitae Comunicação Integrada Ltda., Belo Horizonte, 1992.
- BUSTAMANTE, M. M. da C. **Biomonitoring of heavy metals using plants growing at former mining sites**. Tese “Doctor de der Naturwissenschaften”. Universität Trier, Trier, 1993.
- CALIFORNIA (California Integrated Waste Manegement Board). **Landfill Gás Characterization**, Sacramento, California Waste Management Board, 1988. *Apud* TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S. A. **Gestión integral de residuos sólidos** (tradução). 1 ed. Madri: McGraw-Hill Inc., v(s).1-2, 1994.
- CALIFORNIA (California Integrated Waste Manegement Board). **Guide to vegetative covers for California landfills**. Bryan A. Stirrat & Associates, Califórnia, 1999.
- CARDOSO, E. J. B. N., FREITAS, S. S. “A rizosfera”. In CARDOSO, E. J. B. N., TSAI, S. M., NEVES, M. C. P. (eds.). **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, pp.41-57, 1992.
- CARVALHO, A. P. “Plantando as espécies certas nos locais certos: influência do clima e solo”. In: GALVÃO A. P. M.; MEDEIROS, A .C.S. (eds.). **A restauração da mata atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural**. EMBRAPA, Colombo – PR, pp. 27-43, 2002.
- CASARINI, D. C. P. “Padrões de qualidade de solos e água subterrânea”. In: EMBRAPA, **Woskshop sobre biodegradação**, Campinas – SP, 1996
- CASARINI, D. C. P. **Biodegradação: contribuição do II workshop sobre biodegradação**. 1ed. Jaguariúna/SP. EMBRAPA Meio Ambiente, 2001.

- CEMPRE/ IPT. Lixo Municipal - **Manual de Gerenciamento Integrado**, São Paulo-SP, 1995.
- CER (Clube Espanhol de resíduos). “Situación presente y futura de los vertederos em la Unión Européia”, **Cuadernos do CER**, Madri, CER, v. 1 (Nov), 2000.
- CETESB (Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental). **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo, CETESB, 2001.
- CHANEY, R. L. “Health risks associated with toxic metals in municipal sludge”. In: BITTON, G. (ed.). **Sludge-Health risks of land application**. Ann Arbor Sci. Publ., pp. 59-83, 1980. *Apud* BERTON, R. S. “Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados”. In: Bettiol, W., Camargo O. A. (edt). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna,SP, EMBRAPA-MA, 2000.
- CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resoluções nºs 257 e 264 de 30 de junho de 1999**. Site do CONAMA - <http://www.mma.gov.br/port/conama>, 2003 (acesso em 23/04/2003).
- CORNEJO, J. J., MUNOZ, F. G. **Evaluación de especies de la flora chilena como agentes de descontaminación de aire de interiores**. Universidad de Santiago do Chile, Oct. 1997.
- DAKER, A. **Irrigação e drenagem: a água na agricultura**. 7 ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1988.
- DECHEN, A. R., BATAGLIA, O. C., DOS SANTOS, W. R., VITTI, G. C. “Módulo 3 – Avaliação do estado nutricional das plantas” In: ABEAS (Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior). **Curso de especialização por tutoria à distância em nutrição mineral de plantas**, ABEAS, Brasília – DF, 1998.

- DIAS L. E.; GRIFFITH, J. J. “Conceituação e caracterização de áreas degradadas”. In: DIAS, L. E., VARGAS DE MELLO, J. W. (eds.) **Recuperação de áreas degradadas**. Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas/ UFV, Viçosa, pp. 1-7, 1998.
- DECISIÓN S. R. L. **Características y criterios para el análisis del suelo y la vegetación de cobertura en áreas de rellenos sanitarios**. Buenos Aires, DECISIÓN, 1982. 93p.
- DIAS, L. E. “O papel das leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas na recuperação de áreas degradadas (parte 2)”. In: **III Curso de Atualização em Recuperação de Áreas Degradadas**, 1996, Curitiba. UFPR/FUPEF, pp. 17-29, 1996.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, EMBRAPA – CNPS, 1997.
- EGREJA FILHO, F. B., PEREIRA NETO, J. T. “Metais pesados na compostagem: uma contribuição ao estado da arte”. In: **18º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária** (Anais), Rio de Janeiro, 1995.
- EPA (Environmental Protection Agency). **Reusing Superfund Sites: Recreational use of land above hazardous waste containment areas**. EPA, Washington - DC, 2001
- EPAL. “Aterro Sanitário de Santo Amaro: Relatório de Monitoramento CIX” (março de 2001), 2001. *Apud* PMSP (Prefeitura Municipal de São Paulo/ SMMA). **Avaliação preliminar da viabilidade ambiental da implantação de parques municipais em aterros desativados**, PMSP, São Paulo, 2001.
- ERNEST, W. H. O. “Bioavailability of heavy metals and descontamination of soils by plants”. In: **Applied Geochemistry**, v. 11, Elsevier Science Ltda., Amsterdam, pp. 163-167, 1996.

- ESPINACE A. R., PALMA G. J., SZANTO N. M., OLAETA, C. J. A. “Recuperación de áreas utilizadas como vertederos controlados de R.S.U. Experiencias y proposiciones”. In: **XII Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Copiapó, Octubre, 1997.
- FEAM/Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais. **Lixo? Como destinar os resíduos sólidos urbanos**. Belo Horizonte, FEAM, 1995.
- FERGUNSSON, J. E. **The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects**. Pergamon Press, Nova Zelândia, 1991.
- FERNÍCOLA, N. A. G. G. DE, BOHRER-MOREL M. B. C., BAINY, A. C. D. “Ecotoxicologia”. In: AZEVEDO, F. A. DE, CHASIN A. A. DA M. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos/SP, RIMA, 2003.
- GILMAN, E. F., LEONE, I. A., FLOWER, F. B. The adaptability of 19 woody species in vegetation a former sanitary landfill. **Forest Science**, Ohio, v. 27, n.1, p.13-18, 1981.
- GOMES, F. P. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Potafos, Piracicaba, 1984.
- GOMES, J. C. “**Seminário: Poluição Industrial e Contaminação Humana no Brasil**”. Instituto Biológico de São Paulo. São Paulo, 14 de setembro, 2001.
- GUIDICINI, C.; NIEBLE C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2 ed. São Paulo, Edgard Blücher, 1983.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Pesquisa nacional de saneamento básico 2000**. Rio de Janeiro, IBGE, 2002.
- JUCÁ, J. F. T. **Disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**. In: Relatório do V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, Porto Alegre, 2003.

- KIEL, E. J. “Utilização do composto de resíduos sólidos urbanos”. In: **Encontro Nacional de Reciclagem, Agricultura e Meio Ambiente**. Campinas: CATI, pp. 16-35, 1995.
- KIEL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba (editado pelo autor), 1998.
- KING, L. D. “Soil heavy metals”. In: ALVAREZ, V. H., FONTES, L. E. F., FONTES M. P. F. (eds.) **O Solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, U.F.V, Viçosa – MG, 1996.
- KING, L. D. “Retention of metals by several soils of the Southeastern United States”. **Journal of Environmental Quality**, Madison., n. 10, pp. 1-56, 1989.
- KONOLD, W., ZELTNER, G. H. “Vegetation und rekultivierung von abgedeckten Mülldeponien”. In: **Beseitigung von Abfällen durch Ablagerung**, pp. 01-10, 1983.
- LÃ, R. O. **Extração seqüencial de metais pesados do solo**. Tese de M. Sc., UFRRJ. Rio de Janeiro, RJ, 1998.
- LABAUVE, J. M., KOTUBY-AMACHER, J., GAMBRELL, R. P. “The effect of soil properties and a synthetic municipal landfill leachate on the retention of Cd, Ni, Pb, and Zn in soil and sediment materials”. **Journal WPCF**, v. 60, n. 3 pp 379-385, March, 1988.
- LARGERWERFF, J. V., BIERSDORF, G. T., MILBERG, R. P., BROWER, D. L. “Effects of incubation and liming on yield and heavy metal uptake bu rye from sewage-sludge soil”. **Journal Environ. Qual.**, v. 6, pp. 427-431, 1977. *Apud* MAZUR, N. **Níquel, chumbo, zinco e cobre em solos que receberam composto de resíduos sólidos urbanos**. Tese D.Sc., UFV, Viçosa, MG, Brasil, 1997.

- LARCHER W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução PRADO, C. H. B. A. São Carlos – SP, RiMa, 2000.
- LASSINI, P. BALLARDINI, P., SALA, G. “Establishment of complex ecosystems on closed landfills: five years of biological monitoring”. In: **Proceedings Sardinia 97**, Sixth International Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italia, CISA, pp. 327-334, 1997.
- MAJER J. D. “Fauna studies and land reclamation technology: a review of the history and need for such studies”. In: MAJER, J. D. (Coord.). **Animals in primary succession: the role of fauna in reclaimed lands**. Londres, Cambridge University Press, 1989.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, SP, Ed. Agronômica Ceres, 1980.
- MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. São Paulo, SP, Ed. Agronômica Ceres, 1992.
- MARQUES, V. S. **Efeitos de zinco e cádmio em arroz (*Oryza sativa L.*) cultivado em solução nutritiva e em solo tratado com lodo de esgoto enriquecido**. Tese de M.Sc. UFRRJ, Rio de Janeiro, 1997.
- MARQUES, T. C. L. L. S. M. e; SOUZA MOREIRA, F. M. de; SIQUEIRA J. O. “Crescimento e teor de metais de mudas de espécies arbóreas cultivadas em solo contaminado com metais pesados”, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.1, pp. 121-132, Jan 2000.
- MARSCHNER, H. “Mineral nutrition of higher plants”. Second edition, Germany. Academic Press, 1995. *Apud* GOMES, P. C. **Fracionamento e biodisponibilidade de metais pesados influenciados por calagem e concentrações de metais em latossolo vermelho-amarelo**. Tese de D. Sc., UFV, Viçosa - MG, Brasil, 1996.

- MAZUR, N. **Níquel, chumbo, zinco e cobre em solos que receberam composto de resíduos sólidos urbanos**. Tese D.Sc., UFV, Viçosa - MG, 1997.
- MENCH, M., MARTIN, E. “Mobilization of cadmium and other metals from two soils by root exudates of *Zea mays* L., *Nicotiana tabacum* L. and *Nicotiana rustica* L. Plant and Soil”, v. 132, pp.187-196, 1991. *Apud* BERTON, R. S. “Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados”. In: Bettiol, W., Camargo O. A. (edt). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna,SP, EMBRAPA-MA, 2000.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente) – **Riqueza de espécies**. Extraído em 12/01/03 do site - <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiv/brasil.html>.
- O’LEARY & WALSH, “Landfill closure and long- term care”. **Waste Age**, pp. 87-115, 1992. In: REPINDEX. REPIDISCA, Peru, n. 49/50, Mar/Jun, 1994.
- OLIVEIRA, C. **Avaliação do potencial de contaminação de dois solos agrícolas com lodo de esgoto enriquecido com cádmio, chumbo e zinco**. Tese de D.Sc., UFRRJ-Departamento de Solos, Seropédica, RJ, 1998.
- OLIVEIRA, F. J. P. de. **Aterro Sanitário de Santo Amaro: estudo de estabilidade visando o aumento da capacidade de deposição**. São Paulo: EPAL (documento interno), sd. 17p.
- PEREIRA NETO, J. T. “Reciclagem de resíduos orgânicos (compostagem)”. In: **Encontro Nacional de Reciclagem, Agricultura e Meio Ambiente**. Campinas, CATI, pp. 55-81, 1995.
- PMSP (Prefeitura Municipal de São Paulo/ SMMA). **Avaliação preliminar da viabilidade ambiental da implantação de parques municipais em aterros desativados**, PMSP, São Paulo, 2001.

- PNUD (United Nations Development Programme). **Human development reports - Millennium development goals: a compact among nations to end human poverty**, New York, Oxford University Press, 2003.
- PORTO, M. L. “Vegetação Metalófila e o desenvolvimento do setor mineral”. In: **Simpósio do trópico úmido 1984**, Anais, Belém- PA: CPATU, pp. 171-183, 1986.
- QUINÁGLIA, G. A. **Estabelecimento de um protocolo analítico de preparação de amostras de solos para determinação de metais e sua aplicação em um estudo de caso**. Tese de M.Sc. Dpto. de Saúde Ambiental/ FSP – USP, São Paulo, 2001.
- ROSA, I. V. **Micronutrientes no animal – funções no metabolismo e conseqüências de carências e excessos**. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. DA. **Micronutrientes na Agricultura**. POTAFUZ/CNPq, Piracicaba/SP, 1991.
- SANCHEZ, L. E. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**. 1 ed. Edusp, São Paulo, 2001.
- SANTOS, P. S. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2 ed. São Paulo, Edgard Blücher Ltda., 1989.
- SCHIANETZ, B. **Passivos ambientais: levantamento histórico, avaliação da periculosidade, ações de recuperação**. 1 ed. Curitiba, SENAI, 1999.
- SCHROEDER R., LLOYD M., ZAPPI P., NADIN A. **The hydrologic evaluation of landfill performance (help) model: user’s guide for version 3**, EPA/600/R-94/168a, U.S. environmental protection agency office of research and development, Washington-DC, 1994.
- SILVA, F. C. DA. **Uso agrônômico de lodo de esgoto: efeitos em fertilidade do solo e qualidade da cana-de-açúcar**. Tese D.Sc., USP, Piracicaba, 1995.

- SINGH, R. **Disponibilidade de micronutrientes em classes dominantes de solos do trópico úmido brasileiro**. Belém, EMBRAPA/CPATU, 1984.
- SISINNO, C. L. S. **Estudo preliminar da contaminação ambiental em área de influência do aterro controlado do morro do céu (Niterói-RJ)**. Tese de M.Sc. FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 1995.
- SMITH, E. D.; LUXMOORE, R. J.; SUTER, G. W. “Natural physical and biological processes compromise the long-term performance of compacted soil caps”. In: **Barrier technologies for environmental management (workshop)**. Washington D.C., National Academy Press, 1977.
- SOBRINHO, N. M. A. “**Metais pesados em solos brasileiros**”. In: ALVAREZ, V. H., FONTES, L. E. F., FONTES M. P. F. (ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, UFV, pp. 837-853, 1996.
- TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S. A. **Gestión integral de residuos sólidos** (tradução). 1 ed. Madri: McGraw-Hill Inc., v(s).1-2, 1994.
- USEPA (United State Environmental Protection Agency). **Standards for the use and disposal of sewage sludge**. Washington, EPA, 1996.
- WALL, D. K., ZEISS, C. “Municipal landfill biodegradation and settlement”. **Journal of Environmental Engineering**, ASCE, v. 121, n. 3, pp. 214, 224, 1995.
- WANG, J., EVANGELOU, V. P. “Metal tolerance aspects of plant cell wall and vacuole – handbook of plant and crop physiology”. MOHAMMAD PESSARAKLI (ed.). University of Arizona, Arizona, 1994. Apud MARQUES, V. S. **Efeitos de zinco e cádmio em arroz (*Oryza sativa L.*) cultivado em solução nutritiva e em solo tratado com lodo de esgoto enriquecido**. Tese de M.Sc. UFRRJ, Rio de Janeiro, 1997.

WEBBER, M. B., KLOKE, A. TJELL, J. C. "A review of current sludge use guidelines for the control of heavy metal contamination in soils". In: L'Hermite, P., OTT, h. **Processing and use of sewage sludge: 3 rd, International Simposium: papers.** Dordrecht: D. Reidel, pp. 371-386, 1994.

WOLVERTON, B. C.; MACDONALD R. C.; WATRINS, E. A. Jr. **Foliage plants for removing indoor air pollutants from energy-efficient Homes.** Economic Botany. New York Botanical Garden, NY, pp. 224-228, 1984.

WOLVERTON, B. C.; WILLARD, D.; BOUNDS K. **A study of interior landscape plants for indoor air pollution abatement.** NASA – Stennis Space Center, Mississippi, July, 1989.

XVIII Apêndices

XVIII.1 Apêndice 1

Teores de metais na camada superficial de solo (NP = parcela não plantada; PM = parcela em que todas as plantas morreram).

Zinco (mg/Kg)											
Bloco Amostrado	Alíquota da amostra	Espécie sob a qual foi extraída amostra de solo									
		E1	E2	E4	E5	E6	E7	E13	E17	E20	E21
B1	A	63,7	44,1	57,4	67,9	85,4	37,1	PM	39,8	41	48,3
	B	61,3	45,7	49,8	66,6	81,7	37,2		42,4	36,5	48
	C	67,1	44,5	55,2	69,4	86,9	40,7		41,7	39,0	51,1
B2	A	48,7	69,2	50,6	28,1	26,3	PM	26,9	52	69,7	59,1
	B	44	73,8	56,7	28,3	26,7		23,5	51	66,8	60,4
	C	49,6	63,4	54,8	37,6	18,6		29,1	51,1	70,8	60,3
B3	A	43,9	62,6	13,9	15,4	29,2	47,4	44,8	12,6	24,4	51,8
	B	45,2	57,7	23,6	17,5	25,8	47,8	41,6	18,5	24,4	23,4
	C	43,9	39,6	12,4	10,4	25,7	47,4	41,1	13,5	26,1	25,7
B4	A	84,1	27,8	43,6	29	20,7	35,7	40,5	40,6	36,4	91,4
	B	86,8	44,1	42,3	31,8	22,6	30,7	35,8	68	41,2	97,3
	C	82,5	24,5	39,5	23,5	22,6	33,3	38,3	59,2	44,9	94,4
B5	A	50	23,5	42,7	31,9	48	62,9	70	43,7	12,7	42,9
	B	56,9	19,8	39,5	43,5	48,4	55,6	66,5	50,6	13,3	31,7
	C	50,8	45,1	45,4	32,8	50,7	58,5	64	46,5	19,3	28,1
B6	A	42,3	NP	37,8	59,3	58,8	52,2	58,2	43,5	38,6	49,8
	B	43,6		34,5	58,9	62,3	57,2	61,7	41,6	44,2	56,5
	C	33,4		38,6	51,5	53,5	55,6	61,4	43	39,2	48,9
B7	A	79	NP	48,2	63,8	70	75,8	70,5	59,7	NP	58,2
	B	73,8		42,9	68,9	70,5	72	72,2	58,2		53,5
	C	72,9		46,8	67,2	79,4	72	67,4	69,6		54,1

Cobre (mg/Kg)											
Bloco Amostrado	Alíquota da amostra	Espécie sob a qual foi extraída amostra de solo									
		E1	E2	E4	E5	E6	E7	E13	E17	E20	E21
B1	A	28,5	16,1	14,3	36,1	41,2	17,6	PM	16,5	18,9	15,5
	B	28,4	16,7	13,4	36,4	40,3	18		17,3	21,6	15,3
	C	29,7	16,2	15,6	34,8	42,1	18,8		16,7	21,1	16,6
B2	A	25,8	31,9	28,7	25,7	22,6	PM	15,5	24,2	33,8	26,8
	B	23,6	31,1	30,6	25,5	22,9		14,9	24,1	32,4	26,8
	C	25,1	32,6	30,6	26,8	20,8		16,2	24,2	34,7	27,3
B3	A	20,1	13,6	13,5	16	12,3	13,2	19,7	9,61	43,5	53,3
	B	19,3	13,1	13,8	15,6	12,9	11,9	18	10,9	43,2	45
	C	20,4	14,6	13,5	13,7	12,6	13,6	18,4	10,8	41,6	47,1
B4	A	27,3	14,8	16,3	15,5	15,9	14,1	24,8	16,4	15,7	14,8
	B	27,9	14,4	14,8	15,7	16	12	19,4	17,2	15,5	15,6
	C	26,6	13,2	13,8	14,7	17,3	13,2	21,5	14,6	17	15,5
B5	A	16,2	12,7	15,6	18,3	15,7	19,2	16,2	14,4	11,6	16,5
	B	17,5	11,2	14,7	21,3	15,4	18,7	15,5	16,6	11,9	16,4

Cobre (mg/Kg)											
Bloco Amostrado	Alíquota da amostra	Espécie sob a qual foi extraída amostra de solo									
		E1	E2	E4	E5	E6	E7	E13	E17	E20	E21
	C	15,4	10,8	16,2	18,3	16,4	18,2	16,5	15,4	12,6	15,3
B6	A	22,7	NP	13,6	17,4	18,5	16,5	16,6	15	12,7	16,6
	B	13,6		12,1	17,1	16,8	17,7	17,6	14,3	13,2	17,6
	C	20,3		13,,0	16,4	17,9	17,7	18,4	15,1	12,2	16,3
B7	A	18,5	NP	17,3	16,7	17,1	15,7	17,6	17,2	NP	22,2
	B	20,2		15,9	18,2	16,9	15,4	17,7	16,8		17,7
	C	19,7		15,7	18,3	17,7	16,7	16,2	18,2		18,1

Cromo (mg/Kg)											
Bloco Amostrado	Alíquota da amostra	Espécie sob a qual foi extraída amostra de solo									
		E1	E2	E4	E5	E6	E7	E13	E17	E20	E21
B1	A	22,7	61,2	69,7	38,1	35,5	30,9	PM	23,6	35,6	47,6
	B	22,3	62,2	66,4	36,6	34,7	32,1		25,1	36,1	47,3
	C	24,6	61,3	69,9	36,7	35,9	32,1		24,6	36,1	51,1
B2	A	38,8	38,2	36,7	63,8	68,9	PM	32,9	62,2	35	29,6
	B	35,9	38,2	40,3	64,1	69,3		32,4	63,1	33,7	29,9
	C	37,8	40,2	39,3	65,8	64,2		33,5	64,6	36	29,2
B3	A	22,5	24,9	38,8	49	55,7	45,2	52,9	28,2	42	53,6
	B	21,3	23,8	38,9	49,9	56	41,6	49,6	30,9	42,5	50,1
	C	22,1	24,6	37,7	46,4	56,5	45,1	48,3	28,7	41,5	51,5
B4	A	50,2	40,7	26,6	25	53,8	52,8	50,8	25,2	56,8	41,3
	B	52,6	42,7	26,4	32,1	54,7	49	45,6	27,8	58,4	43,4
	C	50,5	38,7	24,9	22,4	55,5	51,3	49,6	25,3	60,5	43,3
B5	A	29	45,6	30	24,5	28,6	42,1	37,2	53,5	24,3	36,4
	B	31	42,4	27,6	28,5	28,1	40,6	37	57,6	25	36,5
	C	27,2	40,9	31,3	24,2	29,9	40,1	39,6	54,5	27	33,9
B6	A	35,7	NP	36,4	35,1	39,5	29,4	33,8	33,2	17,9	32,9
	B	36,4		34,6	35,8	38,1	31,5	36,1	32,1	20,4	34,1
	C	33,2		35,4	34,4	39,1	31,6	37	34,2	18,5	32,4
B7	A	38,4	NP	34,9	36,2	33,2	34,1	35	52,3	NP	39,9
	B	39,8		35,8	39,8	33	34,8	35,9	51,4		36,6
	C	40,1		35,8	39,1	34,2	37,4	33,6	53,9		35,9

Cobalto (mg/Kg)											
Bloco Amostrado	Alíquota da amostra	Espécie sob a qual foi extraída amostra de solo									
		E1	E2	E4	E5	E6	E7	E13	E17	E20	E21
B1	A	3,12	4,07	3,82	4,89	4,77	5,07	PM	2,39	4,4	3,39
	B	3,32	4,32	3,68	4,42	4,36	5,24		2,66	5,06	3,34
	C	3,66	4,51	4,79	4,96	4,58	5,46		2,62	4,68	4,33
B2	A	5,12	5,29	4,65	6,41	6,61	PM	4,8	4,77	4,26	4,4
	B	4,93	5,04	4,89	6,41	6,75		4,47	4,68	4,07	4,42
	C	4,94	5,56	4,87	6,51	6,29		4,76	4,7	3,83	4,73
B3	A	*	3,73	6,49	4,41	4,03	3,26	*	*	11,3	16,2
	B	*	3,43	6,23	4,36	4,23	3,07	*	*	11,7	14,8
	C	*	3,5	6,32	3,64	4,27	3,93	*	*	11,2	15,3
B4	A	4,11	3,54	3,04	3,19	4,87	4,27	3,99	*	4,13	4,02
	B	4,17	3,73	2,98	2,81	4,34	3,76	3,46	3,22	4,03	3,99
	C	3,69	3,26	2,74	2,11	4,82	3,74	4,08	3,22	4,52	4,24

Cobalto (mg/Kg)											
Bloco Amostrado	Alíquota da amostra	Espécie sob a qual foi extraída amostra de solo									
		E1	E2	E4	E5	E6	E7	E13	E17	E20	E21
B5	A	3,02	4,18	*	4,12	4,45	4	4	4	2,38	4,23
	B	3	3,82	*	4,57	4,47	3,46	4,09	4,21	3	4,27
	C	2,89	*	*	3,81	4,64	3,28	4,26	4,22	3,09	4
B6	A	3,34	NP	4,07	4,99	5,39	4,62	4,49	4,89	2,93	4,32
	B	4		3,75	4,95	4,96	5,12	4,55	4,45	3,53	3,96
	C	3,03		4	4,91	5,24	5,16	5,5	4,82	2,88	4,29
B7	A	6,97	NP	7,7	6,69	7,37	6,7	8,29	5,26	NP	5,36
	B	7,41		8,4	7,9	7,32	6,9	8,62	5,35		4,8
	C	7,25		8,11	8,01	7,18	7,8	7,46	5,78		4,5

Níquel (mg/Kg)											
Bloco Amostrado	Alíquota da amostra	Espécie sob a qual foi extraída amostra de solo									
		E1	E2	E4	E5	E6	E7	E13	E17	E20	E21
B1	A	14,6	25,9	27,8	21,5	20,4	17,6	PM	15,6	21,5	23,4
	B	13,9	27,9	26,1	19,4	18,8	19		15,2	21,1	24,2
	C	15,4	25,7	28	21,7	21,5	19,7		14	23,5	25,3
B2	A	23,3	25,6	20,6	35,2	34,3	PM	18,2	30,4	20,7	21,5
	B	19,3	22,7	21	34	34,9		17,1	31,5	20	18,1
	C	21,1	24,1	22	36,5	32,2		17,9	28,9	21,6	20,6
B3	A	13,5	14,3	21,3	25,5	23,7	22,2	23,1	15,8	29	33,8
	B	12,1	13,5	21,9	23,6	26,9	18,4	20,8	17,7	27,9	28,2
	C	12,2	15,4	22,1	21,7	26,4	20,1	22,3	16,2	26,5	31,2
B4	A	22,1	18,8	17,8	16,8	26,6	22,4	27,1	14,5	24,9	19
	B	25,5	19,9	15,1	17	26,3	20,5	24,9	18,2	26,7	21,1
	C	23,6	18,2	14,5	13,5	26,7	21,8	28,6	15,1	28,2	19,8
B5	A	17,2	23,6	20,3	17,2	18,3	21,5	22	24,3	14,1	20,6
	B	19,3	19,8	16,4	22,2	19	20,6	19	28,8	14,3	20,9
	C	15,9	19,9	18,5	16,7	20,6	20,5	21,5	27,4	16,6	19,4
B6	A	21,8	NP	18,1	21,7	25,7	17,8	20,9	19,7	12,3	19,7
	B	22,2		16,8	21,5	21,9	20,7	21,7	17,2	14,4	21,8
	C	19,5		17,5	18,4	23,9	19,7	24,6	19,1	12,5	19,3
B7	A	21,2	NP	20	20,1	19,6	23,2	21,4	22,4	NP	18,7
	B	23,5		20,3	21,5	19,4	19,3	20,9	22,2		17,3
	C	22,1		21,2	21,4	20,1	21,5	17,7	24		19,1

Cádmio (mg/Kg)											
Bloco Amostrado	Alíquota da amostra	Espécie sob a qual foi extraída amostra de solo									
		E1	E2	E4	E5	E6	E7	E13	E17	E20	E21
B1	A	*	*	*	*	*	*	PM	*	*	*
	B	*	*	*	*	*	*		*	*	*
	C	*	*	*	*	*	*		*	*	*
B2	A	*	*	*	*	*	*	PM	*	*	*
	B	*	*	*	*	*	*		*	*	*
	C	*	*	*	*	*	*		*	*	*
B3	A	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	B	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B4	A	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Cádmio (mg/Kg)											
Bloco Amostrado	Alíquota da amostra	Espécie sob a qual foi extraída amostra de solo									
		E1	E2	E4	E5	E6	E7	E13	E17	E20	E21
	B	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B5	A	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	B	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B6	A	*	NP	*	*	*	*	*	*	*	*
	B	*		*	*	*	*	*	*	*	*
	C	*		*	*	*	*	*	*	*	*
B7	A	*	NP	*	*	*	*	*	*	NP	2,4
	B	*		*	*	*	*	*	2,2		
	C	*		*	*	*	*	*	2,1		

Chumbo (mg/Kg)											
Bloco Amostrado	Alíquota da amostra	Espécie sob a qual foi extraída amostra de solo									
		E1	E2	E4	E5	E6	E7	E13	E17	E20	E21
B1	A	19,5	*	*	63,1	33,4	15,2	PM	15,7	13,9	*
	B	19,4	*	*	67,1	33	15,6		17,6	10,9	*
	C	19,8	*	*	63,9	34,2	17,2		14,6	11,5	*
B2	A	24,4	27,8	26,5	*	*	PM	*	*	32,3	21,6
	B	*	27,6	28,9	*	*		*	*	31	23
	C	23,4	28,4	29	*	*		*	*	33,1	23,2
B3	A	15,5	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	B	14,8	*	*	*	*	*	*	*	13	*
	C	15,4	*	*	*	*	*	*	*	12,9	*
B4	A	18,1	*	11,1	14,2	*	*	*	13,3	14,1	16,7
	B	15,7	*	12,7	15,3	*	*	*	13,8	11,9	17
	C	16	*	13,3	12,9	*	*	*	13,6	14	16,7
B5	A	14,9	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	B	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	C	*	*	*	*	10,3	*	*	*	*	*
B6	A	13,5	NP	*	*	*	*	*	*	*	*
	B	*		*	11,9	*	*	*	*	*	15,1
	C	*		*	*	*	*	*	*	*	15,3
B7	A	*	NP	*	13,4	14,3	15,1	11,9	12,3	NP	*
	B	*		*	16,3	15,5	13,4	*	9,21		
	C	*		*	15,6	14,2	13	*	*		

Bário (mg/Kg)											
Bloco Amostrado	Alíquota da amostra	Espécie sob a qual foi extraída amostra de solo									
		E1	E2	E4	E5	E6	E7	E13	E17	E20	E21
B1	A	89,2	40,7	42,6	98,8	111	77,8	PM	50,1	51,9	36
	B	83,6	41,7	40,2	94,5	108	88,3		55,1	57,9	35,5
	C	97,5	40,9	44,1	93,6	110	83,8		54	56,4	42,4
B2	A	64,8	59,4	70,6	71,7	92,5	PM	65,5	35,3	80,6	88,6
	B	57,4	61,8	75,5	72,2	87,9		65,8	34	76,6	89,9
	C	62,6	65,7	75,3	75,8	72,8		65	35,8	80,6	84,5
B3	A	56,1	57,5	67,5	47,9	30,7	84,6	88,3	33,3	75,5	88
	B	52,9	55,7	67,4	50,2	32,4	78,5	81,8	38,8	75,9	79,8

Bário (mg/Kg)											
Bloco Amostrado	Alíquota da amostra	Espécie sob a qual foi extraída amostra de solo									
		E1	E2	E4	E5	E6	E7	E13	E17	E20	E21
	C	54,6	57,8	64,7	45,2	33	85	78,7	35,5	73,7	81,2
B4	A	96,4	52	43,6	60,6	40,1	23,4	39,8	43,2	46,5	59,3
	B	98,8	52,8	44,2	58,8	37,4	19,7	35,5	53,8	49,2	61,6
	C	94,8	51,9	38,3	49,8	39,1	21,7	41	47,5	52,5	64,6
B5	A	54,7	41,5	43,3	59,3	71,4	68,4	54,3	33,7	34,3	49,6
	B	58,6	35,2	36,5	71,1	70,9	63,5	54,3	38,5	37,1	50,6
	C	49,1	33,5	46,2	58,4	73,9	63,1	58,1	35	41	44,7
B6	A	36,2	NP	98,5	88,1	63,1	85,8	80	66,3	44,4	58,1
	B	39,2		93,7	87,7	61,2	89,5	86,1	65,1	53,4	58,9
	C	32		92,2	77,4	62,9	89,5	87	67,7	45,6	56,7
B7	A	80	NP	78,5	74,2	83,6	75,9	85,1	56,7	NP	62,1
	B	84		74,5	80,5	84,8	78,4	89,5	65,1		57,1
	C	85,4		75,2	79,4	87,6	83,4	80,7	58,1		62,3

Vanádio (mg/Kg)											
Bloco Amostrado	Alíquota da amostra	Espécie sob a qual foi extraída amostra de solo									
		E1	E2	E4	E5	E6	E7	E13	E17	E20	E21
B1	A	41,3	124	146	56,3	52,4	55,7	PM	46,3	92,6	98,2
	B	40,6	125	143	55	51,5	58,3		47,6	90,7	98,3
	C	44	122	148	54,3	52,8	58,6		47,4	91,5	102
B2	A	67	61,4	58,1	145	154	PM	66,9	134	57,8	52,8
	B	64,4	60,6	59,9	140	156		67,1	136	55,8	53,7
	C	66,2	61,8	60,5	139	150		67,7	138	58	51,8
B3	A	69,5	45,7	78,3	108	125	94,4	90,5	69,6	98,9	153
	B	35,6	45	77,3	110	126	91,9	87,7	65	113	145
	C	37,6	45,5	78,5	106	126	95,1	85,5	68,6	110	151
B4	A	89,4	84,2	65,5	63,6	117	113	113	59,1	99,8	81,4
	B	89	83,6	64,3	63,4	120	113	110	62,1	99,8	82,2
	C	89	78,3	63,6	60,5	120	115	116	58,4	102	82,9
B5	A	71,7	106	64,2	59,7	59,2	84,8	74,3	115	65,1	89,2
	B	73,5	103	61	65	56,5	85	75,3	99,2	65,8	88,9
	C	69,4	99,2	63,3	60,5	57,9	84	77,4	117	67,9	91
B6	A	82,1	NP	76,5	38,1	82,8	64	75,2	61,1	47	76,3
	B	84,8		76,9	73	80,9	66,9	79,8	60,1	49,4	79,3
	C	82,5		75,4	73	82,5	66	76,8	60,6	47,7	77,5
B7	A	77,6	NP	77	67,7	68,9	72,2	69,6	90,1	NP	*
	B	80,6		78,4	70,9	68,2	72,3	70,4	89,1		*
	C	80		78,8	68,7	71,6	75,1	67,1	90,4		*

Background										
Bloco	Amostra	Alíquota	Zn	Cu	Cr	Co	Ni	Pb	Ba	V
			mg/kg							
B1	1	A	47,9	15,8	55,2	4,2	26,7	*	25,5	134
		B	44,9	19,2	57,6	4,62	29,5	*	27,1	136
		C	45,1	18,2	62,1	4,84	33,1	*	29,3	146
	2	A	26,5	18,5	35,4	5,67	19,6	*	36,9	78,1
		B	26,9	18,5	35,7	5,77	19,4	*	37,9	76,8
		C	29,5	20	37,2	6,73	21,8	*	43,2	78,3

Bakground										
Bloco	Amostra	Aliquota	Zn	Cu	Cr	Co	Ni	Pb	Ba	V
			mg/kg							
B2	1	A	44	33	36,7	4,3	19,6	28,3	51,6	59,4
		B	47,2	33,6	38	4,64	20,2	28,7	55,6	60,7
		C	50,7	35	39,6	4,81	20,9	30,1	59,8	62,8
	2	A	38,8	14	33,3	3,55	19,2	*	32,9	77,1
		B	30,7	11,7	30,3	2,97	17,6	*	28,3	77
		C	33,9	13,3	33	3,15	19,3	*	30,7	78,8
B3	1	A	41,1	20,5	51,8	*	23	*	29,2	105
		B	38,9	19,9	49,5	*	23,1	*	25	104
		C	39,6	20	51,4	*	20,9	*	27,8	104
	2	A	35,7	11,4	22	2,54	13,6	9,78	61,3	40,5
		B	34	10,8	21,4	2,78	12,6	10,6	57,4	39,3
		C	38,7	11,6	22,7	3,17	13,6	9,97	61	42,1
B4	1	A	54,7	18,7	48,3	5,31	26,4	*	44,7	104
		B	47,2	16,5	44,3	4,42	22,9	*	37,6	96,4
		C	52,2	19,2	46,4	4,88	25,5	*	42,2	101
	2	A	63,5	14,4	37,4	3,88	18,1	*	36,8	81,3
		B	45,4	13,7	35,3	3,63	20,3	*	32,3	79,7
		C	47,6	15,4	37,6	3,99	19,9	*	37,4	82,7
	3	A	67,9	24,5	51,6	5,82	26,5	7,56	93,9	105
		B	72,5	24,4	52,5	5,42	27	7,46	95,5	107
		C	68,2	23,4	50,3	5,43	26,5	7,55	91,5	104
B5	1	A	37,2	14	45,3	3,26	22,2	5,72	29,4	103
		B	43,9	16,6	47,9	4,12	28,1	*	33,7	107
		C	43,3	16,2	48,2	4,42	26,1	*	33,8	110
	2	A	32,1	12,1	26,8	2,44	17,2	*	24,5	64,2
		B	34	12,8	27,1	2,52	17,2	*	25,3	65,5
		C	39,1	13,9	30	3,42	19,6	*	32,7	67,1
B6	1	A	38,9	17,9	39,5	3,79	19,3	*	35,4	73,7
		B	37,7	17,5	39,1	3,82	18,4	*	34,9	72,2
		C	41,2	19,1	41,9	4,58	20,3	*	39,2	74,7
	2	A	63,2	15,9	46,3	6,28	24,7	*	59,5	107
		B	41,2	15,8	46,4	6,5	25,1	*	59,1	107
		C	42,1	16	47,2	6,31	26,1	*	62,8	109
B7	1	A	100	16,7	35,4	8,33	21,5	14,6	76,6	75,6
		B	73,1	18,9	36,6	9,03	23,6	14,2	78,3	76,7
		C	71,2	16,1	35,7	8,9	20,7	12,8	75,4	74,9
	2	A	68,6	18,5	45,9	8,81	25,8	*	74,2	90,5
		B	83,2	32	38,4	6,9	23	*	59,2	81,1
		C	68,5	18,6	45,3	8,59	23,9	*	72,3	89,9

XVIII.2 Apêndice 2

Teores de elementos em diferentes profundidades do solo de cobertura.

Cava	Profundidade	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr
		g/kg			mg/kg				
E1	0-10	0,75	0,23	0,56	83,50	17410,00	20,40	4,90	13,70
	0-10	0,71	0,21	0,44	77,10	16530,00	20,60	10,80	11,70
	10-20	0,48	0,18	0,86	47,30	12340,00	21,00	6,30	5,68
	10-20	0,48	0,18	0,84	46,10	12130,00	21,50	6,50	5,74
	20-30	0,43	0,13	0,48	29,00	11820,00	16,00	2,70	5,02
	20-30	0,44	0,17	0,78	41,60	11990,00	20,40	3,50	5,40
	30-40	0,46	0,13	0,61	47,10	12020,00	18,80	2,16	6,34
	30-40	0,46	0,14	0,72	51,40	12550,00	18,50	2,14	6,40
	40-50	0,50	0,15	0,67	84,60	24730,00	22,50	9,00	24,00
	40-50	0,46	0,14	0,62	83,30	24750,00	18,00	9,00	23,40
	50-60	0,54	0,15	0,61	171,00	28600,00	20,50	9,67	30,10
	50-60	0,49	0,16	0,71	167,00	28029,00	22,50	9,47	29,60
	60-70	0,67	0,21	0,51	28,70	32960,00	21,00	13,00	36,80
	60-70	0,63	0,18	0,30	26,60	31260,00	18,70	12,30	34,10
	70-80	2,76	0,77	0,78	358,00	31240,00	62,30	37,80	41,20
	70-81	2,70	0,77	0,87	352,00	30630,00	62,70	38,80	40,40
80-100	5,95	1,46	1,06	247,00	37490,00	91,90	50,50	55,20	
80-100	6,02	1,49	1,38	265,00	38790,00	90,50	45,60	59,50	

Cava	Profundidade	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr
		g/kg			mg/kg				
E2	0-10	0,98	0,27	0,69	200,00	22130,00	28,90	16,70	34,30
	0-10	0,96	0,26	0,67	201,00	21790,00	27,80	16,70	34,10
	10-20	0,58	0,17	0,44	200,00	27520,00	25,10	20,30	61,40
	10-20	0,55	0,15	0,42	198,00	27840,00	23,40	19,90	60,40
	20-30	0,60	0,16	0,44	203,00	27270,00	23,10	18,90	55,50
	20-30	0,61	0,16	0,47	204,00	27250,00	24,00	19,20	55,90
	30-40	0,59	0,17	0,55	189,00	27550,00	23,90	19,10	53,80
	30-40	0,61	0,17	0,53	191,00	27680,00	24,30	19,20	53,90
	40-50	0,59	0,16	0,43	192,00	27320,00	29,80	12,50	53,10
	40-50	0,58	0,15	0,36	191,00	27590,00	28,90	11,60	52,80
	50-60	0,75	0,23	0,81	243,00	26750,00	26,10	35,60	53,10
	50-60	0,71	0,27	0,74	238,00	26690,00	26,20	21,40	52,60
	60-70	0,77	0,23	0,51	186,00	26190,00	34,50	10,40	52,80
	60-70	0,80	0,23	0,47	184,00	26490,00	34,60	19,40	57,20
	70-100	4,51	0,77	0,87	349,00	26220,00	97,00	40,60	60,20
	70-100	4,48	0,77	0,85	349,00	26130,00	96,80	40,50	60,90

Cava	Profundidade	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr
		g/kg			mg/kg				
E4	0-10	0,66	0,29	0,56	277,00	25350,00	30,00	16,40	47,10
	0-10	0,61	0,28	0,47	288,00	26010,00	28,50	16,20	48,40
	10-20	0,64	0,18	0,42	465,00	27390,00	22,90	18,90	56,10
	10-20	0,64	0,19	0,52	459,00	27500,00	24,30	18,70	56,40
	20-30	0,92	0,22	0,69	386,00	26600,00	21,60	16,70	53,70
	20-30	0,91	0,21	0,58	381,00	26370,00	21,70	17,00	53,00
	30-40	1,09	0,33	0,74	246,00	24220,00	24,10	16,10	45,00
	30-40	1,10	0,34	0,84	249,00	24340,00	25,40	16,20	45,40
	40-50	5,36	0,87	0,57	182,00	22670,00	40,20	25,50	44,00
	40-50	5,20	0,87	0,77	184,00	22380,00	46,40	26,50	44,90
	50-60	2,60	0,60	0,52	58,30	12300,00	21,30	13,00	18,70
	50-60	2,41	0,56	0,48	55,00	11910,00	19,80	12,30	18,00
	60-80	5,11	0,71	0,61	151,00	20410,00	44,20	21,30	33,50
60-80	5,09	0,70	0,59	152,00	20460,00	43,30	21,20	33,40	

Cava	Profundidade	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr
		g/kg			mg/kg				
E5	0-10	1,36	0,33	0,55	235,00	23560,00	30,30	16,00	40,00
	0-10	1,37	0,34	0,63	229,00	23130,00	32,80	16,00	39,20
	10-20	3,94	0,78	0,73	274,00	25910,00	40,10	27,40	64,90
	10-20	3,97	0,78	0,66	272,00	25940,00	39,90	26,90	65,00
	20-30	7,65	1,22	0,79	195,00	22150,00	72,10	37,20	43,80
	20-30	7,61	1,22	0,68	190,00	21940,00	72,20	35,30	43,30
	30-40	17,10	2,32	1,13	196,00	20860,00	95,20	32,70	50,30
	30-40	17,50	2,38	1,17	200,00	21370,00	98,10	32,60	51,40
	40-50	18,30	2,23	1,02	191,00	20040,00	120,00	32,50	36,70
	40-50	18,40	2,50	1,08	193,00	20190,00	122,00	33,90	37,50
	50-120	14,70	2,24	1,27	229,00	20490,00	156,00	34,70	43,30
	50-120	14,70	2,21	1,21	226,00	20520,00	153,00	32,40	42,80

Cava	Profundidade	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr
		g/kg			mg/kg				
E6	0-10	0,75	0,19	0,87	93,10	10820,00	16,10	4,54	7,41
	0-10	0,75	0,20	0,92	94,70	10800,00	17,10	4,74	7,30
	10-20	2,05	0,24	0,80	119,00	11860,00	24,60	6,24	12,30
	10-20	2,04	0,25	0,89	119,00	11460,00	29,00	3,83	10,80
	20-30	6,51	0,49	0,35	198,00	27070,00	22,10	24,10	60,40
	20-30	6,47	0,48	0,37	201,00	27370,00	25,30	24,20	60,70
	30-40	19,60	1,10	0,60	351,00	23850,00	57,70	26,90	54,80
	30-40	1,98	1,12	0,50	348,00	23930,00	59,00	25,00	55,70
	40-50	6,80	0,50	0,44	318,00	27810,00	35,70	30,10	71,20
	40-50	6,76	0,49	0,32	310,00	27610,00	34,10	28,90	69,80
	50-100	1,55	0,51	0,30	236,00	26770,00	19,80	22,20	69,80
	50-100	1,55	0,51	0,25	227,00	26670,00	19,70	21,80	68,00

Cava	Profundidade	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr
		g/kg			mg/kg				
E7	0-10	0,99	0,27	0,91	122,00	13930,00	18,50	8,21	15,50
	0-10	1,00	0,28	0,92	123,00	13860,00	17,70	7,62	15,50
	10-20	1,88	0,37	0,86	260,00	21060,00	29,40	16,50	35,00
	10-20	1,88	0,38	0,99	261,00	21130,00	29,30	16,80	34,80
	20-30	2,30	0,40	0,69	223,00	25170,00	30,10	29,10	57,10
	20-30	2,26	0,40	0,71	220,00	24990,00	29,50	27,90	56,00
	30-40	2,17	0,39	0,54	217,00	24340,00	40,10	26,40	58,70
	30-40	2,19	0,44	0,91	227,00	24650,00	45,50	27,60	60,10
	40- 60	1,69	0,47	0,58	218,00	27550,00	55,00	27,70	54,60
40- 60	2,43	0,43	0,39	249,00	23960,00	57,20	41,70	46,00	

Cava	Profundidade	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr
		g/kg			mg/kg				
E11	0-10	1,38	0,45	0,66	150,00	23450,00	33,60	12,70	35,40
	0-10	1,41	0,46	0,70	154,00	23450,00	35,80	13,10	36,10
	10-20	0,86	0,25	0,94	90,00	11440,00	32,80	5,19	6,05
	10-20	0,89	0,29	1,30	105,00	11730,00	27,00	5,82	6,41
	20-30	0,88	0,28	1,34	95,10	11230,00	23,40	5,59	6,01
	20-30	0,86	0,27	1,20	91,20	11080,00	21,90	5,36	6,02
	30-40	0,73	0,30	1,25	97,80	10180,00	26,40	4,19	4,50
	30-40	0,76	0,28	1,14	93,80	9975,00	24,40	4,90	4,07
	40-50	0,68	0,29	1,27	92,80	12110,00	28,10	4,37	6,55
	40-50	0,78	0,29	1,24	93,10	12140,00	28,40	4,64	6,50
	50-60	0,76	0,30	0,75	84,00	18480,00	29,80	4,81	15,70
	50-60	0,76	0,30	0,72	83,10	18660,00	30,30	5,65	15,80
	60-70	0,77	0,26	0,69	77,70	18100,00	26,80	5,15	15,00
	60-70	0,75	0,25	0,63	75,00	17890,00	22,80	5,68	14,70
	70-80	0,78	0,30	0,84	75,20	15390,00	29,10	4,87	11,60
	70-80	0,68	0,28	0,76	70,90	15190,00	22,50	4,45	11,00
	80- 90	0,86	0,28	0,78	82,60	15030,00	20,70	4,67	11,00
	80- 90	0,87	0,28	0,74	81,20	14960,00	21,00	4,86	10,80
	90- 100	2,06	0,46	0,64	135,00	18130,00	41,10	11,60	20,00
	90- 100	2,11	0,48	0,71	138,00	18140,00	42,20	11,90	20,20
100 - 180	4,97	0,86	1,05	161,00	18060,00	48,40	16,30	24,60	
100 - 180	4,93	0,88	1,25	167,00	18230,00	52,00	17,80	25,20	

Cava	Profundidade	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr
		g/kg			mg/kg				
E13	0-10	2,28	0,64	0,50	159,00	24930,00	38,60	15,80	47,60
	0-10	2,38	0,62	0,44	156,00	25150,00	37,70	15,20	47,90
	10-20	1,63	0,47	0,91	141,00	18600,00	33,00	8,75	24,80
	10-20	1,61	0,46	0,82	139,00	18620,00	33,20	8,85	24,50
	20-30	0,80	0,25	1,36	67,00	10390,00	23,00	2,69	3,71
	20-30	0,71	0,23	1,09	55,40	10250,00	23,90	2,25	3,95
	30-40	0,81	0,22	1,06	49,10	9070,00	31,50	*	3,46
	30-40	0,80	0,21	0,97	42,90	8847,00	31,60	*	4,32

Cava	Profundidade	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr
		g/kg			mg/kg				
	40-50	0,77	0,19	1,20	47,90	8650,00	18,70	3,11	2,56
	40-50	0,75	0,19	1,21	47,80	8697,00	18,70	2,26	2,56
	50-60	1,03	0,25	1,13	100,00	8593,00	30,20	3,65	5,81
	50-60	1,06	0,25	1,06	98,80	8531,00	28,90	3,98	5,77
	60-70	10,50	1,69	0,90	364,00	28650,00	84,80	43,30	29,00
	60-70	10,40	1,70	1,12	389,00	28890,00	89,40	44,90	30,30
	70- 130	14,70	2,34	1,22	200,00	25150,00	127,00	50,50	47,40
	70- 130	14,70	2,33	1,38	206,00	25490,00	129,00	50,40	49,00

Cava	Profundidade	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr
		g/kg			mg/kg				
E17	0-10	0,95	0,35	1,03	115,00	15750,00	30,40	8,21	16,60
	0-10	1,05	0,37	1,06	118,00	15940,00	31,90	9,04	17,10
	10-20	0,67	0,18	0,92	47,30	10690,00	20,50	3,89	4,78
	10-20	0,67	0,16	0,80	43,20	10610,00	20,20	3,38	4,63
	20-30	0,75	0,24	0,88	72,50	15580,00	19,60	5,33	13,40
	20-30	0,72	0,25	0,95	75,60	15630,00	20,60	5,72	13,70
	30-40	0,79	0,25	0,84	72,10	14650,00	19,50	5,73	12,50
	30-40	0,83	0,25	0,76	70,30	14570,00	21,40	5,64	12,20
	40-50	0,96	0,36	0,99	84,60	16060,00	19,90	4,31	12,70
	40-50	0,99	0,35	0,87	82,00	16060,00	18,80	4,05	12,80
	50-60	1,06	0,35	0,97	84,30	15380,00	24,20	7,72	16,30
	50-60	1,07	0,35	0,94	83,70	15330,00	22,70	7,65	16,20
	60-70	2,54	0,46	0,55	260,00	24080,00	59,20	42,20	47,20
	60-70	1,80	0,49	0,65	225,00	27780,00	54,60	28,70	55,60
	70-80	1,59	0,40	0,50	168,00	28360,00	54,50	32,50	59,20
	70-80	1,54	0,39	0,47	162,00	27920,00	53,00	30,70	57,70
	80- 140	1,17	0,37	0,56	178,00	32180,00	42,00	19,60	60,90
80- 140	1,26	0,38	0,57	179,00	32170,00	41,60	19,90	61,50	

Cava	Profundidade	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr
		g/kg			mg/kg				
E20	0-10	1,35	0,45	0,94	178,00	36260,00	41,60	28,40	39,10
	0-10	1,25	0,41	0,88	170,00	34850,00	40,10	27,20	37,40
	10-20	1,25	0,29	0,72	64,00	27480,00	22,40	6,80	25,10
	10-20	0,82	0,23	0,62	51,00	21470,00	18,60	5,70	19,70
	20-30	0,83	0,26	0,86	53,70	17520,00	24,20	4,20	13,40
	20-30	0,81	0,23	0,66	45,40	16480,00	21,30	4,80	12,80
	30-40	4,07	0,72	0,84	176,00	44950,00	84,20	28,50	58,50
	30-40	4,07	0,72	0,89	176,00	45120,00	86,80	29,00	58,80
	40-50	4,06	0,48	0,37	123,00	42690,00	64,30	25,20	50,60
	40-50	4,18	0,52	0,41	129,00	44260,00	63,40	25,40	52,20
	50-70	5,21	0,68	0,54	143,00	41000,00	116,00	97,90	50,00
	50-70	5,11	0,66	0,49	139,00	40310,00	110,00	94,70	49,00

Cava	Profundidade	Ca	Mg	K	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr
		g/kg			mg/kg				
E21	0-10	0,78	0,34	0,89	146,00	30530,00	31,00	28,80	34,50
	0-10	0,71	0,31	0,84	140,00	29230,00	29,40	27,40	33,40
	10-20	0,48	0,15	0,70	98,80	18290,00	19,10	8,40	15,40
	10-20	0,45	0,14	0,62	99,70	18720,00	18,20	7,90	15,60
	20-30	0,47	0,12	0,49	88,90	68960,00	24,00	5,40	107,00
	20-30	0,44	0,10	0,34	83,30	67920,00	21,10	4,25	104,00
	30-40	0,62	0,16	0,63	144,00	19800,00	21,30	8,70	12,70
	30-40	0,69	0,16	0,48	139,00	19530,00	18,50	9,80	12,40
	40-50	0,65	0,15	0,35	138,00	48020,00	22,20	13,60	57,40
	40-50	0,65	0,16	0,39	256,00	48900,00	22,50	14,00	59,30
	50-70	3,00	0,65	0,67	241,00	39960,00	48,00	22,90	60,20
	50-70	2,77	0,58	0,54	243,00	41210,00	42,40	21,90	61,50
	70-90	3,86	0,73	0,58	323,00	42600,00	68,40	32,00	68,20
	70-90	3,73	0,69	0,51	311,00	41350,00	63,90	30,40	65,30
	90-110	7,53	1,53	1,04	283,00	39980,00	98,60	42,90	60,30
	90-110	7,79	1,59	1,07	293,00	40950,00	98,80	42,30	61,60

Colunas	Profundidade	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
		mg/kg						
E1	0-10	1,71	*	1,38	*	*	17,30	28,30
	0-10	1,46	*	1,26	12,30	*	14,10	26,50
	10-20	1,39	*	*	14,20	*	11,50	14,40
	10-20	1,32	*	0,81	16,00	*	11,20	14,50
	20-30	1,10	*	0,92	12,00	*	7,16	14,30
	20-30	1,31	*	0,77	12,00	*	10,20	14,00
	30-40	2,08	*	0,82	17,20	*	7,72	15,10
	30-40	1,91	*	0,88	*	*	8,72	15,20
	40-50	3,77	13,00	2,01	24,00	*	20,30	44,50
	40-50	3,95	12,90	2,05	24,50	*	19,60	45,00
	50-60	7,53	14,40	2,10	22,50	*	28,80	51,60
	50-60	7,53	15,10	2,01	22,60	*	27,90	50,00
	60-70	8,13	18,60	2,76	24,70	*	27,30	66,40
	60-70	7,26	17,00	2,78	22,90	*	23,90	64,60
	70-80	7,10	20,30	2,36	32,40	*	66,40	65,50
	70-81	7,39	21,10	2,33	30,70	*	66,00	64,60
	80-100	8,80	26,60	2,77	45,70	*	125,00	87,80
	80-100	9,88	29,90	2,84	44,40	*	138,00	89,90

Colunas	Profundidade	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
		mg/kg						
E2	0-10	5,06	15,20	1,14	18,80	*	32,30	59,40
	0-10	5,19	13,60	1,11	18,60	*	31,80	58,60
	10-20	7,44	19,00	1,73	23,10	*	25,90	90,30
	10-20	7,16	18,50	1,76	22,30	*	25,20	90,60
	20-30	7,00	19,00	1,74	24,70	*	34,50	90,20

Colunas	Profundidade	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
		mg/kg						
	20-30	6,99	19,00	1,69	24,50	*	34,20	90,30
	30-40	6,34	19,30	1,62	21,60	*	31,10	87,50
	30-40	6,23	19,30	1,65	22,20	*	29,80	87,80
	40-50	6,21	21,60	1,86	23,50	*	21,50	95,70
	40-50	6,10	20,80	1,54	24,40	*	19,70	96,40
	50-60	6,57	23,40	1,94	16,00	*	25,80	87,00
	50-60	6,45	19,10	1,83	15,60	*	27,10	86,70
	60-70	5,50	20,00	1,65	21,60	*	25,10	89,40
	60-70	5,37	19,20	1,76	21,20	*	24,30	87,80
	70-100	7,05	20,70	1,80	36,30	*	53,90	85,00
	70-100	6,91	21,10	1,76	37,40	0,53	53,80	83,50

Colunas	Profundidade	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
		mg/kg						
E4	0-10	5,26	16,00	1,29	13,90	0,67	36,50	89,90
	0-10	5,26	15,80	1,38	15,80	*	35,10	92,60
	10-20	11,30	19,20	2,28	29,60	*	70,80	90,80
	10-20	11,10	19,60	2,16	28,70	*	71,90	89,40
	20-30	7,90	21,60	2,18	30,30	*	46,40	82,10
	20-30	7,89	22,30	2,16	28,90	*	45,50	81,40
	30-40	6,61	15,70	1,73	31,20	4,00	45,00	73,60
	30-40	6,72	16,10	1,72	29,60	*	46,90	75,20
	40-50	5,32	14,70	1,39	26,20	*	56,90	79,20
	40-50	5,62	16,40	1,40	27,00	*	61,70	79,50
	50-60	2,57	10,40	0,64	13,90	*	29,90	29,50
	50-60	2,52	10,10	0,60	12,60	*	29,40	28,60
	60-80	4,92	17,40	1,44	22,50	*	45,70	54,00
	60-80	4,74	16,50	1,36	22,40	*	46,40	52,70

Colunas	Profundidade	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
		mg/kg						
E5	0-10	4,79	14,80	1,19	21,00	*	48,30	77,30
	0-10	4,69	14,80	1,17	20,20	*	48,80	75,10
	10-20	8,37	20,20	2,05	28,50	*	73,90	93,60
	10-20	7,98	19,90	2,15	28,90	*	73,50	94,10
	20-30	5,44	21,70	1,59	39,70	*	121,00	69,40
	20-30	5,14	20,60	1,63	39,50	*	118,00	68,60
	30-40	5,18	20,20	1,50	30,60	1,07	106,00	95,20
	30-40	5,15	21,80	1,52	30,60	*	110,00	97,70
	40-50	5,21	20,00	1,54	40,10	*	120,00	81,60
	40-50	5,27	20,70	1,54	38,80	*	122,00	81,30
	50-120	6,39	24,40	1,27	47,40	5,23	148,00	84,20
	50-120	6,33	23,40	1,32	46,10	4,88	146,00	83,00

Colunas	Profundidade	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
		mg/kg						
E6	0-10	1,62	8,55	0,43	24,90	0,44	21,60	14,40
	0-10	1,58	8,80	0,38	26,20	*	23,50	14,20
	10-20	1,91	6,61	0,53	22,30	0,53	31,80	16,50
	10-20	1,85	6,98	0,49	22,20	0,52	34,10	16,70
	20-30	5,66	21,40	1,89	54,90	3,40	123,00	85,80
	20-30	5,62	20,70	1,88	54,90	3,02	123,00	86,00
	30-40	7,12	21,20	1,98	40,20	2,30	104,00	74,80
	30-40	6,98	17,30	2,07	42,60	*	104,00	75,00
	40-50	8,03	24,50	2,45	46,40	2,56	97,90	93,80
	40-50	7,59	22,20	2,30	49,60	2,21	94,30	91,80
	50-100	6,46	16,00	1,67	41,10	*	57,20	84,90
	50-100	5,81	15,30	1,73	38,70	2,20	53,50	85,60

Colunas	Profundidade	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
		mg/kg						
E7	0-10	2,95	11,10	0,58	29,90	0,538	45,8	26,2
	0-10	3,04	10,90	0,62	29,90	*	44,6	26,4
	10-20	6,02	12,80	1,27	33,50	*	64,0	53,4
	10-20	6,15	13,40	1,21	31,60	*	66,1	53,1
	20-30	5,70	22,00	1,93	41,10	*	73,5	97,3
	20-30	5,69	22,20	1,90	40,50	2,30	73,4	86,0
	30-40	4,54	19,70	2,10	35,50	*	66,9	89,1
	30-40	5,31	20,80	1,94	36,20	*	79,4	90,4
	40-60	4,76	15,30	2,00	60,10	*	87,8	83,0
	40-60	4,50	17,70	1,64	44,80	1,91	71,2	73,2

Colunas	Profundidade	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
		mg/kg						
E11	0-10	2,96	12,60	1,06	11,20	*	48,20	88,10
	0-10	2,90	14,40	1,11	12,40	*	50,30	88,80
	10-20	1,68	8,33	0,56	24,60	0,40	25,40	15,50
	10-20	1,73	9,18	0,51	29,60	*	34,40	15,80
	20-30	1,50	8,97	0,28	28,10	0,50	34,40	14,80
	20-30	1,42	8,29	0,33	27,40	0,42	31,30	15,00
	30-40	1,41	3,95	0,45	29,70	0,50	35,60	9,77
	30-40	1,48	7,77	0,46	26,50	0,43	28,10	9,52
	40-50	1,41	5,12	0,39	30,60	*	37,20	17,60
	40-50	1,38	4,84	0,39	30,40	*	37,00	17,40
	50-60	1,81	12,70	0,66	11,20	0,86	25,40	46,20
	50-60	1,70	12,10	0,71	12,90	*	25,10	46,10
	60-70	*	13,70	0,77	16,40	*	25,40	44,30
	60-70	1,54	12,60	0,76	15,00	*	24,00	44,80
	70-80	1,41	7,22	*	14,90	*	23,70	30,90
	70-80	1,29	7,06	*	15,70	*	22,90	29,80
	80-90	1,49	10,00	0,43	15,30	*	25,90	29,80

Colunas	Profundidade	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
		mg/kg						
	80- 90	1,28	11,20	0,38	15,20	*	25,80	29,00
	90- 100	2,36	10,30	0,79	18,60	*	38,50	41,90
	90- 100	2,32	10,20	0,79	20,50	*	40,20	42,80
	100 - 180	3,51	10,60	0,89	29,40	2,82	67,20	46,70
	100 - 180	3,54	12,40	0,77	30,20	2,61	73,30	47,40

Colunas	Profundidade	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
		mg/kg						
E13	0-10	3,30	16,00	1,11	*	*	45,40	102,00
	0-10	2,94	15,90	1,21	*	*	45,00	103,00
	10-20	2,63	14,00	1,02	15,00	*	53,30	56,40
	10-20	2,53	13,40	0,98	14,20	0,80	52,40	57,30
	20-30	0,96	8,22	0,36	19,70	0,40	28,00	9,10
	20-30	0,88	3,75	0,46	18,40	0,57	22,60	9,16
	30-40	0,77	4,53	0,30	19,50	0,39	23,00	7,01
	30-40	0,77	5,10	0,46	17,20	0,48	16,90	6,87
	40-50	0,87	7,73	0,30	15,80	0,51	16,40	5,50
	40-50	0,92	7,67	0,31	16,50	0,53	17,70	5,49
	50-60	1,45	4,91	0,34	15,70	0,39	35,00	7,96
	50-60	1,42	4,88	0,34	14,80	0,35	36,40	8,08
	60-70	11,80	21,40	2,17	30,10	*	238,00	125,00
	60-70	12,70	23,80	2,06	29,60	*	339,00	125,00
	70- 130	5,16	21,50	1,66	39,00		115,00	103,00
70- 130	5,67	22,50	1,60	37,80	*	124,00	103,00	

Colunas	Profundidade	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
		mg/kg						
E17	0-10	1,95	12,10	0,52	14,50	*	27,60	37,40
	0-10	2,24	12,90	*	16,10	0,53	27,80	38,20
	10-20	1,26	8,12	0,41	22,20	*	14,70	10,90
	10-20	1,18	8,03	0,41	21,10	*	11,40	10,80
	20-30	2,05	10,40	*	15,50	*	17,70	28,30
	20-30	2,29	11,40	0,80	16,20	*	18,80	28,60
	30-40	*	10,60	0,73	19,00	*	19,00	24,70
	30-40	1,99	10,30	0,67	18,20	*	17,20	24,20
	40-50	*	10,60	0,73	*	*	19,30	31,80
	40-50	1,86	11,60	0,75	8,15	*	18,10	31,40
	50-60	2,18	11,90	0,58	13,40	*	29,80	33,80
	50-60	2,27	11,80	*	14,30	*	29,20	33,70
	60-70	5,07	19,40	1,54	44,10	*	76,20	73,70
	60-70	5,26	20,10	1,99	61,90	*	91,90	83,90
	70-80	4,90	15,90	2,19	60,90	*	66,80	90,70
	70-80	4,57	15,60	2,09	58,20	*	64,60	88,10
	80- 140	5,72	21,50	3,44	59,20	*	53,40	87,10
	80- 140	5,99	21,50	3,49	60,90	*	52,00	95,60

Colunas	Profundidade	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
		mg/kg						
E20	0-10	7,05	21,10	2,45	16,30	*	43,30	78,70
	0-10	6,97	20,30	2,36	*	*	41,70	77,80
	10-20	2,46	12,40	2,16	18,00	*	16,00	50,00
	10-20	2,10	10,20	*	*	0,56	13,10	38,90
	20-30	2,16	7,92	1,18	*	*	12,50	24,70
	20-30	*	7,06	1,13	12,30	*	9,87	24,90
	30-40	6,09	23,80	3,45	66,30	*	59,10	85,20
	30-40	6,12	24,40	3,37	66,60	*	58,90	88,00
	40-50	4,40	20,10	3,92	49,60	*	47,70	85,10
	40-50	4,57	20,00	3,92	50,60	*	52,50	83,30
	50-70	5,18	21,80	3,16	53,50	*	56,30	76,50
	50-70	5,10	19,90	3,11	52,30	*	54,10	74,70

Colunas	Profundidade	Co	Ni	Cd	Pb	Mo	Ba	V
		mg/kg						
E21	0-10	6,67	19,20	2,02	*	*	65,90	77,60
	0-10	6,41	17,40	1,94	16,90	*	63,00	74,80
	10-20	3,03	*	1,52	22,40	*	17,50	33,70
	10-20	3,46	8,61	1,48	24,30	*	17,00	33,10
	20-30	6,92	33,40	5,35	*	*	12,50	146,00
	20-30	6,27	31,30	5,33	21,00	*	11,30	144,00
	30-40	4,05	10,40	1,64	22,00	*	18,20	31,90
	30-40	3,94	10,40	1,76	21,90	*	18,20	32,70
	40-50	7,87	25,20	3,30	27,90	*	28,40	102,00
	40-50	7,72	26,40	3,64	27,10	*	29,60	104,00
	50-70	7,90	25,00	2,82	28,00	*	41,10	102,00
	50-70	7,83	24,90	3,06	29,90	*	38,60	102,00
	70-90	8,70	26,00	3,21	40,20	*	62,30	103,00
	70-90	8,25	25,20	3,24	39,30	*	59,30	99,50
	90-110	9,76	27,70	3,08	53,00	*	103,00	98,40
	90-110	9,74	29,70	3,16	58,50	*	107,00	94,20

XVIII.3 Apêndice 3

Extração de metais com o uso de água régia

As análises laboratoriais obedeceram a metodologia utilizada pela CETESB na obtenção de valores orientadores para o estado de São Paulo (CETESB, 2000 – análises realizadas na agência regional de Taubaté).

Metodologia:

- 1) após secagem do solo por período de aprox. 48h em estufa a 60 °C, o solo foi destorroado em Grau e peneirado em peneira 250 mesh;
- 2) foi retirada porção de 0,5g do solo peneirado, sendo esta colocada Becker no qual foram adicionados 20ml de água régia (5ml de HNO₃ + 15ml de HCl);
- 3) adicionou-se 1 gota (2 no caso de solo muito orgânico) de anti-espumante MIG M07;
- 4) foi colocado um vidro relógio sobre o Beker, sendo este levado a aquecimento em chapa;
- 5) o conteúdo foi constantemente agitado até que, com a evaporação, seu volume atingiu à aproximadamente 5ml, quando foi retirado;
- 6) procedeu-se a diluição em água deionizada e filtragem em papel de filtro simples, sendo o conteúdo transferido para balões de 50ml, onde foi avolumado com água deionizada;
- 7) o acondicionamento do produto final foi feito em frascos de plástico leitoso com volume de 60ml.

Obs: antes da lavagem a vidraria utilizada permaneceu de molho em solução de HNO₃ a 10% por aproximadamente 24h.