

**COMUNIDADES VEGETAIS DE SAVANA SOBRE ESTRUTURAS
MINERALIZADAS DE COBRE, NA MINA VOLTA GRANDE, LAVRAS
DO SUL, RS.**

*A Maria Luiza Porto
24/04/2002*

JAIRO JOSÉ ZOCHE¹

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de Doutor em Ciências.**

ORIENTADOR: Prof^a. Dr^a. MARIA LUIZA PORTO

*T 580
Zocche
2002*

**PORTO ALEGRE – RS
2002**



00137567

¹ Biólogo, Mestre em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UNESC

24 04 2003

x

7 10 2003

10 10 2003

10 10 2003

10 10 2003

10 10 2003

10 10 2003

10 10 2003

10 10 2003

10 10 2003

10 10 2003

10 10 2003

TERMO DE APROVAÇÃO

JAIRO JOSÉ ZOCHE

COMUNIDADES VEGETAIS DE SAVANA SOBRE ESTRUTURAS
MINERALIZADAS DE COBRE, NA MINA VOLTA GRANDE, LAVRAS
DO SUL, RS.

Tese aprovada como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Ciências no Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela seguinte banca examinadora:

ORIENTADOR: Prof^ª. Dr^ª. Maria Luiza Porto
Departamento de Ecologia/Botânica, UFRGS

EXAMINADORES: Prof. Dr. Paulo Luiz Oliveira
Departamento de Ecologia/Botânica, UFRGS

Prof. Dr. Nelson Machado
Departamento de Ecologia, UFRGS

Prof^ª. Dr^ª. Ilsi Iob Boldrini
Departamento de Botânica, UFRGS

Prof^ª. Dr^ª. Ana Maria Girardi-Deiro
Pesquisadora Embrapa Pecuária Sul

PORTO ALEGRE – RS
2002

À Silvia, meu equilíbrio, e aos meus filhos
Caroline, Nicolas e Laura, que souberam
tolerar minha ausência.

1. The first part of the document is a letter from the author to the editor, dated 10/10/10. The letter discusses the author's interest in the journal and the specific topic they wish to address. The author mentions that they have conducted extensive research on the subject and believe their findings will be of significant interest to the readers of the journal.

2. The second part of the document is the abstract of the paper. It provides a concise summary of the research objectives, methods, results, and conclusions. The abstract highlights the key findings of the study and emphasizes the contribution of the research to the field.

3. The third part of the document is the introduction. It sets the context for the research and outlines the research questions and hypotheses. The introduction also provides a brief overview of the literature related to the topic.

4. The fourth part of the document is the methodology. It describes the research design, data collection methods, and the statistical analysis used to test the hypotheses. The methodology section is crucial for ensuring the transparency and replicability of the research.

5. The fifth part of the document is the results and discussion. It presents the findings of the study and discusses their implications. The author compares their results with the existing literature and provides a critical analysis of the findings.

6. The sixth part of the document is the conclusion. It summarizes the main findings of the study and provides recommendations for future research. The conclusion also reiterates the significance of the research.

7. The seventh part of the document is the references. It lists the sources used in the research, providing a comprehensive list of the literature cited in the paper.

AGRADECIMENTOS

À Prof^ª. Dr^ª. Maria Luiza Porto, pela oportunidade, incentivo, orientação e apoio.

À Silvia esposa dedicada, que conduziu nossa casa de modo brilhante durante minha ausência, garantindo o apoio necessário à realização deste trabalho.

Aos meus filhos, Caroline, Nicolas e Laura, que toleraram minha ausência.

À Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, pela concessão de licença integral remunerada, durante os quatro anos de realização deste trabalho.

À família Valdir Darós, Ana D. Zocche Patrício (Sonia), pelos períodos de hospedagem em suas residências.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia de Paisagem da UFRGS, em especial a Cibele Sippel e Tais C. Ernst Frizzo, pelo acompanhamento e ajuda nos trabalhos de campo e pelos momentos de frutíferas discussões técnicas, ao Eduardo Dias Forneck pelo auxílio na identificação da avifauna e no uso do *software* ARC/VIEW, ao Rogério Both, pelo auxílio em geoprocessamento, ao Ricardo Weber e Juliane Bortolotti, pelo auxílio nos trabalhos de cultivo de *Schinus lentiscifolius*.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica, pela oportunidade, em especial à Coordenação na pessoa do Prof^º. Dr^º Jorge E. A. Mariath, Prof^ª. Dr^ª. Ilse Boldrini e Prof^ª. Dr^ª. Silvia T. S. Miotto, pelo apoio incondicional à realização deste trabalho.

Ao Marcos Sobral, ao Prof^º. Dr^º. Paulo Brack, ao Prof^º. Dr^º. Jorge E. A. Mariath e à Prof^ª. Dr^ª. Ilse Boldrini pelo auxílio na identificação das espécies vegetais.

As amigas, Dr^ª. Ana Maria Girardi-Deiro e Dr^ª. Maria de Lourdes Abruzzi Aragão de Oliveira, pelas discussões e contribuições na análise estatística multivariada.

Ao Prof^º. Dr^º. Valério de Patta Pillar e ao Prof^º. Dr^º. Lazlo Orlóci, pelas valiosas sugestões no tratamento multivariado dos dados.

Ao colega Ziocelito José Bardini, pelo levantamento planialtimétrico cadastral da área específica de estudos.

Ao Centro de Recursos IDRISI desta Universidade, em especial ao Prof^º. M.Sc. Henrique Hasenack, pela orientação no uso dos *softwares* IDRISI e CARTALINX, e ao colega William Waslawik, pela editoração final das figuras e mapas.

À Maria Lúcia Vidal de Souza, por permitir o acesso na área da Mina Volta Grande, de propriedade de sua família.

À Companhia Riograndense de Mineração (CRM), por disponibilizar o mapa de localização das ocorrências minerais na Mina Volta Grande.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

À Universidade Técnica de Munique - TUM – DE, em especial ao Prof^º. Dr^º. Jorge Pfadenhauer e ao Prof^º. Dr^º. Mathias Dröesler, pelo aceite e acompanhamento do Estágio Sandwiche naquela Universidade.

RESUMO

Foram conduzidos estudos sobre a distribuição de espécies vegetais, em uma área de savana, sobre estruturas mineralizadas de cobre na Mina Volta Grande Lavras do Sul, RS. O objetivo foi o de verificar a influência da concentração de cobre no solo na forma disponível e de outros fatores ambientais na definição de padrões da vegetação. Para o levantamento fitossociológico utilizou-se o método de pontos com o uso de agulha isolada, em 72 transecções de 10 metros, onde coletaram-se também, a cada dois metros, amostras de solo no horizonte superficial e folhas de *Schinus lentiscifolius* MARCH., para análises químicas do conteúdo de cobre e análises de rotina de fertilidade. Na determinação dos padrões da vegetação, adotaram-se as bases fitossociológicas da Escola de Zurich-Montepellier, com as novas abordagens sugeridas por Muller-Dombois e Ellenberg, empregando-se técnicas de ordenação e classificação de dados com o auxílio do *software* MULVA-5. Verificou-se a correlação entre as variáveis ambientais estudadas e a distribuição das espécies vegetais por meio do coeficiente de correlação de Spearman (r_s). Traçou-se uma poligonal de 1442,5 km² entre as coordenadas (UTM) x = 191895 a 252000 E e y = 6574000 e 6598000 N, utilizando-se os *softwares* ARC/INFO, CARTALINX, IDRISI e ARC/VIEW, para a geração de dados de entrada, processamento, geração de produtos de saída e edição final de mapas. Classificou-se a cena da imagem satélite LANDSAT TM-5, órbita/ponto 222.081 de 10/12/1995 e órbita/ponto 223.081 de 28/07/1996, que cobre a área de estudos, por meio da classificação supervisionada por máxima verossimilhança. Esta teve por objetivo, verificar se os padrões de uso e cobertura do solo, identificados no âmbito da Mina Volta Grande por meio de fotointerpretação estereoscópica, se repetem no seu entorno. Na área específica de estudo sobre estrutura mineralizada de cobre na Mina Volta Grande, verificou-se a ocorrência de dois grupos principais de espécies associadas, característicos da formação vegetal do tipo savana: *Schinus lentiscifolius* March – *Baccharis trimera* (Less.) DC, típico de locais com teores de umidade no solo mais elevados, e *Eryngium horridum* Malme – *Stipa filifolia* Ness, característico de locais com solo raso, pedregoso e com menor teor de umidade. O coeficiente de correlação entre o conteúdo disponível de cobre no solo e o conteúdo total de cobre nas folhas de *Schinus lentiscifolius* ($r_{0,05;70} = 0,132$) evidencia ausência de correlação estatisticamente significativa entre estas duas variáveis, sugerindo que a distribuição da vegetação, na área estudada, não está condicionada pelos níveis de concentração de cobre na forma disponível no solo, detectados na área específica de estudo. O padrão de distribuição das espécies vegetais e o porte raquítico de *Schinus lentiscifolius* na formação do tipo savana, na área estudada, provavelmente se devem ao conjunto de relações complexas definidas pelo relevo dissecado, solo litólico raso, presença de metais pesados no solo e manejo por corte e (queima) fogo. A repetição, no entorno da Mina Volta Grande, dos padrões da vegetação verificados no âmbito desta, evidencia que o conjunto de condições ambientais que os determinam, também se repete nestes ambientes.

ABSTRACT

Studies were carried out about the distribution of vegetal specimens, in a savannah like area over copper mineral structures at The Volta Grande Mine, Lavras do Sul, RS. The aim of it was to verify the influence of copper available content in the soil and, of other environmental factors in the definition of vegetation patterns. The phytosociological investigation was according the point method with using just one needle, in 72 transections of 10 meters each one, were soil samples of the superficial horizon and leaves of *Schinus lentiscifolius* MARCH., were collected at every 2 meters for copper contents chemical analysis and routine analysis of fertility. For the determination of vegetation patterns, were adopted the phytosociological basis from Zurich-Montpellier school, with the new approach suggested by Muller-Dombois e Ellenberg, using ordination techniques and data classification with the aid of MULVA-5 software. It was verified a correlation between the studied environmental variables and the vegetal specimens distribution through the correlation coefficient from Spearman (r_s). A polygon line was drawn between the coordinates (UTM) $x = 191895$ a 252000 E e $y = 6574000$ e 6598000 N, using the ARC/INFO, CARTALINX, IDRISI e ARC/VIEW softwares, to generate entrance data, processing, and generation of exit products and the mapping final edition. The satellite image LANDSAT TM-5, orbit/site 222.081 from 1999/12/10 and orbit/site 223.081 from 1996/07/28/, wich cover the studied área was classified by the maximum likelihood classification. This last was to verify if the soil use and coverness, indentified along Mina Volta Grande, by aerophotographic stereoscopic interpretation, repeat itself on its borders. In the specific study área over copper mineral structure at Volta Grande Mine, it was verified the occurrence of two main groups of associated specimens, characteristic from the savannah vegetal formation: *Schinus lentiscifolius* March. – *Baccharis trimera* (Less.) DC, typical from sites with higher soil moisture content, and *Eryngium horridum* Malme – *Stipa filifolia* Ness, tipycal of shallow soils, rocky and with lower moisture content. The correlation coefficient between the copper available content in the soil and the total copper content on the leaves of *Schinus lentiscifolius* ($r_{0,05;70} = 0,132$) show the lack of a static significancy correlation between this two variables, suggesting that the distribution of the vegetation, at the study site, it is not related to the levels detected of copper available concentratrion in the soil, at the specific study área. The distribution pattern of the vegetal specimens and the dwarf form of *Schinus lentiscifolius* on the savana formation, at the study área, probably occur because of the complex relationships set defined by the steep slope relief, the thickness litholic soil, the presence of gold ores in the soil, and the fire manipulation. The repetition of the patterns of the vegetation along the border of Volta Grande Mine, show that the set of the environmental conditions which determinates them, also repeat itself on these environments.

SUMÁRIO

TERMO DE APROVAÇÃO.....	ii
DEDICATÓRIA.....	iii
AGRADECIMENTOS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
SUMÁRIO.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE ANEXOS.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	01
2 . REVISÃO DA LITERATURA.....	04
3. MATERIAI E MÉTODOS.....	19
3.1 – Descrição da Região Estudada.....	19
3.1.1 – Clima.....	20
3.1.2 – Geologia.....	20
3.1.3 – Geomorfologia.....	23
3.1.4 – Pedologia.....	24
3.1.5 – Hidrografia.....	25
3.1.6 – Fitogeografia regional.....	26
3.1.7 – Fauna silvestre.....	28
3.2 – Descrição da Área Estudada.....	31
3.3 – Procedimentos Amostrais e Analíticos dos Parâmetros Abióticos.....	44
3.3.1 – Coletas de solo e <i>Schinus lentiscifolius</i> para estudo do conteúdo de cobre.....	44
3.3.2 – Profundidade do solo.....	47
3.3.3 – Teor de umidade no solo.....	47
3.3.4 – Determinação do conteúdo trocável de cobre no solo, total em <i>Schinus lentiscifolius</i>	47
3.3.5 – Análises de fertilidade do solo.....	48

3.3.6 – Abordagem estatística.....	48
3.3.7 – Planialtimetria cadastral da área específica de estudo.....	49
3.3.8 – Geoprocessamento.....	52
3.3.8.1 – Delimitação da área para o geoprocessamento.....	52
3.3.8.2 – Geração da base de dados.....	52
3.3.8.3 – Processamento dos dados cartográficos e classificação da imagem Landsat TM 5.....	52
3.4 – Procedimentos Amostrais e Analíticos dos Parâmetros Bióticos.....	54
3.4.1 – Estudo das comunidades vegetais.....	55
3.4.2 – Elaboração do mapa de distribuição dos grupos de espécies associadas na área específica de estudo.....	59
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
4.1 – Parâmetros abióticos.....	60
4.2 – Relação entre os parâmetros abióticos e bióticos – bioindicação.....	78
4.3 – Parâmetros bióticos	96
4.3.1 – Delineamento e suficiência amostral.....	96
4.3.2 – Composição florística.....	99
4.3.3 – Estrutura da vegetação e os fatores ambientais.....	105
4.3.4 – Mapeamento dos grupos de espécies associadas na área amostral.....	139
4.3.5 – Geoprocessamento.....	144
4.3.5.1 – A área delimitada para o geoprocessamento.....	144
4.3.5.2 – O modelo digital do terreno (MDT).....	146
4.3.5.3 – Classificação supervisionada da imagem Landsat - TM 5.....	147
5 . CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	175
6. CONCLUSÕES.....	177
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	179
8. ANEXOS.....	205

LISTA DE FIGURAS

- 1 – Localização da área de estudos básicos geográficos, correspondente a poligonal de 1442,5 km² (60,10 x 24 km), entre as coordenadas 54° 15' e 53° 35' W, e 30° 40' e 31° S, na região de Lavras do Sul, RS..... **32**
- 2 – Localização da área específica de estudo, destacada em cor vermelha (área amostral), correspondente a 1,8 ha (60 x 300 m), coordenadas 53° 50' W e 30° 50' S, na Mina Volta Grande (Manifesto de Mina DNPM n. 190/35 – limites contornados em cor amarela), Lavras do Sul, RS. (Fonte CRM, s/d)..... **33**
- 3 – Vista panorâmica mostrando o arroio Camaquã das Lavras onde, localiza-se a curva “volta grande”, cujo pseudônimo denomina a Mina Volta Grande. Destaca-se em primeiro plano à esquerda, detalhe da unidade fisionômica do tipo campo seco com afloramentos rochosos; à direita, capões e campo úmido; ao fundo, a forma típica do relevo e a cobertura vegetal do tipo savana, alternada com campos. A mata ciliar neste trecho do rio está extremamente alterada pelas atividades de mineração..... **35**
- 4 – Arroio Camaquã das Lavras, mostrando em detalhe, a unidade fisionômica do tipo mata ciliar na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **36**
- 5a – Vista mostrando em detalhe, a unidade fisionômica do tipo mata de encosta na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **37**
- 5b – Vista mostrando em segundo plano, a unidade fisionômica do tipo capão de topo de coxilha na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **38**
- 6a – Vista mostrando a esquerda em primeiro plano, detalhe da unidade fisionômica do tipo campo úmido na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **38**
- 6b – Vista mostrando em primeiro plano, detalhe da unidade fisionômica do tipo campo seco, em segundo plano, a unidade fisionômica do tipo savana aberta na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **39**
- 6c – Vista mostrando em primeiro plano ao centro, detalhe da unidade fisionômica do tipo campo limpo baixo na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **39**
- 6d – Vista mostrando em primeiro plano, da direita para a esquerda em diagonal, detalhe da unidade fisionômica do tipo campo sujo alto, ao centro e à direita, detalhe da unidade fisionômica do tipo mata ciliar e em primeiro plano à esquerda e ao fundo detalhe da unidade fisionômica do tipo campo seco, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **40**
- 7a – Vista mostrando em detalhe a unidade fisionômica do tipo savana aberta na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **40**
- 7b – Vista mostrando em segundo plano, detalhe da unidade fisionômica do tipo savana densa na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **41**
- 8 – Vista mostrando ao fundo, detalhe da unidade fisionômica do tipo palmares e em primeiro plano, detalhe da unidade fisionômica do tipo campo seco na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **42**
- 9 – Vista mostrando em detalhe, os dois estratos vegetais da unidade fisionômica savana aberta na área específica de estudo (60 x 300 m), Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **43**
- 10 – Retângulo de 60 x 300 m, mostrando os quadrados de 20 x 20 m enumerados de 01 a 45. Estão hachurados os 18 quadrados sorteados, para a localização das unidades amostrais, na área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS. Em detalhe, quadrado de 20 x 20, subdividido em 08 retângulos de 5 x 10 m, mostrando as possibilidades de localização das unidades amostrais..... **45**

11 – Localização das 72 unidades amostrais (transecções) na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	46
12 – Levantamento planialtimétrico cadastral da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	50
12a – Croqui do Modelo Digital do Terreno (MDT), na área de abrangência da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	51
13 – Detalhe da localização da poligonal delimitada para o geoprocessamento, em relação à articulação das folhas da Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil – DSG, da região de Lavras do Sul, RS.....	59
14 – Relação entre o número de unidades amostrais (transecções de 10 m) e o número espécies registradas na área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	98
15a – Contribuição percentual, em número de gêneros, das 05 famílias mais importantes ocorrentes na amostragem fitossociológica da área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	103
15b – Contribuição percentual, em número de espécies, das 05 famílias mais importantes ocorrentes na amostragem fitossociológica da área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	104
16 – Dendrograma de classificação das 65 unidades amostrais, obtido pela análise de agrupamentos, aplicada a tabela 10. Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	110
17 – Dendrograma de classificação das 32 espécies, obtido pela análise de agrupamentos, aplicada a tabela 10. Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	112
18 – Diagrama de dispersão de grupos de unidades amostrais (F) e grupos de espécies (S) obtidos pela análise de concentração, aplicada a tabela estruturada 11.....	122
19 – Histograma de frequência da ocorrência, das espécies de maior valor discriminante de grupo, nas classes de teor de umidade no solo, gerado a partir da análise de gradientes (programa <i>GRPR</i>). Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	128
20 – Histograma de frequência de ocorrência, das espécies de maior valor discriminante de grupo, nas classes de concentração de Cu no solo na forma disponível, gerado a partir da análise de gradientes (programa <i>GRPR</i>). Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	129
21 – Histograma de frequência de ocorrência, das espécies de maior valor discriminante de grupo, nas classes de concentração de P no solo na forma disponível, gerado a partir da análise de gradientes (programa <i>GRPR</i>). Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	130
22 – Diagrama de ordenação das unidades amostrais pela concentração de Cu no solo na forma disponível, na área específica de estudo, por meio do programa <i>FUZZY</i> . Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	132
23 – Diagrama de ordenação das unidades amostrais pela concentração de P no solo na forma disponível, na área específica de estudo, por meio do programa <i>FUZZY</i> . Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	136
24 – Diagrama de ordenação das unidades amostrais pelo teor de água no solo, por meio da rotina <i>FUZZY</i> . Números em negrito representam, as unidades amostrais integrantes dos grupos 01 (F ₁) e 02 (F ₂). Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	137

- 25 – Croqui da distribuição espacial das manchas homogêneas de vegetação, afloramentos rochosos, trincheiras abertas, escombros retirados da abertura de trincheiras, na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **141**
- 26 – Distribuição espacial dos grupos e sub-grupos de espécies associadas, afloramentos rochosos, trincheiras abertas, escombros retirados da abertura de trincheiras, na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **143**
- 27 – Rede hidrográfica da poligonal de 1442,5 km² delimitada para os trabalhos de geoprocessamento, com destaque a microbacia do arroio Camaquã das Lavras e suas respectivas sub-bacias, Lavras do Sul, RS..... **145**
- 28 – Modelo Digital do Terreno (MDT), na área de abrangência da poligonal de 1442,5 km², delimitada para os trabalhos de geoprocessamento, Lavras do Sul, RS..... **148**
- 29 – Composição colorida RGB – 345 das Imagens Landsat – TM 5, órbita 222.081 de 10/12/1995 e 223.081 de 28/07/1996, referente a poligonal de 1442,5 km² delimitada para os trabalhos de geoprocessamento, Lavras do Sul, RS..... **150**
- 30 – Distribuição das unidades fisionômicas na abrangência da Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS, obtida a partir da fotointerpretação estereoscópica dos pares de fotografias aéreas n. 5124 e 5125 de 23/05/1996 (BRASIL, 1996a e 1996b) segundo Frizzo (2002) e Sippel¹..... **151**
- 31 – Distribuição das 11 classes de uso e cobertura do solo na abrangência da poligonal de 1442,5 km², obtida a partir da classificação supervisionada por máxima verossimilhança das imagens Landsat TM – 5, órbita/ponto 222.081 de 10/12/1995 e 223.081 de 28/07/1996, bandas 345, Lavras do Sul, RS..... **156**
- 32 – Distribuição das 11 classes de uso e cobertura do solo na abrangência da microbacia do arroio Camaquã das Lavras, obtida a partir da classificação supervisionada por máxima verossimilhança da imagem Landsat TM – 5, órbita/ponto 222.081 de 10/12/1995, bandas 345, Lavras do Sul, RS..... **159**

LISTA DE TABELAS

1 – Parâmetros estatísticos das variáveis ambientais, registradas na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	62
2 – Amplitude de variação da concentração de Cu trocável no solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$), da área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	65
3 – Amplitude de variação do teor de água no solo (%) da área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	67
4 – Parâmetros estatísticos dos componentes do solo utilizados para a análise de fertilidade da área específica de estudo na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	69
5 – Amplitude de variação da concentração de Cu em <i>Schinus lentiscifolius</i> ($\mu\text{g. g}^{-1}$), na área específica de estudo na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	80
6 – Concentração ($\mu\text{g. g}^{-1}$) de Cu no solo e em <i>Schinus lentiscifolius</i> em relação a proximidade do filão (segundo dados de PORTO; 1981, 1986).....	84
7 – Coeficiente de correlação (r) entre a concentração de Cu no solo, nas folhas de <i>Schinus lentiscifolius</i> , teor de água no solo e demais variáveis consideradas na análise de fertilidade do solo da área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	90
8 – Amplitude de variação do Coeficiente de Absorção Biológica (CAB), na área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	92
9 – Lista das 101 entidades taxonômicas, registradas no levantamento fitossociológico da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	100
10 – Distribuição das 32 espécies selecionadas nas 65 unidades amostrais consideradas para a análise fitossociológica da área específica de estudo, com os respectivos valores de densidade relativa, transformados segundo a escala de cobertura de Daubenmire (1968) modificada e, fatores ambientais. Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	108
11 – Tabela estruturada das 32 espécies selecionadas nas 65 unidades amostrais consideradas para a análise fitossociológica da área específica de estudo, arranjadas em 5 grupos de espécies e 5 grupos de unidades amostrais, obtidos na análise de agrupamentos. Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.....	114
12 – Análise da relação percentual entre a presença observada dos grupos de espécies em cada respectivo grupo de unidades amostrais e o somatório das presenças observadas, de todas as espécies em todas as unidades amostrais; e relação entre a presença observada dos grupos de espécies e a presença máxima esperada, em cada respectivo grupo de unidades amostrais.....	117
13 – Tabela estruturada das 32 espécies selecionadas nas 65 unidades amostrais consideradas para a análise fitossociológica da área de estudos específicos, arranjadas em 5 grupos de espécies e 5 grupos de unidades amostrais, obtidos na análise de agrupamentos, Mina Volta Grande, Lavras do Sul. Rearranjada segundo Orloci (sugestões pessoais).....	119
14 – Variáveis canônicas extraídas da Análise de Concentração.....	121
15 – Tabela das 32 espécies selecionadas nas 65 unidades amostrais consideradas para a análise fitossociológica da área específica de estudo, rearranjada segundo gradiente gerado pela Análise de Correspondência (CA), aplicada à tabela 10, Mina Volta Grande, RS.	126
16 – Classes de uso e cobertura do solo identificadas no presente estudo na área da poligonal de 1442,5 km ² e, as unidades fisionômicas correspondentes, identificadas por Frizzo (2002) e Sippel ¹	

(figura 30) por meio de fotointerpretação da área da Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **149**

17 – Categorias de uso e cobertura do solo e as respectivas áreas ocupadas no âmbito da poligonal delimitada para o geoprocessamento e no âmbito da microbacia do arroio Camaquã das Lavras, obtidas a partir da classificação supervisionada das imagens Landsat – TM 5, órbita ponto 222.081 (10/12/95) e 223.081 (28/07/96), bandas 345, Lavras do Sul, RS..... **160**

LISTA DE ANEXOS

- 1a – Variáveis ambientais (*site descriptors*), levantadas junto as unidades amostrais da área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... 206
- 1b – Laudos técnicos das análises do conteúdo trocável de Cu no solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$) e do conteúdo total nas folhas de *Schinus lentiscifolius* ($\mu\text{g.g}^{-1}$)..... 208
- 2a – Análise de fertilidade das amostras de solo extraídas da área específica de estudo (60 x 300 m), na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... 217
- 2b – Laudos técnicos das análises de fertilidade das amostras de solo extraídas da área específica de estudo (60 x 300 m), na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... 218
- 3 – Análise de correlação de Sперman (r_s), entre o conteúdo total de Cu nas folhas de *Schinus lentiscifolius* ($\mu\text{g.g}^{-1}$) e o conteúdo de Cu na forma disponível ($\mu\text{g.g}^{-1}$), nas 72 unidades amostrais da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... 223
- 4 – Análise de correlação de Sперman (r_s), entre o conteúdo total de Cu nas folhas de *Schinus lentiscifolius* ($\mu\text{g.g}^{-1}$) (multiplicado por um fator de 15(x), segundo Brooks (1983)), e o conteúdo de Cu na forma disponível ($\mu\text{g.g}^{-1}$), nas 72 unidades amostrais da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... 224
- 5 – Análise de correlação de Sперman (r_s), entre o conteúdo total de Cu nas folhas de *Schinus lentiscifolius* ($\mu\text{g.g}^{-1}$) e o conteúdo de Cu na forma disponível ($\mu\text{g.g}^{-1}$), nas 67 unidades amostrais (extraíndo-se as 05 unidades amostrais com os valores mais elevados de concentração de Cu no solo) da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... 225
- 6 – Matriz de dados utilizados na análise de correlação (r), entre o conteúdo total de Cu nas folhas de *Schinus lentiscifolius* (Cu S.I), conteúdo de Cu na forma disponível (Cu So), teor de água no solo e, demais variáveis, consideradas para a análise de fertilidade nos 18 quadrados na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... 226
- 7 – Distribuição das 101 espécies registradas nas 72 unidades amostrais (transecções) na área específica de estudo, com os respectivos valores de densidade relativa, transformados, segundo a escala de cobertura de Daubenmire (1968) modificada e, fatores ambientais. Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... 227
- 8 – Análise de *outliers* (discrepância) das 72 unidades amostrais levantadas na área específica de estudo, segundo o coeficiente de van der Maarel. Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... 229
- 9 – Distribuição das classes de frequência das 91 espécies registradas nas 65 unidades amostrais (transecções) na área específica de estudo, com os respectivos valores de densidade relativa, transformados, segundo a escala de cobertura de Daubenmire (1968) modificada e, fatores ambientais, além das 10 espécies, que ocorreram exclusivamente nas 07 unidades amostrais consideradas *outliers*, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... 231
- 10 – Análise de discriminantes segundo o Método "Jancey's Ranking of F-Value" (JANCEY, 1979) aplicada as 32 espécies selecionadas para análise fitossociológica (tabela 10), da área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... 234
- 11 – Análise de Concentração aplicada à tabela estruturada 11 da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... 236
- 12 – Análise da relação percentual entre o somatório das presenças observadas dos grupos de espécies em cada respectivo grupo de unidades amostrais e o somatório total das presenças observadas de todas as espécies, em todas as unidades amostrais; e relação entre o somatório das presenças observadas dos grupos de espécies em cada grupo de unidades amostrais e a presença máxima esperada destas, em cada respectivo grupo de unidades amostrais, aplicada a tabela

estruturada 11, da área específica de estudo, Mina Volta Grande , Lavras do Sul RS, conforme ORLOCI (sugestões pessoais)..... **237**

13 – Análise de Correspondência (CA) aplicada à tabela 10, por meio do programa COMPORD com o objetivo de verificar a influência das variáveis ambientais na distribuição das espécies (tabela 11), na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul RS..... **239**

14 – Ordenação de dados difusos em função das variáveis ambientais: 1 - Cu disponível no solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$); 3 – Teor de umidade no solo (%); 4 – Fósforo disponível no solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$), por meio do programa FUZZY, aplicado as 65 unidades amostrais, na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **242**

15 – Ordenação de dados difusos em função da variável ambiental 1 - Cu disponível no solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$), por meio do programa FUZZY, aplicado as 51 unidades amostrais, na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS..... **247**

1. INTRODUÇÃO

As plantas distribuem-se no meio de acordo com sua capacidade de adaptação às condições químicas e físicas do substrato, assim como, ao micro e macroclima. A vegetação é a expressão integrada e tangível da biogeocenose (KUCHLER, 1973). O aspecto geral da vegetação, determinado pela presença, abundância e vigor das espécies que a compõem, está intimamente relacionado ao habitat. As variações no substrato se refletem na fitocenose. Habitat e fitocenose, portanto, são inseparáveis influenciando-se reciprocamente e de forma permanente (BECKING, 1957; HANSON, 1958).

A percepção de que as plantas refletem a qualidade do substrato é um acontecimento que levou a humanidade a uma série de descobertas. Desde a idade média, são conhecidas plantas que crescem sobre solos com quantidades elevadas de metais, podendo ao mesmo tempo indicar a presença destes.

Inicialmente as plantas foram usadas, como indicadoras, na busca por água, pedras preciosas e minerais. Para os povos escandinavos eram familiares as chamadas “plantas piríticas”, as quais crescem sobre áreas ricas em cobre e zinco (MALYUGA, 1964; BROOKS; 1972, 1983). Linstow (1929 *apud* PORTO, 1986) se refere às plantas que se associam a tipos específicos de substratos, como *bodenanzeigende Pflanzen* (plantas indicadoras de solo).

A sistematização da afinidade geoquímica das plantas, surgiu na segunda metade do século XIX, tendo grande impulso no século XX (BROOKS; 1972, 1983). O botânico russo A.M. Karpinski, em 1941, mapeou as ocorrências de vegetais sobre arenitos, argilas e rochas calcárias. Vislumbrou pela primeira vez a possibilidade de utilizar as plantas para identificar a ocorrência de tipos de rochas, criando as bases científicas da afinidade dos vegetais com o respectivo substrato (MALYUGA, 1964).

Até os anos 50, a geobotânica (sentido geológico – uso da vegetação na identificação da natureza e propriedades do substrato) foi quase que exclusivamente usada na antiga União Soviética, tendo sido adotada, nos últimos tempos por um número cada vez maior de países (BROOKS; 1972, 1983). Ernst (1965; 1966; 1968; 1969 *apud* PORTO, 1986) denomina a vegetação que cresce sobre as áreas ricas em metais pesados de *Schwermetallvegetation* (vegetação metalófila).

No final da década de 50 e durante as décadas de 60 e 70, a pesquisa relacionada à indicação de metais no solo pelas plantas tomou grande impulso, podendo-se destacar os trabalhos de Duvigneaud (1958, 1959), Duvigneaud; Denaeyer-De Smet (1963), Malyuga (1964), Lambinon; Auquier (1964 *apud* BROWN, 1994), Howard-Williams (1970, 1971), Antonovics *et al.* (1971), Brooks (1972, 1977a, 1977b), Reilly; Reilly (1973) Ernst (1974), Brooks *et al.* (1978), Malaisse; Grégoire (1978), Malaisse *et al.* (1978, 1979), entre outros.

Nas décadas de 80 e 90, os estudos foram centralizados nos mecanismos de tolerância, sendo dada atenção especial à fisiologia celular, bioquímica molecular e à genética, com o objetivo de selecionar espécies, genótipos e genes tolerantes. Estes estudos visaram a modificação e produção de espécies transgênicas para o emprego na fitoremediação de áreas impactadas pela presença de metais pesados (PORTO; 1981, 1986, 1989a, 1989b; PORTO; SILVA, 1989; NICHOLLS; MCNEILLY, 1982; MACNAIR; WATKINS, 1983; MACNAIR; 1987, 1991; TAL, 1984; BAKER, 1987; ERNST *et al.*, 1990; DE-VOS *et al.*, 1991; ARAUJO *et al.*, 1992; ALEGRIA *et al.*, 1992; TURNER; DICKINSON, 1993; BUSTAMANTE, 1993; KAHLE, 1993; MACNAIR *et al.*, 1993; ARDUIN *et al.*, 1994; MEHARG, 1994; BROWN *et al.*, 1994; ZHOU; GOLDSBROUGHT; 1994, 1995; SALT *et al.*, 1995; ARCHAMBAULT; WINTHERHOLDER, 1995; BROWN, 1995; NEUMANN *et al.*, 1995; CUNNINGHAM; OW, 1996; RASKIN, 1994; CORREA *et al.*, 1996; KRAEMER *et al.*, 1996; BORUVKA *et al.*, 1997; NEUMANN *et al.*, 1997; MARINUSSEN *et al.*; 1997a; MARINUSSEN *et al.*, 1977b; CHANEY *et al.*, 1995; CHANEY *et al.*, 1997; SALT *et al.*, 1998; SANTOS, 2000; DAL PIVA, 2001; FRIZZO, 2002).

O estudo das comunidades vegetais de áreas mineralizadas, dos mecanismos de tolerância de espécies metalófitas, exclusoras ou acumuladoras, assim como, os estudos da bioquímica molecular e dos genes que propiciam tais adaptações, são a chave para o desenvolvimento de tecnologias limpas (fitoremediação) para o saneamento de áreas impactadas, assim como para a prospecção mineral de elementos raros e em condições, nas quais, a prospecção usual não é praticável.

O desenvolvimento e a popularização dos computadores pessoais, aliado ao sistema de informações geográfica (SIG), alicerçados na estatística multivariada e análise e interpretação de imagens orbitais, propiciou avanços nas pesquisas sobre a ocorrência, localização e delimitação de áreas ricas em depósitos minerais.

O presente trabalho faz parte do projeto multidisciplinar Metais Pesados em Plantas: Avaliação da Tolerância para o Desenvolvimento de Processos Biotecnológicos, iniciado em 1997, o qual integra várias áreas de conhecimento, e reuni diversos departamentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, além da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, e a Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, tendo como finalidade a realização de estudos multidisciplinares que possibilitem a identificação da tolerância de plantas aos metais pesados, a bioprospecção, a reabilitação e o manejo de áreas degradadas pela exploração mineral.

De acordo com os trabalhos anteriormente desenvolvidos na Mina Volta Grande, a presente pesquisa, está fundamentada em três hipóteses básicas: 1 – que a espécie *Schinus lentiscifolius* March. acumula quantidades anômalas de cobre, nas folhas; 2 – que a distribuição e a abundância das espécies vegetais no âmbito da Mina Volta Grande e entorno, esteja condicionada pela concentração de cobre na forma disponível no solo; 3 – que é possível diferenciar em imagens orbitais, a resposta espectral da vegetação de savana que cresce sobre as estruturas mineralizadas de cobre.

Para testar estas hipóteses, o presente estudo tem por objetivo: 1 – determinar a concentração de cobre na forma disponível do solo, localizado sobre estruturas mineralizadas em forma de filão; 2 – determinar o conteúdo total de cobre nas folhas de *Schinus lentiscifolius*; 3 – verificar a correlação entre a concentração de cobre no solo e nas folhas de *S. lentiscifolius*; 4 – verificar a ocorrência de grupos de espécies vegetais associadas (unidades e subunidades de vegetação) na unidade fisionômica do tipo “savana aberta” sobre estrutura mineralizada de cobre, localizá-los espacialmente e correlacionar a distribuição destes grupos com variáveis ambientais (*site factors*); 5 – realizar processamento, classificação e análise de imagem orbital (Landsat TM 5), visando relacionar a resposta espectral da vegetação com a ocorrência de estruturas mineralizadas de cobre, com o intuito de fornecer subsídios aos estudos biotecnológicos visando a prospecção mineral e reabilitação de áreas degradadas pela mineração.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Os metais desempenham papel decisivo no desenvolvimento das civilizações antigas e atuais. Atualmente, várias atividades antropogênicas têm contribuído para o aumento da disponibilidade de metais pesados no ambiente (TYLER, 1972; JASTROW; KOEPPE, 1980; TILLER; MERRY, 1981). O conteúdo dos metais pesados nos solos, na água e nas plantas, tende a se concentrar em ordens de grandeza cada vez maiores e pode por isso, ter efeitos sobre a cadeia alimentar – vegetais, animais e o homem – (WIXSON, 1978; TILLER; MERRY, 1981; TILLER *et al.*, 1984; TILLER, 1989).

A distribuição dos metais no perfil do solo não resulta apenas do tipo de solo, mas também do tamanho da partícula, da profundidade e do desenvolvimento deste. A natureza da rocha matriz determina a abundância dos elementos no perfil como um todo, no entanto, sob condições naturais, a mobilidade dos constituintes, juntamente com outros fatores, tais como o clima, pH, atividade microbológica, teor de matéria orgânica, umidade, potencial redox, entre outros, condicionam sua distribuição dentro do perfil (MALYUGA, 1964; BROOKS; 1972, 1983).

O solo é o principal compartimento natural em relação aos elementos traço, porque recebe metais de diferentes fontes e atua como meio tampão que controla o movimento destes para outros compartimentos. Além disso, os elementos podem permanecer no solo por longo tempo (TILLER *et al.*, 1984; TILLER, 1989).

Quando a capacidade de tamponamento do solo é ultrapassada, os metais pesados presentes tornam-se tóxicos a uma série de organismos, principalmente as plantas (MALYUGA, 1964; BROOKS; 1972, 1983; WAINWRIGTH; WOOLHOUSE, 1975; FOY *et al.*, 1978; BASZYNSKI *et al.*, 1982; WOOLHOUSE, 1983; LOLKEMA; VOOIJS, 1986; MARSCHNER, 1986; JENSEN; ADALSTEINSSON, 1989; BROWN; WELLS, 1990; WU; LIN, 1990; VERKLEIJ; SCHAT, 1990).

Embora a contaminação dos solos possa ser de origem geoquímica (MALYUGA; 1964; BROOKS; 1972, 1983; TILLER, 1989; ANGELONE *et al.*, 1993; BROWN, 1994), freqüentemente resulta, de forma não intencional, de atividades antropogênicas como a mineração, beneficiamento e industrialização de minérios, queima do carvão, lignito e outros combustíveis fósseis, uso de lodo de estações de tratamento de esgoto na agricultura, uso de pesticidas e fertilizantes fosfatados (ADRIANO, 1986; ALEGRIA *et al.*, 1992; BROWN, 1994).

A expressão “metais pesados” tem várias definições: elementos que se encontram em concentrações inferiores a $100 \mu\text{g.g}^{-1}$ na crosta terrestre (GOLDSCHMIDT, 1930 *apud* AZAMBUJA, 1978); metais cuja densidade é maior do que 5 (PASSOW *et al.*, 1961 *apud* ANTONOVICS *et al.*, 1971; ERNST, 1974); elementos traço, microelementos ou micronutrientes, quando presentes em concentrações diminutas no meio ($\mu\text{g.g}^{-1}$) (VALADARES, 1975; WALLACE; BERRY, 1979,); elementos que possuem número atômico maior do que 23 (peso atômico 50) (BISCHIT *et al.*, 1976); metais com densidade maior do que $4,5 \text{ g.cm}^{-3}$ (KUNTZE, 1986).

Alguns metais pesados são considerados bioelementos essenciais para as plantas, entre estes estão os micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu e Mo, enquanto que outros tais como Ni e Va tem apenas uma significância biológica limitada. No entanto, alguns metais pesados como Cd, Pb, As, Hg e Th, não tem função fisiológica conhecida, e são tóxicos em qualquer dose (KINZEL, 1982 *apud* BUSTAMANTE, 1993). Os limites entre a essencialidade e a toxicidez, freqüentemente dependem da dose de concentração do elemento no meio (KUNTZE, 1986).

Na natureza facilmente se obtém tanto deficiência quanto excesso de elementos traço. Nos organismos, as faixas de tolerância a estes são relativamente estreitas. Aproximando-se do limiar do espectro de concentração, todos os elementos podem ser potencialmente tóxicos aos sistemas biológicos, se estiverem disponíveis em concentrações acima dos limites tolerados. Isto significa, que os elementos traço essenciais devem ser mantidos em uma amplitude de concentração relativamente estreita entre a toxicidez e a deficiência, a fim de manter viáveis e produtivos os sistemas ecológicos (WALLACE; BERRY, 1979).

A forma pela qual os elementos estão presentes no solo, por exemplo, a especiação do metal, influencia de forma acentuada a taxa de absorção destes pelas plantas (BORUVKA *et al.*, 1997). Metais presentes na solução do solo, na forma trocável e, organicamente ligados, são considerados como facilmente ou potencialmente disponíveis (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992) e representam as formas mais perigosas dos metais para o ambiente. Metais de origem antropogênica geralmente são considerados mais disponíveis nos solos do que aqueles originados da rocha mãe (GRUPE; KUNTZE, 1988 *apud* BORUVKA *et al.*, 1997).

Vários fatores condicionam a biodisponibilidade dos elementos para as plantas, tais como, o conteúdo total dos elementos potencialmente disponíveis, a concentração ou atividade de cada elemento na solução do solo, a cinética das reações dos metais com as fases do solo, a taxa de transferência destes das fases sólidas para fases fluídas, a atividade microbiológica e as condições climáticas, (GUPTA *et al.*, 1984; BRÜMMER *et al.*, 1986; ALEGRIA *et al.*, 1992; KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992), além das influências das atividades antropogênicas (BRÜMMER *et al.*, 1986; ALEGRIA *et al.*, 1992).

Os metais pesados podem ser classificados em, *muito, moderadamente e levemente tóxicos* (BOWEN, 1966 *apud* BROOKS, 1983). Os sintomas de toxicidez nos primeiros manifestam-se em concentrações menores do que $1,0 \mu\text{g.g}^{-1}$. O Cu é freqüentemente descrito como um metal pesado muito tóxico em soluções de cultura (BROOKS, 1983; PATTERSON; OLSON, 1983; BAKER *et al.*; 1994a, 1994b). Brooks (1983) ressalta que esta classificação aplica-se mais às plantas vasculares do que às briófitas, e baseia-se na concentração de elementos em soluções nutritivas, onde a disponibilidade para as plantas é de 100%. Portanto, sob condições naturais, concentrações substancialmente maiores no solo podem ser toleradas, uma vez que a disponibilidade para as plantas não é tão elevada quanto nas soluções nutritivas, pois quando é adicionado ao solo, o Cu liga-se de maneira muito forte a muitos componentes destes, o que reduz consideravelmente sua disponibilidade (TURNER; DICKINSON, 1993).

O Cu é disponível para as raízes das plantas como Cu^{2+} e possivelmente como quelatos de Cu (GRAHAM, 1981). Tanto no solo quanto em solução nutritiva, este elemento é quase que inteiramente complexado pelos exudatos das raízes ou por ligantes orgânicos (GRAHAM, 1981; BERGKVIST *et al.*, 1989), portanto, a disponibilidade do íon Cu^{2+} depende da estabilidade dos complexos existentes no meio (BERGKVIST *et al.* 1989). Parece que a disponibilidade de Cu^{2+} aumenta com o decréscimo do pH na solução do solo (TAMM; ANDERSON, 1985; BERKVIST *et al.*, 1989).

Mclarem; Crawford (1973), discutindo a biodisponibilidade de Cu, concluíram que no solo, a fração do Cu ligada aos compostos orgânicos é a que é amplamente disponível para as plantas. Verificaram ainda, que esta fração é controlada pelo equilíbrio entre o Cu solúvel, trocável e organicamente ligado, envolvendo especialmente as forma adsorvidas.

O cobre é um elemento essencial para as plantas quando fornecido em quantidades traço, o qual é absorvido com grande dificuldade pelas raízes, e sua mobilidade é baixa em comparação com outros elementos (BROOKS; 1972, 1983; KINZEL, 1982 *apud* BUSTAMANTE, 1993; KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992; LOLKEMA, 1985 *apud* OUZOUNIDOU *et al.*, 1992). Aparentemente a maior parte deste metal permanece nas raízes e tecidos foliares e apenas pequenas quantias estão presentes em órgão jovens (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992).

De acordo com Brooks (1972; 1983), o padrão de absorção e translocação do Cu nas plantas é consequência do papel desempenhado pelo mesmo. É um dos constituintes das proteínas componentes de várias enzimas, principalmente daquelas que participam do fluxo elétrico, catalisador de reações redox nas mitocôndrias, cloroplastos, parede celular e no citoplasma de células vegetais (LOLKEMA, 1985 *apud* OUZOUNIDOU *et al.*, 1992).

Sendo um elemento essencial, o Cu é transportado sob condições metabólicas e sua concentração nos ramos é mantida constante. A alta retenção de metais pesados que se verifica nas raízes, de uma série de plantas, confirma que esta é o primeiro alvo da toxicidade do metal e, por conseguinte, exerce um papel determinante da adaptação de espécies não tolerantes a contaminação do solo (TURNER; DICKINSON, 1993).

Os metais pesados provocam restrições fisiológicas, diminuem o vigor e muitas vezes inibem completamente o crescimento das plantas (WU; LIN, 1990). Modificações morfológicas foram observadas por diversos autores (BROOKS; 1972, 1983; BELL *et al.*, 1991), anatômicas, no sistema lenhoso e em outras estruturas celulares (MALYUGA *et al.*, 1959; PORTO, 1981; OUZOUNIDOU *et al.*, 1992; NEUMANN *et al.*; 1995, 1997), fisiológicas (BAKER; 1981, 1984; BARCELÓ *et al.*, 1988; BUSTAMONTE, 1993; ARDUIN *et al.*, 1994) e genéticas (BECKETT; BROWN, 1983; MACNAIR; 1983, 1991; MACNAIR; WATKINS, 1983; BROOKS *et al.*, 1992; KRUCKEBERG; WU, 1992; MACNAIR *et al.*, 1993; ARCHAMBAULT; WINTERHOLDER, 1995; CORREA *et al.*, 1996).

Os sintomas mais comuns da fitotoxicidade do cobre são o atrofiamento da planta (nanismo), clorose das folhas, redução do conteúdo de clorofila, redução do tamanho da corola e das sementes (DANIELS *et al.*, 1972; BROOKS; 1972, 1983; FOY *et al.*, 1978; STIBOROVA *et al.*, 1987) e inibição do crescimento das raízes

(SAVAGE *et al.*, 1981; WOOLHOUSE; WALKER, 1981; STIBOROVA *et al.*, 1987; ELFTHERIOU; KARATAGLIS, 1989).

Em nível celular, um efeito bem conhecido da toxicidade do Cu é a alteração na permeabilidade seletiva da membrana plasmática (DE FILIPPIS, 1979; DE VOS *et al.*, 1989), impedindo a passagem livre do potássio, sódio e moléculas orgânicas (BROOKS; 1972, 1983), levando à fuga de íons, tais como o potássio e outros solutos, como foi demonstrado para leveduras (PASSOW; ROTHSTEIN, 1960; OHSUMI *et al.*, 1988), para algas (MCBRIEN; HASALL, 1965; OVERNELL, 1975) e para as raízes de plantas superiores (WAINWRIGHT; WOOLHOUSE, 1977; DE FILIPPIS, 1979; MARRÉ *et al.*, 1982; DE VOS *et al.*, 1989; GUSSARSSON; JENSÉN, 1992), afetando a morfologia destas (SAVAGE *et al.*, 1981). Interfere ainda nos processos respiratórios, síntese enzimática e no desenvolvimento ultraestrutural das plantas (WAINWRIGHT; WOOLHOUSE, 1975; WU; LIN, 1990).

A parede celular é amplamente reconhecida como sendo o maior local de complexação de elementos metálicos, tanto nas plantas superiores quanto nos microorganismos (ASHIDA *et al.*, 1963; ERNST, 1972; PATON; BUDD, 1972; DUDDRIDGE; WAINWRIGHT, 1980; KAHLE, 1993). Uma vez que os sítios complexantes tornam-se rapidamente saturados, a efetividade do mecanismo de exclusão deve estar estreitamente relacionada à área total da superfície da parede celular disponível para atividade complexante nas regiões de absorção da raiz (BRADLEY *et al.*, 1982)

Vários métodos têm sido aplicados para estimar os efeitos do cobre sobre as plantas, variando desde medidas do crescimento de raízes (LEFEBVRE, 1975; WU; ANTONOVICS, 1975; WILKINS, 1978; POLLARD, 1980; MACNAIR, 1983; WU; KRUCKEBERG, 1985; STIBOROVA *et al.*, 1987; ELFTHERIOU; KARATAGLIS, 1989; WU; LIN, 1990), medida do conteúdo de clorofila, mudanças ultraestruturais e permeabilidade da membrana (STIBOROVA *et al.*, 1987; OSHUMI *et al.*, 1988; OUZOUNIDOU *et al.*, 1992), medidas de crescimento de folhas (TAYLOR; CROWDER; 1982; 1983a; 1983b), até o uso de espectroscopia fotoacústica para medir reações fotoquímicas primárias do processo fotossintético (OUZOUNIDOU *et al.*, 1993).

Como as plantas não são capazes de evitar completamente a entrada de metais pesados em suas células (via sistema radical ou foliar), diferentes espécies ou ecotipos se modificaram, desenvolvendo mecanismos de tolerância (MALYUGA,

1964; ANTONOVICS *et al.*, 1971; ERNST; 1965, 1966, 1968, 1969 *apud* PORTO, 1986; HOWARD-WILLIAMS, 1972, BROOKS; 1972, 1983; BAKER, 1987; KAHLE, 1993; MEHARG, 1994), tornando-se capazes de ocupar ambientes extremos, refletindo ao mesmo a composição geoquímica destes.

Kruckeberg; Wu (1992) assinalam que a tolerância aos metais em plantas adaptadas aos rejeitos de minas inativas é um paradigma da biologia evolucionária. Concentrações elevadas de um elemento em particular, derivado dos rejeitos de mineração, pode criar condições tóxicas nos solos, às quais impedem o crescimento e reprodução das plantas. No entanto, estas condições podem também atuar como agentes seletivos para a adaptação das plantas a tais solos.

A adaptação de espécies vegetais à níveis tóxicos de metais pesados tem sido o objetivo de muitos trabalhos (MALYUGA, 1964; ANTONOVICS *et al.*, 1971; ERNST; 1972, 1974; BROOKS; 1972, 1983; WAINWRIGHT; WOOLHOUSE, 1975; FOY *et al.*, 1978; FARAGO, 1981; WOOLHOUSE, 1983; PETERSON, 1983; BAKER, 1987; TOMSETT; THURMAN, 1988; SHAW, 1990), no entanto, poucos estudos de campo detalhados, investigaram os efeitos dos gradientes de toxicidade dos metais sobre a estrutura e composição de espécies da vegetação (BAKER, 1987).

A heterogeneidade espacial na composição florística é freqüentemente observada onde um fator edáfico particular de importância preponderante exerce pressão seletiva sobre a vegetação (BROWN, 1994). Este fenômeno tem sido bem documentado em comunidades vegetais sobre solos contaminados com quantidades excessivas de metais pesados tóxicos (ERNST, 1974; BROOKS; 1972, 1983), os quais são freqüentemente encontrados nas vizinhanças de áreas mineradas. A sucessão vegetal natural sobre tais solos pode ser um processo lento. Por exemplo, montes de rejeitos não mexidos em Harz (Alemanha), originados durante a Idade Média, têm sido colonizados apenas esparsamente por poucas plantas vasculares, após 500 anos (BROWN, 1994).

BROWN (1994; 1995) assinala ainda que as plantas colonizadoras de rejeitos de mineração, contaminados com quantias excessivas de metais pesados, são de interesse científico particular, não apenas devido ao número de casos raros, nos quais ocorrem táxons endêmicos, mas também devido ao fato de que certas espécies "comuns" tem a habilidade de se adaptar às condições hostis que freqüentemente prevalecem nestes locais.

A pressuposição geral que o nível absoluto dos metais no solo é o principal fator determinante do sucesso das plantas, tem-se mostrado muito simplista (BROWN, 1995). Sobre solos contaminados com metais pesados do oeste da Europa, Simon (1978) e Brown (1994) demonstraram por meio de uma variedade de meios que a razão metal pesado/cálcio, no extrato solúvel do solo, extraídos com acetato de amônia, é um ótimo indicador da real toxicidade do metal, particularmente no caso do Pb.

Salvo a natureza tóxica do substrato, outros fatores edáficos podem afetar de forma ampla a habilidade da planta em sobreviver sobre rejeitos metalíferos (SMITH; BRADSHAW, 1979). Inclui-se aqui a deficiência de nutrientes, e em alguns casos, a baixa capacidade de retenção de água.

Um problema que freqüentemente surge em ambientes contaminados, tais como as vizinhanças de áreas metalíferas, é decidir em que extensão os metais pesados presentes no solo estão exercendo influência sobre as espécies, de forma individual ou sobre a vegetação como um todo (BROWN, 1994).

Plantas que crescem sobre solos ricos em metais pesados diferem na habilidade de absorver e translocar elementos para as partes aéreas (BAKER, 1981; BAKER; BROOKS; 1989; BAKER; WALKER, 1990; PETERSON, 1983; KRAMER *et al.*, 1996). As plantas são capazes de acumular íons tóxicos, preferencialmente nas raízes ou nas folhas (ERNST, 1974; BROOKS; 1972, 1983).

Lambinon; Auquier (1964 *apud* BROWN, 1994) empregaram pela primeira vez os termos plantas *metalófitas* e *pseudometalófitas*. Dividem as metalófitas em duas categorias: absolutas e locais ou pseudometalófitas. As metalófitas absolutas só se desenvolvem sobre solos com potencial mineral, já as locais ou pseudometalófitas são aquelas espécies que adquirem tolerância à concentrações anômalas de determinados elementos, podendo contudo, ocorrer também sobre solos de áreas não anômalas.

Baker (1981) classifica as plantas de acordo com as respostas à concentração de elementos no solo como: *acumuladoras* – plantas que apresentam a relação de concentração planta/solo > 1,0. Concentram os elementos nas partes aéreas, estando estes em altas ou em baixas concentrações no solo. A concentração do elemento no tecido vegetal se eleva bruscamente à medida que a concentração no solo aumenta, até que todos os sítios dentro da planta sejam preenchidos; *indicadoras* – a absorção e o transporte dos metais são regulados, de

modo que a concentração na planta reflete o que há no solo. A relação de concentração planta/solo está próximo a 1,0; *exclusoras* – as concentrações do metal nas partes aéreas da planta são mantidas baixas e constantes até um valor crítico, próximo ao qual, o mecanismo de exclusão entra em colapso, resultando em um transporte irrestrito e toxicidez. Os fatores de concentração planta/solo são muito menores do que 1,0.

Este autor assinala ainda que, uma espécie pode atuar como acumuladora, indicadora ou exclusiva, sob diferentes graus de concentração de metais no solo.

Aquelas espécies caracterizadas por uma alta absorção e excepcional capacidade de acumulação foram definidas como hiperacumuladoras por Brooks *et al.* (1977). Este comportamento pouco comum é muito interessante, uma vez que está invariavelmente ligado a uma alta tolerância aos metais, os quais ocorrem em quantidades fitotóxicas no habitat destas plantas (GABBRIELLI *et al.*, 1991).

Farago *et al.* (1992) utilizaram a classificação de Baker (1981) para avaliar a biodisponibilidade de metais pesados às plantas e enquadrá-las nas respectivas categorias, conforme as relações de concentração de metal no solo/planta na área de Neves Corvo em Portugal.

Vários mecanismos têm sido sugeridos para explicar a tolerância das plantas aos metais pesados, no entanto, Strange; Macnair (1991) citam que apesar de terem gasto mais de duas décadas em pesquisas intensivas, ainda há considerável incerteza sobre os mecanismos que regulam a tolerância de plantas superiores aos metais pesados.

Revisões de Ernst *et al.* (1990) e Backer *et al.* (1994b) enfatizam possibilidades de ocorrência de mecanismos de resistência múltipla, com tolerância por diferentes espécies e a diferentes metais, sendo atingidos por diferentes processos fisiológicos.

Um dos problemas da investigação dos mecanismos de tolerância é que comparações normalmente são feitas entre clones tolerantes de uma mina ou outros sítios contaminados, e clones não tolerantes de um ambiente não contaminado, totalmente diferente. Os dois clones provavelmente são diferentes não apenas nos genes e nos mecanismos de produção de tolerância, mas também, em algumas outras características, as quais podem adaptar as plantas à outras características do ambiente (MACNAIR, 1987). É possível, no entanto, que as diferenças fisiológicas que estão sendo investigadas sejam causadas mais por estas outras adaptações do

que primariamente pela tolerância ao metal. Para solucionar este problema, Verkleij; Schat (1990) sugerem o emprego de técnicas que utilizem a leitura de linhas isogênicas, as quais se manifestam apenas no(s) gene(s) que indica(m) a tolerância.

Um problema adicional com o uso de solos coletados no campo é que diferenças no crescimento sobre substratos contaminados e não contaminados podem também ser atribuídos a diferenças em outras características físicas e químicas dos substratos experimentais (TAYLOR; CROWDER; 1983a, 1983b).

A tolerância parece ser metalo específica, deste modo, a evolução da tolerância a um metal não confere automaticamente tolerância a outros metais. Quando a tolerância múltipla ocorre, isto comumente reflete os níveis tóxicos de vários metais no substrato (FOY *et al.*, 1978; ANTONOVICS *et al.*, 1971; BROOKS; 1972, 1983).

Turner; Dickinson (1993) sugerem que a tolerância aos metais pesados é reconhecida como um fenômeno claramente genético que as plantas podem ou não possuir. Por outro lado, considera-se também a tolerância como uma característica não tão estável, fisiologicamente, como se pensava inicialmente (BAKER, 1987; BAKER; WALKER, 1990; TURNER; DICKINSON; 1991, 1993).

Frenckell-Insan; Hutchinson (1993) investigaram a ocorrência de tolerância e co-tolerância em populações européias e canadenses de *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv. e verificaram que muitas plantas tolerantes a um ou mais metais exibiram um baixo nível de co-tolerância a outros metais, os quais não estavam tão elevados nos sítios de origem. Isto significa, conforme assinalam Wainwright; Woolhouse (1975), que a tolerância a um metal não necessariamente significa a tolerância a outro, e a tolerância múltipla só se expressa, quando vários metais estão presentes no solo, em quantidades que exerçam papel estressante sobre as plantas presentes.

Westerbergh; Saura (1992) citam que a evolução da tolerância aos metais pesados, em plantas, é bem documentada. Estudos clássicos com gramíneas têm demonstrado que a tolerância aos metais é determinada geneticamente. No entanto, apesar do desenvolvimento tecnológico e das pesquisas intensivas, nem as bases genéticas (MACNAIR, 1990), nem os mecanismos fisiológicos que controlam a tolerância aos metais (BAKER; WALKER, 1990; VERKLEIJ; SCHAT, 1990) são bem compreendidos.

Kahle (1993) assinala que os principais tipos de mecanismos de tolerância em plantas são o aprisionamento dos íons metálicos no sítios aniônicos na parede

celular das células das raízes, e a detoxificação interna dos íons metálicos. Ambos mecanismos se dão pela quelação dos metais pelos resíduos de ácidos orgânicos e seqüestro em um vacúolo, ou pela complexação com metalotioneínas, semelhantes a proteínas, no citoplasma. Tais estratégias são, principalmente mecanismos de imobilização que transformam os metais em formas inócuas.

No caso da tolerância ao cobre, tem sido dedicada muita atenção sobre o rol de proteínas cobre-quelantes, seguindo o isolamento de uma metalotioneína semelhante à proteína da planta tolerante ao cobre *Agrostis gigantea* (RAUSER; CURVETO, 1980). No entanto, estes componentes foram subseqüentemente encontrados em todas as plantas examinadas por Grill *et al.* (1985) e nenhuma diferença quantitativa na taxa de produção dos mesmos, ou na capacidade de quelar o cobre, foi observado por Lucas (1981 *apud* STRANGE MACNAIR, 1991), Robinson; Thurman (1986) e Verkleij *et al.* (1989).

Schultz; Hutchinson (1998) demonstraram que a metalotioneína, provavelmente, não esteja envolvida na tolerância ao cobre, por *Deschampsia cespitosa*.

Algumas espécies ou variedades de plantas mostram uma adaptação especial e acumulam grandes quantidades em seus tecidos (JOWETT, 1958; ASHIDA *et al.*, 1963; CURVETTO; RAUSER, 1979; HOGAN; RAUSER, 1981). A exclusão do metal, que é um dos mecanismos de tolerância sugerido por Antonovics *et al.* (1971), é considerado um caso raro de tolerância, pois admite-se que as plantas tolerantes a metais, restrinjam a absorção dos mesmos (FOSTER, 1977).

Pelo fato dos metais pesados não serem naturalmente removidos ou degradados, são progressivamente acumulados no solo ou em sedimentos aquáticos (MAYER; HEINRICHS, 1981). Os efeitos destes, sobre a saúde humana e sobre a qualidade de seu ambiente imediato, até o momento, ainda não receberam a devida atenção. Devido a falta de legislação adequada, conhecimento e muitas vezes descaso, a mineração, o processamento e o depósito de substâncias perigosas, algumas vezes são feitos de forma irresponsável (WEATHERFORD *et al.*, 1997). Estas atividades geram solos ácidos, criando ambientes potencialmente tóxicos para o crescimento vegetal (SMITH; BRADSHAW, 1979). Não obstante, solos contaminados são colonizados por uma variedade de espécies (WU; LIN, 1990).

A contaminação de bacias hidrográficas por metais pesados, incluindo os cursos d'água e o solo, oriundos de áreas mineradas, além de outras fontes, tem se apresentado como problema emergente nos últimos anos (PORTO; 1989a, 1989b; PORTO; SILVA, 1989; ZANARDI-JUNIOR, 1990; ZANARDI-JUNIOR; PORTO, 1991; ZOCHE, 1989; ZOCHE; PORTO, 1993; ROSS, 1994; ROSS; RAYE, 1994; SALT *et al.*, 1995; PROCHNOW, 1995; PROCHNOW; PORTO, 2000).

Embora as conseqüências da contaminação do ambiente estejam sendo melhor entendidas, tecnologias efetivas e economicamente viáveis para a reabilitação destes locais continuam sendo algo ilusório (BROWN, 1994).

Os métodos de reabilitação ambiental, mais amplamente empregados, podem ser divididos em duas categorias gerais: processos de descontaminação e processos de contenção. Alguns dos processos de contenção mais comumente usados são as barreiras de baixa permeabilidade, bombeamento da água do subsolo, drenagem superficial, cobertura dos elementos tóxicos com argila, e estabilização com silicato e cal (WENTZ, 1995). Outros incluem ainda extração a vapor, biorremediação microbiana, absorção ativa do carbono e lavagem do solo. Um método rudimentar de descontaminação é a escavação e remoção. Este método tem seus benefícios, mas também tem seus problemas, pois o material escavado é realocado, expondo de forma potencial, os operários e cidadãos ao grande nível de toxicidade (WEATHERFORD *et al.*, 1997).

Como foi observado, o emprego dos métodos acima citados, implica no uso de tecnologias caras, pouco efetivas e que promovem danos ao meio ambiente, muitas vezes até maiores do que o próprio problema a ser reparado. Por outro lado, por meio da fitoremediação, a remoção de metais do solo pelas plantas pode ser efetuada com menores custos financeiros e ambientais.

Plantas altamente especializadas que envolvem a habilidade para acumular e tolerar concentrações elevadas de metais do solo, podem ser o caminho para a remediação destes sítios (CHANEY, 1983; BAKER *et al.*, 1991). Espécies *Hiperacumuladoras* têm sido encontradas contendo mais de $10.000 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn e mais 100 mg kg^{-1} de Cd na biomassa dos ramos (rebentos, brotos) (BAKER; BROOKS, 1989; BAKER *et al.*, 1994a). Por meio de culturas sucessivas destas plantas, os metais podem ser translocados do solo para o tecido dos ramos (brotos). O tecido vegetal pode então ser colhido e fundido para reciclar os metais do solo. No entanto, antes da fitoremediação ser efetivamente explorada sobre solos

contaminados, é necessário um melhor entendimento da absorção de metais pelas espécies hiperacumuladoras (BAKER *et al.*, 1994b; CHANEY *et al.*, 1997; SALT *et al.*, 1989; SALT *et al.*, 1998).

Exceto seus interesses intrínsecos, plantas que exibem esta característica de hiperacumulação de metais, poderiam ser de valor na descontaminação de solos poluídos por metais (CHANEY, 1983; SALT *et al.*, 1995). No entanto, a base bioquímica da capacidade para acumulação de metais pesados, ainda não foi completamente elucidada.

A idéia básica de que as plantas podem ser utilizadas para a remediação ambiental é muito antiga e não pode ser creditada a uma fonte em particular (SALT *et al.*, 1998). O uso de plantas hiperacumuladoras de metais para remover seletivamente e reciclar metais, que estão em quantidades excessivas no solo, foi introduzida em 1983 (CHANEY, 1983), popularizando-se em 1990 (CHANEY *et al.*, 1997; SALT *et al.*, 1998). A fitoremediação usa plantas autotróficas para estabilizar, colher ou mudar quimicamente os contaminantes para formas não perigosas (CUNNINGHAM; BERTI, 1993).

Chaney *et al.* (1997), fazem uma extensa revisão sobre fitoremediação, historiando o surgimento, desenvolvimento e pressupostos básicos e projeção do emprego desta técnica de utilização de plantas para o saneamento ambiental. Um método estudado foi o uso de células vegetais vivas ou mortas, para acumular metais de soluções aquosas (WEATHERFORD *et al.*, 1997). Outros métodos baseavam-se em plantas geneticamente alteradas para produzirem fitoremediadores mais eficientes (DUSHENKOV *et al.*, 1995).

Recentemente, uma série de descobertas científicas fascinantes, combinadas com pesquisas de caráter multidisciplinar tem conduzido o desenvolvimento da fitoremediação em direção a uma promissora tecnologia ambientalmente amigável, com custos efetivos menores do que as estratégias atualmente usadas de remoção, lavagem ou solidificação de contaminantes (CUNNINGHAM *et al.*, 1995; CHANEY, 1995; SALT *et al.*, 1995; SALT *et al.*, 1998).

Weatherford *et al.* (1997) identificaram várias plantas nativas acumuladoras de metais pesados no Kentucky - USA, cultivaram e colheram as mesmas com o objetivo de identificar o ponto exato nos seus ciclos de crescimento, onde a acumulação de metal era máxima, com o objetivo de utilizá-las em processos de fitoremediação.

Os métodos de fitoremediação, também denominada de bioremediação, bioremediação botânica ou remediação verde (CHANEY *et al.*, 1997), incluem a fitoextração (uso de plantas para remover contaminantes do solo), fitovolatilização (uso de plantas para tornar voláteis elementos do solo), rizofiltração (uso de raízes de plantas para remover contaminantes da água) e fitoestabilização (uso de plantas para transformar os metais do solo em formas menos tóxicas sem, no entanto, removê-los (CHANEY *et al.*, 1997; SALT *et al.*, 1998).

Salt *et al.* (1998) apresentam uma revisão sobre as bases, as técnicas mais desenvolvidas e os mecanismos biológicos que tornam a fitoremediação passível de ser aplicada. Destaca que, para a fitoremediação ser economicamente viável, ótimas práticas de manejo devem ser identificadas. Para este objetivo, é conveniente identificar relações quantitativas entre o conteúdo total e o extraível dos metais no solo com a absorção pelas plantas.

Além do emprego das plantas hiperacumuladoras no desenvolvimento de tecnologias limpas, como a fitoremediação, o emprego de plantas indicadoras na prospecção mineral pode ser útil, caso os métodos normais de prospecção não demonstrem viabilidade. Tal procedimento já foi aplicado na localização de jazidas na antiga União Soviética (POSKOTIN; LYUBIMOVA, 1963) na Austrália (NICHOLLS *et al.*, 1965) na Nova Zelândia (NICOLAS; BROOKS, 1969) e no Zaire (MALAISSE; GRÉGOIRE, 1978). Minerais raros também foram prospectados por este método nos Estados Unidos (CANNON, 1957; KLEINHAMPEL, 1962).

Brooks (1983) ressalta que a maior parte dos depósitos minerais, facilmente detectáveis, já foram mapeados há anos e, os remanescentes estão localizados em águas profundas, cobertos por capas de gelo ou por densas florestas, de modo que técnicas mais sofisticadas são necessárias para se encontrar novos depósitos.

Em áreas de difícil localização de jazidas, principalmente as de minerais raros em sedimentos continentais, foram utilizadas técnicas envolvendo bioindicadores indiretos (*pathfinders*), como no caso do urânio na Nova Zelândia, detectado através do estudo da concentração de Cu, Pb e Be nas plantas (COHEN *et al.*, 1969).

Ernst (1974), Brooks (1972; 1983) se referem à escassez de trabalhos relacionados a vegetação metalófila na América do Sul. Bech *et al.* (1997), estudando a contaminação dos solos e plantas nos arredores de uma mina de cobre nos Andes peruanos, mencionam que até aquela data, pouca informação

encontrava-se disponível sobre o impacto ambiental ou biogeoquímica dos locais de minas na América Latina, apesar de várias ocorrências mineralógicas.

Bech *et al.* (1997) assinalam ainda, que o objetivo de seus estudos não é apenas identificar os metais e metalóides que são responsáveis pelos efeitos fitotóxicos, mas também fornecer os primeiros resultados, os quais podem contribuir para aumentar o volume de dados biogeoquímicos, extremamente pequeno, para a América Latina, em comparação àqueles registrados para a América do Norte, Europa ou África.

Porto (1986) assinala que citações sobre vegetação relacionada à metais pesados na América do Sul e no Brasil existem, somente como esparsas referências de possíveis plantas indicadoras. Dorn (1937 *apud* PORTO, 1986) cita indicadoras de zinco para a região de Ouro Preto, e algumas espécies do gênero *Qualllae* como indicadoras de estanho no norte de Minas Gerais. Outras espécies são referidas como “seguras indicadoras” de ouro e sedimentos aluviais.

Plantas que crescem em locais de ocorrência de rádio e tório foram investigadas, quanto às radiações absorvidas no “Morro do Ferro”, em Poços de Calda, por Penna Franca *et al.* (1963; 1965). Goodland (1971a, 1971b, 1973), em suas investigações sobre os solos dos “cerrados” brasileiros, constatou uma alta acumulação deste elemento em espécies de *Vochysiaceae* dos gêneros *Vochysia* e *Salvertia*. Porto; Silva (1989) sugerem a ocorrência de vegetação metalófila em áreas de solos metalíferos de Minas Gerais (Espinhaço) e do Pará (Serra dos Carajás).

No sul do Brasil, particularmente no estado do Rio Grande do Sul, junto ao Escudo Sul-Rio-Grandense, os trabalhos de Lisboa (1976), na região de Caçapava do Sul e Lavras do Sul, Nardi (1978), na região de Bagé-Caçapava do Sul, Lima e Cunha (1980), no Cerro dos Martins e Mina do Seival em Caçapava do Sul, Lima e Cunha (1982), na Fazenda Santa Ivone em Bagé, Porto (1981, 1986, 1989a, 1989b), junto a Mina Volta Grande e Mina do Seival, bem como os de Hofbauer (1979), Winkler (1980 *apud* PORTO, 1986), Dal Piva; Porto (1998a, 1998b), Agnes *et al.* (1998), Porto *et al.* (1998), Agnes *et al.* (1999a, 1999b), Dal Piva; Porto (1998a, 1998b, 1999, 2001), Porto *et al.* (2000), Porto; Dal Piva (2000), Weber *et al.* (2001); Dal Piva (2001), Zocche; Porto (2000, 2001, 2002), Frizzo; Porto (2001, 2002), Frizzo (2002), Sippel *et al.* (2002), na Mina Volta Grande (Lavras do Sul), e Girardi-Deiro; Porto (1998, 1999, 2001), Girardi-Deiro (1999), em Bagé, sugerem a

influência de metais pesados no desenvolvimento e crescimento de plantas e na seleção de espécies tolerantes aos mesmos.

Além destes, vários trabalhos de cunho florístico e fitossociológico, têm sido desenvolvidos junto às áreas campestres do Rio Grande do Sul, relacionando a sociologia vegetal a diversos fatores ambientais e ao manejo, como os de: Pott (1974); Girardi-Deiro; Kämpf (1978); Bueno *et al.* (1979); Girardi-Deiro; Gonçalves (1984); Gonçalves; Girardi-Deiro (1986); Boldrini; Miotto (1987); Girardi-Deiro; Gonçalves (1987a, 1987b); Pillar (1988); Zocche (1989); Eggers (1991); Pillar *et al.* (1992); Girardi-Deiro *et al.* (1992); Boldrini (1993); Zocche; Porto (1993); Eggers; Porto (1994); Girardi-Deiro *et al.* (1994); Kersting (1994); Boggiano (1995); Boldrini; Eggers (1996); Garcia (1997); Gonçalves *et al.* (1997); Sosinski Junior (2000), entre outros.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 – Descrição da Região Estudada

No Rio Grande do Sul, segundo Menegat *et al.* (1998), são reconhecidos quatro grandes domínios morfoestruturais a partir das características geológicas e estruturais das rochas e modelados da superfície: o Planalto Meridional; a Depressão Periférica; o Escudo Sul-Rio-Grandense e a Província Costeira.

O Escudo Sul-Rio-Grandense ocupa uma área de aproximadamente 46.742 km², apresentando-se sob forma grosseiramente triangular a partir do centro do Estado, cujos vértices poderiam ser balizados pelas cidades de Porto Alegre, São Gabriel e Jaguarão, (BRASIL, 1973; MOREIRA; LIMA, 1977; JUSTUS *et al.*, 1986; KAUL, 1990, RAMBO, 1994).

Denominados de Escudo Sul-Rio-Grandense, os terrenos do limite meridional da Bacia Sedimentar do Paraná, compõem relevos muito diversificados, com altitudes que variam de 200 a 599 metros. Compreende juntamente com o escudo uruguaio, uma área soerguida em relação aos domínios morfoestruturais que o cercam. Tal fato lhe confere o nome de "Serras de Sudeste", entre as quais salientam-se as do Tapes e do Erval, (MOREIRA; LIMA, 1977).

Segundo Menegat (comunicação pessoal), o termo "Serra do Sudeste", utilizado por muitos autores para designar a região geomorfológica Planalto Sul-Rio-Grandense, está sendo empregado de forma errônea, uma vez que inicialmente este termo era utilizado, para denominar as cadeias de elevações que ocorrem no sul Brasil, após o término da Serra Geral, como forma de justificar a ocorrência das mesmas.

Do ponto de vista geológico o Planalto Sul Rio-Grandense, está assentado sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense, termo cunhado por Carvalho (1932), com significado geomorfológico, substituindo a expressão "complexo cristalino" com sentido estratigráfico, dada por Branner (1919, *apud* FERNANDES *et al.*, 1995).

Neste trabalho, empregar-se-á o termo Escudo Sul-Rio-Grandense, (sentido geomorfológico), quando o assunto discutido referir-se aos aspectos físicos (geologia, geomorfologia, hidrografia, clima e solo). Por sua vez, o termo Serra do Sudeste (sentido fisiográfico), será utilizado, quando se discutir aspectos biológicos

(flora e fauna), apenas acompanhando as citações dos respectivos autores consultados.

A área de estudo está localizada na porção noroeste deste Escudo, junto ao município de Lavras do Sul, região específica, que será considerada para a presente descrição.

3.1.1 – Clima

O clima do estado do Rio Grande do Sul corresponde, na classificação climática de Köppen, ao tipo Subtropical Úmido (Cf). Ocorre no Estado duas variedades específicas Cfa e Cfb, sendo que, a maior parte do mesmo encontra-se sob o domínio da primeira variedade (MOTTA, 1951; MORENO, 1961), a qual apresenta a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C.

Na região de Lavras do Sul, o clima enquadra-se na variedade específica Cfa. As temperaturas médias anuais giram em torno de 16 a 18 °C, sendo a média do mês mais quente (janeiro) de 22,8 °C e do mês mais frio (julho) de 11,6 °C. As temperaturas extremas absolutas variam de -4 °C e 41 °C e, a formação de geadas ocorre de abril a novembro, com maior incidência de junho a agosto. A umidade do ar oscila entre 71% e 84%. A precipitação média anual é de 1.665 mm, a qual distribui-se de maneira regular ao longo do ano, com maior incidência nos meses de maio, junho, agosto e setembro. Predominam os ventos do quadrante leste durante o ano todo (MORENO, 1961; NIMER, 1977,1990; MACEDO,1984).

3.1.2 – Geologia

A evolução geológica do sul do Brasil é descrita por Fernandes *et al.* (1995), assim como por Menegat *et al.* (1998), os quais detalham minuciosamente os processos que caracterizaram a formação da crosta terrestre nesta região, em particular, aqueles que originaram o Escudo Sul-Rio-Grandense.

Localizado na porção sudeste do Estado, este Escudo é formado por rochas ígneas, metamórficas e sedimentares de idades que vão do Arqueano (2,2 Ga = *Giga annum*) ao Cambriano (550 Ma. = milhões de anos), conforme citam, Menegat *et al.* (1998).

Segundo Fernandes *et al.* (1995), quase que a totalidade da área de afloramento do Escudo Sul-Rio-Grandense é ocupada por um antigo orógeno, o Cinturão Dom Feliciano, o qual está representado por associações de rochas alongadas segundo a direção NE.

Menegat *et al.* (1998) assinalam que este orógeno é marcado pela presença de grandes falhas de rasgamento, causadas pela compressão entre placas dos continentes sul americano e africano, o que propiciou espaços para o alojamento de magmas graníticos de fonte profunda. A erosão intensa e continuada a que o mesmo foi submetido, expôs à superfície, após 200 milhões de anos, as rochas graníticas formadas a grandes profundidades. Destaca ainda, que os granitóides que se formaram durante o processo geo-evolutivo do Cinturão Dom Feliciano, ocorrem hoje na região de Lavras do Sul e arredores, cujos terrenos estão assentados sobre a porção noroeste do Escudo Sul-Rio-Grandense.

Devido à existência de várias jazidas minerais importantes exploradas desde muitos anos, no Rio Grande do Sul, a geologia geral tem sido bem estudada (BRASIL, 1973). Fernandes *et al.* (1995) mencionam que quatro programas de pesquisa se estruturaram para o estudo do Escudo Sul-Rio-Grandense no século passado, no entanto, ressaltam que a ausência de estratégias de pesquisa em muitos trabalhos tem servido mais para confundir a insipiente sistematização alcançada, do que para contribuir na elucidação da história da evolução geológica da região. Apresentam por conseguinte, uma proposta de compartimentação tectônica baseada em dados geológicos e geofísicos, alicerçados no arcabouço conceitual da Tectônica de Placas, na tentativa de elucidar a história da evolução geológica do Pré-Cambriano no Rio Grande do Sul.

Segundo Ribeiro; Lichtenberg (1978), as unidades estruturais que compõem o Escudo Sul-Rio-Grandense, não se distribuem uniformemente ao longo de toda sua extensão, levando a regimes tectônicos de diferente evolução global num dado ciclo orogênico, o que impede o estabelecimento de uma coluna estratigráfica geral para todo o Escudo. Em função disto, estes autores propuseram reedificar a estratigrafia do mesmo, de maneira particularizada para cada zona.

Horbach *et al.* (1986) citam vários autores que trataram da ocorrência de cobre no Escudo Sul-Rio-Grandense, destacando os trabalhos de cunho histórico e de detalhamento, os trabalhos que tratavam das principais características das ocorrências de cobre e a gênese e controle estrutural destes depósitos.

As mineralizações cupríferas, segundo Kaul (1990), ocorrem nos municípios de Caçapava do Sul, Lavras do Sul e Encruzilhada do Sul, entre outros. Estas, encontram-se encaixadas de modo primário, singenético, ou remobilizadas por falhas, constituindo filões em rochas das Coberturas Molassoides Eopaleozóicas (Grupos Maricá e Camaquã), em rochas dos Cinturões Vulcano-sedimentares (Complexo Vacacaí), em rochas do Flanco Ocidental do Cinturão Móvel Dom Feliciano (Supergrupo Porongos) e em rochas das intrusões graníticas desse cinturão e da Formação Serra Geral.

Segundo Ribeiro (1978), uma análise global das ocorrências de cobre na região do Escudo Sul-Rio-Grandense mostra uma série de modos de aparecimento deste metal. Estas ocorrências estão unidas a diferentes tipos de litologias, de idades também variadas, embora, quanto a este último aspecto, elas estejam limitadas ao Pré-Cambriano "A", ou seja, ao intervalo entre 570 m.a e 1.100 m.a.

O autor *op.cit.*, destaca ainda que, quanto a caracterização dos indícios cupríferos no Escudo Sul-Rio-Grandense, tomando-se como base a paragênese química, pode-se visualizar, especificamente, para a região de Lavras do Sul a paragênese do tipo Cu-Au. Trata-se da ocorrência de filões de quartzo que são encontrados encaixados no granito Lavras do Sul (570 m.a) e nos andesitos e tufos predominantemente andesíticos do membro Hilário. A mineralogia é a base de pirita aurífera, calcopirita, bornita e teluretos de ouro. Uma zonalidade pode ser observada de tal modo que as ocorrências sobre o granito possuem mais ouro do que cobre e, o inverso, passa-se nas ocorrências encaixadas nos andesitos.

Em posições peri ou intraplutônicas junto às rochas graníticas das suítes intrusivas anarogênicas, em especial naquelas da Suite Intrusiva Ramada, são conhecidas inúmeras ocorrências de cobre, este elemento aparecendo tanto em filões, associado ao ouro e a chumbo (Volta Grande, Lavras do Sul) ou compondo paragêneses a Cu-Mo-Au (fazenda Cerro Verde – Vila da Palma), como disseminado, constituindo discretas proporções de calcopirita disseminada, juntamente com pirita, molibdenita e galena, em zonas de intensa alteração hidrotermal localizadas no interior dos granitos em questão (São Sepé, Bloco de Butiá, Fazenda Saibro) (HORBACH *et al.*,1986).

Gavronski *et al.* (1969 *apud* HORBACH *et al.*,1986), destacam a ocorrência de chumbo na mina Volta Grande, onde numerosos filões com sulfetos de cobre acham-se associados, por vezes, com galena.

Merecem destaque ainda, as ocorrências auríferas, conforme citam Horbach *et al.* (1986):

Em Lavras do Sul, as inúmeras ocorrências auríferas aí conhecidas encontram-se encaixadas quer em seqüências vulcano-sedimentares da formação Hilário, quer em rochas graníticas atribuíveis tanto a Suíte intrusiva Caçapava do Sul, no núcleo do “Granito de Lavras”, quanto às rochas de bordo de “granito”, aqui englobadas na Suíte Intrusiva Ramada. Tanto na Formação Hilário, quanto nas rochas graníticas, prevalecem ocorrências do tipo filoniano, com extensão de dezenas a uma centena de metros, de forte condicionamento estrutural N80°90°O, e com espessuras que raramente ultrapassam a escala métrica. Quando encaixados em rochas andesíticas e sedimentares da Formação Hilário, tais filões, aí constituindo mais zonas cisalhadas com forte impregnação de minério, apresentam mineralogia cuprífera dominante, expressa por calcopirita, covelita, calcosina, bornita, pirita, e malaquita, às quais se associam a galena, blenda, goetita, hematita e ouro nativo. A ganga é composta por quartzo leitoso, barita e calcita.

3.1.3 – Geomorfologia

Segundo Justus *et al.* (1986), a região estudada, sob o ponto de vista geomorfológico, encontra-se dentro do Domínio Morfoestrutural dos Embasamentos em Estilos Complexos, Região Geomorfológica Planalto Sul-Rio-Grandense, representada pela unidade geomorfológica: Planaltos Residuais Canguçu - Caçapava do Sul, a qual corresponde aos relevos mais elevados, em torno de 599 m.

Ocupa uma extensão de 15.070 Km², abrigoando as cidades de Canguçu, Caçapava do Sul, Encruzilhada do Sul, Piratini, Pinheiro Machado, Lavras do Sul e Erval. O relevo se apresenta dissecado em formas de colinas, ocorrendo também áreas de topo plano ou incipientemente dissecado, remanescentes de antiga superfície de aplanamento.

Pode-se considerar esta unidade em três setores: um aproximadamente ao norte do rio Camaquã (divisor de água entre as bacias dos rios Jacuí a norte e Camaquã a sul); outro a sul do mesmo rio (onde localiza-se a cidade de Canguçu); e, o último deles, a oeste do rio Boici (JUSTUS *et al.*, 1986; KAUL, 1990).

3.1.4 – Pedologia

O Diretório Regional do Conselho Nacional de Geografia divide o estado do Rio Grande do Sul em 11 regiões fisiográficas (Litoral, Depressão Central, Missões, Campanha, Serra do Sudeste, Encosta do Sudeste, Alto Uruguai, Campos de Cima da Serra, Planalto Médio, Encosta Inferior do Nordeste e Encosta Superior do Nordeste), (BRASIL, 1973).

O autor *op. cit.* critica tal divisão, pois em uma mesma região fisiográfica são incluídas partes de municípios que deveriam pertencer a outra, uma vez que os limites das mesmas coincidem com os limites municipais. Julga que os elementos de diferenciação, adotados no levantamento de reconhecimento dos solos do Estado são insuficientes, em função da grande diversidade de material geológico, relevo e solos que ocorrem dentro de uma mesma região.

Em função da grande diversidade de feições geomórficas, litologias e tipos de vegetação, Ker *et al.* (1986) adotam a subdivisão geomorfológica proposta por Justus *et al.* (1986) no Projeto RADAMBRASIL, para a descrição dos tipos de solos que ocorrem na região Sul do Brasil, considerando para a mesma, 10 regiões geomorfológicas.

No que diz respeito aos solos do Planalto Sul-Rio-Grandense, Ker *et al.* (1986), analisam em sua região noroeste dois setores. O primeiro constitui a área compreendida entre os municípios de Caçapava do Sul, Santana da Boa Vista, Lavras do Sul e a localidade de Torrinhas, a norte de Pinheiro Machado, onde dominam os Solos Litólicos eutróficos. O segundo compreende área próxima ao contato com a unidade geomorfológica Depressão Rio Ibicuí – Rio Negro, onde ocorrem de forma mais expressiva os Podzólicos Vermelho-Amarelados distróficos.

Os solos Litólicos são pouco desenvolvidos, rasos, possuem o horizonte A diretamente assentado sobre a rocha ou sobre um pequeno horizonte C, geralmente com muito material de rocha em decomposição (MOSER, 1990).

Brasil (1973) enquadra os solos ocorrentes no município de Lavras do Sul na Unidade de Mapeamento Lavras, a qual engloba os solos Litólicos Eutróficos, de textura média, relevo forte ondulado, substrato andesito. Predominam nesta unidade de mapeamento solos rasos, litólicos de coloração bruno acinzentada muito escura, textura franco argilosa, bem drenados e desenvolvidos a partir de andesitos. São solos de boa fertilidade natural, sendo moderadamente ácidos, com saturação de

bases alta, praticamente livres de acidez nociva e bem providos dos diversos nutrientes. A erosão é acentuada, devido, principalmente, ao relevo em que ocorrem. Embora sejam solos férteis, apresentam sérios impedimentos devido a pouca profundidade, aos afloramentos de rocha e principalmente ao relevo. A melhor e mais racional utilização é com pastagem natural, que pode ser melhorada, por meio de manejo adequado.

3.1.5 – Hidrografia

A rede de drenagem da Região Sul do Brasil, após sua gênese e evolução, influenciada em parte pelos fatores estruturais e emoldurada pelos aspectos geomorfológicos que ajudou a modelar, apresenta-se distribuída por duas grandes bacias hidrográficas: a do Paraná e a do Uruguai e por múltiplas bacias hidrográficas de pequeno e médio portes que, em conjunto, constituem as Bacias Hidrográficas de Sudeste (JUSTUS, 1990).

As bacias hidrográficas atuais da Região Sul aparentemente começaram a ser implantadas, em suas linhas gerais, no Terciário Inferior, com a instalação de condições climáticas (SANTOS, 1977; JUSTUS, 1990). Estas condições de maior umidade resultaram de mudanças na circulação, conseqüentes, em grande parte, do surgimento da Cordilheira dos Andes, a oeste, e da massa líquida oceânica, a leste, como reflexo da evolução das Placas Sul-Americana e Africana (JUSTUS, 1990).

Segundo o autor *op. cit.*, as Bacias Hidrográficas de Sudeste, apresentam dois regimes fluviométricos, o Tropical (regime dos rios litorâneos) e o Pluvial Oceânico (demais rios). Destaca ainda, que as Bacias Hidrográficas de Sudeste, que se situam do rio Jacuí até o rio Jaguarão na fronteira com o Uruguai, são mais antigas do que as demais bacias hidrográficas de sudeste, além de, geralmente, apresentarem maior área e um perfil longitudinal mais equilibrado. Os rios desse trecho apresentam-se superimpostos à estrutura com corredeiras, gargantas, quedas d'água e, para não fugir à regra, com amplas áreas de acumulação fluvial conformando terraços e várzeas, onde ocorrem meandros em vários estágios de evolução. Nessa área, destacam-se as bacias dos rios Jacuí, Camaquã, Piratini e Jaguarão.

A região de Lavras do Sul, encontra-se em um altiplano, que pode ser dividido em três setores: o primeiro setor, constitui como que um divisor de água entre a

drenagem dos rios Jacuí a norte e Camaquã a sul; o segundo, constitui o setor sul do rio Camaquã; e o terceiro a oeste do rio Boici, que irá drenar as águas para a bacia do rio Ibicuí (RAMBO, 1994; JUSTUS *et al.*, 1986; KAUL, 1990).

O rio Camaquã constitui o principal eixo de drenagem, que juntamente com seus afluentes, entre os quais o arroio Camaquã das Lavras, que drena a área estudada, mostra um padrão de drenagem dentrítico e subdentrítico (JUSTUS *et al.*, 1986; KAUL, 1990).

3.1.6 – Fitogeografia regional

A partir do início do século XIX, a vegetação do território sul-brasileiro tem sido objeto de estudo por parte de inúmeros naturalistas, fitogeógrafos e botânicos. Em decorrência disto, existe hoje um apreciável acervo de trabalhos publicados, enfocando os diferentes aspectos das formações vegetais naturais do Sul do Brasil (TEIXEIRA *et al.*, 1986).

O primeiro pesquisador a estudar a vegetação do Rio Grande do Sul foi o francês Saint-Hilaire (1887), que a partir de 1820 percorreu a Planície Costeira, a Campanha Gaúcha, o Planalto das Missões e a Depressão Central, mencionando as práticas de queimada para eliminar as espécies não comidas, e promover a rebrotação, apetecida pelo gado.

Lindman (1906) faz uma minuciosa descrição fisionômica e florística dos ambientes campestres e florestais, enfocando ainda as adaptações das plantas às condições do ambiente. Assinala que as condições climáticas e edáficas da maior parte do Estado são próprias para o desenvolvimento de florestas, considerando os campos como relictos de um clima anterior mais frio e seco. São exceções algumas áreas de solos muito raso na Campanha e sobre o granito (Escudo Sul-Rio-Grandense) na Serra do Sudeste. Distingue para a Região Sul do Brasil três tipos de campos: campo sujo; campo paleáceo e gramado.

- O campo subarbusculo ou sujo, constituídos essencialmente por gramíneas (*Andropogon*, *Aristida*, *Paspalum* e *Eragrostis*), ciperáceas (*Cyperus*, *Carex*, *Fimbristylis*), ervas, subarbustos e plantas em rosetas, que formam um tapete baixo e contínuo, em meio ao qual, sobressaem-se as flores e inflorescências.
- Os campos paleáceos, constituídos principalmente por gramíneas (*Paspalum*, *Aristida*, *Andropogon* e *Saccharum*) ervas e subarbustos eretos mais rígidos e de

maior talhe, podendo alcançar cerca de 1.0 m. Além destes, destacam-se as plantas vulgarmente conhecidas por “vassouras”, como as dos gêneros *Sida* e *Baccharis*.

- Os gramados ou poteiros são também constituídos por um tapete herbáceo denso, sendo considerado uma das formas mais viçosas e verdes da vegetação dos campos brasileiros. Predominam as espécies de gramíneas dos gêneros *Paspalum*, *Panicum* e *Poa*.

Rambo (1994) inclui o município de Lavras do sul parcialmente na região fisionômica Serra do Sudeste e parcialmente na Campanha do Sudoeste. Descreve para a Serra do Sudeste, onze formações edáficas: campo limpo, campo sujo, vassorais, matinhas arbustivas ou subarborescentes, mato arborescente ou mato alto, matos de parque, capões, matos de galeria ou anteparo, mata virgem, capoeira e palmares.

O projeto RADAMBRASIL ampliou o conceito de savana, englobando nele a maioria dos campos do sul do Brasil, baseado no repouso fisiológico vegetativo hibernal característico dos mesmos. Tal fenômeno é desencadeado por ação climática e histórica (peleoaptações climáticas) e aliado, conforme a área, a outras características do ambiente, além de aspectos relacionados à lentidão do processo de expansão das comunidades arbóreas sobre os campos (TEIXEIRA *et al.*, 1986; LEITE; KLEIN, 1990).

Na Região Sul, Leite; Klein (1990) distinguem três formações de Savana: Arbórea Aberta, Savana-Parque e Gramíneo-Lenhosa. Conforme estes autores, um tipo de Savana-Parque é o que se localiza no Planalto Sul-Rio-Grandense (zona do Escudo), em relevo forte ondulado e até montanhoso, de litologia do Pré-Cambriano, com solos comumente muito suscetíveis a erosão e marcados por freqüentes afloramentos de rocha.

Os autores *op. cit.*, assinalam que, do ponto de vista fitofisionômico, estes parques mostram-se sensivelmente variáveis. Observam-se amplas áreas com vegetação arbórea extremamente rarefeita ao lado de outras áreas com consideráveis agrupamentos de arvoretas e árvores. Junto aos cursos d'água e nas encostas de morros, mais freqüentemente abrigadas dos ventos, ocorrem agrupamentos florestais mais desenvolvidos.

Porto (1981, 1986, 1989a, 1989b) refere-se à vegetação ocorrente sobre as áreas de mineração do Escudo Sul-Rio-Grandense, junto a área de estudo e próximas a esta, como Savana Metalófila Arbustiva, devido as adaptações

apresentadas pelas plantas em face da presença de metais pesados e raros no substrato.

Girardi-Deiro *et al.* (1992; 1994) e Girardi-Deiro (1999) descrevem a vegetação de uma área da região sudoeste do Planalto Sul-Rio-Grandense, próximo à área em estudo, como campos que se encontram associados à vegetação arbustiva, condicionados pelo manejo por corte e corte seguido pela queima das espécies arbustiva-arbóreas, como mecanismos de conter o avanço destas espécies sobre as formações campestres.

3.1.7 – Fauna silvestre

A fauna que ocorre no Planalto Sul-Rio-Grandense é pouco conhecida. Rambo (1994), em sua obra "a Fisionomia do Rio Grande do Sul", descreve de forma sucinta a fauna da Planície Costeira (Província Costeira), da Depressão Central (Depressão Periférica) e do Planalto (Planalto Meridional), não fazendo menção, no entanto, à fauna da Serra do Sudeste (Escudo Sul-Rio-Grandense) e da Campanha do Sudoeste (Planalto Meridional).

O trabalho de Belton (1994), sobre a avifauna do Rio Grande do Sul, apresenta mapas da distribuição das espécies de aves, registrando, para a sub-bacia do arroio João Dias e adjacências, 180 espécies. No que diz respeito aos anfíbios, Braun; Braun (1980) citam para a Serra do Sudeste um total de 18 espécies.

Quanto aos trabalhos sobre a fauna regional, realizados em áreas mais próximas à área estudada, cabe destacar os de Konrad; Naeher (1996) e Konrad; Paloski (2000). Os primeiros autores apresentam dados sobre as espécies de peixes, aves e mamíferos da bacia do rio Camaquã, registrando a ocorrência de 19 espécies de mamíferos e 82 espécies de aves e, os segundos, registraram 30 espécies de mamíferos; 112 espécies de aves e 36 espécies de peixes, na sub-bacia do arroio João Dias.

Konrad; Paloski (2000) assinalam entre os mamíferos a ocorrência de *Didelphis albiventris* (gambá-da-orelha-branca), *Philander opossum* (cuíca-verdadeira), *Tamandua tetradactyla* (tamanduá-mirim), *Dasypus hybridus* (tatu-mulita), *D. novemcinctus* (tatu-galinha), *Desmodus rotundus* (morcego-vampiro), *Glossophaga soricina* (morcego-beija-flor), *Myotis nigricans* (morcego-borboleta-

escuro), *Tadarida brasiliensis* (morcegozinho-das-casas), *Dusicyon gymnocercus* (graxaim-do-campo), *D. thous* (graxaim-do-mato), *Nasua nasua* (coati), *Procyon cancrivorus* (mão-pelada), *Conepatus chinga* (zorrilho), *Lutra longicaudis* (lontra), *Puma concolor* (puma), *Felis geoffroyi* (gato-do-mato-grande), *Leopardus wiedii* (gato-do-mato), *Mazama gouazoubira* (veado-virá), *Mazama* sp. (veado-bororó), *Oryzomys* sp. (camundongo-do-mato), *Mus musculus* (camundongo), *Rattus norvegicus* (ratazana), *R. rattus* (rato-comum-das-casas), *Coendou villosus* (ouriço-cacheiro), *Cavia aperea* (preá), *Hydrochaeris hydrochaeris* (cavivara), *Agouti paca* (paca), *Myocastor coypus* (ratão-do-banhado), *Lepus capensis* (lebre-européia).

No que se refere à avifauna Konrad; Paloski (2000) destacam a presença de *Rhea americana* (ema), *Rhynchotus rufescens* (perdigão), *Notura maculosa* (perdiz), *Crypturellus obsoletus* (inambuguaçu), *Podilymbus podiceps* (mergulhão), *Phalacrocorax brasilianus* (biguá), *Syrigma sibilatrix* (maria-faceira), *Casmerodius albus* (garça-branca-grande), *Bubulcus ibis* (garça-vaqueira), *Egretta thula* (garça-branca-pequena), *Butorides striatus* (socozinho), *Nycticorax nycticorax* (savacu), *Mycteria americana* (cabeça-seca), *Ciconia maguari* (joão-grande), *Phimosus infuscatus* (maçarico-de-cara-pelada), *Plegadis chibi* (maçarico-preto), *Theristicus caudatus* (curicaca), *Coragyps atratus* (urubu-de-cabeça-preta), *Cathartes aura* (urubu-cabeça-vermelha), *C. burrovianus* (urubu-cabeça-amarela), *Rosthramus sociabilis* (gavião-caramujeiro), *Buteo magnostris* (gavião-carijó), *Polyborus plancus* (caracará), *Milvago chimachima* (carrapateiro), *M. chimango* (chimango), *Dendrocygna viduata* (marreca-piadeira), *Amazonetta brasiliensis* (marreca-pé-vermelho), *Ortalis motmot* (araquã), *Penelope obscura* (jacu-açu), *Pardirallus sanguinolentus* (saracura-do-banhado), *Aramides cajanea* (trê-potes), *Gallinula chloropus* (galinhola), *Cariama cristata* (seriema), *Jacana jacana* (jaçanã), *Vanellus chilensis* (quero-quero), *Gallinago gallinago* (narceja), *Columba livia* (pombo-doméstico), *C. picazuro* (pombão), *Zenaida auriculata* (pombo-de-bando), *Columbina talpacoti* (rolinha-roxa), *C. picui* (rolinha-picuí), *Leptotila verreauxi* (juritipupu), *Pyrrhura frontalis* (tiriba-de-testa-vermelha), *Myopsitta monachus* (caturita), *Amazona petrei* (charão), *Piaya cayana* (alma-de-gato), *Crotophaga ani* (anu-preto), *Guira guira* (anu-branco), *Tapera naevia* (saci), *Othus choliba* (corujinha-do-mato), *Speotyto cunicularia* (coruja-do-campo), *Hydropsalis brasiliensis* (bacurau-tesoura), *Chlorostilbom aureoventris* (besourinho-bico-vermelho), *Ceryle torquata* (martin-pescador-grande), *Chloroceryle amazona* (martin-pescador-verde), *C. americana*

(martin-pescador-pequeno), *Ramphastus dicolorus* (tucano-do-bico-verde), *Colaptes melanochloros* (pica-pau-verde-barrado), *C. campestris* (pica-pau-do-campo), *Furnarius rufus* (João-de-barro), *Synallaxis phryganophila* (bichoita), *S. spixi* (joão-teneném), *Anumbius annumbi* (cochicho), *Thamnophilus caerulescens* (choca-da-mata), *T. ruficapillus* (choca-boné-vermelho), *Camptostoma obsoletum* (risadinha), *Elaenia parvirostris* (guaracava-de-bico-curto), *Serpophaga subcristata* (alegrinho), *Phylloscartes ventralis* (borboletinha-do-mato), *Todirostrum plumbeiceps* (tororó), *Myiophobus fasciatus* (filipe), *Xolmis irupeo* (noivinha), *Machetornis rixosus* (suiriri-cavaleiro), *Myiarchus swainsoni* (irré), *Pitangus sulphuratus* (bem-te-vi), *Myiodynastes maculatus* (bem-te-vi-rajado), *Tyrannus melancholicus* (suiriri), *Tyrannus savana* (tesourinha), *Phaeoprogne tapera* (andorinha-do-campo), *Progne chalybea* (andorinha-doméstica-grande), *Notiochelidon cyanoleuca* (andorinha-pequena-de-casa), *Anthus lutescens* (caminheiro-zumbidor), *Troglodytes aedon* (corruíra), *Mimus saturninus* (sabiá-do-campo), *Turdus rufiventris* (sabiá-laranjeira), *T. amaurochalinus* (sabiá-poca), *Cyclarchis gujanensis* (gente-de-fora-vem), *Zonotrichia campensis* (tico-tico), *Ammodromus humeralis* (tico-tico-do-campo), *Poospiza nigrorufa* (quem-te-vestiu), *Sicalis flaveola* (canário-da-terra-verdadeiro), *Emberizoides herbicola* (canário-do-campo), *Embernagra platensis* (sabiá-do-banhado), *Sporophila caerulescens* (coleirinho), *Coryphospingus cucullatus* (tico-tico-rei), *Paroaria coronata* (cardeal), *Thraupis sayaca* (sanhaçu-cinzento), *T. bonariensis* (sanhaçu-papa-laranja), *Stephanophorus diadematus* (sanhaçu-frade), *Euphonia chlorotica* (fim-fim), *Parula pitiayumi* (mariquita), *Geothlypis aequinoctialis* (pia-cobra), *Basileuterus culicivorus* (pula-pula), *B. leucoblepharus* (pula-pula-assobiador), *Agelaius ruficapillus* (garibáldi), *Pseudoleites guiraburo* (chupim-dobrejo), *Molothrus badius* (asa-de-telha), *M. bonariensis* (vira-bosta), *Carduelis magellanica* (pintassilgo), *Passer domesticus* (pardal), *Cyanocorax caeruleus* (gralha-azul).

Quanto à ocorrência de répteis citam: *Teius oculatus* (lagarto-verde), *Tupinambis teguixim* (lagarto-do-papo-amarelo), lagartixas da família Gekoniidae, *Trachemys dorbignyi* (tartuga), *Bothrops* spp. (jararaca e cruzeira), *Micrurus* sp. (cobra-coral-verdeira), *Crotalus* sp. (cascavel).

Com respeito aos anfíbios mencionam: *Bufo ictericus ictericus* (sapo cururu), *Physalaemus biligonigerus*, *P. gracilis* (rã-choronas), *P. cuvieri* (rã-cachorro), *Hyla*

pulchella pulchella (perereca-do-banhado), *H. fuscovaria* (perereca-do-banheiro), *H. sanborni* (perereca-do-gravatá).

Já para os peixes, indicam: *Hoplias malabaricus* (traira), *Oligossarcus yeninii* (branca), *Astyanax fasciatus* (lambari), *Astyanax* sp. (lambari), *Bryconamericus iheringii* (lambari), *Bryconamericus* sp. (lambari), *Hyphessobrycon luetkenii* (lambari), *Hyphessobrycon* sp. (lambari), *Characidium pterostictum* (canivete), *Characidium tenuis* (canivete), *Pseudocorynopoma doriae* (lambari), *Charax stenopterus* (lambari), *Ciphocharax voga* (voga), *Gymnotus carapo* (tuvira), *Rhamdia* sp. (jundiá), *Heptapterus mustelinus* (jundiá-de-arroio), *Pimelodella laticeps* (mandi), *microglanis cottoides* (pintadinho), *Trycomycterus* sp., *Scleronema* sp., *Corydoras paleatus* (coridora), *Haplosternum* sp. (tamboatá), *Rineloricaria cadeae* (viola), *R. microlepidogaster* (viola), *R. strigilata* (viola), *Microlepidogaster* sp. (cascudinho), *Ancistrus* sp. (cascudo), *Hipostomus aspilogaster* (cascudo-preto), *Hemiancistrus punctulatus* (cascudo), *Dysichtchys iheringii* (barrigudinho), *Phalloceros caudimaculatus* (barrigudinho), *Crenicichla lepidota* (joaninha), *Cichlasoma facetum* (cará), *Gymnogeophagus rhabdotus* (cará), *G. Gymnogeophagus* (cará), *Synbranchus marmoratus* (muçum).

3.2 – Descrição da Área Estudada

Para subsidiar os trabalhos básicos geográficos da área estudada, delimitou-se a poligonal correspondente a 1442,52 km² (60,10 x 24 km), entre as coordenadas 54° 15' e 53° 35' W, e 30° 40' e 31° S (figura 1).

Nesta poligonal, a área específica de estudo está localizada na margem esquerda do arroio Camaquã das Lavras, na Mina Volta Grande - manifesto de mina n. 190/35 (CRM s/d), Município de Lavras do Sul, entre as coordenadas 53° 50' W e 30° 50' S (figura 2), a altitudes que variam de 183 a 353 metros, onde ocorrem depósitos minerais de cobre, chumbo, ouro, prata e molibdênio.

Escolheu-se uma área de 60 x 300 m, localizada na face leste da coxilha sobre o filão 1.1 da Área 1, denominação dada pelo Serviço de Pesquisa do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM, 1962) (Figura 2), optando-se pela mesma, por apresentar características da vegetação do tipo “savana aberta”, como a distribuição espacial e a dominância de *Schinus lentiscifolius*, em relação a

outras espécies arbustivas e arbóreas, assim como, a altura reduzida desta espécie, e por ser de fácil acesso.

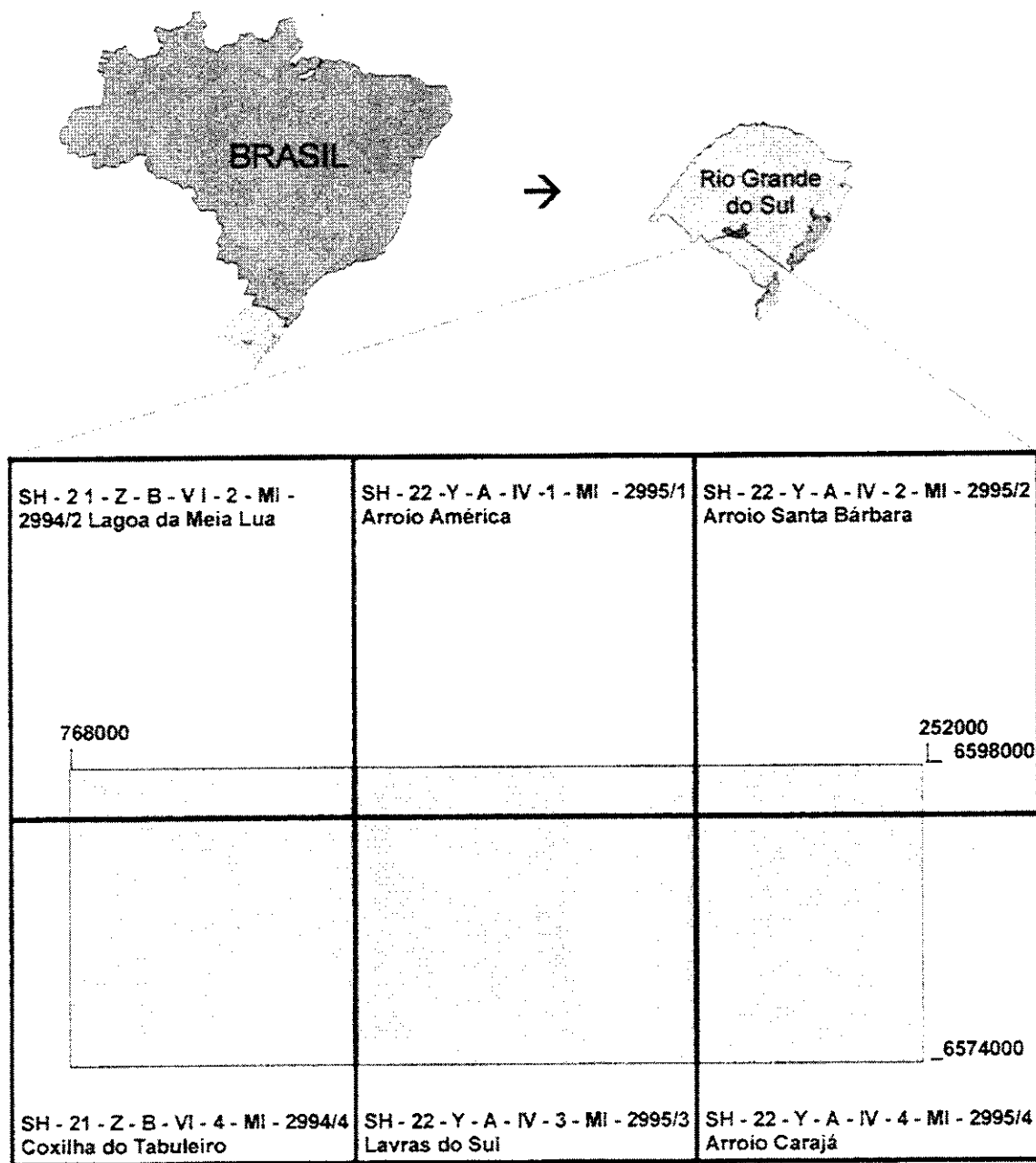


FIGURA 1 – Localização da área de estudos básicos geográficos, correspondente a poligonal de 1442,5 km² (60,10 x 24 km), entre as coordenadas 54° 15' e 53° 35' W, e 30° 40' e 31° S, na região de Lavras do Sul, RS.

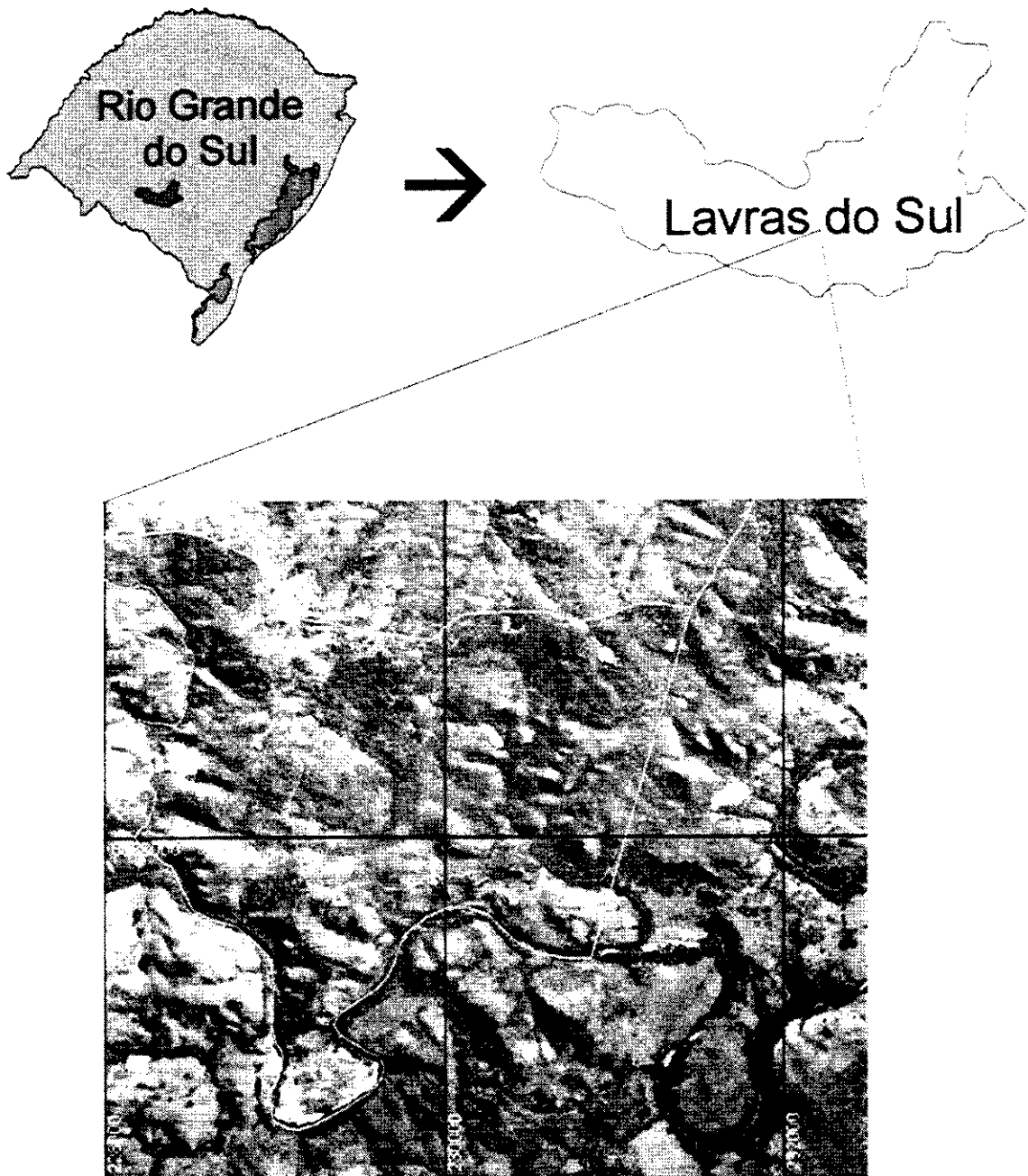


FIGURA 2 – Localização da área específica de estudo, destacada em cor vermelha (área amostral), correspondente a 1,8 ha (60 x 300 m), coordenadas 53° 50' W e 30° 50' S, na Mina Volta Grande (Manifesto de Mina DNPM n. 190/35 – limites contornados em cor amarela), Lavras do Sul, RS. (Fonte CRM, s/d).

Segundo Nardi (1984), a região de Lavras do Sul, é constituída por rochas graníticas do Complexo Granítico Lavras, as quais intrudem a seqüência vulcano-sedimentar do Membro Hilário.

As ocorrências minerais, principalmente a do cobre, se dão em forma de filões, os quais, geralmente estão localizados a profundidades variáveis, às vezes,

chegando a aflorar com várias centenas de metros de extensão; no entanto, não ultrapassam a um metro de largura, acompanhando o sentido leste-oeste. O cobre ocorre ainda, disseminado na matriz rochosa, fato que não habilita tal forma de ocorrência como economicamente viável para exploração, no entanto, qualifica a mesma, como potencialmente limitante ao desenvolvimento de certas espécies vegetais.

O solo, enquadrado na Unidade de Mapeamento Lavras, por Brasil (1973), classificado como litólico eutrófico, A chernozêmico textura média relevo suave ondulado substrato andesito, foi reclassificado por Ker *et al.* (1986) como litólico eutrófico, A chernozêmico textura média cascalhenta relevo suave ondulado - *Lithic Hapludol*. É um solo pouco profundo e freqüentemente com afloramentos de rocha, o que dificulta ou mesmo impossibilita a atividade agrícola.

Considerando-se somente a área específica de estudo (retângulo de 60 x 300 m), segundo EMBRAPA (1999), o solo é classificado como Neossolo Litólico Eutrófico, o qual além de apresentar as características típicas dos neossolos litólicos, apresenta saturação de bases (V) maior ou igual a 50% em todos os horizontes dentro de 50 cm da superfície do solo.

Na área da mina Volta Grande, assim como nos arredores, a utilização dos solos está restrita às culturas de subsistência em pequenas áreas e ao melhoramento de pastagens em solos aluvionais ou de encosta suave. A pecuária extensiva (ovino e bovinocultura) é, atualmente a principal atividade econômica desenvolvida em seu âmbito, utilizando como base alimentar dos rebanhos a produção forrageira do campo natural.

A cobertura vegetal da área da Mina Volta Grande (figura 3), atualmente, apresenta-se composta por 5 tipos predominantes: as matas ciliares (figura 4), as quais acompanham o arroio Camaquã das Lavras e fundo dos vales de seus contribuintes; as matas de encosta e os capões de topo de coxilha (figuras 5a e 5b respectivamente), muito homogêneos em sua composição florística; os campos, com suas variações (úmido, seco, limpo baixo e sujo alto) (figuras 6a, 6b, 6c, 6d) associadas principalmente aos fatores edáficos, a declividade e ao manejo pelo fogo; a savana, denominada por Porto (1981, 1986, 1989a, 1989b), de Savana Metalófila, também com suas variações específicas (aberta e densa) em função de fatores edáficos e, relacionados à concentração de metais no solo (figuras 7a,



FIGURA 3 – Vista panorâmica mostrando o arroio Camaquã das Lavras onde, localiza-se a curva "volta grande", cujo pseudônimo denomina a Mina Volta Grande. Destaca-se em primeiro plano à esquerda, detalhe da unidade fisionômica do tipo campo seco com afloramentos rochosos; à direita, capões e campo úmido; ao fundo, a forma típica do relevo e a cobertura vegetal do tipo savana, alternada com campos. A mata ciliar neste trecho do rio está extremamente alterada pelas atividades de mineração.

e 7b) e, os palmares (figura 8), associados às encostas íngremes com afloramentos rochosos.

Durante os períodos em que a mineração esteve ativa, seguidamente a área de concessão da Mina Volta Grande sofria “limpeza” periódica, esta representada por roçadas braçais, seguidas de queima dos campos. Tal atividade tinha como objetivo conter o avanço da vegetação arbustiva e arbórea sobre os campos, favorecendo os trabalhos de manutenção de estradas, topografia e mapeamento e mineração da mesma.



FIGURA 4 – Arroio Camaquã das Lavras, mostrando em detalhe, a unidade fisionômica do tipo mata ciliar na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Com as seguidas interrupções nos trabalhos de mineração, a vegetação arbórea e arbustiva foi tomando conta dos espaços, avançando sobre as áreas de campo, apresentando-se hoje, conforme destacam Girardi-Deiro *et al.* (1994) e Girardi-Deiro (1999), na forma de um mosaico composto por vegetação arbustiva-arbórea e campo, onde se verifica o contínuo avanço da vegetação lenhosa sobre as áreas de campo, avanço este limitado pelo corte e pelas queimadas, em especial, da aroeira (*Schinus lentiscifolius*).

Considerando-se estritamente área de estudo específicos (retângulo de 60 x 300 m) (Figura 2), a vegetação está composta por dois estratos distintos (figura 9): um estrato rasteiro, que varia de 0,05 a 1,00 m de altura e está composto, predominantemente, por gramíneas, ciperáceas, umbelíferas, compostas e leguminosas. Entre as gramíneas (Poaceae) destacam-se espécies dos gêneros *Paspalum*, *Axonopus*, *Panicum*, *Piptochaetium*, *Aristida*, *Saccharum*, *Andropogon* e *Schizachyrium*. Entre as ciperáceas (Cyperaceae) ocorrem *Fimbristylis*, *Carex*, *Cyperus* e *Rhynchospora*. As leguminosas (Fabaceae) estão representadas por *Desmodium*, *Trifolium* e *Vicia*. Já, as umbelíferas (Apiaceae), por *Eryngium*, e as compostas (Asteraceae), por espécies dos gêneros *Baccharis*, *Senecio*, *Vernonia*, entre outras.

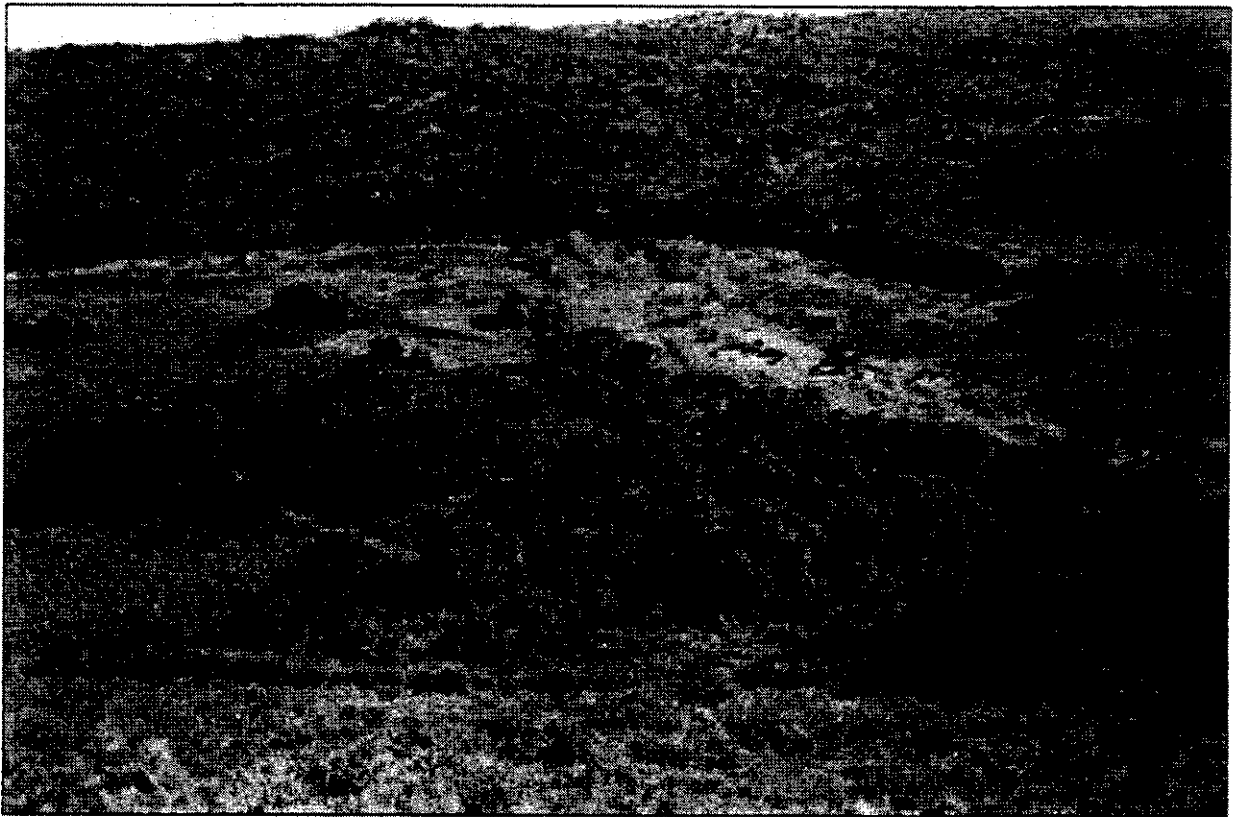


FIGURA 5a – Vista mostrando em detalhe, a unidade fisionômica do tipo mata de encosta na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

O estrato de maior altura, o qual varia de 1,0 a 2,5 m, apresentando altura média de 2,0 m, está representado quase que exclusivamente por *Schinus lentiscifolius*, ocorrendo ainda, com muito menor expressão, *Baccharis dracunculifolia*, *Schinus polygamus*, *Schinus molle*, *Aloysia gratissima*, *Aloysia* sp., *Mimosa ramulosa* e *Heterotalamus alienus*.



FIGURA 5b – Vista mostrando em segundo plano, a unidade fisionômica do tipo capão de topo de coxilha na Mina Volta Grande, Lavras do Sul.

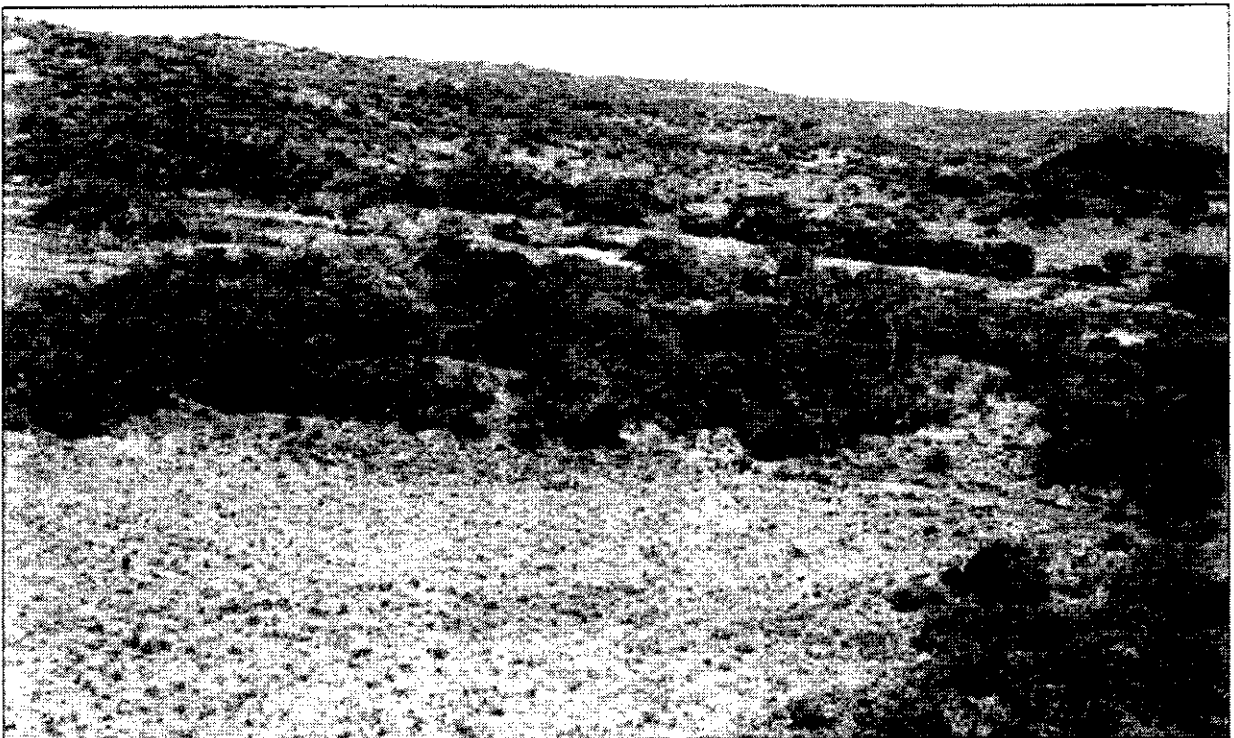


FIGURA 6a – Vista mostrando a esquerda em primeiro plano, detalhe da unidade fisionômica do tipo campo úmido na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.



FIGURA 6b – Vista mostrando em primeiro plano, detalhe da unidade fisionômica do tipo campo seco e em segundo plano, a unidade fisionômica do tipo savana aberta na Mina Volta, Lavras do Sul, RS.

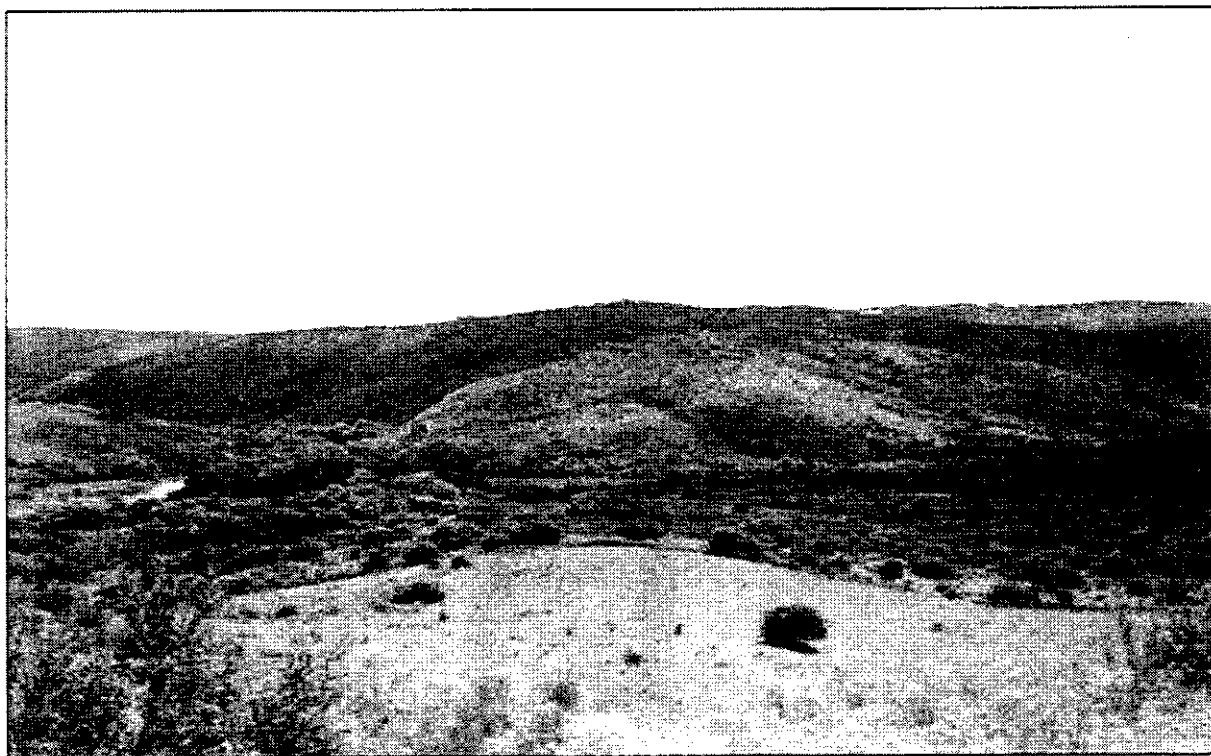


FIGURA 6c – Vista mostrando em primeiro plano ao centro, detalhe da unidade fisionômica do tipo campo limpo baixo na Mina Volta, Lavras do Sul, RS.



FIGURA 6d – Vista mostrando em primeiro plano da direita para a esquerda em diagonal, detalhe da unidade fisionômica do tipo campo sujo alto, ao centro e à direita detalhe da unidade fisionômica do tipo mata ciliar e em primeiro plano à esquerda e ao fundo, detalhe da unidade fisionômica do tipo campo seco, na Mina Volta, Lavras do Sul, RS.



FIGURA 7a – Vista mostrando em detalhe a unidade fisionômica do tipo savana aberta na Mina Volta, Lavras do Sul, RS.



FIGURA 7b – Vista mostrando em segundo plano, detalhe da unidade fisionômica do tipo savana densa na Mina Volta, Lavras do Sul, RS

Atualmente, as atividades de mineração encontram-se desativadas, sendo que a área está sendo explorada pela pecuária extensiva. A vegetação da área sofre influência do pastoreio do gado (ovino e bovino), do corte e queima da vegetação lenhosa em áreas restritas para conter seu avanço sobre as áreas campestres, bem como do fogo ateadado ao campo em geral, para rebrote de espécies pastejadas pelo gado.

Durante os trabalhos de campo efetuaram-se registros da fauna ocorrente na área da mina e arredores, *ad libitum*.

Entre os mamíferos, verificou-se a ocorrência de *Didelphis albiventris* (gambá-da-orelha-branca), *Dasyus hybridus* (tatu-mulita), *D. novemcinctus* (tatu-galinha), *Dusicyon gymnocercus* (graxaim-do-campo), *Procyon cancrivorus* (mão-pelada), *Conepatus chinga* (zorrilho), *Lutra longicaudis* (lontra), *Mazama* sp. (veado-bororó), *Cavia aperea* (preá), *Hydrochaeris hydrochaeris* (capivara), *Lepus capensis* (lebre-européia).

No que se refere à avifauna, destaca-se a presença de *Rhea americana* (ema), *Rhynchotus rufescens* (perdigão), *Notura maculosa* (perdiz), *Crypturellus obsoletus* (inambuguaçu), *Syrigma sibilatrix* (maria-faceira), *Casmerodius albus* (garça-branca-grande), *Bubulculus ibis* (garça-vaqueira), *Egretta thula* (garça-

branca-pequena), *Theristicus caudatus* (curicaca), *Coragyps atratus* (urubu-de-cabeça-preta), *Cathartes aura* (urubu-cabeça-vermelha), *Buteo magnostris* (gavião-carijó), *Polyborus plancus* (caracará), *Milvago chimachima* (carrapateiro), *M. chimango* (chimango), *Dendrocygna viduata* (marreca-piadeira), *Ortalis motmot* (araquã), *Penelope obscura* (jacu-açu), *Crypturellus* sp. (inhabuguaçu); *Pardirallus sanguinolentus* (saracura-do-banhado), *Cariama cristata* (seriema), *Jacana jacana* (jaçanã), *Vanellus chilensis* (quero-quero), *Gallinago gallinago* (narceja), *Columbina talpacoti* (rolinha-roxa), *C. picui* (rolinha-picuí), *Leptotila verreauxi* (juriti-pupu), *Myopsitta monachus* (caturita), *Piaya cayana* (alma-de-gato), *Crotophaga ani* (anu-



FIGURA 8 – Vista mostrando ao fundo, detalhe da unidade fisionômica do tipo palmares e em primeiro plano, detalhe da unidade fisionômica do tipo campo seco na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

preto), *Guira guira* (anu-branco), *Tapera naevia* (saci), *Speotyto cunicularia* (coruja-do-campo), *Hydropsalis brasiliiana* (bacurau-tesoura), *Ceryle torquata* (martin-pescador-grande), *Colaptes melanochloros* (pica-pau-verde-barrado), *C. campestris* (pica-pau-do-campo), *Furnarius rufus* (João-de-barro), *Synallaxis phryganophila* (bichoita), *S. spixi* (joão-teneném), *Anumbius annumbi* (cochicho), *Thamnophilus caerulescens* (choca-da-mata), *T. ruficapillus* (choca-boné-vermelho), *Camptostoma obsoletum* (risadinha), *Serpophaga subcristata* (alegrinho), *Phylloscartes ventralis* (borboletinha-do-mato), *Todirostrum plumbeiceps* (tororó), *Xolmis irupeo* (noivinha), *Machetornis rixosus* (suiriri-cavaleiro), *Myiarchus swainsoni* (irré), *Pitangus sulphuratus* (bem-te-vi), *Myiodynastes maculatus* (bem-te-vi-rajado), *Tyrannus melancholicus* (suiriri), *Tyrannus savana* (tesourinha), *Phaeoprogne tapera* (andorinha-do-campo), *Notiochelidon cyanoleuca* (andorinha-pequena-de-casa), *Troglodytes aedon* (corruira), *Mimus saturninus* (sabiá-do-campo), *Turdus rufiventris* (sabiá-laranjeira), *T. amaurochalinus* (sabiá-poca), *Cyclarchis gujanensis* (gente-de-fora-vem), *Zonotrichia campensis* (tico-tico), *Ammodromus humeralis* (tico-tico-do-campo), *Poospiza nigrorufa* (quem-te-vestiu), *Sicalis flaveola* (canário-da-



FIGURA 9 – Vista mostrando em detalhe, os dois estratos vegetais da unidade fisionômica savana aberta na área específica de estudo (60 x 300), Mina Volta, Lavras do Sul, RS.

terra-verdadeiro), *Emberizoides herbicola* (canário-do-campo), *Embernagra platensis* (sabiá-do-banhado), *Sporophila caerulea* (coleirinho), *Thraupis sayaca* (sanhaçu-cinzento), *Thraupis bonariensis* (sanhaçu-papa-laranja), *Stephanophorus diadematus* (sanhaçu-frade), *Euphonia chlorotica* (fim-fim), *Parula pitaiayumi* (mariquita), *Geothlypis aequinoctialis* (pia-cobra), *Basileuterus culicivorus* (pula-pula), *B. leucoblepharus* (pula-pula- assobiador), *Pseudoleites guiraburo* (chupim-do-brejo), *M. bonariensis* (vira-bosta), *Carduelis magellanica* (pintassilgo), *Passer domesticus* (pardal).

Entre os répteis, registrou-se a presença de *Teius oculatus* (lagarto-verde), *Tupinambis teguixim* (lagarto-do-papo-amarelo), *Bothrops jararaca* (jararaca), *Bothrops alternatus* (cruzeira).

3.3 - Procedimentos Amostrais e Analíticos dos Parâmetros Abióticos

Estabeleceu-se um retângulo de 60 x 300 m acompanhando o sentido de orientação do filão (leste/oeste), tomando-se a ocorrência deste como aproximadamente o eixo central do retângulo. Dividiu-se o mesmo em quadrados de 20 x 20 m, enumerando-os de 01 a 45. Com o auxílio de uma tabela de números aleatórios, sorteou-se 18 quadrados (figura 10). Subdividiu-se cada quadrado de 20 x 20 m em 8 retângulos de 5 x 10 m, sorteando-se quatro entre os mesmos para lançamento das 72 unidades amostrais, neste estudo constituídas por uma transecção de 10 m, localizada exatamente na metade da distância entre os dois vértices do retângulo em seu lado menor (figura 11).

3.3.1 – Coletas de solo e de *Schinus lentiscifolius* para o estudo do conteúdo de cobre

Por ocasião do levantamento fitossociológico, em cada unidade amostral (transecção linear de 10 m), coletou-se com trado graduado em centímetros, amostra no horizonte superficial do solo (0 - 0,30 m), constituída de 5 subamostras retiradas a intervalos de 2,0 m de distância entre si. Executaram-se as coletas de solo, em dias ensolarados, frescos e distando da última chuva cerca de 12 a 15 dias.



FIGURA 10 - Retângulo de 60 x 300 m, mostrando os quadrados de 20 x 20 m enumerados de 1 a 45. Estão hachurados os 18 quadrados sorteados para a localização das unidades amostrais, na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS. Em detalhe, quadrado de 20 x 20 m, subdividido em 08 retângulos de 5 x 10 m, mostrando as possibilidades de localização das unidades amostrais.

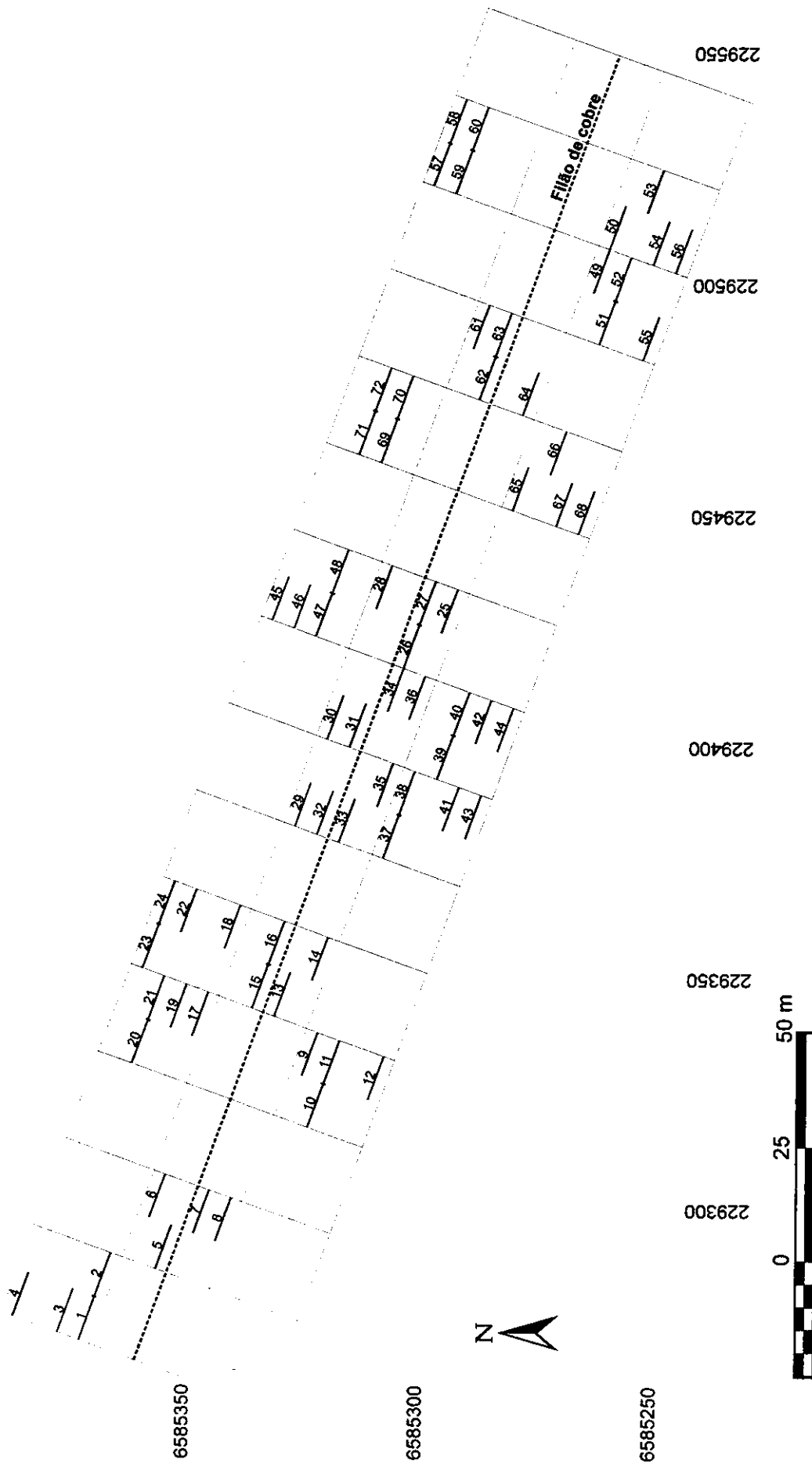


FIGURA 11 - Localização das 72 unidades amostrais (transecções) na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Da mesma forma como coletaram-se as amostras de solo, coletaram-se 5 subamostras de folhas de *Schinus lentiscifolius*, a intervalos regulares de 2,0 m, constituindo uma amostra composta em cada unidade amostral, tomando-se o cuidado para coletar as folhas de diversas idades, em diversos ramos e a diversas alturas ao redor da planta. Procurou-se coletar as amostras de *S .lentiscifolius* preferencialmente sobre a transecção. Quando não era possível, coletava-se o indivíduo mais próximo a esta, nunca ultrapassando-se a distância de 5,0 m.

Acondicionaram-se as amostras de solo e de *S. lentiscifolius* em sacos de plástico e papel respectivamente, individualizados para cada unidade amostral, sendo etiquetadas e identificadas, segundo a numeração específica, registrada na caderneta de coletas.

3.3.2 - Profundidade do solo

Mediu-se a profundidade do solo de cada unidade amostral com trado graduado, no momento da coleta do solo, anotando-se, se a mesma era maior ou menor do que 0,30 m, em função de observações preliminares nas trincheiras de pesquisa da mineração.

3.3.3 – Teor de umidade do solo

Estimou-se o teor de umidade do solo, expresso em porcentagem, pela diferença entre o peso seco das amostras desidratadas em estufa a 100 °C por 48 horas, e o peso fresco das mesmas, obtidos em balança de precisão SARTORIUS 1265 MP.

3.3.4 – Determinação do conteúdo trocável de cobre no solo e total em *Schinus lentiscifolius*

Determinou-se a concentração de íons trocáveis de Cu no solo, por meio de extração com HNO₃ (0,1N) de 10 g de solo, adicionando-se a solução ao mesmo até completar o volume de 100 ml, mantendo-se a mistura em agitador horizontal KOTTEMANN 4020, por 3 horas. Para a análise do conteúdo total de Cu em

S.lentiscifolius, utilizou-se o método de digestão total (KOTZ *et al.*, 1972, modificado por PORTO, 1981).

Efetuaram-se as leituras do conteúdo total de Cu em *S. lentiscifolius* e trocáveis no solo, por meio de espectrofotômetro de absorção atômica acoplado a forno de grafite THGA Perkim-Elmer modelo SIMMA 6000.

3.3.5 – Análises de fertilidade do solo

Reuniram-se as 72 amostras de solo coletadas nas respectivas transecções (unidades amostrais) em 18 amostras compostas, uma para cada respectivo quadrado de 20 x 20 m, encaminhando-se as mesmas ao Laboratório de Solos desta Universidade para análises químicas de rotina, texturais e de fertilidade, conforme Tedesco *et al.* (1985).

3.3.6 – Abordagem estatística

Aplicou-se aos dados relativos à concentração de Cu na forma disponível, teor de umidade do solo e conteúdo total de Cu nas folhas de *Schinus lentiscifolius* testes estatísticos, com o objetivo de verificar se seguiam ou não distribuição normal, conforme recomendações de Zar (1985) e Riboldi (1993). Submeteu-se os mesmos à estatística básica (cálculo da média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação), agrupando-se e tabulando-se os dados brutos em classes de frequência.

Com o objetivo de avaliar as relações entre as concentrações de Cu na forma disponível no solo e o conteúdo total nas folhas de *Schinus lentiscifolius*, empregou-se o Coeficiente de Correlação de Spearman (r_s), conforme sugestões de Brooks (1983). Avaliaram-se ainda, as relações entre as concentrações de Cu no solo, as concentrações de Cu em *Schinus lentiscifolius*, o teor de água no solo e as variáveis ambientais consideradas na análise de fertilidade, por meio do Coeficiente de Pearson (r). Para tanto, calculou-se a concentração média de Cu no solo, o conteúdo total médio de Cu em *S. lentiscifolius* e o teor médio de água no solo, de cada um dos 18 quadrados, inicialmente sorteados, submetendo-os às análises estatísticas, utilizando-se o *software* MULTIV v.2.0.3 (PILLAR, 2001).

Os níveis de significância seguiram recomendações de Brooks (1983) e Zar (1985), considerando-se como valores críticos, aqueles que diferem significativamente de Zero, a um índice de confiabilidade de 95%.

Conforme recomenda Brooks (1983), calculou-se para cada unidade amostral (transecção de 10 m), o Coeficiente Biológico de Absorção (*Biological Absorption Coefficient (BAC)*) por meio da equação:

$$BAC = C_p/C_s$$

Segundo a qual: C_p é a concentração do elemento nas cinzas da planta e, C_s é a concentração do mesmo elemento no substrato.

3.3.7 – Planialtimetria cadastral da área específica de estudo

Efetuuou-se levantamento planialtimétrico cadastral na área de 60 x 300 m, com auxílio de Estação Total Topcon GTS 213, mapeando-se as curvas de nível, cujas cotas variaram de 1,0 em 1,0 m, localizando-se a trincheira que está aberta longitudinalmente sobre o filão, bem como as trincheiras transversais ao mesmo (figura 12).

A partir deste levantamento, gerou-se o mapa planialtimétrico com o auxílio do *software* AUTOCAD-MAP, exportando-se os arquivos no formato *.shp* para a edição final das curvas de nível no *software* CARTALINX v. 2.0 (CLARK LABS, 1999). Exportaram-se, ainda, os arquivos finais, no formato *.vct* para o *software* IDRISI versão 3.2 (CLARK UNIVERSITY, 1999), nos quais procederam-se as rotinas para geoprocessamento, gerando-se o modelo digital do terreno (MDT) (figura 12a), exportando-se na seqüência, os arquivos no formato *.tif* e *.shp* para a edição final no *software* COREL DRAW e ARC/VIEW versão 3.2 (APPLEGATE, 1999), respectivamente.

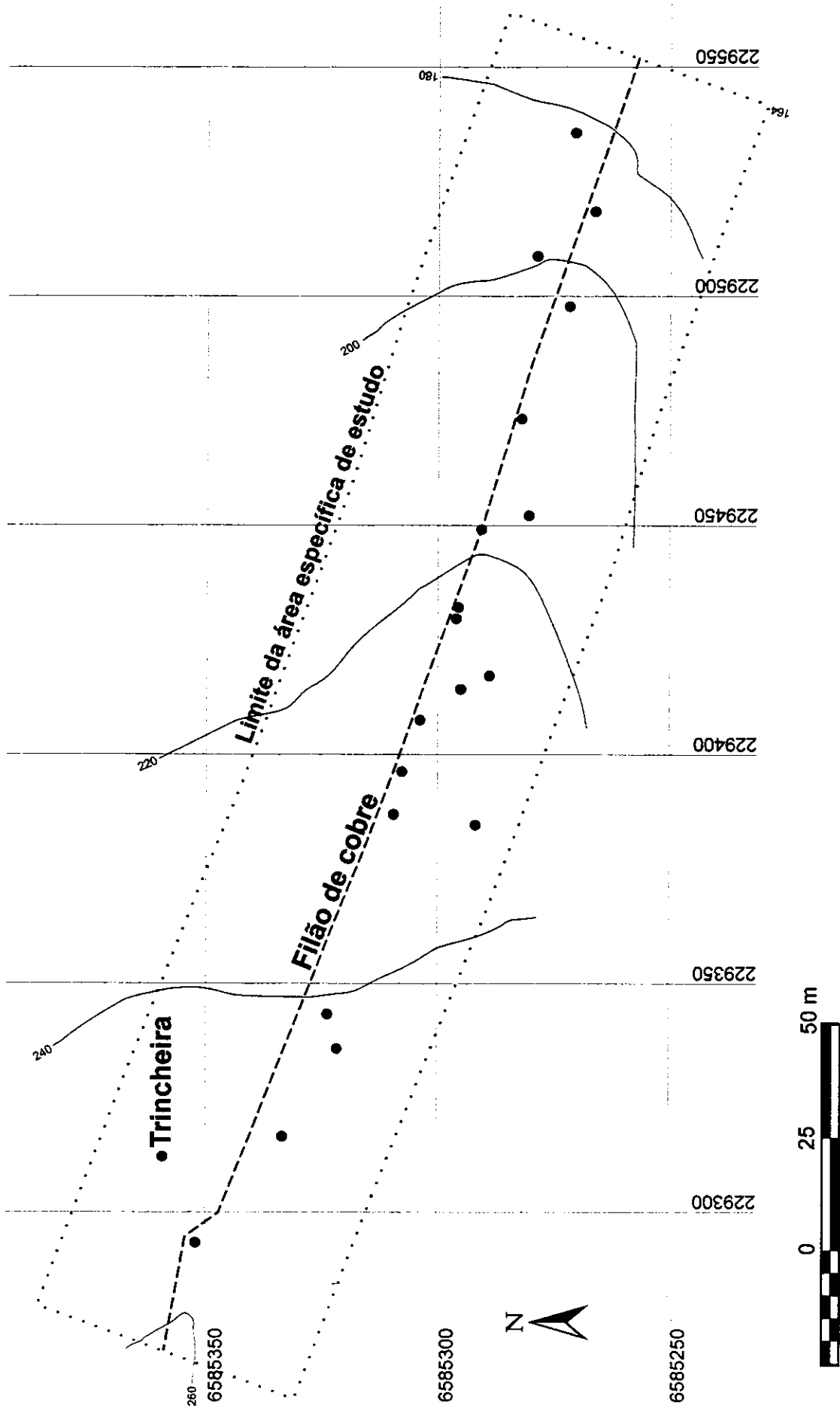


FIGURA 12 - Levantamento planialtimétrico cadastral da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

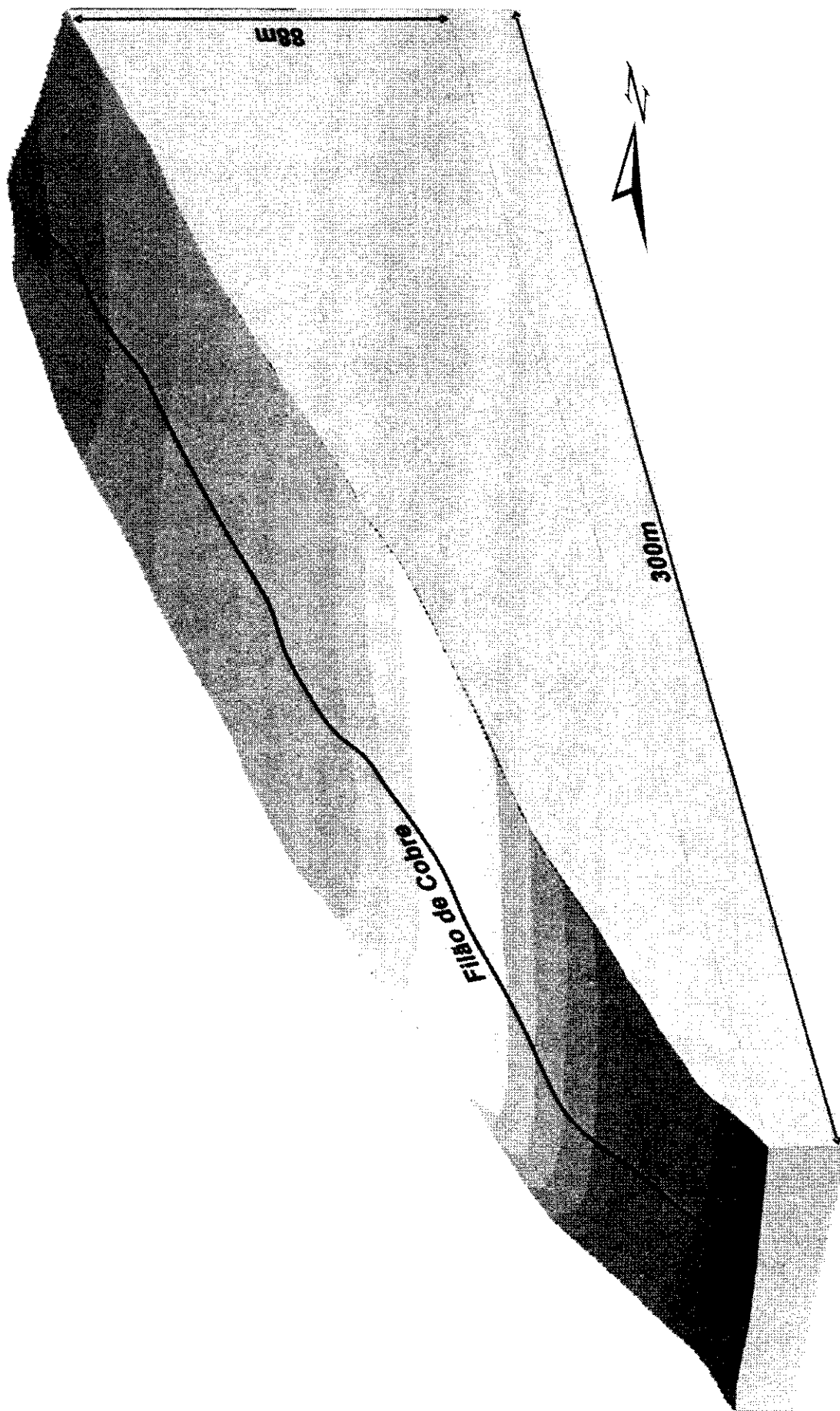


FIGURA 12a - Croqui do Modelo Digital do Terreno (MDT), na área de abrangência da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

3.3.8 – Geoprocessamento

3.3.8.1 – Delimitação da área para o geoprocessamento

Traçou-se uma poligonal correspondente a aproximadamente 60,105 x 24 km (1.442,52 km²), compreendida entre as coordenadas (UTM) x = 191895 a 252000 E e y = 6574000 a 6598000 N, (figura 1), tomando-se como base os divisores de água da microbacia do arroio Camaquã das Lavras, visando subsidiar os trabalhos geográficos básicos da área de estudo.

3.3.8.2 - Geração da base de dados

Gerou-se a base de dados dos mapas temáticos (Hipisometria, hidrografia, sistema viário, uso e ocupação do solo, limites da micro e sub-bacias), a partir das folhas: SH - 21-Z-B-VI- 2 - MI – 2994/2 (Lagoa da Meia Lua); SH - 21-Z-B-VI- 4 – MI – 2994/4 (Coxilha do Tabuleiro); SH – 22-Y-A-IV-1 – MI – 2995/1 (Arroio América); SH – 22-Y-A-IV-2 – MI – 2995/2 (Arroio Santa Bárbara); SH - 22-Y-A-IV-3 MI – 2995/3 (Lavras do Sul), SH – 22-Y-A-IV-4 – MI – 2995/4 (Arroio Carajá); da Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil – DSG - Ministério do Exército Brasileiro, na escala 1:50.000 (BRASIL; 1975a, 1975b, 1975c, 1975d, 1975e, 1975f) (figura 13), utilizando-se o *software* ARC/INFO v.3.3 (ESRI, 1990) em mesa digitalizadora Calcomp (9500), exportando-se os arquivos no formato *.inx* para o *software* CARTALINX v.2.0 (CLARK LABS, 1999), para correções de erros de digitalização.

3.3.8.3 – Processamento dos dados cartográficos e classificação da imagem Landsat TM 5

Utilizou-se o *software* IDRISI v. 3.2 (CLARK UNIVERSITY, 1999), seguindo-se as rotinas propostas em Eastman (1998), para a classificação das imagens orbitais georeferenciadas, do Satélite Landsat TM 5, órbita 222.081 de 10/12/95 (LANDSAT, 1995) e 223.081 de 28/07/96 (LANDSAT, 1996), bandas 3 (630 – 690 nm, vermelho), 4 (760 – 900 nm, infra-vermelho próximo) e banda 5 (1500 – 1750 nm, infra-vermelho médio), assim como para a geração do Modelo Digital do Terreno (MDT), correspondentes a poligonal de 1442,5 km² anteriormente traçada.

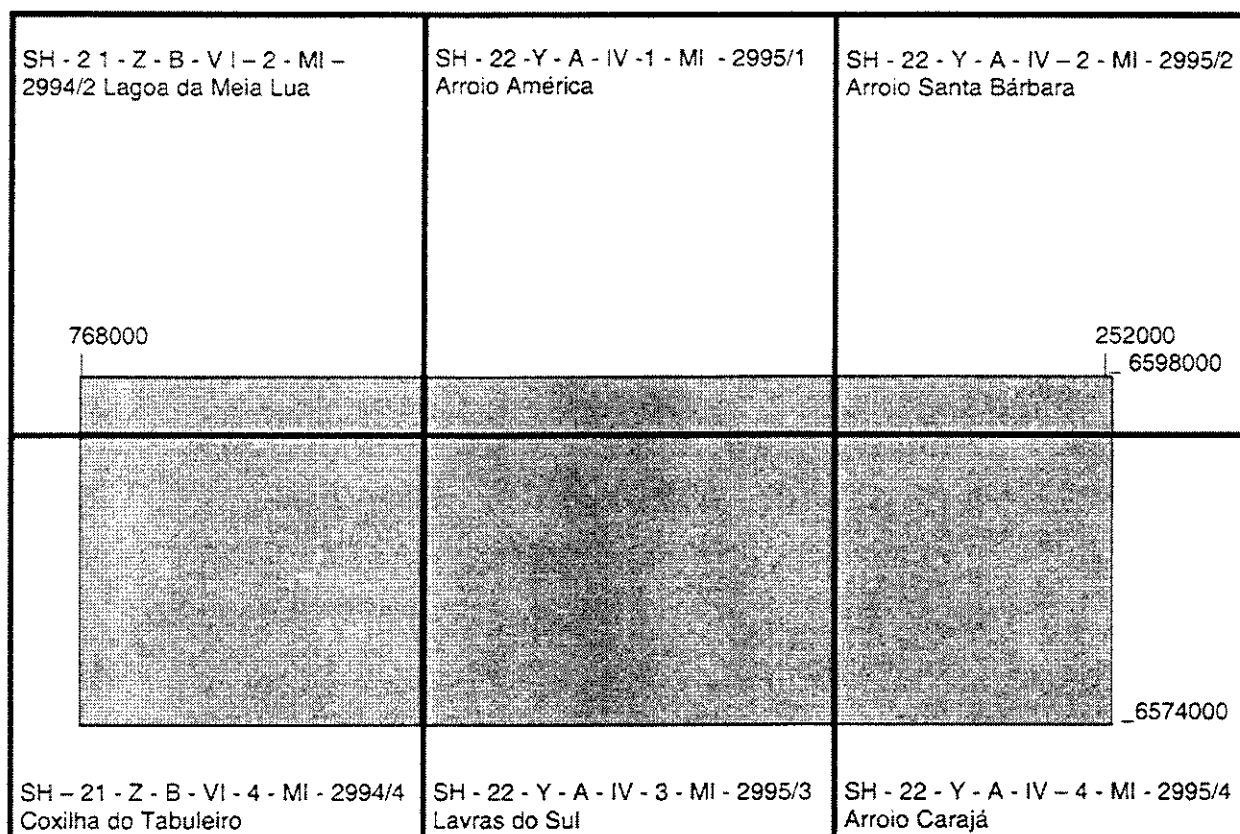


FIGURA 13 – Detalhe da localização da poligonal delimitada para o geoprocessamento, em relação à articulação das folhas da Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil – DSG, da região de Lavras do Sul, RS.

Adotou-se em parte, as unidades fitofisionômicas identificadas por Frizzo (2002) e Sippel¹, a partir da fotointerpretação estereoscópica dos pares de fotografias aéreas n. 5124 e 5125 de 23/05/96 (escala 1:60.000) da área da Mina Volta Grande (BRASIL; 1996g, 1996h), assim como, outros tipos de cobertura do solo imageados nas imagens Landsat TM 5, anteriormente citadas, ocorrentes na poligonal de 1.442,5 km² delimitada, para a determinação de locais de coleta de assinaturas espectrais, utilizadas na classificação supervisionada da imagem.

Digitalizou-se as áreas de treinamento, executando-se a rotina *MAKESIG* a partir do Menu Análise/Processamento de Imagens, criando-se os arquivos de assinatura, os quais armazenam as informações estatísticas a respeito dos valores de reflectância dos *pixels* nos conjuntos de treinamento.

¹ Dissertação de Mestrado a ser apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia – PPG Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, de autoria de Cibele Sippel. 2002 (em fase de elaboração).

Executou-se a classificação supervisionada, utilizando-se o classificador de *pixels* por Máxima Verossimilhança por meio da rotina *MAXLIKE*. Este classificador avalia a probabilidade de um determinado *pixel* pertencer a uma categoria e classifica-o na categoria à qual o mesmo tem a maior probabilidade de associação (EASTMAN, 1998).

Na seqüência, executou-se a rotina *REFORMAT/POLYRAS*, para isolar as classes que apresentaram mistura de *pixels*, por meio da criação de máscaras e arquivos de assinaturas, ajustando-os a suas respectivas classes com auxílio da rotina *OVERLAY*.

Finalmente, aplicou-se à imagem classificada um filtro digital, por meio da rotina *CONTEXT OPERATOR/FILTER*, a partir do menu *GIS ANALISYS*. Utilizou-se como algoritmo de filtro a mediana e, 5 x 5 o tamanho do mesmo.

Para a elaboração do Modelo Digital do Terreno (MDT), executou-se a rotina *SURFACE ANALISYS/INTERPOLATION/TIN* e */TIN SURFACE* a partir do menu *GIS ANALISYS*, e a rotina *ORTHO*, a partir do menu *DYSPLAY*.

Exportaram-se os arquivos em formato *.tif*, para a edição final no *software* Corel Draw 9.

3.4 – Procedimentos Amostrais e Analíticos dos Parâmetros Bióticos

Os trabalhos de campo estenderam-se de março de 2000 a novembro de 2001, sendo que o levantamento fitossociológico propriamente dito concentrou-se de junho a dezembro/2000.

Identificaram-se os espécimes coletados por meio de consultas à bibliografia especializada e ao Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ICN), contando-se também com a colaboração de especialistas em algumas famílias. Efetuou-se a confirmação dos nomes científicos bem como a autoria, de acordo com *The International Plant Names Index* (IPNI), por meio de consulta ao site [http:// www. ipni.org](http://www.ipni.org).

O material botânico coletado encontra-se depositado no Herbário Pe. Dr. Raulino-Reitz (CRI) da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma – SC.

3.4.1 – Estudo das comunidades vegetais

Para a amostragem fitossociológica, optou-se pela técnica de amostragem estratificada, utilizando-se o Método de Pontos (LEVY; MADEN, 1933), com uso de agulha isolada (EDEN; BOND, 1945), modificado e adaptado às condições da vegetação da área de estudo, considerando-se dois estratos distintos: o estrato herbáceo $\leq 1,0$ m e arbustivo-arbóreo $> 1,0$ m.

Em cada unidade amostral, acompanhando-se o sentido de ocorrência do filão, de 0,50 em 0,50 m, deixava-se cair uma agulha de aço, de 2,5 m de altura e 0,5 mm de diâmetro, marcada com escala centimétrica, registrando-se em cada ponto apenas um toque da agulha em cada estrato, correspondendo à primeira espécie tocada pela mesma, amostrando-se dessa forma, o estrato superior e inferior da vegetação, anotando-se também a altura em que a espécie era tocada em cada respectivo estrato.

Avaliou-se a suficiência da amostragem por meio da curva do coletor, traçando-se a curva do número cumulativo de espécies por unidade amostral levantada.

Procedeu-se a amostragem de modo estratificado, pois o estrato superior da vegetação é o que determina a resposta espectral da mesma na imagem satélite, e o conjunto de estratos, revela os padrões de associação de espécies, em resposta aos fatores ambientais.

Calculou-se a densidade relativa para cada espécie amostrada, em cada unidade amostral, representando este parâmetro, a proporção em porcentagem do número de indivíduos de uma determinada espécie, em relação ao número total de indivíduos de todas as espécies amostradas, na respectiva unidade amostral (MATTEUCI; COLMA, 1982; MARTINS, 1993).

Estabeleceu-se uma escala com 06 classes correspondentes a densidades relativas, adotando-se os intervalos de classe da escala de cobertura proposta por Daubenmire (1968), modificado como segue:

Código da Classe		%
1	>0	----- 4%
2	5%	----- 24%
3	25%	----- 49%

Código da Classe	%	
4	50%	----- 74%
5	75%	----- 94%
6	95%	----- 100%

Arredondou-se os valores de densidade relativa calculados, para a classe seguinte ou para a mesma classe, conforme o valor de duas decimais após a vírgula (0,55 para a mesma classe e 0,56 para seguinte), segundo os respectivos intervalos superiores de classe.

Para o estudo fitossociológico, adotou-se as bases da Escola de Zurich-Montpellier (BRAUN-BLANQUET, 1949), com as novas abordagens sugeridas em Mueller-Dombois; Ellenberg (1974).

Efetuuou-se a análise da estrutura da vegetação, considerando-se para tanto, a distribuição espacial dos indivíduos e a densidade relativa de cada espécie, buscando-se identificar padrões de associações de espécies, visando relacionar estes padrões com as variáveis ambientais (*site descriptors*) do solo estudadas (teor de umidade e Cu na forma trocável), cota da unidade amostral e distância desta em relação ao filão, valores estes registrados para cada unidade amostral, enquanto que, os valores referentes à análise de fertilidade, como o pH, micro e macronutrientes, etc, registrou-se para cada 04 transecções reunidas em uma amostra composta, conforme explicar-se-á adiante.

A partir da densidade relativa de cada espécie, em cada respectiva unidade amostral, transformada em classe de frequência, gerou-se uma tabela bruta, da vegetação herbácea e arbórea-arbustiva, no *software* Excel versão 7.0, constituindo-se uma matriz ($p \times n$), onde p representa os atributos (espécies e fatores ambientais) e n as unidades amostrais ou *relevés*, no formato .txt.

Analisaram-se os dados da vegetação e variáveis ambientais (*site descriptors*), com o auxílio do *software* MULVA5 (*Multivariate Analysis of Vegetation Data*) Wildi; Orlóci (1996), um pacote com 07 grupos de programas e várias rotinas, arranjados de forma lógica, utilizando-se para o processamento dos dados os seguintes programas: *IMPORT* (importação) e *OPEN* (abertura) - programas de inicialização e manuseio de dados; *RESEMB* (associação), *CLUSTER* (agrupamento) e *COMPORD* (componentes principais) - programas de análises primárias; *CONCENT* (concentração), *DISCRIM* (discriminante), *IDENTIF*

(identificação) e *FUZZY* (dados difusos) - programas de análises secundárias; *TABLES* (tabelas), *ORDINA* (diagramação) e *GRADPR* (gradiente) - programas de apresentação de resultados.

Importou-se a tabela bruta gerada no *software* Excel 7.0, formato *.txt*, por meio do programa *IMPORT*, o qual permite ler e mudar os dados gerados no formato Excel para o formato MULVA5. Após a importação, iniciou-se a análise do conjunto de dados, por meio do programa *OPEN*, o qual calcula médias, desvios padrão e freqüências de espécies e unidades amostrais (*relevés*).

Submeteu-se as unidades amostrais à análise de *outliers* (discrepância), com o emprego do programa *IDENTIF*. Este, baseia-se na identificação do vizinho mais próximo, isto é, mais similar, de cada unidade amostral ou *relevé*. Cada par de unidade amostral encontrado é então testado em seus atributos comuns (similaridade florística), por meio do coeficiente de van der Maarel, o qual, considera como *outliers* as unidades amostrais com similaridade menor do que 0.3 a 0.4. Tal análise é tida como o pré-requisito para a maior parte dos métodos analíticos (WILDI; ORLÓCI, 1996).

A partir da análise de *outliers*, após a eliminação das unidades amostrais com similaridade menor do que 0.4, elaborou-se a tabela de classes de freqüência de espécies, utilizando-se o programa *TABLES*, o qual permitiu a identificação das espécies de constância intermediária a serem utilizadas na análise.

Adotaram-se os critérios sugeridos por Mueller-Dombois; Ellenberg (1974), considerando-se como espécies de constância intermediária as que ocorrem dentro do intervalo de freqüência de 10 a 60% nas unidades amostrais. Segundo estes autores, os limites destes intervalos são flexíveis e podem ser mudados, segundo as características da vegetação em análise, bem como, a critério do pesquisador. No presente estudo, optou-se pela eliminação da análise, apenas as espécies com constância menor do que 10% (ocorrência menor do que 6 vezes em 65 unidades amostrais), não eliminando-se as com constância maior do que 60%.

Eliminadas as unidades amostrais consideradas *outliers* e as espécies com constância menor de 10% (consideradas de ocorrência acidental), construíram-se as matrizes de semelhança por meio do programa *RESEMB*, para as unidades amostrais e para as espécies, utilizando-se como medida de similaridade a Covariância.

Detectou-se a formação dos grupos de unidades amostrais e de espécies por meio da análise de agrupamentos, programa *CLUSTER*, optando-se pelo critério aglomerativo de Variância Mínima entre os grupos, graficando-se os mesmos em dendrogramas, sendo então, decidido o número de grupos de unidades amostrais e de espécies com os quais se trabalharia.

A partir dos grupos de espécies e de unidades amostrais, identificados no programa *CLUSTER*, elaborou-se a tabela estruturada com a aplicação do programa *TABLES*, verificando-se a concentração ou nitidez destes grupos formados com o emprego do programa *CONCENT*, o qual executa a análise de concentração, rearranjando os grupos de espécies e de unidades amostrais, de modo a redescrever a variação dos dados em um menor número de dimensões.

Evidenciou-se a associação entre os grupos de unidades amostrais e de espécies mediante a ordenação, por meio do programa *ORDINA*, o qual, dispõe os grupos gerados em um espaço bidimensional de um diagrama de dispersão de pontos. Os eixos de tal diagrama são definidos pelas variáveis canônicas geradas na análise de concentração, as quais contém o total do qui-quadrado da tabela de contingência. Os escores canônicos gerados para os grupos de unidades amostrais e para os grupos de espécies são utilizados como coordenadas para a localização destes grupos no diagrama.

Verificaram-se as relações entre os grupos de unidades amostrais, espécies e fatores ambientais, empregando-se o programa *DISCRIM*, optando-se pelo Método “Jancey's Ranking of F-Value” (JANCEY, 1979), que é um método de ordenação que serve para identificar as espécies ou fatores ambientais diagnóstico de grupo, com base na razão entre as variâncias mínimas (inter e intra-grupos). Este teste mede o poder discriminante das espécies ou dos fatores ambientais, segundo uma classificação baseada nos valores de F. Altos valores de F, indicam boa correspondência entre grupos de unidades amostrais e fatores ambientais (WILD; ORLÓCI, 1996).

Empregou-se o programa *COMPORD*, o qual executa ordenação de dados, optando-se pela análise de correspondência (CA), técnica de ordenação indireta, na tentativa de um entendimento mais claro das relações entre as espécies e as variáveis ambientais, selecionando aquelas que possivelmente sejam as mais importantes.

Utilizou-se ainda, o programa *GRADPR*, com o objetivo de verificar a performance das espécies diagnóstico de cada grupo formado, em relação às variáveis ambientais, resultando em um histograma de frequência das espécies por classe, para cada uma das variáveis testadas.

Ao detectar-se associação entre os grupos de espécies formados com uma determinada variável ambiental (*site descriptors*), por meio do programa *CONCENT*, e do programa *GRADPR*, realizou-se a ordenação direta das unidades amostrais baseada nesta variável ambiental.

Este procedimento teve como objetivo testar a associação detectada, por meio do programa *FUZZY*, optando-se pelo Método de Roberts (ROBERTS, 1986), que se constitui numa ordenação bidimensional, na qual um eixo (x) é o próprio fator ambiental registrado no campo, transformado num intervalo de 0 a 1 e o outro eixo (y) reflete o valor ambiental virtual baseado na composição florística das unidades ambientais.

3.4.2 – Elaboração do mapa de distribuição dos grupos de espécies associadas na área específica de estudo

Elaborou-se o mapeamento da vegetação estabelecida sobre a área amostral, assim como os afloramentos rochosos, os escombros retirados das trincheiras e as trincheiras abertas, percorrendo a mesma, localizando-se e delineando-se as manchas homogêneas de vegetação, caracterizadas por seus respectivos dominantes fisionômicos, ou representadas por conjuntos de indivíduos da mesma espécie, com auxílio de um andaime industrial de 4,0 m de altura, sobre o qual executaram-se as observações pertinentes ao mapeamento.

Em laboratório, transferiu-se estas informações para um mapa base (escala 1:100). Escaneou-se e importou-se o mesmo como *backdrop* (mapa de fundo em formato *.bmp*) no *software* CARTALINX v. 2.0 (CLARK LABS, 1999), no qual digitalizou-se o contorno das manchas em tela, exportando-se o arquivo no formato *.shp* para o *software* ARC/VIEW v. 3.2 (APPLEGATE, 1999), para a edição final, sendo esta subsidiada pelos grupos e subgrupos de espécies, delineados na análise fitossociológica, bem como pelo mapa planialtimétrico e pelas observações de campo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Parâmetros abióticos

A ocorrência das espécies vegetais está intimamente relacionada aos fatores ambientais, principalmente aqueles ligados ao solo, os quais influenciam e são influenciados reciprocamente, determinando a distribuição espacial e a abundância das espécies no meio.

Conforme assinala Braun-Blanquet (1949), os estudos das comunidades vegetais não teriam sentido se não estivessem acompanhados de investigações sobre as causas que levam certas espécies a ocorrerem em determinados locais e não em outros, assim como, daquelas que controlam a abundância e o vigor das espécies nos mais diferentes habitats.

Muitas vezes as espécies vegetais se estabelecem em locais que não representam o seu “ótimo ecológico”. A presença nestes locais, não necessariamente ótimos, se dá em função da competição por recursos não ser tão intensa.

O grau de tolerância às condições do meio varia de espécie para espécie. Em solos de áreas mineralizadas, espécies não tolerantes não sobrevivem, enquanto que as espécies tolerantes ocorrem com grande número de indivíduos, gerando assim uma dominância dos tipos tolerantes que passam a não encontrar competição por parte de outras espécies. Este fato é perfeitamente observado na Mina Volta Grande, assim como o foi por Lima e Cunha (1980, 1982), para a Mina do Seival e para uma área na Fazenda Santa Ivone, Município de Bagé, respectivamente, assim se referindo à fitofisionomia da última área estudada: “Este fenômeno de discriminação de vegetais, favorecida pelas características do solo, são bem visíveis na área estudada, onde os representantes do gênero *Schinus* se apresentam em capões isolados, formando comunidades abertas e não estratificadas”.

Lisboa (1976) já havia associado a presença predominante de espécies da família Anacardiaceae, com ocorrências cupríferas no Rio Grande do Sul, constatando que cada afloramento de minério de cobre correspondia a uma concentração de espécies do gênero *Schinus*. Assinala, ainda, que a partir destas

concentrações de espécies era possível prever-se afloramentos de malaquita ou calcosina.

O autor *op.cit.*, destaca ainda que suas observações não foram suficientes a ponto de colocar *Schinus lentiscifolius* para o Rio Grande do Sul como satélites de afloramentos de cobre, assim como o são as cariofiláceas para a Austrália e Katanga.

A fitofisionomia da Mina Volta Grande, caracteriza-se pela presença dominante da savana arbustiva, entremeada por campos, capões, matas de encosta e de fundo de vales e, áreas de cultivo (figuras 3, 4, 5a, 5b, 6a, 6b, 6c, 6d, 7a e 7b).

Na área específica de estudo, a savana arbustiva ou aberta está formada por um estrato herbáceo e um arbustivo-arbóreo, com dominância de *Schinus lentiscifolius*. Esta espécie na Mina Volta Grande e entorno, muitas vezes, apresenta indivíduos de tamanho reduzido, assim como, tonalidade verde esbranquiçada nos folíolos e ramos, muito embora, tenha ocorrido por várias vezes, indivíduos lado a lado, com tonalidade distinta nos folíolos.

Porto (1981, 1986, 1989a, 1989b) atribui as mudanças morfológicas (tamanho reduzido, assumido pela espécie), anatômicas e fisiológicas, à presença de metais pesados no solo. Reforça que tais modificações acentuam-se gradativamente, à medida que aumenta a concentração destes elementos no solo, fato também observado para a mesma espécie, por Lima e Cunha (1982), assim como para outras espécies por outros autores, como Duvigneaud (1958), Duvigneaud; Denayer-de Smet (1963), Malyuga (1964), Wild (1968), Jacobsen (1970), Ernst (1974), Malaisse; Gregoire (1978), Brooks (1972, 1983), entre outros. Em função destas observações, estabeleceu-se o delineamento amostral, extraindo-se amostras do solo e de folhas de *Schinus lentiscifolius*, objetivando verificar a existência de relação entre a concentração de Cu na forma disponível no solo e a distribuição da vegetação na área estudada, utilizando-se *Schinus lentiscifolius*, como espécie teste (indicadora).

As avaliações sobre a concentração de cobre no solo na forma trocável (anexo 1a) mostram a primeira vista, que na área amostral há uma certa heterogeneidade, já que a amplitude de variação (tabela 1) foi de 1,67 a 506 $\mu\text{g.g}^{-1}$, com valor mediano de 8,44 $\mu\text{g.g}^{-1}$ e coeficiente de variação CV = 2,78, considerado extremamente alto, segundo Riboldi (1993). O valor médio (\bar{x} = 25,03 $\mu\text{g.g}^{-1}$) não é

um bom parâmetro a ser analisado, pois, a variação dos dados é extremamente grande, gerando um desvio padrão ($S = 69,79$) muito acima da média, o que reflete a influência antrópica exercida na área.

TABELA 1 – Parâmetros estatísticos das variáveis ambientais registradas na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Variável Ambiental	Amplitude de Variação	Média	Desvio Padrão	Mediana	Coefficiente de Variação
Cu trocável no solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	1,67 – 506	25,03	69,79	8,44	2,78
Cu total em <i>Schinus lentiscifolius</i> ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	3,21 – 5,52	4,13	0,65	4,05	0,15
Teor de Umidade do Solo (%)	10,0 – 28,1	18,55	4,51	18,85	0,24

No que diz respeito aos teores de concentração de Cu no solo, considerados como normais, Porto (1986) assinala que existem várias controvérsias. Brooks (1972), por exemplo, refere-se a concentrações médias mundiais do conteúdo total de Cu no solo até $20 \mu\text{g.g}^{-1}$, como normais, enquanto que, Allen *et al.* (1974) consideram as concentrações totais entre 05 e $100 \mu\text{g.g}^{-1}$, e disponíveis (trocáveis) entre 0,1 e $3,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ como normais.

De acordo com os critérios acima, os valores de Cu disponível no solo da área estudada estão acima dos limites considerados normais, indicando anomalias geoquímicas, fato este, já evidenciado pelo serviço de pesquisa do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral – DNPM em 1962 (CRM s/d).

No entanto, considerando-se que a área em estudo é uma área de ocorrência de mineralização de Cu, esperava-se encontrar valores disponíveis deste elemento no solo muito mais elevados do que aqueles detectados.

Ernst (1974) cita ocorrências de até 4,8% de conteúdo total de Cu no solo da região de *Copper King* – RSR – na África. Para outras regiões ricas em metais pesados, neste mesmo continente, assinala valores de 2 a $1700 \mu\text{g.g}^{-1}$.

Zocche (1989) detectou concentrações máximas de Cu trocável, no horizonte superficial (0 – 0,30 m) iguais a 1,00 e $2,34 \mu\text{g.g}^{-1}$ no solo de campos naturais sobre banco de carvão e áreas adjacentes mineradas, respectivamente, na Mina Recreio – Butiá, RS.

Lima e Cunha (1982) verificou concentrações de Cu na forma disponível, no horizonte superficial do solo, na Fazenda Santa Ivone – Bagé, RS, tão elevadas quanto $225 \mu\text{g.g}^{-1}$.

Girardi-Deiro (1999) detectou valores de conteúdo total de Cu no solo tão elevados quanto $88,9 \mu\text{g.g}^{-1}$, em uma área próxima da área de estudo, no município de Bagé, RS. Enquanto que Dal Piva, (2001) detectou valores totais de $219.942 \mu\text{g.g}^{-1}$ nos escombros retirados da trincheira de pesquisa do filão de Cu da área 2, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Deve-se considerar, contudo, que o conteúdo total de um elemento no solo, representa as concentrações existentes em potencial e não aquelas disponíveis para as plantas. A concentração total dos elementos no solo ou sedimento não indica a toxidez efetiva destes para os organismos, pois, geralmente, os metais pesados estão fortemente ligados ou fazendo parte da porção mineral insolúvel, ou ainda complexados à fração orgânica do substrato, não estando portanto diretamente acessíveis aos organismos (BUSCHINELLI, 1985; JENG; BERGSETH, 1992; ANGELONE *et al*, 1993).

Porto (1981, 1986), em seus estudos nos distritos minerais do Rio Grande do Sul - Seival (Caçapava do Sul), Sanga Negra (Encruzilhada do Sul) e Volta Grande (Lavras do Sul), obteve valores de Cu na forma disponível diretamente sobre o filão tão elevados quanto $9900 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Seival) e $2049,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Volta Grande). Verificou diminuição gradativa da concentração de Cu no solo, na forma disponível, à medida que se afastava do filão, detectando ainda, alta variação nos dados. Por exemplo, nas coletas realizadas a 10 m do filão, os valores variaram de 2,7 a $889,0 \mu\text{g.g}^{-1}$. Destaca ainda que, “[...] os resultados foram obtidos com amostras coletadas ao acaso em toda a extensão da Mina Volta Grande, sendo talvez a amostragem muito pequena”.

Embora a autora, *op.cit.*, mencione que as coletas de solo e plantas em seus estudos tenham se dado ao acaso, a análise e discussão dos resultados concentrou-se somente sobre os valores extremos. Este fato se justifica, pois o objetivo era justamente demonstrar a influência dos metais pesados nas modificações morfológicas e anatômicas das espécies que crescem em ambientes extremos, assim como o emprego potencial destas na prospecção mineral. No entanto, a pesquisa acima foi de cunho descritivo-qualitativo, não sendo utilizado para o estudo da relação solo x planta, testes de significância estatística. O emprego de testes estatísticos em tais estudos, reveste-se de grande importância, pois os locais de ocorrência de anomalias geoquímicas nas áreas estudadas por Porto (1981, 1986)

são infinitamente menores em número, do que os locais sem a ocorrência destas. Assim sendo, atribuir a influência dos metais no solo, sobre a distribuição da vegetação, para áreas além daquelas ligadas diretamente ao corpo mineralizado, ou o seu entorno, é algo que se deve fazer com cautela.

Por outro lado, no presente estudo, obteve-se cada amostra de solo, a partir de 05 sub-amostras retiradas a intervalos de 2,0 metros, sobre uma transeccional de 10 metros, repetindo-se o mesmo procedimento de distribuição espacial dos pontos de coleta, para a obtenção das amostras de *S. lentiscifolius*. Totalizando-se desta forma, 72 amostras compostas de solo e 72 amostras compostas de *S. lentiscifolius*, em uma área de 1,8 ha, as quais foram quarteadas e requarteadas, gerando um número amostral mais do que suficiente, para caracterizar a variação espacial da concentração de Cu no solo e nas plantas.

Segundo Porto (comunicação pessoal), os trabalhos de Porto (1981, 1986) foram realizados junto a área 2 (denominação dada pelo Serviço de Pesquisa do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral – DNPM – na Mina Volta Grande, portanto, sobre um filão diferente do filão do presente estudo, onde os valores mais elevados de Cu disponível no “solo” detectados, se deram em amostras retiradas sobre os rejeitos da mineração.

Neste mesmo local, estudado por Porto (1981) e por Dal Piva (2001), em estudos preliminares do conteúdo de Cu disponível no solo e total nas folhas de *Schinus lentiscifolius*, durante a realização do presente estudo, detectou-se valores de $44,6 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $4,88 \mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente (anexo 1b), em amostras coletadas diretamente sobre os escombros retirados da trincheira de pesquisa.

Observando-se detalhadamente a tabela 2, verifica-se que ao contrário do que parece, a área estudada como um todo é muito homogênea no que se refere à concentração de Cu na forma disponível no solo. Dentre as 72 amostras analisadas, 75% (54) compõem as três primeiras classes, mostrando amplitudes de variação extremamente baixas (entre $1,00$ e $15,0 \mu\text{g.g}^{-1}$), enquanto que os 25% (18) restantes integram as demais classes de amplitude de variação desta tabela.

Analisando-se o anexo 1a, assim como o mapa de distribuição das unidades amostrais (figuras 10 e 11), verifica-se que não foi detectada tendência à variação na concentração de Cu disponível no solo, em razão da proximidade destas com o filão, mas sim, em função de estarem localizadas próximo ou sobre escombros retirados das trincheiras de pesquisa mineral. Exceto naquelas unidades amostrais

que estão próximas ou sobre os escombros, as demais evidenciaram valores de concentração de Cu na forma disponível no solo extremamente baixas e muito similares entre si, sugerindo haver homogeneidade na distribuição deste elemento, na forma disponível no solo.

As unidades amostrais 57, 59, 63, 60 (classe 06 da tabela 2), seguidas pelas unidades amostrais 01, 02, 03, 61 (classes 07, 08 e 09) e, pelas unidades amostrais 07, 31, 30, 05 e 06 (classe 10) apresentaram de forma crescente, as concentrações mais elevadas de Cu disponível no solo, conforme demonstra o anexo 1a. Estas unidades amostrais, localizaram-se exatamente sobre os escombros retirados da trincheira principal aberta longitudinalmente, ou sobre os escombros das trincheiras abertas transversalmente, distribuídas pela área de estudo.

De outro modo, outras unidades amostrais, que estão localizadas na parte central da área amostral e, portanto, sobre o filão principal, mas não sobre ou próximo aos escombros, não evidenciaram valores elevados de concentração de Cu. Estes fatos levam a concluir que a profundidade que o filão está ocorrendo é um fator relevante, pois, supõe-se que à medida que o mesmo se afaste da superfície, a disponibilidade de Cu para as plantas tende a diminuir.

TABELA 2 – Amplitude de variação da concentração de Cu trocável no solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$), da área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Classes	Amplitude de Variação	Frequência
01	1,00 – 5,00	12
02	5,01 – 10,00	32
03	10,01 – 15,00	10
04	15,01 – 20,00	03
05	20,01 – 25,00	02
06	25,01 – 30,00	04
07	30,01 – 35,00	02
08	35,01 – 40,00	01
09	40,01 – 45,00	01
10	> 45,00	05

Embora não se tenha efetuado medidas da profundidade da ocorrência do filão em cada unidade amostral, pode-se deduzir que há esta influência direta, pois coincidentemente as unidades amostrais que apresentaram as concentrações mais elevadas de Cu na forma disponível, estavam associadas a presença de escombros retirados de trincheiras.

Outro fato que deve ser considerado, é que com a deposição dos escombros da abertura das trincheiras, os materiais que estão em contato com o corpo mineralizado, sendo expostos à atmosfera, tendem a intemperizar-se mais rápido, liberando para o meio quantidades sensivelmente maiores de Cu na forma trocável, assim como de outros elementos, alterando as condições edáficas e microbiológicas destes locais.

Além disso, o solo da área em estudo, é muito raso, pouco desenvolvido e com muitos afloramentos rochosos. Efetuou-se a coleta na zona superficial a uma profundidade de até 0,30 m, quando assim era possível. Neste caso, pode ter sido coletado inclusive partes da rocha matriz, onde o intemperismo ainda não liberou quantias elevadas de Cu trocável, nesta porção do perfil do solo, diluindo a concentração deste elemento na forma disponível nas amostras coletadas.

Vários fatores do meio podem interferir na disponibilidade de elementos para as plantas, a drenagem do solo é um destes fatores. Solos mal drenados, quando comparados com aqueles bem drenados, podem evidenciar falsas anomalias. Isto se dá porque alguns elementos tem uma mobilidade maior sob condições de solos encharcados, e isto se reflete em uma absorção mais elevada pelas plantas (Brooks, 1983).

A situação acima relatada não se aplica diretamente ao presente estudo, uma vez que a área localiza-se na encosta de uma coxilha e, portanto, é raro ocorrer solo encharcado nestas condições topográficas, muito embora, no âmbito da Mina Volta Grande, assim como no entorno, ocorrem nascentes nas encostas, ou pequenos “bolsões” no relevo, ocasionados por depressões naturais nas camadas rochosas, gerando vez por outra, pequenos charcos, caracterizados por solos mal drenados.

O teor de umidade no solo, variou de 10,0 a 28,1% (tabela 1), demonstrando nítida relação com a variação do microrelevo, assim como, presença de atividades de pesquisa mineral na área. Nas unidades amostrais que se localizaram sobre os escombros retirados das trincheiras, ou muito próximo das trincheiras abertas, assim como sobre ou próximo a afloramentos rochosos, onde o solo é mais raso, o teor de umidade no solo foi mais baixo do que naquelas localizadas em locais sem afloramento rochoso, longe das trincheiras e com solo um pouco mais profundo.

A variação espacial da vegetação acompanhou a variação de umidade no solo. Naquelas unidades amostrais com solo mais raso, pedregoso, com

afloramentos rochosos ou com presença de escombros retirados das trincheiras, onde o teor de água era mais baixo, a vegetação era esparsa, representada principalmente por *Eryngium horridum* e *Stipa filifolia*, os quais ocorreram em manchas muito homogêneas. Já, naquelas unidades amostrais, onde não haviam sinais de revolvimento do solo pela abertura de trincheiras, nem afloramentos rochosos, o teor de umidade foi mais elevado, evidenciando uma cobertura vegetal mais densa, com maior variedade de espécies, assim como porte mais elevado da vegetação.

O valor mediano de umidade no solo ($m_d = 18,85$) praticamente coincidiu com o valor médio ($\bar{x} = 18,55$) e o desvio padrão considerado baixo ($S = 4,51$), apresentando ainda, segundo Riboldi (1993), alto coeficiente de variação dos dados ($CV = 0,24$). Executaram-se as coletas de solo para determinação do teor de umidade, em dias ensolarados, frescos e distando da última chuva cerca de 12 e 15 dias respectivamente, portanto, os percentuais obtidos, representam a capacidade hídrica do solo em condições normais, isto é, sem estar sob condições de estiagem, ou encharcamento pós-chuva.

Agruparam-se os dados do teor de umidade no solo em 04 classes de amplitude de variação (tabela 3), sendo que: 27% das unidades amostrais (20), enquadraram-se na classes 01 (10 – 15%); 31,9% (23) na classe 02 (15,01 – 20,0%) e, 34,7% (25) na classe 03 (20,01 – 25,00%), o que evidencia a heterogeneidade do meio em relação ao teor de água no solo, revelada pela presença dos grupos de espécies que tendem a ocorrerem juntas, caracterizando as manchas de vegetação mais ou menos distintas, em diferentes posições do microrelevo, em resposta à variação deste fator.

TABELA 3 – Amplitude de variação do teor de água no solo (%) da área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Classes	Amplitude de Variação	Freqüência
01	10,00 – 15,00	20
02	15,01 – 20,00	23
03	20,01 – 25,00	25
04	25,01 – 30,00	04

As concentrações de íons trocáveis nos solos, que não estão submetidos à sobrecarga de metais pesados, são determinadas principalmente pelas necessidades da comunidade local de plantas, ou de modo geral, pela pressão

biológica local. Tudo além do que é requerido, que compõe a fração disponível e não é aproveitado, será provavelmente lixiviado, podendo ou não ser removido imediatamente do solo, dependendo dos meios de transporte (NIKIFOROFF 1959).

Segundo o autor *op cit.*, em climas áridos, a porcentagem de lixiviação pode ser demasiadamente baixa em relação a liberação de íons pelo intemperismo, desta forma, o enriquecimento da zona de intemperismo por estes íons se daria de modo independente da vida local. Todavia, este enriquecimento não se dá de forma indefinida, sua proporção decresce exponencialmente até que um estado de equilíbrio tenha sido atingido. Este estado de equilíbrio depende de uma série de fatores bióticos e abióticos, os quais variam de local para local, no entanto os processos no solo parecem ser universais, qualquer que seja o material de origem, o clima ou tipo de solo, variando apenas a intensidade de um ou outro processo em questão.

O solo da Mina Volta Grande, segundo Ker *et al.* (1986), é classificado como litólico eutrófico, A chernozêmico textura média cascalhenta relevo suave ondulado - *Lithic Hapludol*. Brasil (1973), considera estes solos como de boa fertilidade natural, sendo moderadamente ácidos, com saturação de bases alta, praticamente livres de acidez nociva e bem providos dos diversos nutrientes.

O perfil tipo utilizado por Ker *et al.* (1986) está localizado a aproximadamente 300 metros do acesso principal da Mina Volta Grande, próximo a Fazenda Vista Alegre. Portanto, a descrição do mesmo reflete de maneira bastante precisa as características do solo da área específica de estudo.

Conforme descrito na metodologia, reuniram-se as 72 amostras de solo coletadas nas respectivas transecções (unidades amostrais) em 18 amostras compostas, uma para cada respectivo quadrado de 20 x 20 m (figura 10), para análises químicas de fertilidade, cujos resultados encontram-se nos anexos 2a e 2b.

Sippel¹, considera o solo da área específica de estudo como sendo do tipo litólico, pouco desenvolvido, com elevada influência antrópica.

Com base em Siqueira *et al.* (1987), interpretou-se o grau de variação das condições nutricionais a que a vegetação da área estudada está submetida, conforme demonstra a tabela 4.

O teor de argila no solo, variou entre 13 e 30% com valor médio $X = 18,83$ e mediano $m_d = 17\%$, o que permite, segundo Siqueira *et al.* (1987), enquadrá-lo

como pertencente a classe IV, ou seja, solos que apresentam porcentagem de argila entre 11 – 25%.

As argilas no solo atuam como uma resina sintética na permuta iônica. A troca de íons com a solução do solo ocorre na superfície das partículas argilosas, cuja capacidade de troca catiônica usualmente é elevada, excedendo muitas vezes a capacidade de troca das resinas sintéticas. As partículas argilosas, conhecidas como micelas, comumente têm carga negativa, em função do excesso de oxigênio, devido a dissociação dos grupos hidroxila na superfície, ou pela substituição de átomos de carga positiva mais elevada, por átomos de carga mais baixa (BROOKS, 1983).

TABELA 4 – Parâmetros estatísticos dos componentes do solo utilizados para a análise de fertilidade da área específica de estudo na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Variável Ambiental	Amplitude	Média	Desvio Padrão	Mediana
Argila (%)	13 – 30	18,83	4,59	17,00
pH (H ₂ O)	5,2 – 5,8	5,4	0,16	5,50
Índice SMP	5,7 – 6,2	5,8	1,26	5,80
P (µg.g ⁻¹)	4,2 – 75,00	16,0	16,32	10,05
K (µg.g ⁻¹)	299 – 549	414,16	73,33	409,00
Matéria Orgânica (%)	3,7 – 8,0	5,95	1,20	6,15
Al _{troc.} (cmol _c L ⁻¹)	0,0 – 0,8	0,19	0,35	0,04
Ca _{troc.} (cmol _c L ⁻¹)	8,1 – 15,3	12,26	1,76	12,50
Mg _{troc.} (cmol _c L ⁻¹)	3,7 – 7,3	5,80	0,88	6,00
Al+H (cmol _c L ⁻¹)	3,0 – 4,7	4,1	0,55	4,30
CTC (cmol _c L ⁻¹)	15,8 – 27,6	23,08	2,92	22,85
% SAT. da CTC – BASES (%)	79 – 87	82,11	2,11	82,00
% SAT. da CTC – AL (%)	0,0 – 3,2	0,88	1,05	1,80
Relação Ca/Mg	1,9 – 2,4	2,1	0,10	2,10
Relação Ca/K	8 – 17	11,8	2,47	12,00
Relação Mg/K	3,7 – 8,0	5,6	1,30	5,00
S (µg.g ⁻¹)	6,1 – 17	13,35	3,18	14,00
Zn (µg.g ⁻¹)	2,4 – 5,7	3,7	0,96	3,80
Cu (µg.g ⁻¹)	1,0 – 44	6,67	10,22	8,10
B (µg.g ⁻¹)	0,6 – 1,2	0,82	0,17	0,80
Mn (µg.g ⁻¹)	10 – 68	31,6	13,34	28,50

A capacidade de troca das argilas é uma função inversa ao tamanho da partícula. Isto significa que quanto menor o tamanho da partícula e quanto maior o teor de argila no solo, mais elevada é a capacidade de troca do mesmo, o que leva a concluir que, o elevado teor de argila detectado na área de estudo, influi na disponibilidade de Cu para as plantas, assim como de outros metais, pois certamente, parte do Cu que é liberado pela rocha na forma iônica tende a se ligar

à argila, formando complexos estáveis e tornando-se indisponível para a absorção pelas plantas.

Para o pH em água, os valores (5,2 a 5,8 com mediana de 5,5) são considerados de baixo a médio. Entre os inúmeros fatores que influenciam na disponibilidade de elementos para as plantas, o pH do solo pode influenciar na solubilização ou precipitação de elementos (BROWN; 1994, 1995). A absorção de Cu pelas plantas decresce à medida que o pH do meio tende a ser mais alcalino (LUCAS; KEZENEZEK, 1972; BROOKS, 1983; TAM; ANDERSON, 1985; BRÜMMER *et al.*, 1986; BERKIVIST *et al.*, 1989; JENG; BERGSETH, 1992; GUSSARSSON; JENSEN, 1992 KAHLE, 1993; PINTO; KÄMPF, 1996; BABALONAS, 1997).

Sob condições de pH em torno de 5,3 (como ocorre na presente área em estudo) os íons Cu^{+2} tendem a precipitar como hidróxidos (MALYUGA, 1964; CAVALLARO; MACBRIDE, 1980). Nardi (1978) assinala que o cobre na região de Bagé-Caçapava do Sul (inclui-se nesta, a área em estudo), se encontra na forma de íon cúprico Cu^{+2} , sendo esta a forma como o vegetal o absorve mais facilmente (SALYSBURY; ROSS, 1969 *apud* LIMA E CUNHA 1982; GRAHAM, 1981).

Lima e Cunha (1982) verificou uma leve, mas progressiva absorção de Cu por *Schinus molle*, à medida que o pH aumentava até níveis de 5,4, aproximadamente. Quando o pH passou a ser menos ácido, a absorção passou a decrescer de maneira bastante sensível. Assinala ainda que:

[...] “este fato permite reforçar a idéia de que a espécie acima pertence a um tipo de vegetal tolerante a determinadas concentrações de cobre no solo, uma vez que sua capacidade de absorção aumenta quando igualmente aumenta a disponibilidade do elemento”.

Porto (1981, 1986) já havia chamado atenção para este detalhe. No entanto, deve-se levar em conta que ambas autoras, *op. cit.*, encontraram valores elevadíssimos de Cu no solo na forma disponível, fato que não se verificou no presente estudo, o que no entanto, pode ser explicado pelo comportamento do Cu em presença do pH mais elevado (conforme mencionado pelos autores acima citados), assim como por outros fatores que serão discutidos na seqüência.

Portanto, conforme as citações acima, parece ser que o pH do solo da área em estudo (que está caracterizada pela ocorrência de solo estruturado, exceto junto aos escombros retirados das trincheiras de pesquisa), tende a favorecer a

precipitação do Cu, fazendo com que, embora esteja presente no solo, tenha sua disponibilidade às plantas diminuída. Isto leva a concluir que o mesmo não está atuando como fator condicionante da distribuição das manchas de vegetação na área estudada, pelo menos nos locais onde o pH tende a ser menos ácido.

Os teores de fósforo extraível entre 4,2 e 75 $\mu\text{g.g}^{-1}$, com mediana 10,05 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (tabela 3.4), variaram de muito baixo a alto, levando-se em conta que a área de estudo enquadra-se na classe de solos do tipo IV, (isto é, solos que apresentam o teor de argila variando de 11 a 25%), conforme Siqueira *et al.* (1987). Três quadrados (34, 35 e 22) apresentaram valores muito baixos (entre 3,1 e 6,0 $\mu\text{g.g}^{-1}$), os quais englobam as unidades amostrais 17, 19, 20 e 21 (quadrado 34); 18, 22, 23 e 24 (quadrado 35); 25, 26, 27 e 28 (quadrado 22) (anexo 2). Oito quadrados (31, 26, 07, 39, 13, 14, 44 e 41) apresentaram valores baixos (entre 6,1 e 12,0 $\mu\text{g.g}^{-1}$), os quais incluem as unidades amostrais 01, 02, 03 e 04 (quadrado 31); 13, 14, 15 e 16 (quadrado 26); 37, 38, 41 e 43 (quadrado 07); 45, 46, 47 e 48 (quadrado 39); 49, 51, 52 e 55 (quadrado 13); 50, 53, 54 e 56 (quadrado 14); 57, 58, 59 e 60 (quadrado 44); 69, 70, 71 e 72 (quadrado 41). Dois quadrados (24 e 19) mostraram valores médios (entre 12,1 e 18,0 $\mu\text{g.g}^{-1}$), os quais englobam as unidades amostrais 29, 32, 33 e 35 (quadrado 24) e; 61, 62, 63 e 64 (quadrado 19). Dois quadrados (11 e 08) apresentaram valor suficiente ($> 18,0 \mu\text{g.g}^{-1}$) e, englobaram as unidades amostrais 65, 66, 67 e 68 (quadrado 11) e 39, 40, 42 e 44 (quadrado 08); três quadrados (29, 04, 23) mostraram valores altos ($> 24 \mu\text{g.g}^{-1}$), os quais abrangem as unidades amostrais 05, 06, 07 e 08 (quadrado 29); 09, 10, 11 e 12 (quadrado 04); 30, 31, 34 e 36 (quadrado 23).

Estes valores de fósforo, parecem variar distintamente de um “quadrado” para outro, sugerindo ser uma boa variável a ser testada quanto a distribuição da vegetação. O *stress* nas raízes causado por metais pesados pode ser diminuído pela concentração do fosfato na rizosfera. Experimentos realizados com metais pesados indicaram que níveis elevados de fosfatos no meio, freqüentemente diminuem a absorção dos metais pelas raízes das árvores (KAHLE, 1993).

Os dados mostram ainda, que há uma tendência à variação da concentração do fósforo no solo, com a presença de escombros retirados das trincheiras, isto é, nos quadrados onde haviam escombros, detectaram-se os valores de fósforo mais elevados, coincidindo também com a variação da concentração de Cu disponível.

Conforme será discutido no item 4.2 deste trabalho, verifica-se uma correlação $r = 0.917$ positiva altamente significativa ($P_{0,001;18} = 0,679$), entre os teores de fósforo e a concentração de Cu no solo (tabela 7). Os dados sugerem que, justamente onde obteve-se os valores mais elevados de Cu no solo, os teores de fósforo também foram elevados. Em função disto, a distribuição da vegetação na área de estudo, pode estar relacionada à variação do fósforo trocável no solo. Este elemento, pode estar interferindo ainda, na absorção do Cu, uma vez que, conforme assinala Brooks (1983), o mesmo assume no solo um papel antagônico ao Cu, ou seja, compete pelos sítios de troca nas raízes das plantas. Portanto, em locais onde a concentração de Fósforo é elevada, pode haver uma diminuição sensível na absorção de Cu pelas mesmas. Esta pode ser uma das explicações para o fato de terem sido detectados valores de Cu nas folhas de *S. lentiscifolius* tão baixos.

Jorge (1972) assinala que o fósforo mineral do solo se encontra sob duas formas: disponível e fixa. A forma disponível acha-se adsorvida pelas argilas, pelos hidróxidos ou pelo carbonato de cálcio. Destaca ainda, que os solos que contém calcário ativo e razoável quantidade de húmus, cujo pH não seja muito elevado [como é o presente caso], conservam o fósforo sob forma disponível. No que diz respeito à forma fixa do solo, afirma que pode estar precipitada ou oclusa.

Deer *et al.* (1966) destacam que a apatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{F},\text{Cl})$ é um mineral acessório freqüente em muitos tipos de rochas e é o mineral que fornece a maior parte do fósforo para os solos que não são derivados de rochas fosfáticas. Assinalam ainda, que a apatita ocorre em rochas de metamorfismo térmico e regional.

A apatita pode também ocorrer em depósitos de calcáreo e depósitos originados a partir de processos hidrotermais (DEER *et al.*, 1966). No processo de preenchimento das falhas geológicas pelo cobre, podem ter ocorrido “contaminações” com outros materiais, que podem ter se depositado como vênulas, ou como “corpos” mineralizados, disseminados no filão de cobre, gerando depósitos pontuais, que podem explicar a ocorrência do fósforo em alta concentração em algumas unidades amostrais, principalmente naquelas que os escombros retiradas das trincheiras de pesquisa estavam presentes.

Os valores de potássio trocável (tabela 4), variando de 299 a 549 $\mu\text{g.g}^{-1}$ com mediana 409 $\mu\text{g.g}^{-1}$, são considerados altos. Não evidenciam relação com a presença de escombros das trincheiras de pesquisa, mostrando inclusive que em

alguns locais onde não haviam trincheiras abertas, os valores eram mais elevados do que próximo a estas. No entanto, esta também não foi uma tendência geral para a área (anexos 2a e 2b).

Os teores de matéria orgânica (3,7 a 8,0% com mediana 6,15%) são considerados de médio a altos. Rajj (1983) destaca que na maior partes dos solos, os teores de matéria orgânica dificilmente atingem 5%. Assinala ainda, que em sistemas em equilíbrio, o teor de matéria orgânica no solo é constante, refletindo o equilíbrio entre a adição de restos orgânicos de seres vivos e a decomposição por mineralização.

Brooks (1972) assinala que a matéria orgânica no solo também tem a capacidade de concentrar cátions, resultando tanto na precipitação quanto na mobilização destes, dependendo do grupo doador de cátions. Destaca ainda que o húmus do solo tem uma capacidade de troca muito superior ao das argilas. Enquanto que as argilas apresentam uma capacidade de troca de até 100 meq/g, um valor de cinco vezes maior pode ser encontrado no material húmico.

O Húmus pode formar complexos queláticos extremamente fortes com íons metálicos, particularmente em condições de pH elevado. A estabilidade dos complexos organo-metálicos aumentam com o pH, sendo que, a associação metalo-orgânica é consideravelmente estável sob condições levemente ácidas e alcalinas (BLOOMFIELD *et al.*, 1976; BROOKS; 1983; MA, 1982; MA *et al.*, 1983; BEYER, 1987).

Como os teores de matéria orgânica detectados são considerados médios a altos, estes valores sugerem que parte do cobre que estaria sendo disponibilizado pela matriz rochosa, reage com a matéria orgânica, formando complexos estáveis, diminuindo a disponibilidade às plantas. Este fato, é reforçado ainda pelo pH do solo, que tende a favorecer a precipitação do cobre na forma de hidróxidos (conforme assinalado anteriormente), além do teor de argila verificado, que tende a adsorver os elementos disponíveis no solo.

Estas três variáveis, atuando de forma independente, interferem na disponibilidade de elementos tóxicos para as plantas. Quando atuam de forma conjunta, que é o que se verificou na área em estudo, a tendência em diminuir a disponibilidade de elementos tóxicos para as plantas é ainda maior. Portanto, os baixos teores de concentração de Cu detectados nas folhas de *Schinus lentiscifolius* (que serão discutidos em seguida), podem ter se dado em função da não

disponibilidade deste elemento no solo, como resultado do pH, dos teores de matéria orgânica e argila verificados, além da competição por sítios de troca, exercida pelo fósforo. Pode estar aí também, a explicação para o fato de Porto (1981, 1986, 1989a, 1989b), ter encontrado na Mina Volta Grande, valores muito mais elevados de Cu no solo e nas plantas, uma vez que a mesma coletou amostras de solo e plantas em locais como: afloramentos do minério diretamente sobre o filão e sobre rejeitos, isto é, locais que não representam um solo propriamente dito. Além disso, a autora avaliou somente as concentrações totais e disponíveis de Cu no solo, e não as condições químicas e de fertilidade, o que poderia elucidar esta suposição.

Os teores de cálcio e magnésio trocáveis ($8,1$ a $15,3 \text{ cmol}_c\text{L}^{-1}$, com mediana $12,50 \text{ cmol}_c\text{L}^{-1}$ e $3,7$ a $7,3 \text{ cmol}_c\text{L}^{-1}$, com mediana $6,0 \text{ cmol}_c\text{L}^{-1}$, respectivamente) são considerados altos. Gargantini *et al.* (1970), encontraram correlação estreita entre os teores de Ca e Mg no solo e o pH do mesmo. Em cerca de 93% dos solos cultiváveis do estado de São Paulo – SP, estudados pelos mesmos, cujo pH no solo era baixo ($< 5,0$), os teores de Ca e Mg situaram-se na faixa de médio a baixo.

A biociclagem de elementos pode aumentar a disponibilidade de Ca e Mg trocáveis, influenciando na razão entre estes dois elementos, uma vez que, as plantas tendem a utilizar mais o Ca do que o Mg, assim como, há uma tendência natural de haver maiores perdas de Mg, por lixiviação (ALEXANDER, 1988 *apud* PINTO; KÄMPF, 1996; BABALONAS *et al.*, 1997). No presente estudo, o pH, variando de 5,2 a 5,8 com valor mediano em 5,5 tende a favorecer a disponibilidade de Ca e Mg, fazendo com que não sejam limitantes ao desenvolvimento das plantas, ao mesmo tempo que a concentração no meio, principalmente de íons cálcio tendem a interferir na disponibilidade de elementos tóxicos para as plantas (BABALONAS *et al.*, 1997).

Um outro indicativo da qualidade química do solo é a Capacidade de Troca Catiônica (CTC). As argilas do solo retém os íons Ca, Mg, Na e K, evitando que estes sejam lixiviados e, ao mesmo tempo mantém as condições de disponibilidade destes para os vegetais (RAIJ, 1983). Os constituintes minerais e orgânicos da fração coloidal do solo possuem cargas de superfície, as quais são neutralizadas por íons. Dependendo do pH do solo e do tipo de material, as cargas das partículas podem ser negativas ou positivas. Portanto, é uma característica importante para a determinação das propriedades químicas e fertilidade potencial do solo, pois indica a reserva de nutrientes para as plantas, a possibilidade de redução de perdas de

cátions por lixiviação, além de atuar na inativação de compostos tóxicos (TEDESCO *et al.*, 1995).

Os autores, *op. cit.*, assinalam ainda que se a maior parte da CTC de um solo está ocupada por cátions essenciais, como Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^+ , ele pode ser considerado um solo rico em nutrientes. Ao contrário, caso esteja ocupada por cátions potencialmente tóxicos, como H^+ e Al^{+3} , restam poucas cargas para os cátions nutrientes, caracterizando um solo pobre. A contribuição dos metais pesados na capacidade de troca catiônica (CTC) em solos enriquecidos com estes elementos, pode atingir até 30%, enquanto que em solos não enriquecidos, ou não contaminados, esta proporção fica abaixo dos 5 % (KINZEL, 1982 *apud* BUSTAMANTE, 1993).

Como geralmente há um equilíbrio entre os cátions na solução do solo e aqueles na forma trocável, o excesso de íons metálicos certamente teria um efeito sobre a absorção de nutrientes se as plantas não desenvolvessem uma adaptação específica a este fator (VELTRUP, 1978).

Os teores de enxofre ($6,1$ a $17,0 \mu\text{g.g}^{-1}$, com mediana $14,0 \mu\text{g.g}^{-1}$) são considerados suficientes. Conforme destacam Tedesco *et al.* (1985), nos solos bem drenados, este elemento apresenta-se na forma de sulfato, adsorvido à argila e óxidos, ou ligado a matéria orgânica. Assinala ainda, que os teores deste elemento nos solos ácidos do sul do Brasil variam em geral de 0 a $20 \mu\text{g.g}^{-1}$ de SO_4^- .

Os valores de zinco e cobre (variando de $2,4$ a $5,7 \mu\text{g.g}^{-1}$ com mediana $3,80 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $1,00$ a $44,00 \mu\text{g.g}^{-1}$ com mediana $8,10 \mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente), do ponto de vista nutricional, são considerados altos (SIQUEIRA *et al.*, 1987).

Os teores de boro ($0,6$ a $1,2 \mu\text{g.g}^{-1}$, com mediana $0,80 \mu\text{g.g}^{-1}$) são considerados altos, do ponto de vista agrônômico (SIQUEIRA *et al.*, 1987), enquanto que os teores de manganês ($10,0$ a $68,00 \mu\text{g.g}^{-1}$, com mediana $28,50 \mu\text{g.g}^{-1}$) estão dentro dos limites de normalidade, conforme Brooks (1972, 1983), que cita valores deste elemento de $5,0$ a $500 \mu\text{g.g}^{-1}$ em solo não submetidos à sobrecarga de metais pesados, como normais.

A percentagem de alumínio trocável, expressa em porcentagem da saturação da CTC, variou de 0 a $3,2 \%$ o que sugere que este não seja um elemento limitante para a vegetação, já que, pelo menos para plantas cultivadas, é prejudicial uma

saturação com alumínio acima de 40% da CTC, conforme menciona Primavesi (1982).

Os substratos formadores do solo de áreas tipicamente ricas em metais pesados, geralmente, apresentam deficiências em nutrientes. Além disso, o suprimento de nutrientes para as plantas que crescem sobre solos ricos em metais pesados, deve ser analisado com base na sua capacidade de sorção catiônica (BROOKS; 1972, 1983).

No solo, da área de estudo, a percentagem de saturação de bases variou de 79 a 87%, com valor médio e mediano praticamente idênticos (82,11 e 82% respectivamente), apresentando desvio padrão extremamente baixo ($Sd = 2,11$). A percentagem de cátions tóxicos é extremamente baixa, variando muito de local para local (0 a 3,2%), com valor mediano de 1,80. Isto significa, conforme Tedesco *et al.*, (1995), que a maior parte da CTC está composta por cátions essenciais, representando um solo com boas condições nutricionais, o que contradiz as observações de autores como Malyuga (1964) e Brooks (1972; 1983), os quais sugerem que as áreas ricas em metais pesados, apresentam deficiências nutritivas no solo. Este fato sugere duas hipóteses: a primeira é que os processos de formação do solo na área específica de estudo, estão se dando de tal forma que o cobre que é liberado da rocha matriz está sendo imobilizado pelos componentes do solo e, portanto, não causa toxicidez às plantas, pelo menos, nos níveis de concentração detectados, o que pode estar acontecendo também com outros metais e; a segunda, é que o teor de Cu, na forma disponível, que é liberado no solo é muito baixo, fato que não caracterizaria a área como de ocorrência de anomalias geoquímicas.

Por outro lado, sendo a Mina Volta Grande uma área de ocorrência de mineralização de Cu, a segunda hipótese não encontraria sustentação lógica, o que leva a pensar, então, que as áreas de ocorrência de anomalias são restritas as ocorrências dos corpos mineralizados (filões) e, portanto, somente muito próximo à estes locais e, particularmente nos afloramentos é que o Cu estaria atuando como elemento seletivo da vegetação (anomalia geoquímica), fato que não foi registrado na área de estudo (área 1), embora tenha sido observado por Porto (1981, 1986, 1989a, 1989b) em outros pontos específicos da Mina Volta Grande (área 2) e Mina de Seival, assim como por Lisboa (1976) e Lima e Cunha (1982) para outras partes do Distrito Cuprífero Sul-Rio-Grandense.

Embora os valores de Cu no solo na forma trocável, detectados na área em estudo, estejam acima dos limites de normalidade, conforme Allen *et al.* (1974), são considerados baixos para áreas de ocorrência de depósitos minerais (amplitude de $1,67 - 506 \mu\text{g.g}^{-1}$, mediana de $8,44 \mu\text{g.g}^{-1}$). Como micronutriente (tabela 4), encontra-se muito acima da faixa do suficiente, conforme Siqueira *et al.* (1987), podendo contribuir, juntamente com outros metais pesados, para a elevação da concentração de íons tóxicos no solo, uma vez que ocorrem mineralizações na mesma. Porém, para este elemento específico, a vegetação parece demonstrar características de tolerância, principalmente *Schinus lentiscifolius*, como observaram Lisboa (1976), Porto (1981, 1986, 1989a, 1989b) e Lima e Cunha (1983).

Agnes *et al.* (1998, 1998a, 1999b) identificaram a ocorrência de genes de metalotioninas (MTs) em plantas provenientes de solos localizados sobre corpos mineralizados de Cu na Mina Volta Grande. A tolerância à esse elemento parece estar relacionanda à capacidade que as espécies têm de produzir as metalotioninas (VERKLEIJ; SCHAT, 1989).

Antonovics *et al.* (1971) assinalam que a tolerância a baixos teores de macronutrientes, pode pré-adaptar certas espécies a colonizarem áreas tóxicas, surgindo conseqüentemente um tipo tolerante, não propriamente à toxicidade, mas sim, decorrente de uma adaptação ao meio adverso. Como assinalado anteriormente, exatamente junto aos afloramentos de minério de Cu, ou de outros metais, pode haver um desequilíbrio entre os constituintes minerais do solo, gerando condições distintas das observadas na área de estudo.

Desta forma, o comportamento de *Schinus lentiscifolius* de formar capões isolados e comunidades abertas, conforme destacam Rambo (1994), Lisboa (1976), Lima e Cunha (1980, 1983), Porto (1981, 1986, 1989a, 1989b) entre outros, embora seja uma particularidade comum nas áreas de ocorrência de corpos mineralizados, pode, segundo Antonovics *et al.* (1971), não ser devido a mecanismos de tolerância à teores excessivos de determinados elementos, mas sim, à uma seleção independente resultante ou de uma adaptação micro-climática ou de um déficit de certos nutrientes específicos no habitat.

Levando-se em conta que nos locais de afloramento de minérios, no âmbito da Mina Volta Grande, assim como em todo o Escudo Sul-Rio-Grandense, a gênese dos solos não ocorre como nas áreas livres desta influência (não são solos

estruturados), pode-se supor que somente junto a estes locais, as plantas estariam sob pressão dos metais pesados, explicando os baixos teores de Cu, detectados no solo, no presente estudo. Assim sendo, somente quando sob *stress* os indivíduos de *Schinus molle* manifestariam a tolerância aos metais pesados, capacitando-os a colonizar locais ricos em metais pesados, favorecendo-os na competição com outras espécies menos adaptadas, e gerando a dominância fisionômica que se observa na savana.

Deve-se, contudo, levar em conta, que os índices de concentração de nutrientes considerados como baixos, médios ou altos, são baseados em critérios agronômicos padronizados para espécies cultivadas e os limites do que é considerado baixo ou alto variam de espécie para espécie, não devendo ser seguidos à risca para as espécies nativas, principalmente se tratando de solos que estão localizados em áreas de ocorrência de depósitos minerais, como é o presente caso. Como ocorrem mineralizações cupríferas, assim como auríferas, de prata e chumbo, entre outras, no âmbito da Mina Volta Grande e entorno, as interpretações da disponibilidade de macro e micronutrientes no solo, devem ser feitas com cautela.

4.2 – Relação entre os parâmetros abióticos e bióticos - bioindicação

A ciclagem de nutrientes é um dos fenômenos mais importantes para o funcionamento e manutenção dos ecossistemas. As plantas, por meio de seu sistema radical, penetram nas diferentes camadas do solo, translocando água e sais minerais, os quais participarão dos processos biológicos de crescimento, reprodução e morte das mesmas. Com a morte das plantas ou parte destas, os elementos anteriormente absorvidos voltam para o solo, reiniciando o ciclo novamente. Parte dos vegetais que são ingeridos por outros organismos, passam para os demais compartimentos da cadeia biológica, voltando mais cedo ou mais tarde para o solo. Em última análise, o solo é o primeiro e, ao mesmo tempo, o último e mais importante depósito de elementos no ambiente terrestre.

A absorção dos elementos pelas plantas, via sistema radical, processa-se por meio de difusão ou por troca de cátions na superfície dos argilo-minerais. As plantas liberam por meio de seu processo respiratório, o gás carbônico, o qual reage com a água e esta, por sua vez, libera íons H^+ , que são trocados pelos cátions da superfície das partículas do solo. Portanto, para que se efetive o processo da

absorção, é imprescindível que o elemento esteja na forma disponível (MALYUGA, 1964; SUTCLIFFE; BAKER, 1981; BROOKS, 1972, 1983).

Os valores de concentração de Cu nas folhas de *Schinus lentiscifolius*, evidenciam alta homogeneidade na área amostral (tabela 1), uma vez que variaram de 3,21 a 5,52 $\mu\text{g.g}^{-1}$, com valor mediano de 4,05 $\mu\text{g.g}^{-1}$ e coeficiente de variação CV = 0,15. O valor médio ($\bar{x} = 4,13 \mu\text{g.g}^{-1}$) praticamente coincide com o mediano, indicando baixíssima variação nos dados, o que gerou por sua vez, um baixo desvio padrão (S = 0,65).

Mesmo nas unidades amostrais (01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 30, 31, 57, 59, 60, 61, 62 e 63) nas quais os valores de Cu no solo se mostraram mais elevados, em função da presença de escombros das trincheiras abertas, o teor de Cu nas folhas de *S. lentiscifolius* não seguiu a mesma tendência, mostrando inclusive em alguns casos, valores de Cu nas folhas mais baixos (anexos 1a e 1b). Isto provavelmente se deu em função das amostras de solo e plantas terem sido obtidas a partir de amostras compostas, o que pode ter dificultado a percepção da ocorrência de anomalia geoquímica, nas unidades amostrais que se localizaram junto ou próximo ao filão principal na área estudada.

Brooks (1972) assinala que ao amostrar a vegetação, deve-se tomar cuidado de coletar as folhas e ramos das plantas em várias alturas ao redor da planta. Isto se justifica pelo fato do sistema radical da planta tender a translocar íons para as partes aéreas situadas no mesmo lado em que são absorvidos. É possível que as raízes da planta em um lado, estejam em contato direto com o corpo mineralizado, enquanto que em outro, em contato com o solo. Portanto, as partes aéreas que estão em lados opostos à mineralização, por exemplo, tenderiam a receber menores quantidades do metal depositado, mascarando a ocorrência do mesmo no solo.

Ao coletar as amostras de *S. lentiscifolius* observou-se as sugestões do autor *op. cit.*, procurando aleatorizar-se o máximo as coletas, em função dos objetivos do trabalho, qual seja, verificar a influência da concentração de Cu no solo na distribuição das espécies na área em estudo.

Agrupou-se os dados de concentração de Cu em *Schinus lentiscifolius* em apenas 03 classes de variação (tabela 5), sendo que apenas 10 unidades amostrais, ou seja, 13,88% delas mostraram valores de concentração acima de 5,01 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Pode-se considerar estes valores como extremamente baixos para espécies

vegetais que crescem sobre solos nos quais ocorrem mineralizações de cobre, como é o presente caso.

Zocche (1989) detectou concentrações de Cu tão elevadas quanto 2,69 a 12,76 $\mu\text{g.g}^{-1}$, em plantas de campos naturais sobre banco de carvão na Mina Recreio, Butiá, RS, enquanto que sobre áreas pós-mineradas e reabilitadas, detectou amplitudes de variação tão elevadas quanto 3,47 a 12,11 $\mu\text{g.g}^{-1}$.

Girardi-Deiro (1999) detectou concentrações de Cu de 19,2 e 29 $\mu\text{g.g}^{-1}$, em amostras compostas de espécies de campos naturais, submetidos ao corte de plantas lenhosas e ao corte e a queima destas, respectivamente.

Dal Piva (2001) detectou valores de concentração deste elemento, nos tecidos do caule de *Baccharis trimera*, crescendo diretamente sobre o filão (área 2) na Mina Volta Grande, tão elevados quanto 385,58 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Já Frizzo (2002) detectou valores de Cu entre 38,9 e 95,6 $\mu\text{g.g}^{-1}$, nas raízes de *Axonopus affinis*, crescendo na encosta de uma coxilha, sob condições de solo encharcado, nesta mesma Mina.

Ernst (1974) assinala que as plantas reagem de forma completamente diferente umas das outras, em relação a contaminação do solo por metais pesados. Este fato, mostra que não é prudente comparar níveis de concentração de metais pesados entre espécies diferentes e usar tais medidas como base para avaliar a tolerância, ou tecer quaisquer comentários comparativos (BROWN; 1994, 1995). Além disso, Sieghardt (1988), assinala que somente a análise do material foliar não é suficiente para revelar se há e, em que grau se dá a contaminação do solo por metais pesados.

TABELA 5 – Amplitude de variação da concentração de Cu em *Schinus lentiscifolius* ($\mu\text{g.g}^{-1}$), na área específica de estudo na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Classes	Amplitude de Variação	Freqüência
01	3,01 – 4,00	31
02	4,01 – 5,00	31
03	5,01 – 6,00	10

Allen, *et al.* (1974) consideram normais os conteúdos de 2,5 a 25,0 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de Cu nas plantas que crescem sobre solos sem ocorrência de corpos mineralizados deste metal, enquanto que Brooks (1977a; 1977b) considera para as espécies ocorrentes na região de Shaba – Zaire, valores entre 20 e 30 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de Cu como sendo anômalos e 74 a 662 $\mu\text{g.g}^{-1}$ altamente anômalos. Levando-se em conta

estes critérios, *Schinus lentiscifolius* no presente estudo, não evidencia anomalias botânicas para Cu. Isto pode ter ocorrido, pelo fato das coletas terem sido executadas de modo aleatório na área amostral, e não somente junto aos afloramentos dos filões, onde provavelmente as quantidades de Cu disponível no solo são mais elevadas do que aquelas detectadas neste estudo.

Winkler (1980 *apud* PORTO, 1986) cita, para o Estado do Rio Grande do Sul, o musgo *Mielichhoferia ulei* como ocorrente em locais de altas concentrações de metais pesados no solo. Hofbauer (1979) analisou o conteúdo de metais pesados (Cu, Pb, Cd e Ag) em cinco espécies de líquens crustáceos coletados diretamente sobre os afloramentos dos filões de cobre, constatando para o Cu, valores acima daqueles considerados normais para esses organismos.

No que se refere a *Schinus lentiscifolius*, na Mina Volta Grande, Porto (1981, 1986) detectou os valores absolutos mais elevados de concentração de Cu nas folhas (base em peso seco), iguais a $205 \mu\text{g.g}^{-1}$, verificando nítida diferença entre as concentrações obtidas para este órgão e para as raízes e ramos em um indivíduo que considerou morfológica e anatomicamente anômalo.

Lima e Cunha (1982) verificou valores médios mais elevados de Cu nos ramos de *Schinus lentiscifolius*, sendo os valores absolutos (base em cinzas) para este metal iguais a $320 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $550 \mu\text{g.g}^{-1}$, para as folhas e ramos respectivamente.

Porto (1986) discutindo os resultados referentes a indivíduos coletados no entorno de um filão de Cu, assinala ainda que:

[...] observando-se os resultados obtidos, verifica-se que as mais importantes acumuladoras são espécies das famílias Anacardiaceae, Gramineae, Rubiaceae e de Pteridophytae. Cobre é encontrado em quantidades consideráveis em quase todas as espécies. Seu valor mais alto é de 403 ppm, em *Lythraea basiliensis*, "aroeira", sendo que o terceiro valor mais alto de acumulação encontra-se na espécie arbustivo-arbórea mais freqüente *Schinus lentiscifolius*, "aroeira", 205 ppm. As espécies herbáceas *Piptochetium montevidense*, "cabelo de porco", *Relbunium hirtum* e *Aristida spagazzini*, "capim barba de bode", também ocupam posição prioritária na acumulação do Cu: 256; 212 e 112 ppm [= $\mu\text{g.g}^{-1}$], respectivamente.

Howard-Willians (1971) assinala que o nível de concentração dos metais no solo por si só, não nos fornece uma reflexão verdadeira do nível de toxicidez dos mesmos. Este nível é, em última análise, determinado pela quantidade de metal que está livremente disponível para ser absorvido pelas plantas e é influenciado por

vários fatores que agem conjuntamente nos processos de trocas entre as raízes e o meio, como o pH, o conteúdo de argila do solo (aumentando as possibilidades de reações químicas entre os íons tóxicos e demais componentes do solo), o conteúdo de água, a quantidade de nutrientes, a presença de elementos antagônicos (competindo pelos sítios de troca nas raízes), o teor de matéria orgânica (reagindo com os íons tóxicos e formando complexos estáveis) e, talvez o mais importante de todos, as espécies em consideração.

Além disso, os metais pesados podem estar presentes no solo sob várias formas: como íons simples ou complexos na solução do solo; como íons trocáveis; ligados a substâncias orgânicas; ligado ou co-precipitado com óxidos, carbonatos e fosfatos, ou outros minerais secundários; como íons nas redes cristalinas dos minerais primários (VIETS, 1962; MCLAREN; CRAWFORD, 1973; SOON; BATES, 1982; LIMA E CUNHA, 1982; EVANS, 1989; SCHMITT; STICHER, 1991; FARAGO 1981; FARAGO *et al.*, 1992; BUSTAMANTE, 1993).

Levinson (1974) assinala que a forma química e a disponibilidade dos elementos são os principais fatores determinantes do grau de concentração e toxicidade dos mesmos. Desta forma, vários elementos considerados tóxicos às plantas, podem estar presentes no solo em quantidades muito acima dos níveis considerados normais, mas tão fortemente adsorvidos que não se tornam disponíveis às plantas. Portanto, conforme assinala o autor *op.cit.*, o fato de ocorrer mineralização de cobre na área de estudo e, ter-se obtido valores na forma trocável, considerados “elevados” (em poucas unidades amostrais, localizadas junto aos escombros retirados das trincheiras), não implica diretamente que o mesmo esteja na forma disponível para as plantas, nem tampouco, atuando como mecanismo regulador da distribuição das espécies.

Ademais, Ernst (1974) assinala que a quantidade e a distribuição dos metais nas plantas depende além da disponibilidade do metal no substrato, da capacidade de absorção das plantas, da troca iônica e da capacidade de transporte.

Em face destas observações, submeteu-se os valores de concentração de Cu, no solo e nas folhas de *S. lentiscifolius*, à análise de correlação de Spearman (r_s), realizando-se várias tentativas de análises, empregando-se o *software* MULTIV v.2.0.3 (PILLAR, 2001) .

Optou-se pela análise de correlação de Spearman, pois é indicada para dados que não seguem distribuição normal (presente caso), obtendo-se valor $r_s = 0,132$

(anexo 3), bem menor do que aquele de tabela para uma probabilidade de 5% ($r_{0,05; 70} = 0,232$), indicando, portanto, não haver correlação estatisticamente significativa entre a concentração de Cu no solo e nas folhas de *S. lentiscifolius*.

Efetou-se a transformação dos valores de concentração de Cu nas folhas de *S. lentiscifolius*, de base em peso seco para base em cinzas, multiplicando-se os valores originais (de cada uma das 72 unidades amostrais), por um fator de 15, conforme sugestões de Brooks (1972, 1983), procedendo-se então nova análise de correlação, na qual obteve-se, o valor $r_s = 0,132$ (anexo 4) verificando-se que não houve diferenças entre o cálculo anterior e o presente, mesmo com esta transformação.

Procedeu-se então, uma nova tentativa, eliminando-se as unidades amostrais (05, 06, 07, 30 e 31), cujos valores de Cu no solo eram discrepantes (318, 506, 62,9, 99,9 e 82 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ respectivamente), pois poderiam estar evidenciando anomalias geoquímicas. Segundo Porto (informação pessoal), as anomalias desviam muito os dados, interferindo no estabelecimento de uma linearidade entre o teor do metal no solo e o conteúdo nas plantas. Como executou-se a análise de correlação, a partir do conteúdo médio de Cu no solo e nas folhas de *S. lentiscifolius* (amostras compostas), a correlação poderia ter sido mascarada. Este fato, no entanto, parece não ter ocorrido, uma vez que se obteve o coeficiente de correlação $r_s = 0,083$ (anexo 5), ainda abaixo daquele de tabela para uma probabilidade de 5% ($r_{0,05; 70} = 0,232$), demonstrando que as duas variáveis testadas são virtualmente independentes.

Mitchel *et al.* (1957 *apud* BUSTAMANTE, 1993) encontraram razoável correlação entre o conteúdo de Cu no solo e o conteúdo em uma espécie de trevo de quatro folhas, no entanto, as concentrações no trevo não aumentaram acima de 12 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (peso seco), mesmo nos locais onde a concentração no solo foram elevadas.

Thornton (1980) verificou que as concentrações de Cu nas plantas por ele estudadas não acompanharam as variações deste elemento no solo. Nos locais onde a concentração de Cu no solo aumentou em um fator de cinco a dez vezes, a concentração na vegetação teve um acréscimo de um fator de apenas duas vezes.

Lima e Cunha (1982), estudando a correlação entre a concentração de Cu nas folhas de *S. lentiscifolius*, em função da concentração de Cu no solo, verificou que a distribuição deste elemento no horizonte A e na planta foram virtualmente

independentes, estando de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho. A autora correlacionou então os dados de concentração de Cu no horizonte B com os teores de Cu nas folhas de *S. lentiscifolius*, obtendo resultados com pouca ou nenhuma correlação entre as variáveis testadas.

Bustamante (1993) verificou correlação linear significativa, apenas entre a concentração de Cu no solo e nas folhas de *Betula pendula*, *Quercus robur* e *Quercus petraea*, apesar de ter estudado oito diferentes espécies em quatro diferentes locais.

Porto (1981, 1986), em seus estudos nos distritos minerais do Rio Grande do Sul, utilizou amostras de folhas de *S. lentiscifolius* e as respectivas amostras de solo coletadas a uma profundidade de 0,20 m, correlacionando os valores de Cu detectados. Os resultados obtidos pela autora estão esboçados na tabela 6.

TABELA 6 – Concentração ($\mu\text{g.g}^{-1}$) de Cu no solo e em *Schinus lentiscifolius* em relação a proximidade do filão (segundo dados de PORTO; 1981, 1986).

Local	Amostra Vegetal (Folha)	Amostra de Solo Profundidade (20 cm)
Rejeitos	15	1798
Sobre filão de Cu	205	2049 = 0,2%
Longe do filão de Cu	11	13
06 m do filão de Cu	10	889
11 m do filão de Cu	2	165
Perto da floresta, \pm 200 m do filão	7	14
Floresta, aproximadamente 300 m do filão	0,4	3

Em relação a estes resultados, Porto (1986) menciona que:

[...] como pode-se verificar em todos os casos tratados, encontra-se uma certa correlação entre o solo e planta. Em linhas gerais, concentrações baixas no solo correspondem a concentrações baixas na plantas, podendo haver considerável acumulação nas plantas quando as concentrações no solo são mais elevadas.

Ao analisar tais resultados, observa-se que a correlação entre o solo e as plantas não é tão evidente quanto menciona a autora *op.cit.*, pois há uma variação enorme nos dados, ficando difícil visualizar a tendência sugerida. Além disso, ao calcular o coeficiente de Correlação de Pearson (r) entre o conteúdo de metais no solo e nas plantas para os dados da tabela acima citada, Porto (1981) assim se manifesta: “*Statistisch kann eine lineare korrelation nicht belegt werden. Manche Elemente weisen jedoch zweifellos eine starke Korrelation Boden/Pflanzen auf*”.

Em outra publicação referente ao mesmo trabalho, Porto (1986) assim se manifesta:

[...] nenhum dos índices demonstrou significância estatística, podendo somente se constatar que para alguns elementos a correlação apresenta-se mais forte. Deve-se ainda considerar que estes resultados foram obtidos com amostras coletadas ao acaso em toda a extensão de Volta Grande, sendo talvez a amostragem muito pequena.

Lima e Cunha (1982) destaca, que para estudos com objetivo de prospeção mineral, é pouco seguro amostrar-se espécies aleatoriamente, assinalando que:

[...] o emprego de plantas como indicadoras de um ou mais elementos, feito apenas em base de características visuais, pode levar a interpretações errôneas, no que se refere a identificação e/ou delimitação de áreas mineralizadas. Fatores como influência da luz, condições de aeração do solo, deficiências ou excesso de macronutrientes, entre outros, também podem favorecer o aparecimento de fenômenos teratológicos. Portanto, o excesso de determinados elementos traços ou metálicos, não necessariamente é o único responsável por alterações na morfologia e distribuição das espécies.

No presente estudo, as coletas de solo e plantas foram em número de 72, em uma área de 1,8 ha. Considera-se este número de amostras suficientemente grande para representar as relações que ocorrem entre as plantas e seu substrato imediato. Os índices de correlação obtidos, sustentados pelo número de amostras utilizadas, evidenciam, ausência de correlação estatisticamente significativa, entre a concentração de Cu nas folhas *Schinus lentiscifolius* e a concentração deste elemento no solo.

Certas plantas apresentam mecanismos de tolerância aos metais pesados, de modo que evitam a entrada de elementos tóxicos até um certo limiar de concentração no solo. Acima deste limiar, perdem a capacidade seletiva em suas raízes, permitindo a entrada de enormes quantidades de íons tóxicos (BROOKS; 1972, 1983).

Nicholls *et al.* (1965) verificaram que a taxa de absorção de Cu pelas plantas, permaneceu baixa e constante, enquanto os níveis de disponibilidade no solo também estiveram baixos. Contudo, acima de uma determinada concentração, a capacidade das plantas em impedir que o mesmo fosse absorvido, pareceu ser rompida, fazendo com que a concentração nos tecidos vegetais aumentasse abruptamente.

Há um grau de controle exercido pelas plantas na absorção de íons, a qual está relacionada à concentração iônica na solução do solo. Desta forma, a

concentração de um metal pesado no ambiente não está diretamente relacionado a sua concentração na planta. A habilidade das plantas em evitar a absorção desordenada de elementos pode resultar em uma resposta não linear em relação à concentração destes, na solução do solo (MALYUGA, 1964; NICHOLLS *et al.* 1965; BROOKS; 1972, 1983; CATALDO; WILDUNG, 1978, LIMA E CUNHA, 1982; BUSTAMANTE, 1993). Isto sugere que em baixas concentrações de cobre disponível no solo, as plantas têm um mecanismo de exclusão eficiente, o que pode explicar o fato de *S. lentiscifolius* evidenciar baixos níveis de concentração de Cu nas folhas no presente estudo, enquanto que Porto (1981, 1986, 1989a; 1989b) e Lima e Cunha (1982) registraram valores elevados deste elemento nas folhas desta espécie, em seus estudos na Mina Volta Grande e Fazenda Santa Ivone, respectivamente, por se tratar de trabalhos que visavam detectar anomalias geobotânicas.

Lima e Cunha (1982) assinala que a taxa de absorção de Cu por *S. lentiscifolius* se manteve baixa nos locais onde os teores deste elemento no solo eram baixas. No entanto, a partir de certas concentrações no solo, a planta pareceu não mais controlar a entrada do mesmo, sendo que, a concentração de Cu no solo e nas plantas se mostrou independente. Ressalta ainda que:

[...] por este motivo, pode-se deduzir que a ausência de correlação entre os teores médios de Cobre nos solos da área, com aqueles da espécie considerada, é devida ao controle que a planta exerce no processo de absorção do Cobre. Contudo, junto ou próximo aos locais em que os teores do elemento no solo aumentam consideravelmente em relação a média, a concentração na planta igualmente cresce, indicando que o mecanismo de exclusão, a nível das raízes, atua até o momento em que estas estejam saturadas. A partir daí, a entrada de maiores quantidades de cobre na estrutura vegetal, indicará, não propriamente um aumento em disponibilidade, mas sim um aumento de sua concentração no solo, passando a planta a assumir um caráter indicador das anomalias de Cobre na área de estudo.

Este fato também é sugerido por Porto (1981,1986, 1989b). No entanto, na área específica do presente estudo, tais evidências não puderam ser comprovadas, pelo fato de terem sido detectados valores muito baixos de Cu na forma disponível no solo e nas folhas de *S. lentiscifolius*. Além disso, naqueles locais onde detectou-se valores de Cu mais elevados no solo, os teores nas planta não seguiram o mesmo padrão, indicando, provavelmente, que o limiar de concentração deste elemento no solo, sugerido pelas autoras *op. cit.*, não tenha sido ultrapassado.

A concentração de metais pesados varia de espécie para espécie (ERNST 1976 *apud* BUSTAMANTE, 1983), de órgão para órgão em uma mesma espécie, assim como, de elemento para elemento em relação as espécies (BROOKS;1972, 1983).

Há pelo menos 20 variáveis ambientais, que podem interferir na absorção e acumulação/concentração de elementos pelas plantas como: a espécie e órgão amostrado; a idade da planta e do órgão amostrado; o estado de saúde da planta; o pH do solo; a distribuição da espécie em questão; a profundidade do sistema radical da planta; o sistema de drenagem e o efeito antagonico de outros metais (BROOKS; 1972, 1983). Além disso, os elementos menores não estão uniformemente distribuídos no perfil do solo. As concentrações e distribuições são influenciadas, naturalmente pela natureza da rocha matriz, no entanto, fatores tais como a mobilidade relativa e o clima são também importantes (VIETS, 1962; MALYUGA, 1964; HOWARD-WILLIAMS, 1971; BROOKS; 1972, 1983; MA, 1982; LIMA E CUNHA, 1982; SOON; BATES, 1982; MA *et al.*, 1983; BEYER *et al.*, 1987; ALEGRIA *et al.*, 1992; BUSTAMANTE, 1993; MARINUSSEN *et al.*; 1997a, 1997b).

Além dos fatores acima assinalados, outros relacionados à composição do solo, como o teor de argila, o teor de matéria orgânica, a concentração de micro e macronutrientes, os quais serão discutido em seguida, podem também influir na disponibilidade e na absorção de elementos pelas plantas. Por outro lado, a habilidade das plantas em evitar a entrada de certos elementos tóxicos, assim como, permitir a entrada e eliminá-los posteriormente, ou mantê-los inativos em suas células são mecanismos, que possibilitam o estabelecimento de populações vegetais em áreas de ocorrência de metais pesados.

A resistência aos metais pesados pode basicamente ser atingida por meio de dois mecanismos: o primeiro é conhecido como *avoidance* (ato de evitar - o qual envolve um mecanismo de exclusão) que evita a absorção do metal; o segundo está relacionado a *tolerância* (adaptação fisiológica), no qual os metais são absorvidos, mas são tolerados como resultado da exclusão dos mesmos a partir de sítios metal-sensitivos, formação de enzimas específicas resistentes ao metal, ou alteração de rotas metabólicas (LEVITT, 1958 *apud* BUSTAMANTE, 1993; ERNST, 1976 *apud* BUSTAMANTE, 1993; BROOKS; 1972, 1983; WU; LIN, 1990).

O mecanismo de evitar a entrada de elementos (*avoidance*) foi registrado em algas verdes por Foster (1977), entretanto não tem sido encontrado em vegetais

superiores (WU; LIN 1990). A tolerância aos metais pesados, em plantas superiores, envolve ainda a detoxificação, que pode resultar da ligação destes à parede celular (TURNER, 1970), aprisionamento ativo de íons dentro de vacúolos (ERNST, 1976 *apud* BUSTAMANTE, 1993; BROOKES *et al.*;1981) ou a complexação por ácidos orgânicos e por proteínas metal-ligantes específicas (RAUSER; CURVETTO, 1980) como as metalotioneínas (VERKLEIJ; SCHAT, 1989; AGNES *et al.*; 1998; 1999a; 1999b).

Além disso, a absorção de metais pesados da solução do solo pelas plantas, depende: 1 - dos processos físicos, tais como a intrusão das raízes nas camadas do solo, o teor de água, o fluxo iônico e sua relação com a cinética da dissolução do metal no solo; 2 – dos parâmetros biológicos, incluindo a cinética de transporte da membrana, interações iônicas, e o destino metabólico dos íons absorvidos; 3 – da habilidade das plantas em se adaptar metabolicamente às mudanças do *stress* metálico no ambiente (CATALDO; WILDUNG, 1978).

Baker (1981) classifica as plantas de acordo com suas respostas ao aumento da concentração de metais no meio, como segue: *exclusoras*, as plantas cujas concentrações de metais permanecem baixas ou constantes até um certo limiar no solo, acima deste limiar o mecanismo de resistência à absorção é rompido e o transporte descontrolado ocorre; *indicadoras*, as plantas cuja absorção e transporte de metais pesados para as partes aéreas, são reguladas de tal forma que as concentrações na planta refletem as concentrações no solo; e *acumuladoras*, plantas nas quais os metais tornam-se concentrados nas partes aéreas, tanto em concentrações baixas quanto altas no solo. Segundo estas definições, *S. lentiscifolius*, no presente estudo, comportou-se como uma espécie exclusiva.

Em função dos valores de correlação entre a concentração de Cu no solo e nas plantas obtidos não terem evidenciado significância estatística, executou-se análise de correlação entre a concentração de Cu no solo, a concentração de Cu nas plantas, o teor de água no solo e demais variáveis consideradas na análise de fertilidade do solo, na busca de respostas à variação na distribuição das manchas de vegetação, observada no campo.

Como reduziu-se as 72 amostras de solo para 18 amostras compostas, para a análise de fertilidade (reunindo-se cada 04 unidades amostrais em uma), reduziu-se também os 72 valores da concentração de Cu no solo, Cu nas plantas e o teor de

água no solo para 18 valores (obtidos a partir da média das 04 unidades amostrais de cada quadrado), conforme o anexo 6.

Os resultados, esboçados na tabela 7 indicam que entre os valores de concentração de P e de Cu trocáveis no solo, o coeficiente de correlação $r = 0,917$ é maior do que o valor de r de tabela ($r_{0,001;18} = 0,679$), evidenciando correlação altamente significativa, assim como entre os teores médios de água e de Cu no solo $r = -0,437$ é maior do que o valor de r de tabela ($r_{0,10;18} = 0,378$), evidenciando correlação significativa.

Estes índices sugerem, que onde os teores de água no solo são mais elevados, a concentração de Cu na forma disponível é mais baixa. De outra forma, os teores de P tendem a acompanhar as variações na concentração de Cu no solo, isto é, teores mais elevados de P indicam teores mais elevados de Cu e vice-versa.

O valor de P extraível no solo, pode em função desta correlação, estar condicionando a distribuição da vegetação na área de estudo, uma vez que o mesmo assume um papel antagônico ao Cu (BROOKS; 1972, 1983).

Infelizmente, como não foi determinada a concentração de outros elementos nas folhas de *S. lentiscifolius*, além do Cu, não é possível analisar o efeito antagônico entre o P e o Cu no solo. Contudo, em função da correlação observada entre estes dois elementos, somada às citações de Brooks (1972, 1983) a concentração de P no solo é uma das variáveis que deverá ser utilizada na análise de gradientes no item 4.3.3 – Estrutura da vegetação e os fatores ambientais, discutido na seqüência.

A absorção de nutrientes do solo pela planta e a ascensão destes, desde as raízes até as partes aéreas, além de serem bastante complexos, são processos intrinsicamente ligados à fisiologia vegetal (BROOKS; 1972, 1983; KAHLE, 1993). Brooks (1972, 1983) assinala que a absorção dos elementos ao nível do sistema radicular é feita por difusão das soluções do solo para dentro da planta ou por trocas de cátions na superfície dos argilo-minerais.

Muitos fatores no solo e solução nutritiva tem mostrado influenciar a absorção de metais pesados pelas raízes das plantas. A absorção e as respostas das plantas aos metais pesados variam de acordo com os níveis de concentração no substrato, com o tempo de exposição, com a espécie, com a idade e condição nutricional da planta, condições de transpiração, pH da rizosfera, composição nutritiva do meio e competição de íons na rizosfera, teor de fosfato, efeitos sinérgicos, antagonísticos

TABELA 7 – Coeficiente de correlação (r) entre a concentração de Cu no solo¹, nas folhas de *Schinus lentiscifolius*¹, teor de água no solo¹ e demais variáveis consideradas na análise de fertilidade do solo da área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

	Cu Solo µg.g ⁻¹	Cu S.I µg.g ⁻¹	Cu Argila %	pH	SMP	P µg.g ⁻¹	K µg.g ⁻¹	M.O %	Al.Iroc (1)	Ca (1)	Mg (1)	Al+H (1)	CTC (1)	Sat.da Bases %	Sat.da CTC Al %	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	S µg.g ⁻¹	Zn µg.g ⁻¹	B µg.g ⁻¹	Mn µg.g ⁻¹	Água %	
Cu Solo	1																							
Cu S.I	0,287	1																						
Argila	-0,126	0,104	1																					
pH	0,170	0,276	0,251	1																				
SMP	0,248	0,207	-0,058	0,854	1																			
P	0,917**	0,283	-0,250	-0,016	0,070	1																		
K	-0,143	0,259	-0,121	0,082	-0,105	-0,048	1																	
M.O	-0,272	-0,117	0,331	-0,397	-0,706	-0,147	0,400	1																
Al	-0,186	0,076	-0,388	-0,769	-0,697	-0,046	0,211	0,317	1															
Ca	-0,276	0,131	0,445	-0,061	-0,413	-0,154	0,226	0,628	0,037	1														
Mg	-0,280	0,203	0,504	-0,034	-0,354	-0,202	0,127	0,551	-0,015	0,953	1													
Al+H	-0,256	-0,199	0,021	-0,086	-0,997	-0,081	0,099	0,690	0,726	0,373	0,316	1												
CTC	-0,281	0,156	0,407	-0,199	-0,556	-0,154	0,188	0,694	0,208	0,953	0,921	0,528	1											
% Base	-0,117	0,356	0,387	0,665	0,434	-0,166	0,235	0,013	-0,514	0,613	0,655	-0,470	0,444	1										
% Al	-0,189	0,036	-0,410	-0,782	-0,706	-0,043	0,189	0,309	0,998	0,022	-0,038	0,736	0,192	-0,542	1									
Ca/Mg	-0,072	-0,265	-0,314	-0,080	-0,138	0,067	0,364	0,199	0,214	-0,065	-0,349	0,149	-0,083	-0,290	0,239	1								
Ca/K	-0,096	-0,129	0,400	-0,117	-0,208	-0,103	-0,687	0,100	-0,116	0,534	0,597	0,185	0,534	0,261	-0,110	-0,392	1							
Mg/K	-0,124	-0,028	0,386	-0,083	-0,141	-0,130	-0,676	0,071	-0,174	0,470	0,608	0,120	0,479	0,293	-0,174	-0,587	0,944	1						
S	0,247	0,011	-0,020	-0,343	-0,283	0,407	-0,056	-0,083	0,107	-0,147	-0,196	0,287	-0,152	-0,416	0,120	0,160	-0,145	-0,188	1					
Zn	-0,229	0,090	0,260	-0,097	-0,253	-0,050	0,546	0,604	0,124	0,505	0,468	0,218	0,505	0,302	0,098	0,089	-0,087	-0,087	-0,188	1				
B	0,331	0,228	-0,015	-0,006	-0,078	0,323	-0,039	0,069	0,338	0,160	0,055	0,078	0,165	0,024	0,332	0,269	0,194	0,009	0,127	-0,097	1			
Mn	0,282	0,077	0,226	0,265	0,077	0,142	0,213	0,005	-0,054	-0,003	-0,040	-0,086	0,026	0,103	-0,051	-0,006	-0,197	-0,272	-0,044	-0,001	0,200	1		
Água	-0,437*	-0,062	0,738	-0,186	-0,436	-0,478	0,045	0,528	0,420	0,556	0,591	0,413	0,517	0,219	0,046	-0,214	0,346	0,328	0,130	0,193	0,058	0,072	1	

1 valores médios, obtidos a partir da redução de 72 amostras para 18, reunindo-se para cada "quadrado" as respectivas 04 unidades amostrais (transecções).
(1) cmol_d.⁻¹

Significativo: * - 0,10;

** - 0,001

ou aditivos dos metais (BROOKS; 1972, 1983; KAHLE, 1993).

A concentração de íons livres na solução do solo geralmente é baixa, com a maior parte dos cátions adsorvidos sobre sítios de trocas com carga negativa das micelas argilosas e materiais orgânicos no solo (BUSTAMANTE, 1993).

Os ânions são absorvidos pelas plantas quase que inteiramente da solução do solo, enquanto que os cátions podem, sob determinadas condições, serem trocados diretamente entre as raízes e as partículas do solo. Além disso, as raízes podem absorver cátions que são liberados na solução do solo. Elementos fixados em compostos químicos, principalmente metais pesados, são liberados e formam quelatos complexos. Os metais quelados são protegidos contra novas ligações na solução do solo, mas são prontamente absorvidos pelas raízes das plantas. A excreção de H^+ e de ácidos orgânicos depende da intensidade de respiração das raízes e, deste modo, da disponibilidade de oxigênio e carboidratos para as raízes, e da temperatura. Ademais, a habilidade de tornar os íons da solução do solo disponíveis varia de planta para planta (SUTCLIFFE; BAKER, 1981).

A absorção relativa de um elemento por uma espécie vegetal é chamada de Coeficiente de Absorção Biológica – CAB (*Biological Absorption Coefficient – BAC*), o qual expressa a relação entre a concentração de um elemento nas cinzas da planta e a concentração deste mesmo elemento no substrato (BROOKS, 1983).

Segundo o autor *op. cit.*, os valores do Coeficiente de Absorção Relativa podem variar em várias ordens de magnitude, o que determinará se o mesmo é essencial ou não ao metabolismo da planta.

O coeficiente de Absorção de Cu, calculado para cada unidade amostral variou de 0,1 a 3,05 (anexo 1a). Enquadrou-se os valores em 04 classes de amplitude de variação (tabela 8), sendo que 56,94% (41) estão na classe 01 (amplitude de 0,01 a 0,5), 31,94% (23) estão na classe 02 (amplitude de 0,51 a 0,99) e os 11,11% (08) restantes ocuparam as classes 03 e 04 (amplitudes de 1,00 a 1,50 e >1,51 respectivamente). Este coeficiente reveste-se de importância, pois, indica se um elemento está sendo acumulado ou não pela planta. Isto é, valores do CAB acima da unidade, indicam que a planta está absorvendo o elemento do solo e está acumulando em seus tecidos, podendo portanto, indicar a ocorrência deste no substrato, mesmo quando as concentrações no solo são muito baixas.

No presente estudo, embora 08 unidades amostrais tenham mostrado um Coeficiente de Absorção Biológica (CAB) igual ou maior do que 1,0 (1,0 a 3,05 –

classes 03 e 04) e, assim, sugerem acumulação nas respectivas plantas amostradas. Os valores detectados no solo, destas unidades amostrais são considerados extremamente baixos (variaram de 1,67 a 5,54 $\mu\text{g.g}^{-1}$). As amostras de *S. lentiscifolius* coletadas na unidade amostral 11 (CAB = 3,05 – anexo 1a), evidenciaram o maior valor de acumulação (5,10 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de Cu nas folhas de *S. lentiscifolius* e 1,67 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de Cu no solo).

TABELA 8 – Amplitude de variação do Coeficiente de Absorção Biológica (CAB), na área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Classes	Amplitude de Variação	Freqüência
01	0,01 – 0,50	41
02	0,51 – 0,99	23
03	1,00 – 1,50	06
04	> 1,51	02

Brooks (1983) destaca, que se os valores deste coeficiente forem expressos em base de peso seco, os níveis para a maior parte dos elementos se situarão abaixo da unidade. Elementos considerados essenciais ao metabolismo (biogênicos) têm um coeficiente de absorção biológica maior do que 0,1, enquanto que os não essenciais, apresentam valores inferiores a 0,1. O autor ressalta ainda, que além dos sete elementos (B, Ca, C, N, P, K e S) considerados essenciais, há pelo menos mais nove (Cl, Cu, H, Fe, Mn, Mg, Mo, O e Zn), os quais conjuntamente representam os nutrientes universais, podendo ainda haver além destes outros, os quais desempenham papéis específicos em determinadas plantas.

Um elemento essencial é necessariamente absorvido pela planta, independentemente de sua concentração no solo. A dificuldade reside em saber, em solos geoquimicamente anômalos, como os vegetais absorvem estes elementos até o limite máximo de suas necessidades e ao mesmo tempo revelem uma anomalia biogeoquímica, uma vez que a concentração destes, nos tecidos vegetais, é determinada pela capacidade de absorção inerente à planta e também pela sua concentração no ambiente (LIMA E CUNHA, 1982).

Os dados obtidos no presente estudo sugerem, ainda a capacidade de *S. lentiscifolius* evitar a entrada de Cu, pelo menos, em baixas concentrações, estando de acordo com as observações de Malyuga (1964); Nicholls *et al.* (1965); Brooks (1972, 1983); Cataldo; Wildung (1978); Porto (1981, 1986); Lima e Cunha (1982); Bustamante (1993) e Baker (1981).

Howard-Willians (1970) destaca que a presença de elementos metálicos, nos solos de áreas anômalas, provocam mudanças bruscas nos componentes edáficos e microclimáticos, submetendo a vegetação a uma variação notadamente distinta daquela que a cerca. Assinala, ainda, que nestes solos há a tendência da vegetação assumir porte reduzido e originar comunidades abertas, fazendo com que a penetração de luz seja mais intensa, o que leva a um aumento na evaporação, na temperatura e retenção de calor, acentuando o processo erosivo e perda de água.

O autor, *op. cit.*, ressalta que, este conjunto de feições microclimáticas, dá às plantas em geral e, particularmente a algumas espécies, feições xeromórficas. Desta forma, as plantas que se desenvolvem sobre solos geoquimicamente anômalos, podem estar sujeitos não somente aos efeitos tóxicos destes solos, como também às adaptações morfológicas e fisiológicas causadas pelas alterações microclimáticas.

A este respeito, Lima e Cunha (1982), assim se manifesta:

É provável portanto que, ecologicamente, os representantes o gênero *Schinus*, dominantes não só na área de estudos, como também nos diversos distritos cupríferos do Estado, estejam condicionados mais propriamente a um microclima, do que diretamente dependentes da presença de cobre nos solos destas áreas. Entretanto, em base ao comportamento, distribuição e densidade dos espécimes, sejam estes decorrentes de uma adaptação climática ou de tolerância a ambientes adversos e a solos tóxicos, pode-se considerar que as aroeiras formam um ecótipo distinto, que as torna guias indicadores na prospeção mineral, uma vez que traduzem nitidamente, um caráter concentrador derivado de sua tolerância a toxicidade dos solos, somado ao seu poder de adaptação a ambientes adversos.

Por outro lado, Porto (1981, 1986, 1989a, 1989b) afirma que para as regiões de Seival (Caçapava do Sul), Sanga Negra (Encruzilhada do Sul) e Volta Grande (Lavras do Sul), *Schinus lentiscifolius*, demonstra estruturas anatômicas esclerófilas, como conseqüência das condições edáficas, em particular a concentração de metais pesados.

Os metais pesados, no solo, atuam como fator limitante, na medida em que provocam distúrbios fisiológicos que podem diminuir o vigor das plantas, assim como inibir completamente o desenvolvimento vegetal. Não obstante, solos enriquecidos com metais pesados são colonizados por uma variedade de espécies vegetais (WU; LIN (1990).

Concentrações elevadas de metais pesados no solo, atuam de modo eficaz na seleção natural de ecotipos tolerantes, geneticamente adaptados, de várias

espécies vegetais. Alguns destes ecotipos tolerantes a metais pesados, despertam interesses maiores do que o aspecto puramente evolutivo, pois são pré-adaptados para o uso em programas de revegetação em larga escala em locais contaminados com metais pesados (MACNAIR, 1983; MACNAIR; WATKINS, 1983; MACNAIR *et al.*, 1993; BROWN, 1994; ARCHAMBAULT; WINTERHOLDER, 1995; CORREA *et al.*, 1996).

Porto (1981, 1989a, 1989b) sugere que, para as regiões de Seival (Caçapava do Sul), e Volta Grande (Lavras do Sul), *S. lentiscifolius* forma um ecotipo distinto, característico da “savana de arbustiva” condicionado pela presença de metais pesados no solo, que resulta, em alterações anatômicas fisiológicas e morfológicas nesta espécie.

No que diz respeito à cor dos folíolos de *Schinus lentiscifolius*, Lisboa (1976), refere-se a uma “ tonalidade de verde diferente” quando sobre mineralizações. Lima e Cunha (1982) assim se manifesta:

[...] nos exemplares que se desenvolvem em solos sobre ausência de mineralização, os folíolos são bem maiores, com contorno arredondado e com tonalidade verde escura. Já aqueles dos exemplares que povoam as áreas cupríferas, tem forma acicular, são menores e de coloração acinzentada.

Porto (1981) examina diferentes estruturas anatômicas dos folíolos de *S. lentiscifolius* (espessura da cutícula, número de estômatos, espessura do mesofilo, presença e número de cristais), e conclue que existem diferenças acentuadas, estatisticamente significativas nessas estruturas, nos ecotipos das áreas de mineração de Cu, quando comparados com ecotipos de áreas sem ocorrências de depósitos minerais. Registra ainda, modificações na coloração e no tamanho dos folíolos.

Na área de estudo e no âmbito da Mina Volta Grande, embora não se tenha analisado as variações no tamanho dos folíolos, por diversas vezes registrou-se a ocorrência de indivíduos com tonalidade verde escura e outros com tonalidade acinzentada ocorrendo lado a lado (figuras 6b, 7a e 9), mostrando valores de concentração de Cu, muito similares entre si.

Lima e Cunha (1982), destaca ainda que é possível que as diferenças morfológicas observadas, sejam devidas à ausência de estratificação da vegetação, ocasionando maior exposição solar dos indivíduos que habitam as áreas anômalas, gerando microclima específico, fato também observado por Howard-Willians (1970).

Cannon (1960) sugere que os vegetais podem ser estudados, objetivando a prospecção mineral quando observa-se que a distribuição de uma ou mais espécies (indicadoras) é limitada e, geralmente, afetada pela concentração do elemento procurado; quando ocorrem mudanças morfológicas e fisiológicas nas plantas que se desenvolvem nas áreas mineralizadas e quando ocorrem modificações na composição química em certos órgãos dos vegetais.

Verificar-se-á, na análise fitossociológica (item 4.3.3 – Estrutura da vegetação e os fatores ambientais), que a maior parte das espécies registradas têm uma ocorrência ampla, não só na área de estudo, entorno ou no domínio morfoestrutural Escudo Sul-Rio-Grandense, como na maior parte do estado. Neste sentido, Malyuga (1964), Canon (1971) e Brooks (1972, 1983), entre outros, definem as plantas que caracterizam os solos geoquimicamente anômalos, como indicadoras, as quais podem ser enquadradas em duas classes. A primeira, diz respeito às indicadoras universais, que englobam aquelas espécies que só se desenvolvem em solos com potencial mineral. A segunda, reuni as espécies que desenvolvem tolerância à concentrações anômalas de determinados elementos, podendo, contudo, ocorrer também sobre solos de áreas não anômalas.

Portanto, embora *Schinus lentiscifolius* se comporte como espécie dominante na formação do tipo Savana na área de estudo e entorno, não é exclusiva destas áreas e, pelo menos para Cu, no presente estudo, não se comportou como espécie indicadora da concentração deste elemento no solo. Além disso, Lima e Cunha (1982) cita, que constatou que as anacardiáceas estudadas não demonstraram preferência por determinado tipo de litologia. Ocorreram tanto sobre arenitos, conglomerados e siltitos, como sobre solos derivados de migmatitos e mesmo sobre mineralizações aflorantes.

No presente trabalho, verificou-se a ocorrência de *Schinus lentiscifolius* diretamente sobre mineralização aflorante, onde Dal Piva (2001) realizou seus estudos, na Mina Volta Grande. Neste local, efetuaram-se coletas de solo e de *S. lentiscifolius* para as análises preliminares do conteúdo de Cu. Verificou-se que o espécime amostrado apresentou-se com tamanho reduzido (em torno de 1,50 m), muito embora, as concentrações de Cu na forma disponível no solo e total nas folhas tenham sido consideradas baixas (anexo 2b) para áreas de ocorrências de depósitos minerais ($44,6 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $4,88 \mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente).

Por outro lado, o fato de ter sido analisado somente a concentração de Cu no solo e nas plantas, não possibilita estender estas observações a outros metais pesados que ocorrem na Mina Volta Grande, conforme verificou Porto (1981), os quais podem perfeitamente estar condicionando o desenvolvimento, a distribuição e a abundância das espécies na área estudada.

4.3 – Parâmetros bióticos

4.3.1 - Delineamento e suficiência amostral

O método de amostragem geralmente é um dos pontos chave para a obtenção de dados, influenciando diretamente na interpretação dos resultados da análise da vegetação. Via de regra, as amostras podem ser alocadas em uma área de estudo sob quatro diferentes formas: preferencial; casual; sistemática; e estratificada (GOEDICKEMEIR *et al.*, 1997).

A amostragem preferencial é comumente usada pela escola tradicional de Braun-Blanquet (1949), sendo que as unidades amostrais são alocadas em manchas da vegetação consideradas típicas, homogêneas representativas ou não perturbadas.

O objetivo do levantamento fitossociológico no presente estudo é verificar a influência do conteúdo de cobre na forma disponível no solo, sobre a distribuição e abundância das espécies vegetais. Portanto, a amostragem não poderia, em princípio, ser aleatória (casual), uma vez que, supõe-se haver maior disponibilidade deste elemento, na forma trocável, junto aos depósitos filonianos do que longe deles, embora haja, cobre disseminado na matriz rochosa.

Em função da forma como o cobre se distribui no solo (filoniana e disseminada), da localização do filão, bem como do sentido de ocorrência deste (leste – oeste), escolheu-se a área de amostragem, caracterizando-a desta forma, como amostragem preferencial. A partir da escolha da área, aleatorizou-se a distribuição das unidades amostrais, procedendo-se então a amostragem aleatória estratificada.

Em cada uma das 72 unidades amostrais inventariadas, segundo a metodologia de amostragem adotada, registrar-se-ia as ocorrências referentes a 20 toques no estrato arbustivo ($> 1,0$ m) e 20 toques no estrato herbáceo ($\leq 1,0$ m),

totalizando-se 1440 toques em cada respectivo estrato. O que se verificou, na realidade, foi o registro de 1377 toques no estrato herbáceo e, 412 toques no estrato arbustivo. A diferença entre o número de toques esperados e o registrado no estrato herbáceo (63 toques) se deu em razão da agulha ter tocado locais desprovidos de vegetação, devido a presença de bolo fecal bovino, solo nu, rocha exposta, galhos mortos caídos, trincheiras abertas ou escombros destas. Já, para o estrato arbustivo, o caráter de distribuição espacial das espécies em formações do tipo savana fez com que se registrassem menor número de toques, em relação ao estrato herbáceo, segundo a metodologia adotada.

Rambo (1994) chama a atenção para tal distribuição espacial, ao descrever as formações vegetais para a Serra do Sudeste:

[...] os Matos de Parque, formados por exemplares da aroeira comum (*Lithraea brasiliensis*), da aroeira salsa (*Schinus molle*), da capororoca (*Rapanea umbellata* [*Myrsine coriacea*]), colocados à distância um do outro, sem se tocarem, tendo as copas perfeitamente arredondadas; esta formação vista de avião, oferece o aspecto de grãos de pimenta semeados pelo campo.

Fatores edáficos, como a profundidade do solo, a granulometria, disponibilidade de água e de nutrientes e a concentração de metais pesados, além daqueles relacionados ao manejo dos campos, principalmente o corte e a queima de espécies, assim como o pastejo, competição intra e interespecífica, mecanismos de dispersão de propágulos, entre outros, determinam a distribuição espacial das espécies, fazendo com que o estrato arbustivo/arbóreo apresente o aspecto destacado acima por Rambo (1994).

Embora o número mínimo de pontos necessários para se atingir a suficiência amostral, na análise da vegetação, varie de acordo com o tipo de formação vegetal (GOODAL, 1952), Levy; Madden (1933) consideram suficientes 100 pontos para mostrar somente as espécies dominantes da vegetação de uma pastagem, enquanto que, para amostrar também os componentes mais raros, de 400 a 500 pontos. Já, para campos mistos, como é o caso do presente estudo, Whitmann; Siggeirson (1954) sugerem a aplicação de 1.400 pontos. Para cobertura vegetal homogênea, Mueller-Dombois; Ellenberg (1974) consideram que 200 pontos são suficientes para representar a comunidade.

A curva que relaciona o número de espécies (Y) em função do número de unidades amostrais (X) (figura 14), mostra tendência à estabilização a partir da 11ª

unidade amostral (220 toques), quando se atingiu o total de 50 espécies, se consideradas, as recomendações de Cain (1938), o qual, entende como suficiente amostragem que, aumentando-se em 10% o número de unidades amostrais, incrementa-se em 10% o número de espécies. Entretanto, Mueller-Dombois; Ellenberg (1974) assinalam, que a suficiência amostral é atingida quando um aumento de 10% no número de unidades amostrais, corresponda a um acréscimo de apenas 5% no número de novas espécies. Neste caso, a curva tendeu à estabilização por volta da 22ª unidade amostral (440 toques), quando se atingiu 69 espécies, englobando 68,34% do total de espécies registradas.

A opção de trabalhar com 72 unidades amostrais, deveu-se ao objetivo de aumentar o universo amostral dos fatores ambientais estudados, buscando-se maior confiabilidade nos testes estatísticos aplicados aos dados.

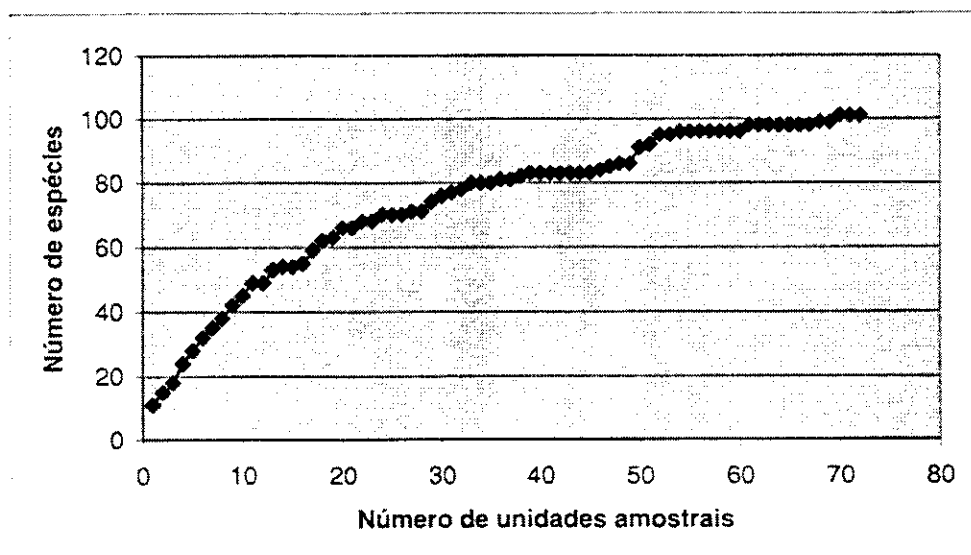


FIGURA 14 – Relação entre o número de unidades amostrais (transecções de 10 m) e o número espécies registradas na área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Zocche (1989), e Zocche; Porto (1993), estudando as comunidades campestres sobre depósitos de carvão em Butiá, RS (Depressão Central), atingiram suficiência amostral com 18 unidades amostrais de 01 m² cada, embora tenham utilizado 26 unidades, em uma área de 01 ha.

Landau (1994), usando o Método do Ponto, considerou suficiente o emprego de 20 unidades amostrais (constituída por uma régua de um metro graduada de 10 em 10 cm) por fragmento homogêneo, registrando em cada um 400 toques (200 ao

nível do solo e 200 a 0,20 m de altura), ao estudar comunidades campestres em Santa Cristina do Pinhal - Parobé RS.

Girardi-Deiro; Gonçalves (1987a), trabalhando em áreas de campo natural em Bagé/RS, atingiram a suficiência amostral com 35 unidades amostrais de 0,25 m², assumindo que este é o número mínimo necessário, para as características da vegetação estudada, o que englobou cerca de 64% do total das espécies encontradas.

Girardi-Deiro *et al.* (1994), estudando a vegetação campestre de uma área próxima à presente área de estudo, utilizaram 60 quadrados de 0,25 m², distribuindo 20 para cada situação estudada: área pastejada, área cortada e área de mato. No mesmo local, estudado em 1994, Girardi-Deiro (1999) trabalhou com 44 unidades amostrais de 0,25 m², embora tivesse atingido suficiência amostral com 42.

O número de unidades amostrais utilizadas em estudos de cunho fitossociológico deve sempre atingir um mínimo de suficiência amostral, todavia este número pode ser aumentado em função dos objetivos a serem alcançados. A comparação entre diferentes estudos, deve ser feita com reserva, pois nem sempre as metodologias de amostragem da vegetação, assim como os fatores ambientais que determinam as associações vegetais no tempo e no espaço são os mesmos, fatos estes que dificultam ou mesmo impossibilitam as análises comparativas (ZOCHE, 1989).

4.3.2 - Composição florística

Registrou-se na amostragem fitossociológica a ocorrência de 101 entidades taxonômicas (tabela 9), pertencentes a 69 gêneros de 30 famílias.

TABELA 9 – Lista das 101 entidades taxonômicas, registradas no levantamento fitossociológico da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

1. AMARANTHACEAE

Pfaffia sp.

2. ANACARDIACEAE

Schinus lentiscifolius March.

Schinus molle Linn.

Schinus polygamus (Cav.) Cabrera

TABELA 9 – Lista das 101 entidades taxonômicas, registradas no levantamento fitossociológico da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS (continuação).

3. APIACEAE

Eryngium horridum Malme
Eryngium sanguisorba Cham. & Schlecht.

4. ASTERACEAE

Achyrocline satureioides DC.
Aspilia montevidensis (Spreng.) Kuntze
Baccharis anomala DC.
Baccharis articulata Pers.
Baccharis caprariaefolia DC.
Baccharis coridifolia DC.
Baccharis dracunculifolia DC.
Baccharis ochracea Spreng.
Baccharis trimera (Less.) DC.
Chaptalia exscapa (Pers.) Baker
Chaptalia integerrima (Vell.) Burkartii
Chevreulia sarmentosa (Pers.) S.F. Blake
Conyza blakei (Cabrera) Cabrera
Elephantopus mollis H.B. & K.
Eupatorium inulaefolium H.B. & K.
Gamochoeta spicata (Lam.) Cabrera
Hypochaeris cf. megapotamica Cabrera
Heterothalamus alienus (Spreng.) Kuntze
Lucilia nitens Less.
Senecio brasiliensis Less.
Soliva pterosperma (Juss.) Less.
Vernonia flexuosa Sims

5. CARYOPHYLACEAE

Cerastium glomeratum Thuil.

6. CONVULVULACEAE

Dichondra sericea SW.

7. CYPERACEAE

Cyperus cf. lanceolatus Poiret

8. EUPHORBIACEAE

Acalypha communis Muell. Arg.

9. HYPOXIDACEAE

Hypoxis decumbens L.

10. IRIDACEAE

Alophia lahue (Mol.) Spin.
Sisyrinchium cf. minutiflorum Klatt

TABELA 9 – Lista das 101 entidades taxonômicas, registradas no levantamento fitossociológico da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS (continuação).

11. JUNCACEAE

Juncus capillaceus Lam.

12. LEGUMINOSAE

Centrosema virginianum (L.) Benth.

Desmodium incanum DC

Lathyrus crassipes Gill. ex Hook. & Arn.

Lathyrus subulatus Lam.

Mimosa ramulosa Benth

Rhynchosia corylifolia Mart. ex Benth.

13. LAURACEAE

Ocotea acutifolia Mez

14. LAMIACEAE

Hyptis mutabilis Briq.

15. LILIACEAE

Ipheion uniflorum (Lindl.) Raf.

16. LINACEAE

Cliococca selaginoides (Cam.) Rogers et Midner

17. LYTHRACEAE

Cuphea cf. *carthagenensis* (Jacq.) MacBride

18. MALVACEAE

Sida rhombifolia L.

Pavonia hastata Cav.

Sida sp.

19. OXALIDACEAE

Oxalis sp.

Oxalis bifrons Progel

Oxalis cf. *floribunda* Lehmann

Oxalis cf. *serpens* St.Hil.

20. PASSIFLORACEAE

Passiflora sp.

21. PLANTAGINACEAE

Plantago australis Lam.

22. POACEAE

Andropogon cf. *ternatus* Nees

Aristida filifolia (Arech.) Herter

Aristida jubata (Arech.) Herter

TABELA 9 – Lista das 101 entidades taxonômicas, registradas no levantamento fitossociológico da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS (continuação).

Aristida spagazzinii Arech.
Axonopus affinis Chase
Axonopus compressus (Sw.) Beauv.
Briza subaristata Lam.
Danthonia cirrata Hackel et Arech.
Danthonia montevidensis Hackel et Arech.
Eragrostis lugens Nees
Eragrostis neesii Trin.
Melica brasiliiana Ard.
Melica rigida Cav.
Panicum sabulorum Lam.
Paspalum sp.
Paspalum paniculatum L.
Paspalum notatum Fl.
Piptochaetium montevidense (Spreng.) Parodi
Pseudechinolaena polystachya (HBK)
Saccharum angustifolium Trin.
Schizachyrium microstachyum (Desv.) Roseng. Arr. et Izag.
Setaria parviflora (Poiret) M. Kerguélem
Sorghastrum setosum Hitchc.
Sporobolus indicus (L.) R. Br.
Steinchisma hians (Elliott) Nash
Stipa filifolia Nees
Stipa nutans Hack.
Stipa setigera J. Presl.

23. POLYGALACEAE

Polygala pulchella St. Hil. et Moq.

24. POLYPODIACEAE

Polypodium sp.

25. PTERIDACEAE

Doryopteris triphylla (Lam.) H. Christ

26. RHAMNACEAE

Discaria americana Gill. & Hook

27. RUBIACEAE

Borreria verticillata G.F.W. Meyer
Relbunium hirtum K. Schum.
Relbunium hypocarpium (L.) Hemsl.
Relbunium richardianum Hicken
Richardia brasiliensis Gomes
Richardia humistrata Steud.

TABELA 9 – Lista das 101 entidades taxonômicas, registradas no levantamento fitossociológico da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS (continuação).

28. SMILACACEAE

Smilax campestris Griseb.

29. VERBENACEAE

Aloysia cf. *chamaedryfolia* Cham.

Aloysia gratissima (Gill. & Hook.) Tronc.

Lantana lundiana Schauer

Verbena litoralis Kunth

Verbena thymoides Cham.

30. VITACEAE

Cissus cf. *striata* Ruiz & Pav.

Dentre estas famílias, destacam-se pelo maior número de gêneros e espécies as seguintes: Poaceae (gramíneas) com 17 gêneros e 28 espécies; Asteraceae (compostas) com 15 gêneros e 22 espécies; Leguminosae com 05 gêneros e 06 espécies; Rubiaceae com 03 gêneros e 06 espécies, Verbenaceae com 03 gêneros e 05 espécies.

Estas 05 famílias contribuem com 60,56% dos gêneros e 66,34% das espécies registradas na amostragem fitossociológica; as demais 25 famílias com 39,44% dos gêneros e com 33,66% das espécies ocorrentes nesta amostragem (figuras 15a e 15b).

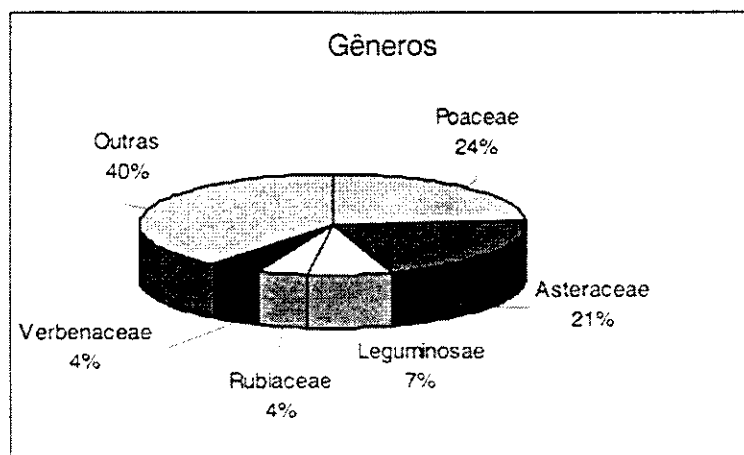


FIGURA 15a – Contribuição percentual, em número de gêneros, das 05 famílias mais importantes ocorrentes na amostragem fitossociológica da área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Dentre as 101 espécies registradas, 91 pertencem ao estrato herbáceo e apenas 10 pertencem ao estrato arbustivo-arbóreo. Das espécies ocorrentes no estrato arbustivo-arbóreo 03 pertencem à família Anacardiaceae, 03 à Asteraceae, 02 à Verbenaceae, 01 à família Lauraceae e 01 à família Leguminosae, caracterizando a formação do tipo Savana.

Na Estação Fitotécnica de Bagé, Girardi-Deiro; Kämpf (1978) registraram a ocorrência de 170 espécies pertencentes a 29 famílias botânicas. Já, em levantamento florístico de campos naturais sobre 17 tipos de solos em Bagé, RS, Girardi-Deiro *et al.* (1992) assinalam a ocorrência de 476 espécies, enquadradas em 74 famílias, das quais, Gramineae, Compositae, Leguminosae, Cyperaceae, Rubiaceae, Verbenaceae, Solanaceae, Myrtaceae e Umbeliferae foram as que mais se destacaram em número de gêneros e espécies.

Girardi-Deiro *et al.* (1994), estudando a composição florística de campos manejados pelo corte de espécies lenhosas, em uma área próxima a do presente estudo, registraram a ocorrência de 130 espécies no estrato herbáceo, sob condição de corte (área cortada), sendo 31 gramíneas, 09 leguminosas e 90 de outras famílias. Ao incluir na análise, o estrato herbáceo de áreas próximas (sem terem sido submetidas ao corte), o número aumentou para 162 espécies, pertencentes a 42 famílias, o que evidencia a influência do manejo e do uso do solo, na definição daquelas comunidades vegetais

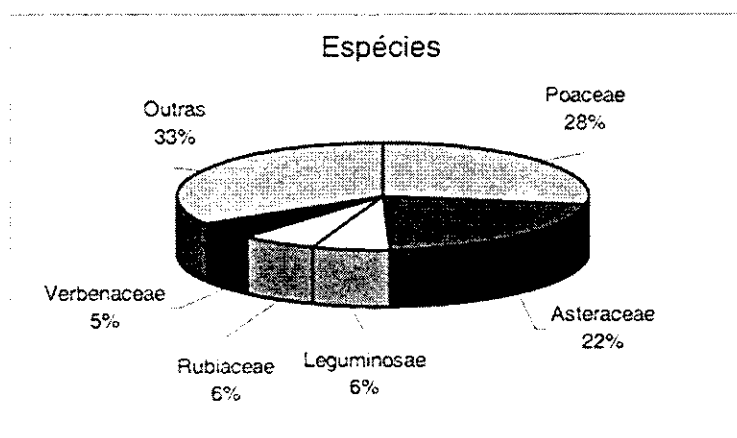


FIGURA 15b – Contribuição percentual, em número de espécies, das 05 famílias mais importantes ocorrentes na amostragem fitossociológica da área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Nesta mesma área estudada em 1994, Girardi-Deiro (1999) encontrou 181 espécies, pertencentes a 136 gêneros de 41 famílias, ao estudar a influência de fatores ambientais e do manejo (por corte e queima de plantas lenhosas), sobre a definição dos padrões da vegetação herbácea, e sobre a dinâmica das principais espécies e daquelas de interesse forrageiro. Destas famílias, a mais representativa foi Poaceae (29 gêneros e 50 espécies), seguida por Asteraceae (17 gêneros e 22 espécies), Fabaceae (11 gêneros e 14 espécies), Rubiaceae (05 gêneros e 12 espécies), Cyperaceae (05 gêneros e 08 espécies), Apiaceae (05 gêneros e 06 espécies) e Malvaceae (05 gêneros e 05 espécies).

Frizzo (2002), estudando o zoneamento da vegetação e sua relação com metais pesados no solo na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, registrou a ocorrência de 106 espécies distribuídas em 79 gêneros e 31 famílias. Os gêneros mais freqüentes foram *Baccharis*, com cinco espécies, *Celtis* e *Paspalum*, com quatro espécies cada e *Axonopus*, *Eugenia*, *Schinus* e *Xylosma* com três espécies cada. As famílias mais freqüentes foram Poaceae (21 espécies), Asteraceae (18 espécies) e Myrtaceae (10 espécies).

4.3.3 - Estrutura da vegetação e os fatores ambientais

O estudo fitossociológico tem por objetivo verificar se entre as unidades amostrais e as espécies registradas em uma amostragem, ocorrem grupos que possam ser diferenciados uns dos outros. Havendo diferenciação, saber se existe uma ordem significativa, florística ou fitossociológica para as unidades amostrais e espécies. A primeira questão pode ser respondida pelos métodos analíticos de classificação, enquanto que a segunda, pela ordenação de dados (WILDI; ORLÓCI, 1996). Para responder a estas questões, cada vez mais os fitossociólogos estão usando os recursos da análise multivariada. O emprego desta, no tratamento de dados da vegetação, impõe uma série de requisitos. É condição básica, por exemplo, que cada unidade amostral (*relevê*) esteja relacionada a pelo menos uma outra da amostragem, de forma a conter um número suficientemente grande de espécies comuns.

Conforme assinalam Wildi; Orłóci (1996), três situações podem complicar ou inviabilizar a análise fitossociológica, ao empregar-se análises multivariadas: 1 – a presença de *outliers* no conjunto de dados, isto é, unidades amostrais que não

contenham nenhuma, ou contenham poucas espécies em comum com outras unidades amostrais; 2 – a existência de grupos pequenos ou grandes de unidades amostrais que não tenham nenhuma ou, tenham poucas espécies em comum com as demais; 3 – a presença de unidades amostrais com apenas umas poucas espécies em comum (a tabela de vegetação apresenta muitos espaços vazios).

Conduziu-se a análise fitossociológica no sentido de verificar se o conjunto de dados levantados em campo (anexo 7) se comportava como uma “população”, segundo a definição estatística, conforme recomendam Wildi (1993) e Wildi; Orłóci (1996), submetendo-os a análise de *outliers* (discrepância) (anexo 8), usando-se como medida de comparação, o coeficiente de van der Maarel. Verificou-se por meio desta análise que, as unidades amostrais 07, 09, 24, 33, 34, 50 e 56 demonstraram similaridade florística menor do que 0.4, em comparação com as demais, o que levou a redução de 72 para 65 unidades amostrais na análise fitossociológica.

As unidades amostrais 07 e 34, poderiam ter sido incluídas na análise, uma vez que seus coeficientes de similaridade calculados (0.398 e 0.390 respectivamente), estavam muito próximos do limite de aceitação (0.4). No entanto, como amostrou-se mais do que o triplo do número mínimo (22 unidades amostrais) para se atingir a suficiência amostral, optou-se por eliminá-las, já que trabalhou-se com um universo amostral bastante grande.

Esta primeira análise separou o conjunto de unidades amostrais em dois grupos, segundo a similaridade florística, e já que as espécies distribuem-se e se agrupam em resposta às variações ambientais, a aplicação subsequente de testes de classificação e ordenação, certamente fornecerão subsídios para o esclarecimento da distribuição dos grupos de unidades amostrais e espécies, associando-os aos fatores ambientais.

A partir da redução de 72 para 65 unidades amostrais, submeteram-se as espécies à classificação por ordem de frequência (programa *TABLES*), obtendo-se, a tabela de classes de frequências (anexo 9), a qual relaciona as 91 espécies constantes nas 65 unidades amostrais, com os seus respectivos valores de densidade relativa, além das variáveis ambientais (*site descriptors*) registradas em cada unidade amostral, bem como as 10 espécies que ocorreram exclusivamente nas unidades amostrais *outliers*, agrupando-as na classe 999, na base da tabela.

Mueller-Dombois; Ellenberg (1974) recomendam que sejam mantidas na análise fitossociológica apenas as espécies de constância intermediária

(diferenciais), considerando como tal, as espécies que ocorram entre 60 e 10% das unidades amostrais. Assinalam que aquelas com constância acima de 60% (constantes), são espécies com ampla distribuição na área de estudo, não respondendo às variações ambientais, assim como, aquelas que ocorrem em menos de 10% das unidades amostrais (eventuais ou raras), cuja ocorrência se dá de forma accidental na amostra.

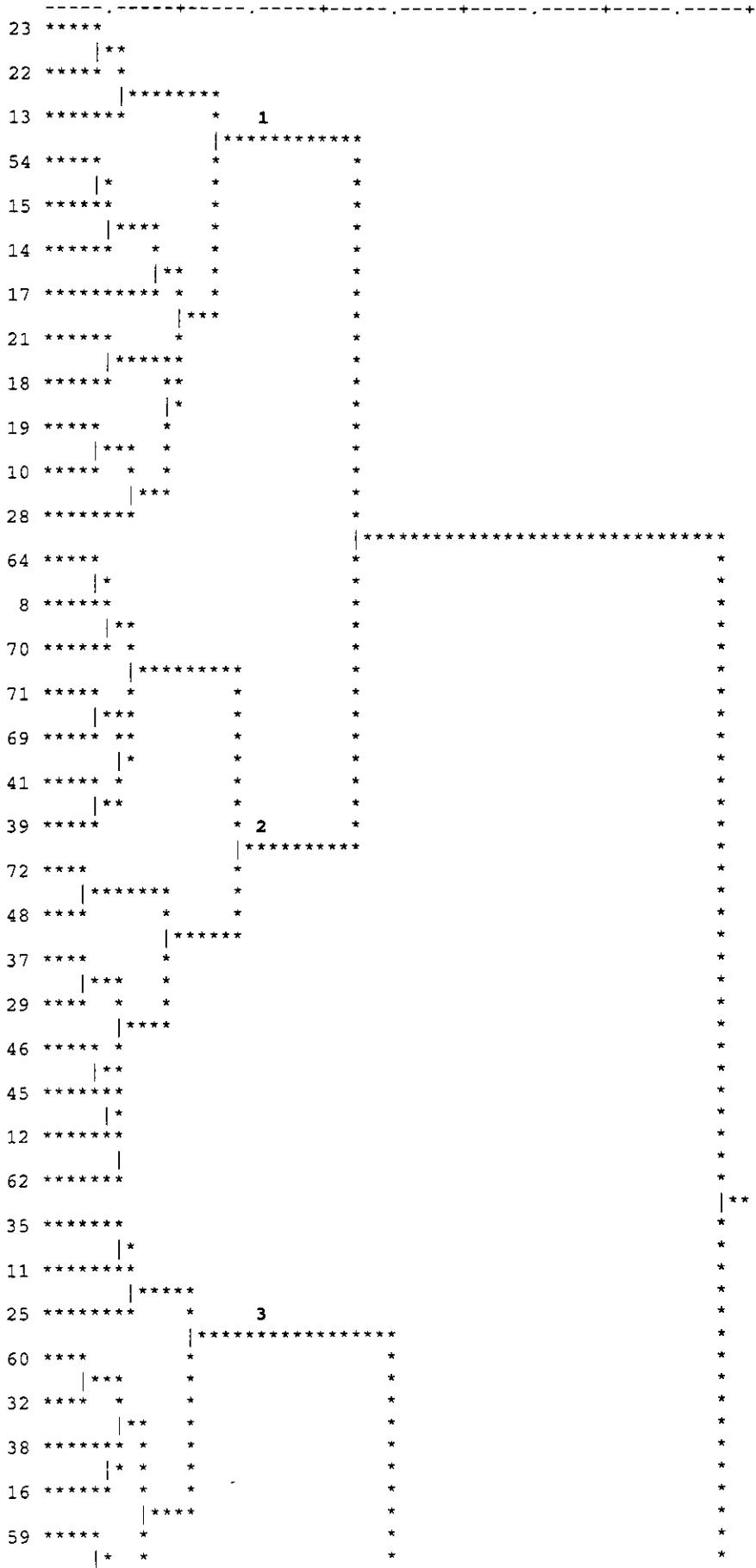
Dentre estas 91 espécies, selecionou-se 29 com constância intermediária (frequência entre 60% e 10%), isto é, estavam presentes em pelo menos 06 e até em 39 unidades amostrais, correspondendo àquelas pertencentes a classe de frequência 05 do anexo 9.

Observações na área de estudo, levaram à inclusão na análise de mais três espécies, cujas frequências ultrapassaram 60%. *Saccharum angustifolium*, *Schinus lentiscifolius* e *Eryngium horridum* (ocorrendo 46, 49 e 53 vezes em 65 unidades amostrais respectivamente), gerando-se a tabela bruta 10.

Incluiu-se *S. lentiscifolius* na análise, por ser considerada a espécie arbustiva arbórea mais importante na área de estudo, uma vez que é um dominante fisionômico, além de ser uma das espécies indicadoras de cobre no solo, segundo Porto (1981, 1986, 1989a, 198b) e indicadora indireta de mineralizações, segundo Lima e Cunha (1982), e *Saccharum angustifolium* e *E. horridum* por serem espécies características de situações opostas observadas a campo. Em locais onde o solo é mais raso, exposto, com presença de pedregulhos e afloramentos rochosos, verifica-se a ocorrência de manchas homogêneas de *E. horridum* associadas a outras espécies como *Stipa filifolia*, configurando uma cobertura vegetal rarefeita. Já, em locais onde a profundidade do solo é maior e com menor número de afloramentos rochosos, em comparação com a situação anterior, a vegetação se mostra mais densa, ocorrendo aí, agrupamentos quase que exclusivos de *S. angustifolium*.

Mueller-Dombois; Ellenberg (1974) mencionam que os limites para inclusão/exclusão de espécies na análise fitossociológica não são rígidos, podendo ser ampliados ou reduzidos de acordo com os objetivos do estudo e julgamento do pesquisador. Sugerem ainda, que a espécie que ocorra com maior frequência deve ser retirada da análise fitossociológica propriamente dita e escolhida para denominar a "comunidade" que se delineará na área estudada, juntamente com a espécie de maior valor fitossociológico de cada grupo de espécies associadas formados na tabela estruturada (unidades e subunidades de vegetação).

5.84E-01 1.05E+00 1.51E+00 1.98E+00 2.44E+00 2.91E+00



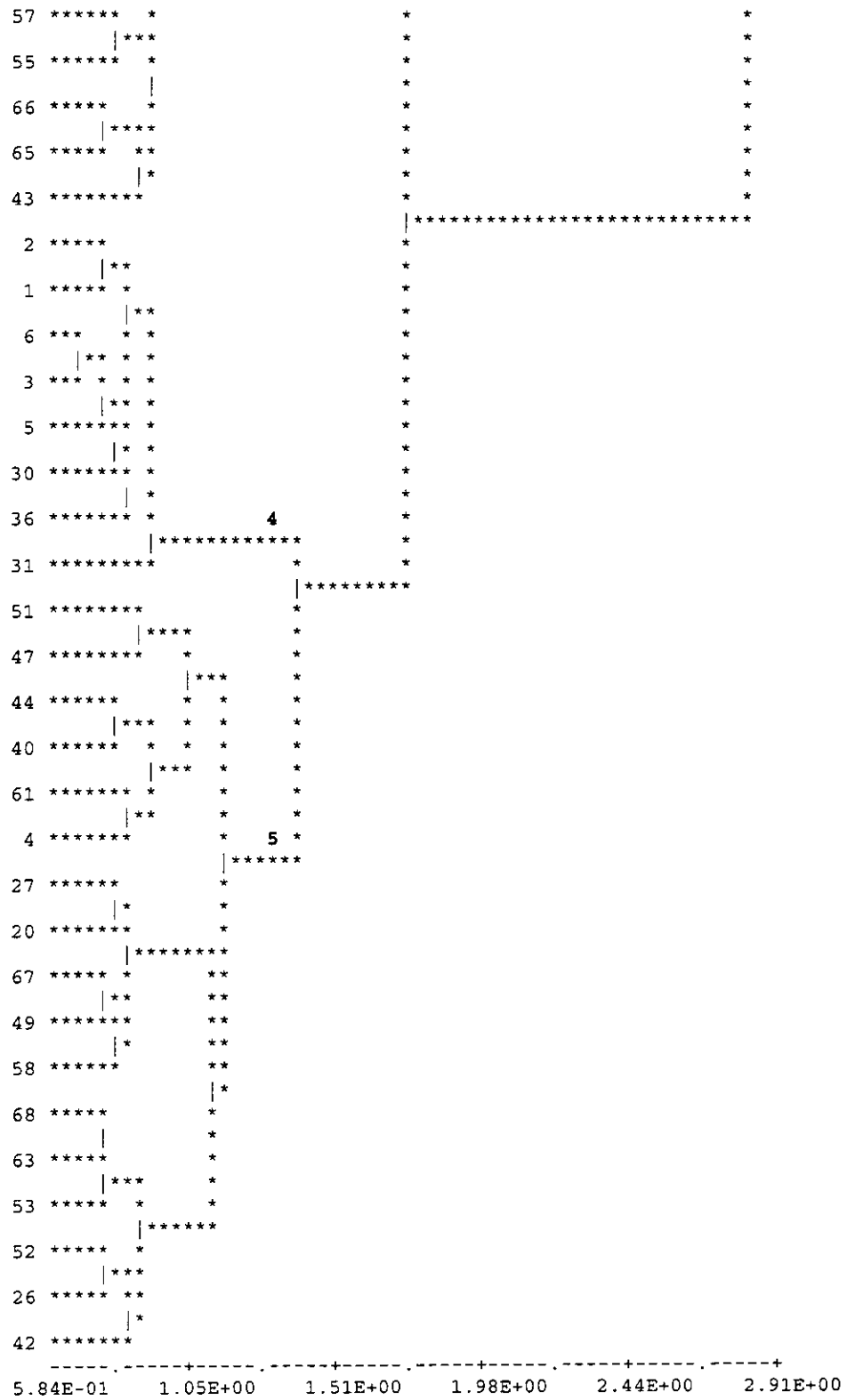


FIGURA 16 – Dendrograma de classificação das 65 unidades amostrais, obtido pela análise de agrupamentos, aplicado a tabela 10. Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

clareza na formação dos grupos, tanto espécies quanto de unidades amostrais, empregando-se o método da variância mínima, optando-se pelo mesmo. Segundo Wildi; Orlóci (1996), este método resulta numa formação mais clara dos grupos do que outros métodos e evita a formação de cadeias de pontos.

Embora Wildi (1989, 1993) e Wildi; Orlóci (1996) recomendem que não se deve escolher um número de grupos de unidades amostrais muito grande, assim como é recomendável que os grupos de espécies excedam ao número de grupos de unidades amostrais em um fator de 05 vezes ou mais, evitando-se assim a heterogeneidade interna, considerou-se 05 grupos unidades amostrais e 05 grupos de espécies como ideal, pois este número, representa de forma mais precisa a relação entre os grupos de espécies e de unidades amostrais formados, bem como, confirma as observações realizadas em campo, quanto à ocorrência de certos “grupos de espécies associadas”, os quais constituem manchas distintas de vegetação, facilmente perceptíveis na área estudada, critério também adotado por Pillar (1988), Zocche (1989), Eggers (1991), Zocche; Porto (1993), Eggers; Porto (1994), Landau (1994) e Aragão de Oliveira (1998).

O fato de um grupo de espécies ocorrerem juntas, em um determinado local e não em outro, evidencia a capacidade de resposta destas aos fatores do meio. Por outro lado, a variação dos fatores do meio selecionam as espécies mais adaptadas àquelas variações. Os fatores ambientais podem mudar tanto no tempo quanto no espaço de forma gradativa ou abrupta, levando ao estabelecimento de grupos de espécies, os quais refletem tais mudanças.

Mueller-Dombois; Ellenberg (1974) apresentam a evolução do conceito de comunidades, resumindo idéias de várias escolas e cientistas da vegetação, os quais consideram as mesmas, desde entidades discretas e perfeitamente mapeáveis, até um contínuo no espaço, com ausência de limites estritos entre comunidades contíguas. Palmer; White (1994), por sua vez, consideram as comunidades como “organismos presentes em uma unidade espaço-temporal de qualquer magnitude, podendo a composição de espécies variar ao longo do espaço, às vezes continuamente e às vezes abruptamente”.

O arranjo das espécies em linhas e as unidades amostrais em colunas em uma tabela estruturada, resulta em um arranjo de *relevés* (unidades amostrais) em unidades de vegetação, não devendo estas serem enquadradas dentro dos conceitos ou tipos de categorias, propostas por muitos autores, resultando apenas

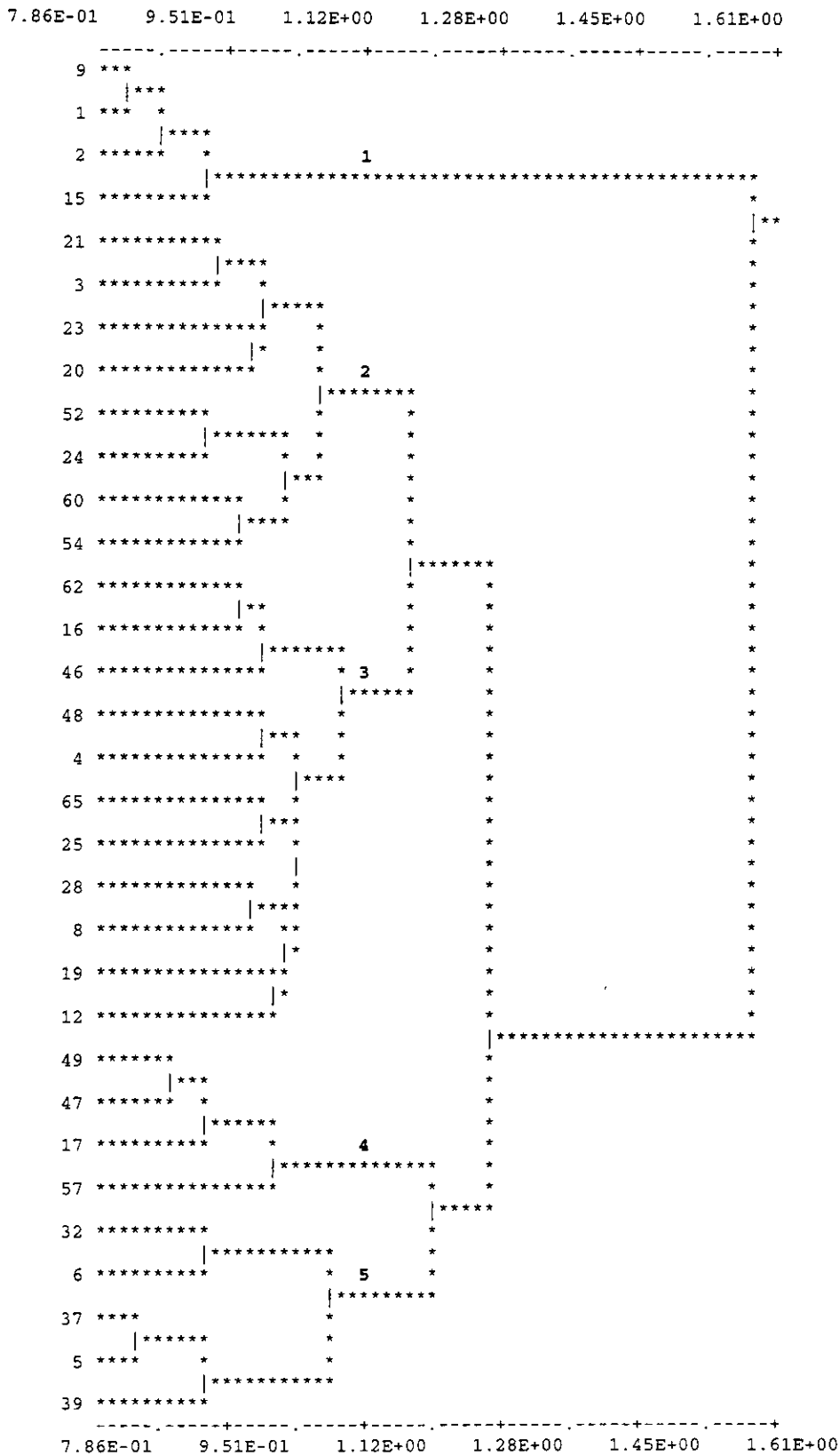


FIGURA 17 – Dendrograma de classificação das 32 espécies, obtido pela análise de agrupamentos, aplicado a tabela 10. Mina Volta Grande – Lavras do Sul, RS.

do agrupamento de unidades amostrais com base na similaridade florística, podendo ser designadas simplesmente de “comunidades vegetais ” ou, de “tipos de comunidades” (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974).

Na tabela estruturada (tabela 11), obtida pelo cruzamento dos resultados das análises de agrupamentos (espécies e unidades amostrais), verifica-se que embora as espécies se distribuam de forma ampla na área amostral, em certos locais apresentam maiores valores de densidade relativa, caracterizando-se exatamente aí, como integrantes de um grupo de unidades amostrais específico em resposta a variação dos fatores ambientais determinantes. Este fato evidencia maior ou menor correspondência entre grupos de espécies e de unidades amostrais, caracterizando a ocorrência de agrupamentos distintos de espécies associadas.

Neste estudo, empregou-se a designação de “grupos de espécies associadas”, conforme sugere Pillar (1988), para aquelas espécies que ocorreram juntas na tabela estruturada, denominando-os de “unidades e sub-unidades de vegetação”, não tendo a pretensão de enquadrá-los em uma nomenclatura científica de classificações de comunidades, conforme propõe, por exemplo, Braun-Blanquet (1949), uma vez que são dados obtidos em estudos isolados. Além disso, pelo fato de ter sido considerado apenas o primeiro toque da agulha em cada respectivo estrato vegetal, certamente amostrou-se um número menor de espécies do que realmente existiam em cada unidade amostral, embora tenha-se atingido a suficiência amostral.

Elegeram-se as duas espécies que apresentaram os maiores valores sociológicos em cada "grupo de espécies associadas", assim como, a de maior valor sociológico de cada "grupo", juntamente com a de maior valor sociológico de cada "sub-grupo" para denominá-los, procedimento similar ao adotado por Pillar (1988), Zocche; Porto (1993) e Aragão de Oliveira (1998). De outra forma, Girardi-Deiro (1999) denominou as comunidades formadas em seu estudo, com base na espécie que apresentou o maior valor de abundância e cobertura, juntamente com a espécie de maior valor discriminante em cada respectivo agrupamento definido.

Denominou-se desta forma, o grupo número 01 de espécies associadas da tabela 11, de "unidade de vegetação A" – *Eryngium horridum* – *Stipa filifolia*, as quais, apresentaram também os maiores valores discriminantes dentre as espécies deste grupo ($F = 18,221$ e $28,717$ respectivamente) (anexo 10). É composta pelas espécies *Stipa filifolia*, *Eryngium horridum*, *Baccharis coridifolia* e *Schizachyrium*

microstachyum, evidenciando ocorrência mais compacta junto aos grupos de unidades amostrais 04 e 05 e, de forma mais dispersa junto ao grupo 03. Delineou-se na parte de cima e a direita da referida tabela, muito embora estas espécies ocorram isoladamente em muitas outras unidades amostrais.

TABELA 11 – Tabela estruturada das 32 espécies selecionadas nas 65 unidades amostrais consideradas para a análise fitossociológica da área específica de estudo, arranjadas em 5 grupos de espécies e 5 grupos de unidades amostrais, obtidos na análise de agrupamentos. Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

UNIDADE AMOSTRAL No.	2215112111216	7754374324415	3126331555564	333	54446	22645665524
GRUPO DE UNIDADES AMOSTRAIS No.	1111111111111	2222222222222	3333333333333	44444444	5555555555555	
1 Cu Disponível no Solo (µg/g)	193713915925	9176545549145321	6152541228175	33533958	7574425181112674	
2 Conteúdo Total de Cu e Schinus lentiscifolius (µg/g)	444354333344	45545433334444	4534344343443	44353545	3343353343434343	
3 Teor de Umidade no Solo (%)	222112322221	112222122212123	1112112221123	11111111	2211112111111111	
4 Fósforo Disponível no Solo (µg/g)	447877444425	179991299119921	1259117991111	88787333	19221854119118152	
5 Distância da Unidade Amostral (U.A) do Filão (m)	222221211117	77211211117222	1172212222112	11712277	11217222212221122	
6 Posição U.A em Relação ao Filão (*)	BBABBBBBA	BABBBBABBBB	AAABBBBBA	BBBBA	BBBABBBBBA	
9 <i>Stipa lilifolia</i>	1	121	2	1	121	1
1 <i>Schizachyrium microstachyum</i>	1	2	12	11	2	1
2 <i>Eryngium horridum</i>	1	32222111221	2111	32222113333221	33332221	1222222232232222
15 <i>Baccharis curidifolia</i>	1	1	1	1	1222112222	2 212 1 21212 2 222223
21 <i>Axonopus affinis</i>	2	112212	2117	2 211	1	2
3 <i>Oxalis cf. floribunda</i>	2	221 1 12112	21121111121	2	1	1212 12
23 <i>Baccharis articulata</i>	2	2 2 1	1	1 12	121 112	1 12 32 21212
20 <i>Elephantopus mollis</i>	2	2 1 1 1 1	11			11
52 <i>Melica rigida</i>	2	221 111 1		11		1 2
24 <i>Dichondra sericea</i>	2	213 11	1	1 1 1 1		12 1 1222
60 <i>Sporobolus indicus</i>	2	2 1111		1		1
54 <i>Allophia laevis</i>	2	2 21 2 21	1	211		1 22212
62 <i>Paspalum sp.</i>	3	2 1	1221 2 2 11	1	1 1	2
16 <i>Saccharum angustifolium</i>	3	33223213322	221222112211	1	12212222	222312
45 <i>Hypoxis mutabilis</i>	3	1 1 1	1 1	2 2 221	2	1 1
48 <i>Baccharis ochracea</i>	3		1	11 2		1 1
4 <i>Setaria parviflora</i>	3			2		1 1 1 1
65 <i>Dioscorea americana</i>	3				11	1 1 1
25 <i>Aristida jubata</i>	3				2 31	1 121 1
28 <i>Heterothalamus alienus</i>	3	11 1	22	1	2 2 2	1 22 1
8 <i>Smilax campestris</i>	3	1 12 1			1 21	1 21
19 <i>Oxalis stricta</i>	3		1			11 12 1
12 <i>Panicum labradorum</i>	3	11 1	2 1		2	
49 <i>Piptochaetium montevidense</i>	4	2121	1212222122	122 12122222		21121 11 2
47 <i>Paspalum notatum</i>	4	2 1 1	2 2 22221	2112222221322		1 22 1 1 22 2 1
17 <i>Senecio brasiliensis</i>	4	21	12 2 22 122211	2211 211 12	22 11	1 1
57 <i>Oxalis cf. serpens</i>	4	1 1 1	1	2 2 211		1 1 1
32 <i>Baccharis cimera</i>	5	2121 222	12 2 12222222	21 1 11 2	2	1 22 1 21222222 1
6 <i>Baccharis dracunculifolia</i>	5	1 1 221	22 33 112	21	12 11	1
37 <i>Cyperus cf. lanceolatus</i>	5	12 11	222212222	1		1
5 <i>Schinus lentiscifolius</i>	5	2322222222	333332312222332	2223332	22 22222221	1122 1 1
35 <i>Axonopus compressus</i>	5	2	111221 1 2 2			

(*) Cota da unidade amostral em relação a cota do filão principal: A, superior; B, inferior.

Esta "unidade de vegetação" apresentou uma "sub-unidade de vegetação A (I), aqui denominada de sub-unidade *Eryngium horridum* – *Saccharum angustifolium*.

S. angustifolium foi a espécie que apresentou tanto o maior valor sociológico, quanto o maior poder discriminante (anexo 10) dentro do grupo de espécies associadas número 03 ($F = 5.069$). Está formada por *Paspalum* sp., *Saccharum angustifolium*, *Hyptis mutabilis*, *Baccharis ochracea*, *Setaria parviflora*, *Discaria americana*, *Aristida jubata*, *Heterothalamus alienus*, *Smilax campestris*, *Oxalis bifrons* e *Panicum sabulorum*, ocorrendo de forma mais compacta junto ao grupo de unidades amostrais número 04.

No extremo oposto da tabela, em relação ao grupo número 01 de espécies associadas, delineou-se o grupo de espécies número 05, o qual localiza-se na parte de baixo e à esquerda da tabela 11. Está composto por *Baccharis trimera*, *Baccharis dracunculifolia*, *Cyperus* cf. *lanceolatus*, *Schinus lentiscifolius* e *Axonopus compressus*, as quais formaram a "unidade de vegetação B". Esta ocorreu de forma mais compacta junto aos grupos 01 e 02 de unidades amostrais e, de forma mais dispersa, junto aos demais grupos de unidades amostrais.

Denominou-se esta "unidade de vegetação" de *Schinus lentiscifolius* – *Baccharis trimera*, embora, *Cyperus* cf. *lanceolatus* tenha sido a segunda espécie a apresentar o maior valor discriminante dentro do grupo ($F = 11,108$), (anexo 10). Optou-se por *Baccharis trimera*, pois a mesma aparece como a segunda espécie mais importante do ponto de vista sociológico no grupo. Além disso, em campo verificou-se a ocorrência de manchas densas e homogêneas desta espécie de forma muito mais clara, do que de *Cyperus* cf. *lanceolatus*.

O grupo número 02 de espécies associadas, representado por *Axonopus affinis*, *Oxalis* cf. *floribunda*, *Baccharis articulata*, *Elephantopus mollis*, *Melica rigida*, *Dichondra sericea*, *Sporobolus indicus* e *Alophia lahue*, é aqui considerado como uma "sub-unidade" da "unidade de vegetação B" (*Schinus lentiscifolius* – *Baccharis trimera*), pois delineou-se de forma mais compacta como grupo de espécies, junto ao grupo número 01 de unidades amostrais.

Embora *Oxalis* cf. *floribunda*, tenha sido a espécie que apresentou maior valor sociológico dentro deste grupo, assim como o maior valor discriminante ($F = 4,66$) (anexo 10), e *Axonopus affinis* tenha apresentado o segundo maior valor sociológico e o oitavo valor discriminante dentro do grupo ($F = 2,10$), denominou-se, o grupo de "sub-unidade de vegetação B (I)" *Schinus lentiscifolius* – *Axonopus affinis*, pois no campo, esta espécie forma manchas densas, muito mais visíveis do que *Oxalis* cf. *floribunda*.

O grupo número 04 de espécies associadas, formado por *Piptochaetium montevidense*, *Paspalum notatum*, *Senecio brasiliensis* e *Oxalis cf. serpens*, delineou-se de forma mais compacta junto ao grupo de unidades amostrais 03. Forma a “unidade de vegetação C”, denominada de *Piptochaetium montevidense - Paspalum notatum*, sendo que estas duas espécies apresentaram os maiores valores sociológicos e maiores valores discriminantes dentro do grupo ($F = 8,264$ e $8,009$ respectivamente) (anexo 10). Considera-se que este grupo de espécies associadas esteja posicionado de forma intermediária entre as unidades de vegetação A e B, as quais localizaram-se em extremos opostos de um gradiente de variação dos fatores ambientais.

Conforme mencionado anteriormente, verificou-se, em campo, a ocorrência de manchas densas e homogêneas de *Eryngium horridum*, e de *Saccharum angustifolium*, que embora ocorreram em mais de 60% das unidades amostrais, foram mantidas na análise fitossociológica. Assim como, percebeu-se em campo manchas densas de *Paspalum notatum* e *Baccharis trimera*, observações estas, fundamentais para a escolha das espécies que denominaram os grupos de espécies associadas, delineados na tabela estruturada 11.

A análise de concentração (anexo 11) aplicada à tabela estruturada 11, mediu, conforme assinala Wildi (1993), a qualidade da mesma, isto é, mediu o quanto as espécies, como grupo, estavam concentradas em um determinado grupo de unidades amostrais, revelando a correspondência entre os grupos de espécies (S) e os grupos de unidades amostrais (F).

Segundo Pillar *et al.* (1992), esta análise considerada como um tipo de ordenação, redescreve a variação dos dados da vegetação em um menor número de dimensões, facilitando sua interpretação. Nesta análise, gerou-se uma tabela de contingência, sobre a qual executou-se o cálculo de Qui-quadrado obtendo-se o valor de $\chi^2 = 135.796$, bem maior do que aquele de tabela para uma probabilidade de 5% e 16 graus de liberdade ($\chi^2_{0,5;16} = 26,3$), evidenciando uma estrutura de grupo bastante forte. No entanto, o Coeficiente de Contingência baseado no Quadrado Médio (C) obtido (anexo 11), o qual é uma medida relativa da divergência entre os blocos formados na tabela estruturada (FEOLI; ORLÓCI, 1979), mostrou um valor muito baixo ($C = 0,052$) revelando fraca nitidez entre os mesmos, uma vez que sua amplitude varia de 0 a 1. Os valores do Qui-quadrado e Coeficiente de Contingência obtidos, levam à conclusão de que há uma estrutura de grupo bastante

forte, contudo, esta estrutura não é nítida. Isto é, a tabela estruturada revela um padrão de formação de grupos de espécies associadas muito forte, entretanto, os limites de ocorrência destes, em relação às unidades amostrais não são claros, o que dificulta o reconhecimento dos fatores ambientais que estão determinando a formação dos grupos de espécies.

Em função do Coeficiente de Contingência calculado ter sido muito baixo, efetuou-se, conforme Orlóci (sugestões pessoais), a análise da relação entre: a presença observada dos grupos de espécies em cada respectivo grupo de unidades amostrais e a presença máxima esperada nos mesmos; assim como a relação entre a presença observada dos grupos de espécies em cada respectivo grupo de unidades amostrais e o somatório das presenças observadas de todas as espécies em todas as unidades amostrais (anexo 12).

Como resultado obteve-se a tabela 12, a qual exprime de forma resumida, as relações percentuais entre as presenças esperadas e observadas dos grupos de espécies em cada bloco de unidades amostrais, dados estes que forneceram critérios palpáveis para a decisão da inclusão/exclusão dos grupos e subgrupos de espécies em cada respectivo grupo de unidades amostrais, mostrando de forma mais concisa, a relação entre os blocos de espécies e de unidades amostrais.

TABELA 12 – Análise da relação percentual entre a presença observada dos grupos de espécies em cada respectivo grupo de unidades amostrais e o somatório das presenças observadas, de todas as espécies em todas as unidades amostrais *; e relação entre a presença observada dos grupos de espécies e a presença máxima esperada, em cada respectivo grupo de unidades amostrais **, conforme Orlóci (sugestões pessoais).

Grupo de espécies (S)	Grupos de unidades amostrais (F)					Total
	01	02	03	04	05	
	[12]	[15]	[13]	[08]	[17]	[65]
(04)	3,47*	1,35*	4,98*	4,38*	8,46*	
01	47,90**	15,00**	63,46**	90,62**	82,35**	
(11)	3,93*	5,28*	3,63*	3,93*	4,53*	
03	19,69**	21,21**	16,78**	29,55**	16,04**	
(04)	1,82*	4,68*	5,74*	0,75*	2,87*	
04	25,00**	51,67**	73,08**	15,65**	27,94**	
(08)	6,64*	3,92*	3,77*	0,30*	5,28*	
02	45,83**	21,70**	24,03**	3,12**	25,73**	
(05)	4,08*	8,00*	2,88*	2,11*	3,17*	
05	45,00**	70,67**	29,23**	35,00**	24,70**	
Totais	32					{662}

Nota: entre parênteses e entre colchetes, número de espécies e de unidades amostrais respectivamente, em cada respectivo grupo gerado pela análise de agrupamentos. Entre chaves, número total de presenças observadas das 32 espécies nas 65 unidades amostrais.

Decidiu-se, portanto, que a “unidade de vegetação **A**” – *Eryngium horridum* – *Stipa filifolia*, estenderia-se do grupo de unidades amostrais 03 (F_3) até o grupo de unidades amostrais 05 (F_5), onde as relações percentuais foram as mais elevadas. Da mesma forma, estendeu-se o grupo de espécies 04 (S_4), o qual caracterizava a “unidade de vegetação **C**” – *Piptochaetium montevidense* – *Paspalum notatum*, do grupo de unidades amostrais 03 (F_3) até o grupo de unidades amostrais 02 (F_2), no qual também para esta unidade de vegetação, as relações percentuais foram as mais elevadas (tabela 12).

A partir destas alterações, gerou-se uma nova tabela estruturada (tabela 13), a qual esboça de maneira mais clara a estrutura e a nitidez dos blocos de unidades amostrais, revelando que a “unidade de vegetação **C**” pode ser interpretada como uma sub-unidade de vegetação tanto da “unidade de vegetação **A**”, quanto da “unidade de vegetação **B**”, pois a mesma formou-se como bloco coeso de espécies junto aos grupos de unidades amostrais 02 (F_2) e 03 (F_3), fato este que não estava claro na tabela estruturada 11.

Esta segunda análise encontra respaldo nas observações de campo, pois as espécies mais importantes desta “sub-unidade de vegetação”, *Piptochaetium montevidense* e *Paspalum notatum*, ocorrem tanto nas unidades amostrais com menor teor de umidade no solo, características da “unidade de vegetação **A**”, assim como, nas unidades amostrais com teor de umidade no solo mais elevado, características da “unidade de vegetação **B**”. Este fato demonstra o caráter de “sub-unidade **A x B**” que este grupo de espécies assume, representando o elo de ligação na continuidade espacial entre as duas “unidades **A** e **B**”, que se delinearão na análise fitossociológica.

Ao analisarmos uma tabela de vegetação estruturada, vários fatores devem ser levados em conta. O primeiro deles, e talvez o mais importante, é a homogeneidade da “mancha” de vegetação amostrada. Braun-Blanquet (1949) e Mueller-Dombois; Ellenberg (1974) recomendam que as unidades amostrais devem ser alocadas no centro da mancha homogênea, para que se evite amostrar “comunidades” distintas em uma mesma unidade amostral, ou que unidades amostrais distintas sejam localizadas em partes não pertencentes a suposta mancha homogênea.

A não observação da homogeneidade da “mancha” gera na tabela estruturada uma descontinuidade da vegetação, não permitindo a interpretação clara se esta

O segundo fator diz respeito à metodologia de amostragem. Como no presente estudo, a amostragem foi aleatória e não preferencial, certamente amostrou-se zonas de transição entre duas ou mais “manchas de vegetação”, resultando numa distribuição espacial de espécies em mais de um grupo de unidades amostrais, fazendo com que o Coeficiente de Correlação (C) calculado fosse extremamente baixo, gerando uma estrutura de grupo forte, porém não claramente definida.

Além disso, a amostragem foi ainda estratificada, no entanto a análise fitossociológica não foi executada por estratos. Pfadenhauer *et. al.* (1979) sugerem que para formações vegetais do tipo “campo arbustivo” ou savana como é o presente caso, a análise por estratos facilita a interpretação dos resultados. Optou-se por não analisar os estratos separadamente, em função de terem ocorrido somente 10 espécies no estrato arbustivo arbóreo, e destas apenas, 02 apresentaram constância significativa (> 10%), isto é 6 vezes em 65 unidades amostrais, para serem incluídas na análise fitossociológica, o que caracteriza nitidamente a formação do tipo “savana aberta”.

Outro fato que deve ser considerado é a escala de abordagem e interpretação. O padrão encontrado em um sistema depende da escala de observação (LEVIN, 1992 *apud* DEL BARRIO *et al.*, 1995). Quando diminuimos a escala de observação, aumentamos o nível de detalhamento, por conseguinte, percebemos nuances e variações na vegetação relacionadas ao micro habitat. A homogeneidade da “mancha” passa então a ser uma questão de escala de abordagem.

Se a área específica de estudo fosse analisada em uma determinada escala, que a considerasse como uma mancha homogênea, assim como, se tivessem sido analisados separadamente o estrato herbáceo do estrato arbustivo, certamente teríamos como resultado na tabela estruturada uma “unidade de vegetação” do tipo *Schinus lentiscifolius* – *Heterothalamus alienus*, com suas respectivas sub-unidades, pois a amostragem seria preferencial e estas são as duas espécies dominantes do estrato arbustivo-arbóreo da formação característica da área, aqui denominada de “savana aberta”.

Este tipo de “unidade de vegetação”, foi detectada por Frizzo (2002) ao analisar fitossociologicamente as diferentes fitofiosionomias da Mina Volta Grande.

Na área de abrangência da Mina Volta Grande verifica-se a ocorrência de vários tipos de campos, conforme descreve Lindman (1906), como os campos subarbustivos ou sujos, campos paleáceos e os gramados ou poteiros. Uma particularidade é que, muitas vezes encontra-se, campo do tipo gramado ou poteiro em diferentes posições do relevo, isto é, em baixadas, nas encostas, e nos topos das coxilhas, estes muitas vezes associados ao manejo. A diferença entre um tipo de campo e outro é perfeitamente perceptível, entretanto, a transição e os limites entre os mesmos, muitas vezes não o são (figuras 6a, 6b, 6c, 6d).

Da mesma maneira, observa-se uma transição gradual entre os campos e a formação do tipo “savana aberta”, na qual se distinguem nitidamente dois estratos vegetais (figuras 9), um herbáceo de até um metro de altura e um arbustivo-arbóreo a partir de um metro; e desta para a formação do tipo “savana densa” (figuras 7a e 7b), onde verifica-se uma diminuição da ocorrência do estrato herbáceo em detrimento ao arbóreo-arbustivo.

A análise de concentração (anexo 11) aplicada à análise de agrupamentos, gerou 04 variáveis canônicas (*eigenvalues*), expressas em porcentagem do Qui-quadrado total, sendo que as 2 primeiras explicam 80,51% da variação total da informação (tabela 14). Gerou ainda, escores canônicos para os grupos de unidades amostrais e de espécies.

TABELA 14 – Variáveis canônicas extraídas da Análise de Concentração.

Variáveis Canônicas	Coefficiente de Correlação Canônica	% do Qui-quadrado
01	0,34797	58,76
02	0,21169	21,75
03	0,19920	19,26
04	0,02197	0,23

A análise de correlação canônica tem por finalidade detectar combinações lineares entre dois conjuntos de variáveis em determinados locais, de tal forma que estas combinações apresentem correlação máxima. Deste modo, deve-se procurar na tabela estruturada, combinações de abundância de espécies que melhor se correlacionem com a variações ambientais, de modo que a distribuição destas, possa ser predita a partir das informações ambientais do local (DIGBY; KENPTOM, 1987).

Se a estrutura dos blocos de unidades amostrais e de espécies é nítida, busca-se então, identificar os fatores ambientais fundamentais que estão influenciando a variação da composição florística entre os blocos de unidades amostrais, extraíndo-se as variáveis intrínsecas da vegetação (variáveis canônicas), correlacionando-as com certas variáveis ambientais (FEÓLI; ORLÓCI, 1979).

Embora os grupos formados, na tabela estruturada 11, não tenham demonstrado elevada nitidez, utilizou-se as duas primeiras variáveis canônicas geradas na análise de concentração como eixos de ordenação dos dados no programa *ORDINA* (figura 18), sendo que o mesmo toma os escores canônicos gerados na análise de concentração (anexo 11), como coordenadas para posicionamento dos grupos de espécies e de unidades amostrais no diagrama de dispersão bidimensional.

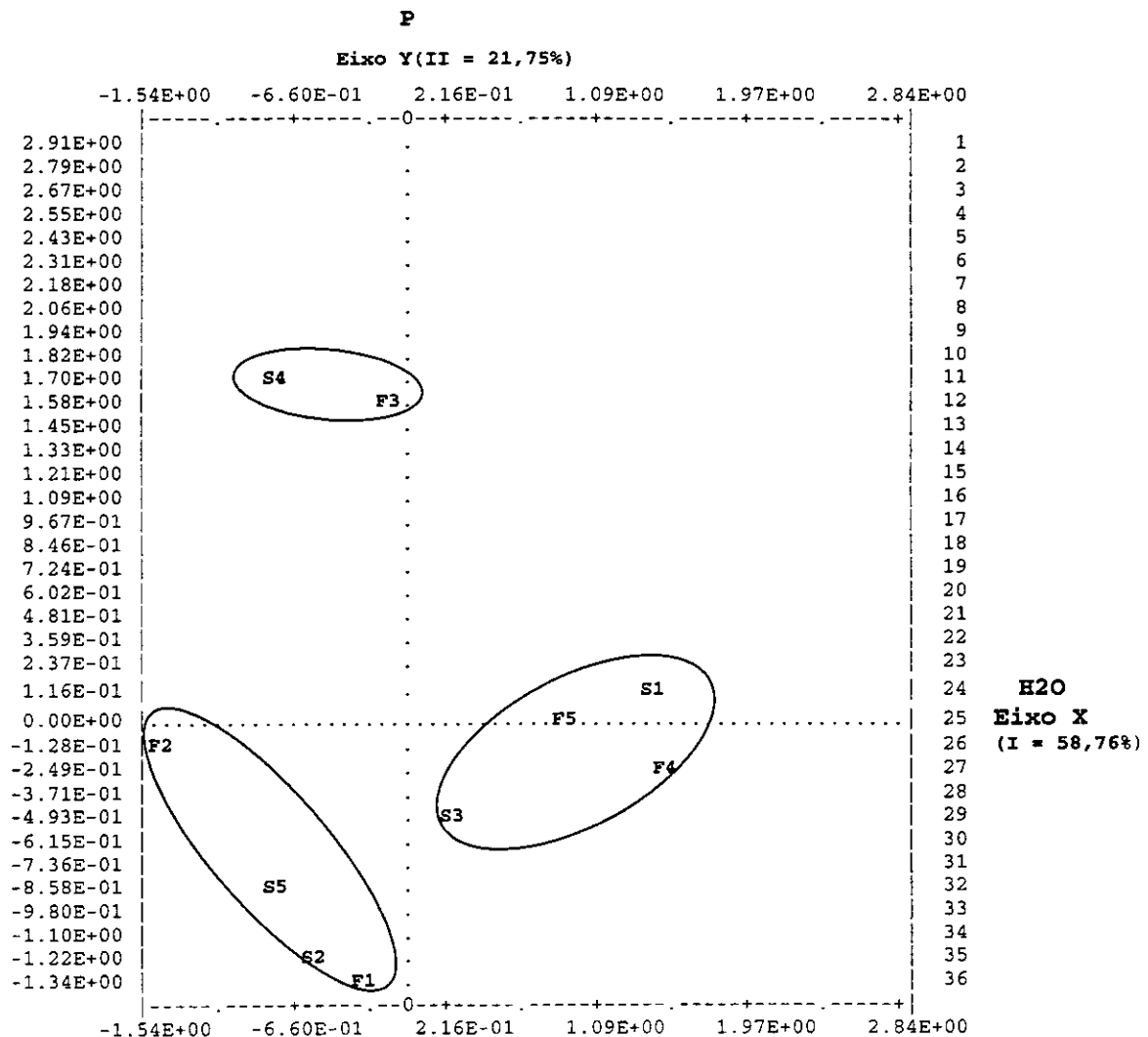


FIGURA 18 – Diagrama de dispersão de grupos de unidades amostrais (F) e grupos de espécies (S) obtidos pela análise de concentração, aplicada a tabela estruturada 11.

O programa atribui automaticamente a primeira variável canônica ao eixo X e a segunda ao eixo Y. Observa-se pela proximidade entre os grupos de espécies (S) e os grupos de unidades amostrais (F), na figura 18 que: o grupo de espécies número 01 (S₁) está associado de forma mais clara ao grupo de unidades amostrais número 05 (F₅), estando próximo também ao grupo de unidades amostrais 04 (F₄); assim como o grupo de espécies 03 (S₃) está associado ao grupo de unidades amostrais 04 (F₄), evidenciando aqui, de forma muito mais clara sua condição de “sub-unidade de vegetação”; o grupo de espécies 05 (S₅) por sua vez, está mais próximo do grupo de unidades amostrais 01 (F₁), do que do grupo de unidades amostrais 02 (F₂), embora na tabela estruturada 11, tenha se posicionado de forma mais compacta junto ao grupo de unidades amostrais 02 (F₂); o grupo de espécies 02 (S₂), está associado ao grupo de unidades amostrais 01 (F₁), o que lhe confere a condição de “sub-unidade de vegetação”; o grupo de espécies 04 (S₄) associou-se ao grupo de unidades amostrais 03 (F₃), posicionando-se de forma intermediária entre os grupo de espécies 01 (S₁) e 05 (S₅), em relação ao eixo X e em posição oposta a estes dois grupos de espécies em relação ao eixo Y, evidenciando de forma clara a posição extrema ocupada pelos mesmos no gradiente de variação dos fatores ambientais.

O afastamento dos grupos de espécies 02 (S₂) e 05 (S₅) do grupo de unidades amostrais 02 (F₂) no diagrama, pode ser explicado pelo fato do grupo (F₂), ter uma influência maior do eixo X, enquanto que o grupo de unidades amostrais 01 (F₁) tem uma influência maior do eixo Y.

A distribuição dos grupos de unidades amostrais (F) e de espécies (S) no diagrama de dispersão (figura 18) sugere que o teor de água do solo seja o principal condicionante da distribuição das espécies assumindo-se que o mesmo represente o eixo X, o qual explica 58,76% da variação total desta distribuição (tabela 14).

Observa-se claramente que, enquanto a “unidade de vegetação B” *Schinus lentiscifolius* – *Baccharis trimera* (S₅) e a “sub-unidade de vegetação B (I)” *Schinus lentiscifolius* – *Axonopus affinis* (S₂) concentraram-se nos locais com teores medidos de água no solo mais elevados, grupos de unidades amostrais 01 (F₁) e 02 (F₂) respectivamente (tabela 11), a “unidade de vegetação A” - *Eryngium horridum* – *Stipa filifolia* (S₁) e a “sub-unidade de vegetação A (I)” - *Eryngium* – *Saccharum angustifolius* (S₃) concentraram-se nos locais com teores médios de água no solo mais baixos, grupos de unidades amostrais 04 (F₄) e 05 (F₅) respectivamente.

A “sub-unidade **C**” - *Piptochaetium montevidense* - *Paspalum notatum* representada pelos grupos 04 de espécies (S_4) e 03 de unidades amostrais (F_3), localizou-se em uma posição intermediária entre as “unidades” e “sub-unidades de vegetação” **A**, **A(I)** e **B**, **B(I)** em relação ao eixo X, e em posição oposta a estes dois extremos em relação ao eixo Y, o qual explica apenas 21,75% da variação total dos dados (tabela 14).

Na figura 18, o eixo Y pode ser representado pelo conteúdo de fósforo disponível no solo, uma vez que a concentração do mesmo ficou entre 4,2 a 75 $\mu\text{g.g}^{-1}$, mostrando nítida variação entre um “quadrado” de 20 X 20 m e outro. Segundo SIQUEIRA *et al.* (1987), os valores detectados deste elemento no presente estudo, podem ser considerados de muito baixo a alto, conforme discutido no item 4.1 – parâmetros abióticos.

No entanto, como não analisou-se a fertilidade do solo em cada uma das 72 unidades amostrais, nem determinou-se a concentração de outros elementos, além do Cu, nos tecidos de *S. lentiscifolius*, assim como não se tem testes tão detalhados das necessidades nutricionais das espécies arbustivo-arbóreas nativas, tal como se têm para as espécies cultivadas, restam poucos parâmetros comparativos confiáveis, para serem tecidas análises da distribuição da vegetação em função da variação do fósforo disponível no solo, associando-se o mesmo à variável canônica 2 (tabela 14).

Além disso, um terceiro eixo, representado pela variável canônica 03 (tabela 14) explica cerca de 19,26% da variação total dos dados, isto é, um valor muito próximo ao da variável canônica 02, dificultando a interpretação de que tipo de fator ambiental estaria determinando, junto com a umidade do solo, a distribuição dos grupos de espécies nas unidades amostrais.

Com objetivo de elucidar as tendências observadas na análise de agrupamento, submeteu-se a tabela 10 à análise de correspondência (CA) (anexo 13), na tentativa de identificar outras variáveis ambientais que juntamente com o teor de umidade do solo, estariam explicando a variação da vegetação, obtendo-se a tabela 15.

Observa-se nesta tabela, que a distribuição das unidades amostrais e das espécies, seguem um gradiente principal determinado, o qual é aqui também identificado como o teor de umidade do solo. A esquerda da tabela, posicionaram-se as unidades amostrais com teor de umidade no solo mais elevado, enquanto que, a

direita estão posicionadas aquelas com teores mais baixos. Entre estes dois extremos, posicionaram as unidades amostrais com teores intermediários, delineando-se um gradiente de teor de umidade perfeito.

Associadas aos locais com menores teores de umidade, estão as espécies, *Eryngium horridum*, *Stipa filifolia*, *Baccharis coridifolia*, *Schizachyrium microstachyum* e *Baccharis articulata*. Este grupo de espécies, com exceção de *Baccharis articulata*, é exatamente o grupo de espécies associada 01 (S₁) da tabela 11, característico de campos com solo raso, geralmente com afloramentos rochosos e que sofrem pressão do fogo.

Já nos locais onde evidenciaram-se os teores mais elevados de umidade no solo, estão todas espécies do grupo 05 (S₅), as espécies do grupo 04 (S₄) com exceção de *Oxalis cf. serpens*, além de *Saccharum angustifolium* (grupo 03, S₃), *Oxalis cf. floribunda* e *Elephantopus mollis* (grupo 02, S₂) da tabela estruturada 11. As espécies integrantes dos grupos 04 (S₄) e 05 (S₅), caracterizam a formação do tipo “savana aberta”, na qual verifica-se claramente a ocorrência de dois estratos distintos, o mais elevado representado por *Schinus lentiscifolius*, cuja altura varia de 1,5 à 2,5 metros, e o estrato rasteiro, cuja altura varia de poucos centímetros acima do nível do solo até 1,0 metro, dependendo da profundidade do solo, da presença de afloramentos rochosos, da influência do fogo, do manejo dos campos pelo corte (roçado), ou pelo pastejo do gado.

Entre estes dois extremos ocorrem as demais espécies listadas na tabela 15, que não demonstram claramente, qual sua posição em relação ao gradiente estabelecido, distribuindo-se aleatoriamente pela área amostrada. Contudo, verifica-se que algumas espécies apresentam valores de densidade relativa mais elevados em um ou em outro extremo do gradiente, conforme sua resposta à variação do fator ambiental condicionante deste. É, por exemplo, o caso de *Aristida jubata*, que evidenciou valores de densidade relativa mais elevados no extremo direito da tabela, em que, posicionaram-se as unidades amostrais com os teores de água no solo mais baixos; ou de *Paspalum sp.*, que se concentrou a esquerda da tabela, onde estão posicionadas as unidades amostrais que evidenciaram os teores mais elevados de água no solo.

Observa-se ainda na tabela 15, que a variáveis canônicas 02 ou 03, possivelmente possam estar também relacionadas ao grau de exposição à luz solar (grau de sombreamento), que as espécies estão submetidas. As espécies *Eryngium*

Registrou-se a ocorrência destas duas espécies na maioria das vezes associadas a presença de *Schinus lentiscifolius* ou outras espécies arbustivo-arbóreas, as quais não ocorreram na amostragem, mas estavam muito próximo da unidade amostral (transecção), projetando sua sombra sobre a mesma.

Verifica-se portanto, que tanto a umidade, quanto o grau de sombreamento sugerem o estabelecimento de um gradiente na distribuição dos grupos de espécies associadas, delineados na tabela estruturada 11 e, reforçada na análise de correlação (CA) esboçada na tabela 15.

Quando os escores canônicos são correlacionados com variáveis ambientais, os fatores que influenciam a variação da composição florística entre os blocos podem ser identificados (ARAGÃO OLIVEIRA, 1998).

Com o objetivo de verificar a performance das espécies diagnósticas de cada grupo, em relação às variáveis ambientais, assim como, testar as hipóteses levantadas quanto aos fatores determinantes desta distribuição, tomou-se o teor de umidade no solo (variável ambiental 3), a concentração de Cu no solo na forma disponível (variável ambiental 1) e a concentração de P na forma disponível (variável ambiental 4) e aplicou-se a análise de gradientes às espécies com maior poder discriminante de cada grupo. O critério para a escolha das espécies diagnósticas se deu conforme a análise de discriminantes (anexo 10).

No que diz respeito ao teor de umidade no solo (figura 19), verifica-se que *Stipa filifolia* distribuiu-se preferencialmente em locais com teores de água no solo mais baixos, enquanto que *Saccharum angustifolium* distribuiu-se igualmente, tanto em locais com teores baixos, medianos e de forma mais proeminente em locais com teores mais elevados de água, demonstrando sua versatilidade em ocupar os extremos deste gradiente.

Observou-se em campo que *Saccharum angustifolium* é uma espécie que ocorre em manchas densas e homogêneas, tanto nas cotas mais baixas do terreno, onde o lençol freático chega por vezes a aflorar, quanto em locais na meia encosta e no topo das coxilhas, apresentando elevada amplitude ecológica na ocupação dos mais variados ambientes.

Oxalis cf. floribunda e *Piptochaetium montevidense* distribuíram-se de forma mais compacta nos locais com teores de umidade no solo medianos a alto, enquanto que *Schinus lentiscifolius*, ocorreu tanto em locais com teores baixos e medianos,

mostrando ligeira preferências pelos locais com os teores mais elevados de umidade no solo.

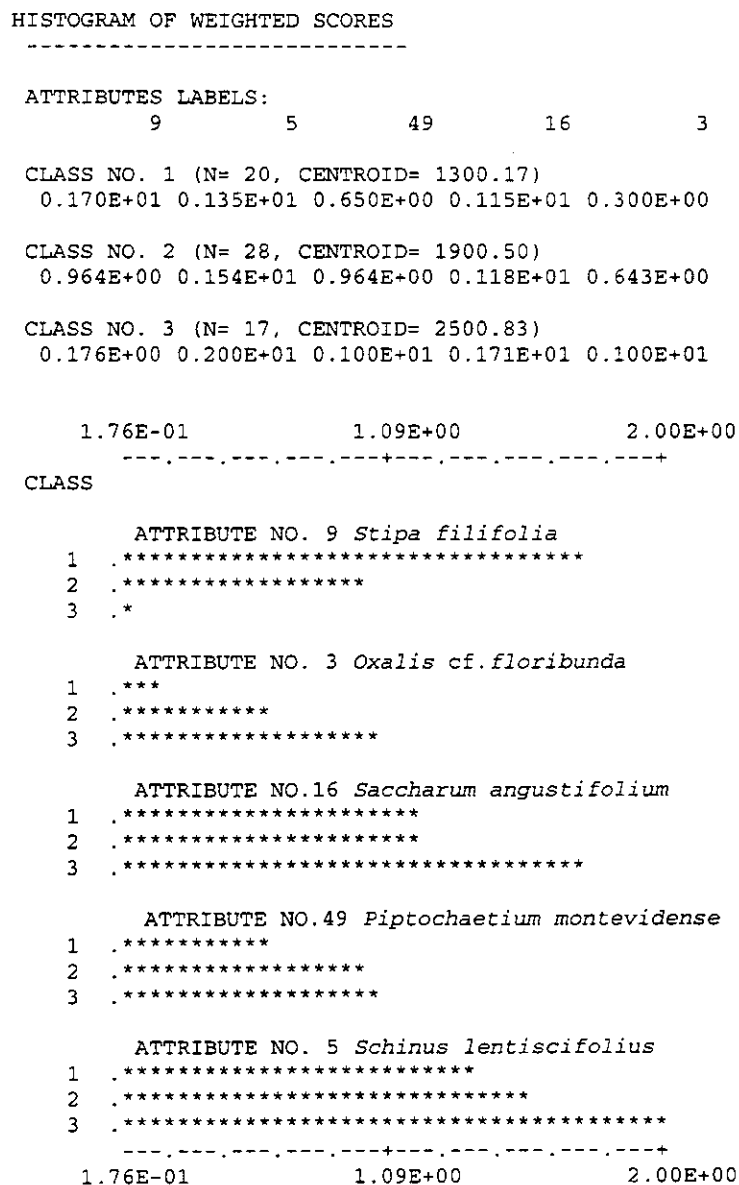


FIGURA 19 – Histograma de freqüência da ocorrência, das espécies de maior valor discriminante de grupo, nas classes de teor de umidade no solo, gerado a partir da análise de gradientes (programa *GRPR*). Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Com relação à concentração de Cu no solo na forma disponível (figura 20), observa-se que *Stipa filifolia*, *Schinus lentiscifolius* e *Saccharum angustifolium*, mostraram-se indiferentes quanto à variação deste fator. Isto é, ocorreram tanto em locais com concentração baixa, como em locais com concentrações mais elevadas, enquanto que, *Piptochaetium montevidense* ocorreu preferencialmente em locais de

concentração mediana e *Oxalis cf. floribunda* em locais com concentração baixa a mediana.

De modo geral, excetuando-se as unidades amostrais que ocorreram sobre os escombros das trincheiras, nas demais, a concentração de Cu no solo variou muito pouco, tendendo à certa homogeneidade em toda a área amostral e, portanto, não se mostrou, no presente estudo, uma boa variável ambiental que possa explicar a distribuição espacial das espécies.

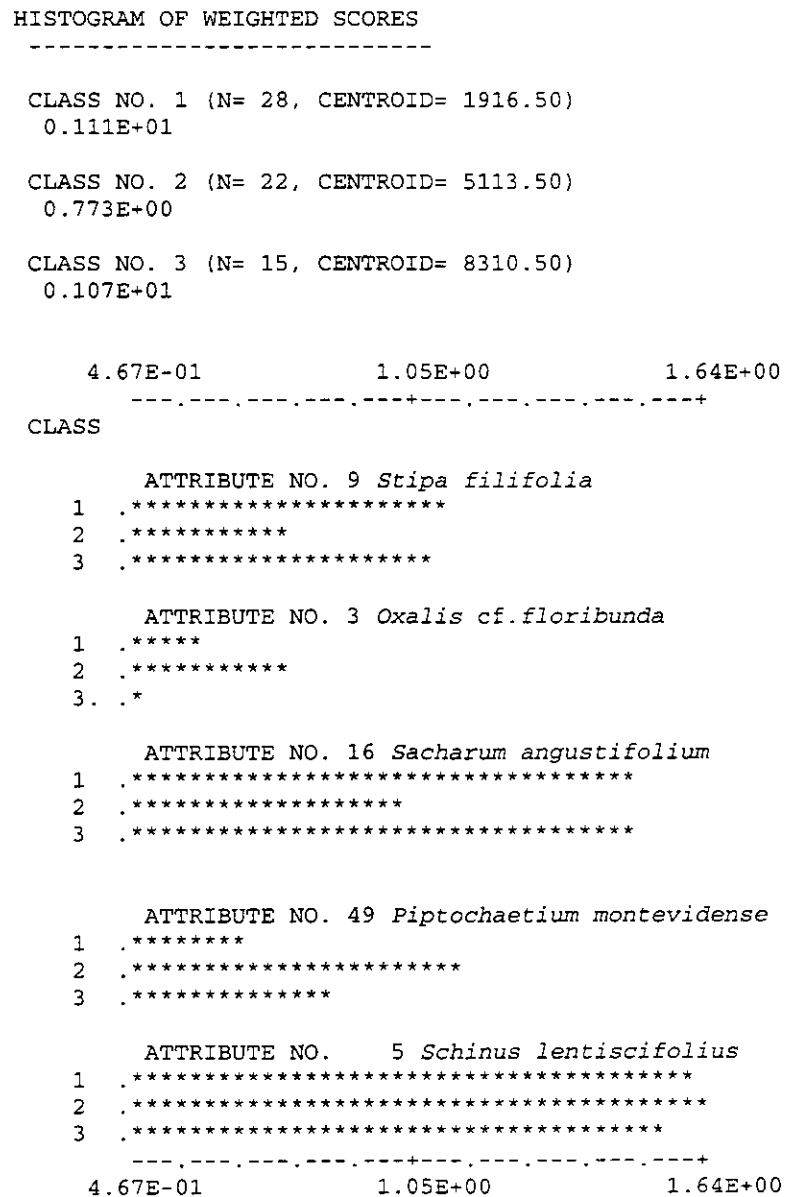


FIGURA 20 – Histograma de freqüência de ocorrência, das espécies de maior valor discriminante de grupo, nas classes de concentração de Cu no solo na forma disponível, gerado a partir da análise de gradientes (programa *GRPF*). Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

No que diz respeito à concentração de P no solo na forma disponível (figura 21), embora não tenham sido efetuadas amostras pontuais, junto às unidades amostrais, mas sim, junto aos quadrados de 20 x 20 m, observa-se que *Stipa filifolia* e *Saccharum angustifolium* ocorreram preferencialmente em locais com disponibilidade média a alta de fósforo, enquanto que *Schinus lentiscifolius*, ocorreu tanto em locais com concentração baixa, quanto em locais com concentrações médias e altas, mostrando-se indiferente quanto à variação deste fator. Já,

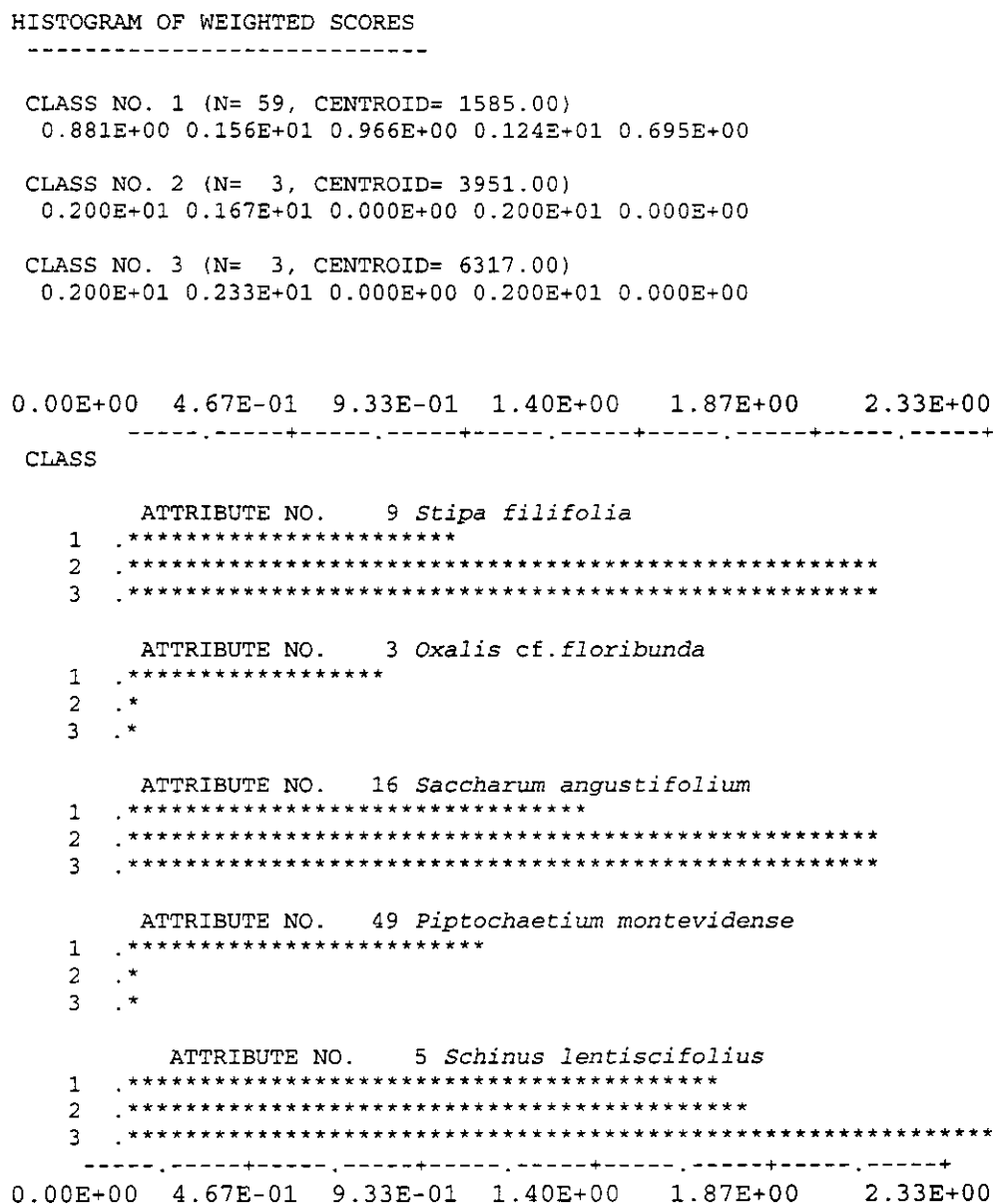


FIGURA 21 – Histograma de frequência de ocorrência, das espécies de maior valor discriminante de grupo, nas classes de concentração de P no solo na forma disponível, gerado a partir da análise de gradientes (programa *GRPR*). Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Piptochaetium montevidense e *Oxalis* cf. *floribunda* ocorreram preferencialmente nos locais onde a disponibilidade deste elemento era mais baixa.

Os resultados obtidos, evidenciam a associação entre os grupos de espécies com o teor de água no solo. Em função disto, realizou-se uma ordenação direta das unidades amostrais baseada nesta hipótese, empregando-se o programa *FUZZY*, testando-se também as hipóteses de que a distribuição das espécies na área amostral esteja associada à concentração de Cu na forma trocável no solo (já que esta é hipótese básica de trabalho do presente estudo) e a concentração de fósforo na forma disponível, conforme demonstra o anexo 14.

De acordo com Roberts (1989), este método, ao contrário de outros métodos de ordenação, requer do investigador uma hipótese sobre as relações ecológicas entre a vegetação e o ambiente, ou entre as diferentes composições vegetais antes de construir a ordenação. O resultado da ordenação serve para sustentar ou para refutar a hipótese.

Segundo Wildi (1994), a ordenação direta de dados difusos (*Fuzzy*) permite verificar, levando-se em conta uma variável ambiental medida, se existe um gradiente relacionado com os dados de vegetação; quão nítida é a correspondência entre a variável ambiental e o gradiente vegetacional e se existem, no conjunto de dados, unidades amostrais que não se enquadram em um padrão dominante.

A computação se baseia na teoria dos conjuntos indistintos e se apóia no conceito do “grau a que pertence” (mais do que em probabilidades) Roberts (1986, *apud* WILD; ORLÓCI, 1996). Dois vetores são produzidos, o primeiro contém o fator ambiental medido, mas transformado para uma escala de zero a um. O segundo vetor reflete o fator ambiental virtual, baseado na composição florística das unidades amostrais (Wildi, 1994).

A ordenação direta das unidades amostrais, com o emprego do programa *FUZZY*, com base na concentração de Cu no solo (anexo 14), mostra que o coeficiente de correlação obtido entre a variável ambiental real escolhida e a virtual ($r = - 0,001896$) além de ser negativo, é extremamente baixo, evidenciando que a distribuição das espécies na área amostral, no presente estudo, não é explicada por esta variável.

A figura 22 mostra o diagrama de distribuição das unidades amostrais, obtido a partir da ordenação pelo programa *FUZZY*, com base na variação da

concentração de Cu no solo. A unidade amostral 30, a qual posicionou-se no extremo superior do diagrama, apresentou concentração de $99,99 \mu\text{g.g}^{-1}$ de Cu no solo, enquanto que as unidades 05 e 06, as quais posicionaram-se na parte inferior do diagrama, apresentaram 318 e $506 \mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente. Entre estes três valores posicionaram-se as demais unidades amostrais, sem, no entanto, demonstrarem uma ordem lógica de ordenação, ou tendência a formar uma diagonal.

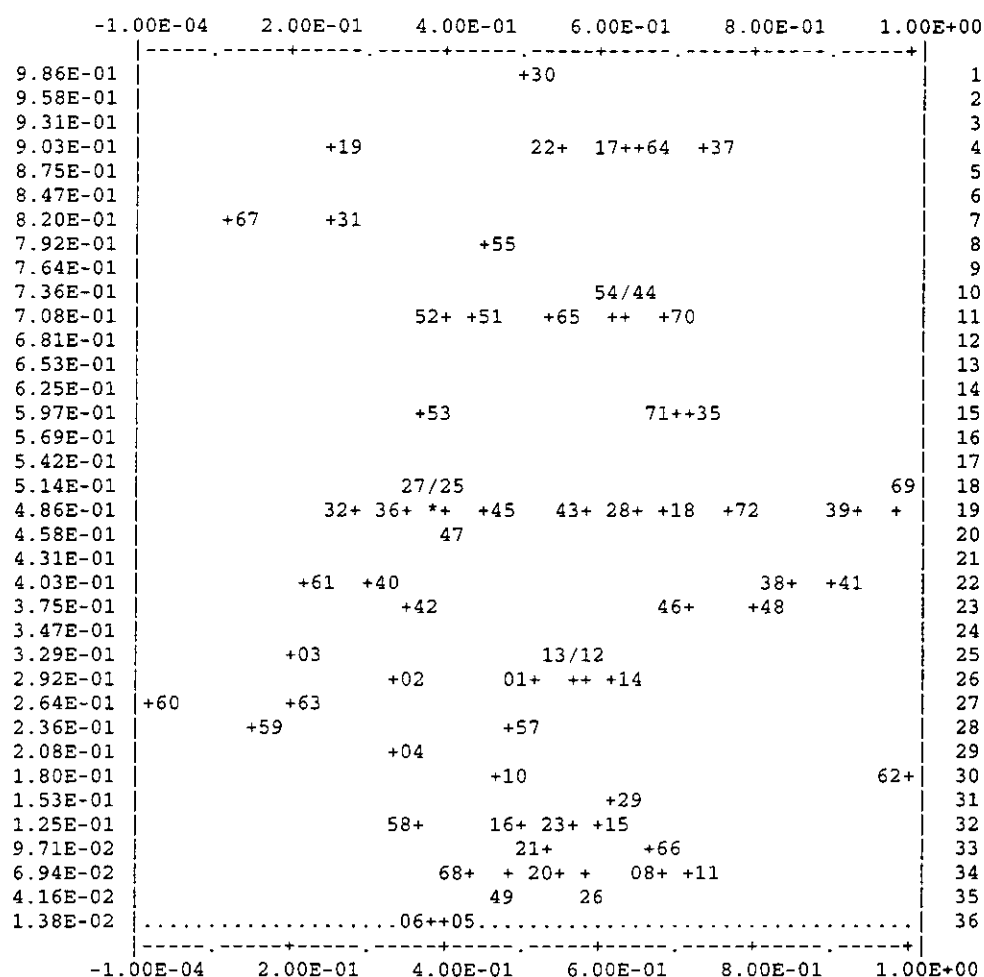


FIGURA 22 – Diagrama de ordenação das unidades amostrais pela concentração de Cu no solo na forma disponível, na área específica de estudo, por meio do programa *FUZZY*. Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Segundo Roberts (1989), pontos que se situam próximo ao limite superior do gradiente terão valores correspondentes altos no conjunto de pontos de altos valores para esta característica ambiental; enquanto que pontos que ocorram próximos ao limite inferior do gradiente, terão baixo valor correspondente no mesmo conjunto.

Deve-se ressaltar, no entanto, que os valores mais elevados de Cu no solo ocorreram exatamente nas unidades amostrais 01 ($32,3 \mu\text{g.g}^{-1}$), 02 ($32,3 \mu\text{g.g}^{-1}$), 03 ($35,9 \mu\text{g.g}^{-1}$), 04 ($24,6 \mu\text{g.g}^{-1}$), 05 ($318 \mu\text{g.g}^{-1}$), 06 ($506 \mu\text{g.g}^{-1}$), 30 ($99,9 \mu\text{g.g}^{-1}$), 31 ($82,0 \mu\text{g.g}^{-1}$), 57 ($26,0 \mu\text{g.g}^{-1}$), 59 ($26,2 \mu\text{g.g}^{-1}$), 60 ($29,8 \mu\text{g.g}^{-1}$), 61 ($41,2 \mu\text{g.g}^{-1}$) e 63 ($28,2 \mu\text{g.g}^{-1}$), as quais mostram também, os valores mais baixos de umidade no solo. Estas integram, juntamente com outras, os grupos 03 (F_3), 04 (F_4) e 05 (F_5) de unidades amostrais.

Por outro lado, verificou-se que não há relação direta entre os valores mais elevados de Cu disponível no solo, detectados nestas unidades amostrais, e os valores correspondentes de conteúdo total de Cu nas folhas de *Schinus lentiscifolius*, isto é, as duas variáveis são virtualmente independentes, conforme discutiu-se no item 4.2.

Observando-se as anotações de campo, verificou-se que as unidades amostrais acima referenciadas, localizaram-se adjacentes a trincheira principal, aberta longitudinalmente na parte central da área amostral, ou sobre escombros retirados desta e de outras trincheiras que se distribuem transversalmente à trincheira principal. Isto evidencia dois fatos importantes: o primeiro é que ao se expor às camadas de solo ou rocha que estão depositadas diretamente sobre, ou acima do filão de Cu, acelera-se o intemperismo, aumentando-se a disponibilidade de Cu no solo; o segundo fator, é que um solo que tenha seu perfil natural invertido (pela escavação) tem naturalmente a capacidade de retenção de água diminuída.

O grupo de espécies associadas que se delineou junto a estes locais ocorreu de forma mais compacta, justamente junto aos grupos de unidades amostrais 03 (F_3), 04 (F_4) e 05 (F_5), exatamente onde registrou-se os teores mais baixos de umidade no solo.

Particularmente nas unidades amostrais 05 e 06, onde registraram-se os valores mais elevados de Cu no solo (318 e $506 \mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente), os valores de Cu nas folhas de *S. lentisfolius* foram extremamente baixos ($3,82$ e $3,40 \mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente). Merece destaque ainda, o fato de que os escombros retirados da trincheira principal, sobre os quais localizou-se parcialmente a unidade amostral 05, estavam desprovidos de vegetação.

Por outro lado, nas unidades amostrais 30 e 31 (F_4), 57, 59 e 60 (F_3), 61 e 63 (F_5) e 62 (F_2), os escombros retirados das trincheiras estavam recobertos por

vegetação, não demonstrando, visualmente, sinais de diferenças na composição florística, nem tampouco sinais de clorose, necrose nas folhas, aumento de pilosidade ou diferenças na coloração dos folíolos de *S. lentiscifolius*, assim como outro sintoma que pudesse evidenciar toxicidez causada pelo Cu. Reforça-se novamente o fato de que valores elevados de Cu no solo, não indicaram pelo menos para *S. lentiscifolius*, valores correspondentemente altos.

Ressalta-se, todavia, que as unidades amostrais integrantes do grupo 04 (F₄), com exceção da unidade amostral 36, localizaram-se em cota do terreno abaixo da cota da trincheira principal, aberta no centro da área. Atribui-se esta tendência, ao fato de que, por questões operacionais, ao ser aberta uma “vala” com retroescavadeira, geralmente o operador tende a depositar os escombros à direita ou à esquerda da mesma. Como no presente caso, a trincheira foi aberta acompanhando a encosta da coxilha, facilita-se o trabalho de operação da máquina, ao depositar-se os escombros em uma cota mais baixa do que a cota da abertura da “vala”.

Este fato, fez com que as unidades amostrais que se localizaram sobre os escombros da trincheira principal, assim como das trincheiras secundárias, apresentassem as concentrações de Cu disponível no solo mais elevadas, pela exposição atmosférica das camadas de rocha que estão em contato direto com o corpo mineralizado, e não pelo fato de estarem em uma cota mais baixa do que a cota do filão, o que levaria a pensar na possibilidade de contaminação secundária, pela deposição superficial de material, oriundo das partes mais elevadas do relevo.

Na análise estatística, nos casos em que haja uma grande amplitude de variação nos dados, recomenda-se que se faça a normalização dos mesmos, ou que se elimine da análise propriamente dita aqueles valores discrepantes (*outliers*).

Como no presente estudo atingiu-se suficiência amostral com menos de 50% das unidades amostrais (33), optou-se por eliminar aquelas que ocorreram sobre os escombros das trincheiras, uma vez que esta não é a situação natural da área de estudo. Eliminou-se, deste modo, 14 unidades amostrais, cujos valores de concentração de Cu no solo eram os mais elevados e discrepantes, procedendo-se então nova análise de ordenação de dados difusos (*FUZZY*) (anexo 15).

Nesta nova análise, a ordenação das unidades amostrais, com base na concentração de Cu no solo, mostrou que o coeficiente de correlação ($r = 0,2048$) elevou-se um pouco, no entanto, ainda é considerado baixo, já que varia de 0 a 1,0,

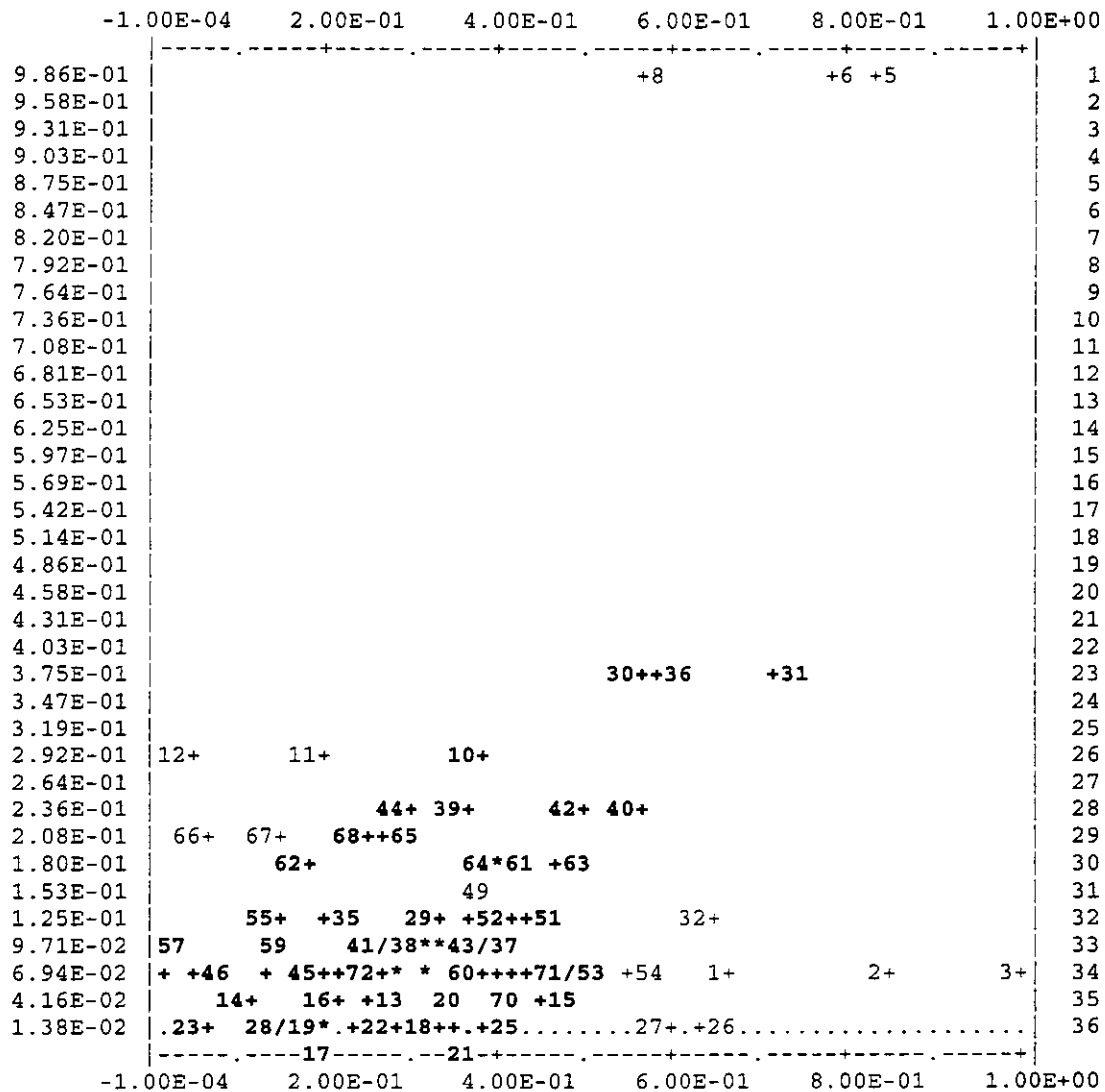
o que novamente reforça a suposição de que a concentração de Cu disponível no solo, não esteja condicionando a distribuição da vegetação.

Quanto à ordenação direta das unidades amostrais, com base na disponibilidade de fósforo, verifica-se uma sutil correlação entre a variável ambiental real escolhida e a variável ambiental virtual, uma vez que obteve-se o coeficiente de correlação $r = 0,4016$ entre as mesmas (anexo 14). A concentração de fósforo no solo (conforme discutiu-se nos itens 4.1 e 4.2) pode, portanto, ser uma das variáveis que está determinando a distribuição dos grupos de espécies na área amostral,

A figura 23 esboça o diagrama de distribuição das unidades amostrais, obtido a partir da ordenação pelo programa *FUZZY*, com base na variação da concentração de fósforo disponível no solo. As unidades amostrais 08, 06 e 05, as quais pertencem ao quadrado 29, apresentaram a concentração mais elevada dentre as unidades amostrais ($75,00 \mu\text{g.g}^{-1}$) e posicionaram-se no extremo superior do diagrama, isolando-se das demais.

As unidades amostrais 30, 36 e 31 (quadrado 29), mostraram o segundo maior valor de concentração de fósforo disponível no solo ($31 \mu\text{g.g}^{-1}$), posicionando-se do meio para baixo, mais a direita, no diagrama (figura 23). Já as unidades amostrais 18, 22 e 23 (quadrado 35), 17, 19, 20, 21 (quadrado 34), 25, 26, 27 e 28 (quadrado 22), as quais apresentaram as concentrações de 4,2, 4,8 5,0 $\mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente (anexo 2) posicionaram-se na base do diagrama. Entre estes extremos, posicionaram-se as demais unidades amostrais, demonstrando uma sutil ordenação lógica, tendendo a formar uma diagonal.

Verifica-se ainda na figura 23, que as unidades amostrais integrantes do grupo (F_4) da tabela rearranjada 11, posicionaram-se à direita e na parte média do diagrama, enquanto que as unidades amostrais integrantes do grupo 4 (F_1) posicionaram-se na parte inferior e à esquerda do diagrama, próximo à unidade amostral 23. Entre estes dois extremos, a concentração de fósforo no solo variou de muito baixa a baixa (à esquerda e abaixo do diagrama - unidades amostrais 23, 28 e 19), até média a suficiente (na parte média à direita do diagrama – unidades amostrais 30, 36 e 31).



Linha 34: a 6ª + representa a U.A 48 e, os * * correspondem as U.A n. 58/47e 69/4 respectivamente

FIGURA 23 – Diagrama de ordenação das unidades amostrais pela concentração de fósforo no solo na forma disponível, na área específica de estudo, por meio do programa *FUZZY*, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Quanto à ordenação direta das unidades amostrais pelo programa *FUZZY*, com base no teor de água no solo (anexo 14), observa-se que o coeficiente de correlação obtido ($r = 0,5805$) explica razoavelmente a distribuição das espécies na área amostral.

A unidade amostral 43, situada em local com teor de água medido mais elevado (28,10%), posicionou-se na parte superior do diagrama (figura 24), enquanto que as unidades 06, 63, 40 e 35, situadas em locais com os menores teores de água (10,9%, 10,8%, 10,0% e 10,8% respectivamente, anexo 1a), posicionaram-se na parte inferior. Entre estes extremos, posicionaram-se as demais unidades amostrais.

De modo geral, na figura 24, as unidades amostrais integrantes dos grupos 01 (F_1) e 02 (F_2), posicionaram-se à direita, na parte superior do diagrama, próximo da unidade 43, enquanto que as unidades amostrais integrantes do grupo 04 (F_4) posicionaram-se na parte inferior e a esquerda do diagrama, próximo a unidade amostral 06. Entre estes dois extremos, há uma forte tendência à formação de uma diagonal o que, segundo Wildi (1994) e Wildi; Orlóci (1996), explica o estabelecimento de um gradiente, reforçando a hipótese de que o teor de água no solo é o principal fator determinante da distribuição das espécies na área amostral, podendo-se associá-la à variável canônica 01 da tabela 14.

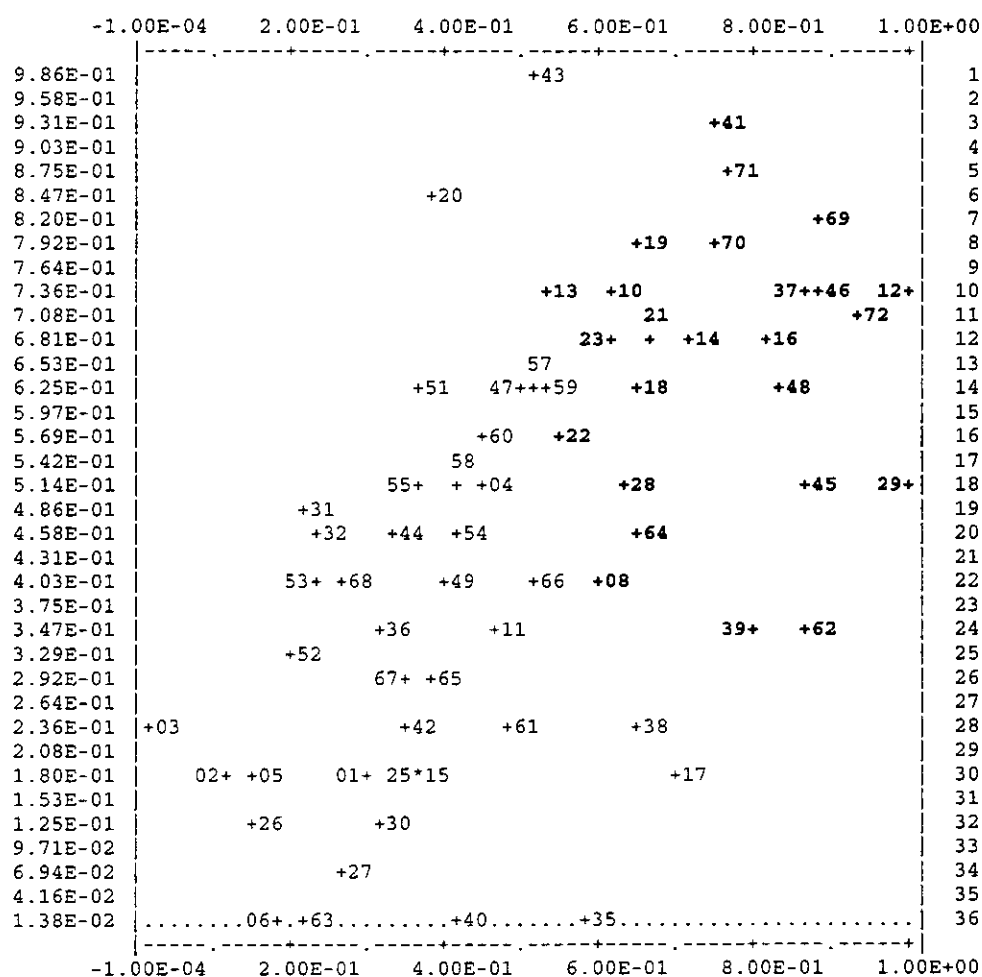


FIGURA 24 – Diagrama de ordenação das unidades amostrais pelo teor de água no solo, por meio da rotina *FUZZY*. Números em negrito, representam as unidades amostrais integrantes dos grupos 01 (F_1) e 02 (F_2). Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

O cruzamento dos diagramas 23 (fósforo) e 24 (umidade), esboçados com base na ordenação de dados difusos (*FUZZY*), reforçados pelas correlações $r =$

0,5805 e $r = 0,4016$ (anexo 14) entre as variáveis ambientais reais (umidade e teor de fósforo no solo, respectivamente) e a variável virtual criada pelo algoritmo, explicam a distribuição da vegetação na área estudada, em bases estatísticas.

Com relação às demais variáveis ambientais, medidas em campo (distância do filão e posição da unidade amostral em relação ao filão em nível acima ou abaixo deste), verificou-se que os resultados obtidos não seguem padrão definido (não há linearidade nos dados), dificultando a visualização de um possível gradiente, não sendo, portanto, boas variáveis que possam ser utilizadas para explicar a distribuição das espécies nas unidades amostrais, consideradas na abrangência dessa área de estudo.

Quanto à concentração de Cu nas folhas de *S. lentiscifolius*, em função dos baixos valores de concentração detectados, considera-se que não esteja influenciando o estabelecimento de outras espécies, uma vez que o transporte deste elemento para as camadas superficiais do solo, que poderia determinar a distribuição de espécies herbáceas, parece não ser um fator limitante, uma vez que detectou-se valores extremamente baixos de Cu junto aos indivíduos de *S. lentiscifolius*, ainda mais se levarmos em conta que é uma área de ocorrência de mineralizações.

Fica claro, pelas observações, que a distribuição da vegetação na área amostral, assim como no âmbito da Mina Volta Grande e entorno, está condicionada pela atuação de outros fatores ambientais, que embora não tenham sido medidos, manifestam-se por meio da associação das espécies.

Entre os fatores edáficos, ressalta-se, principalmente, a tênue profundidade do solo, os afloramentos rochosos, a presença de corpos mineralizados e a liberação de íons metálicos destes, na forma trocável no solo, como Pb, Cu, Ar, Au, As, entre outros.

Muito embora, particularmente o elemento Cu, não tenha se comportado como uma variável ambiental limitante para *Schinus lentiscifolius* (espécie teste), pelo menos na área de estudo, o mesmo não pode ser dito para outros metais, os quais estão presentes no solo da Mina Volta Grande e entorno, conforme destacam Lisboa (1976), Porto (1981, 1986, 1989a, 1989b), Lima e Cunha (1980, 1982), Horbach *et al.* (1986), entre outros, pelo simples fato de não terem sido medidos, uma vez que o trabalho fundamentou-se na hipótese de que o cobre seria o principal elemento condicionador da distribuição da vegetação nesta área.

Quanto aos fatores antrópicos condicionantes da distribuição e fisionomia da vegetação, pode-se exemplificar o manejo dos campos, por corte (roçado), pelo fogo natural e ateado ao campo, para apressar o rebrotamento de espécies forrageiras, pelo corte seguido de queima de espécies arbustivas e arbóreas, para conter o avanço destas sobre os campos, assim como as atividades agrícolas e a alteração do perfil natural do solo, pelas atividades de pesquisa mineral e a mineração propriamente dita.

4. 3.4 – Mapeamento dos grupos de espécies associadas na área amostral

A partir de observações no campo, procedeu-se o mapeamento da distribuição das manchas homogêneas da vegetação, afloramentos rochosos, escombros retirados de trincheiras e trincheiras abertas, ocorrentes na área amostral.

No laboratório, transferiram-se estas informações para um mapa base (escala 1:100), digitalizando-se cada mancha, representada por seus respectivos dominantes fisionômicos, assim como por aglomerados de indivíduos da mesma espécie (figura 25), identificando-as por meio da construção de uma tabela de atributos identificadores (ID) numerados de 1 a 33, a qual é armazenada como banco de dados internos dos programas de geoprocessamento utilizados.

Baseado no delineamento dos grupos e sub-grupos de espécies associadas, obtido na análise fitossociológica (tabela 11), criou-se uma nova tabela de atributos identificadores (ID), numerados de 1 a 5 correspondendo as seguintes categorias: 1 - espécies componentes da "unidade de vegetação A" – *Eryngium horridum* – *Stipa filifolia*, e da "sub-unidade de vegetação A (I)" – *Eryngium horridum* – *Saccharum angustifolium*; 2 – espécies integrantes da "unidade de vegetação B" – *Schinus lentiscifolius* – *Baccharis trimera*, e da "sub-unidade de vegetação B (I)" – *Schinus lentiscifolius* – *Axonopus affinis*; 3 – espécies integrantes da "unidade de vegetação – C" *Piptochaetium montevidense* - *Paspalum notatum*; 4 – espécies de ocorrência casual, isto é, espécies que embora não tenham aparecido na amostragem fitossociológica, ocorrem na área esporadicamente, porém com grande cobertura e; 5 – manchas representadas pelos afloramentos rochosos, escombros retirados das trincheiras e as próprias trincheiras abertas.

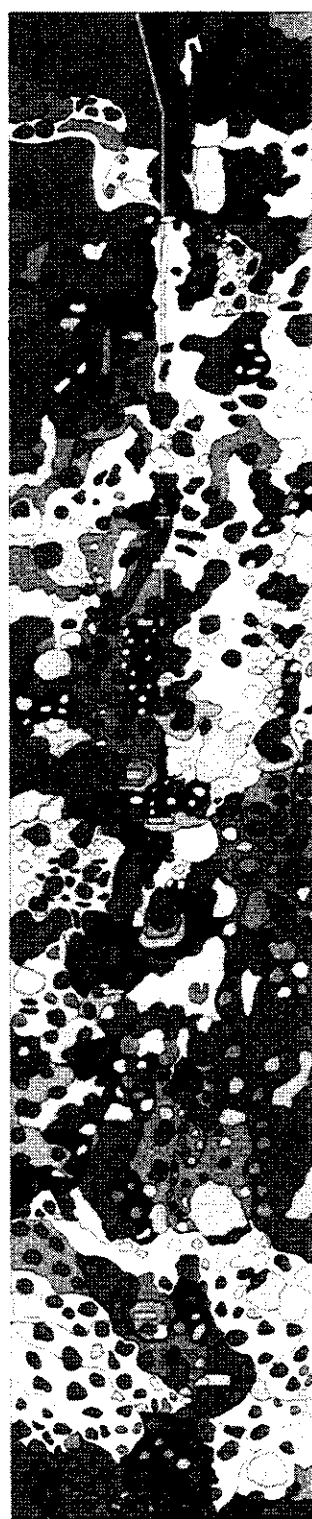
Com base nesta nova tabela de atributos identificadores, agruparam-se as manchas individuais mapeadas em campo, mantendo seus limites originais, porém, como receberam o mesmo atributo identificador, passaram a integrar uma nova categoria, a qual identifica a respectiva “unidade” e “sub-unidade” de espécies associadas, a que cada “mancha” pertence, caracterizada por cores diferentes, correspondendo às novas categorias, as quais os grupos e subgrupos de espécies estão enquadradas (figura 26).

Verifica-se claramente na figura 26, a dominância de dois padrões principais, caracterizados pelos grupos **A** e **B** e seus respectivos sub-grupos de espécies associadas, os quais refletem nitidamente a fisionomia da savana aberta, caracterizada pela presença de dois estratos vegetais distintos e pela distribuição quase que regular dos indivíduos de *S. lentiscifolius*, ligeiramente arredondados, dando a impressão de serem grãos de pimenta disseminados no campo, conforme destaca Rambo (1994).


































Observa-se ainda que o grupo de espécies associadas **A** – *Eryngium horridum* – *Stipa filifolia*, bem como seu sub-grupo **A (I)** – *Eryngium horridum* – *Saccharum angustifolium* (cores amarela e creme respectivamente) delinearão-se preferencialmente junto ao filão principal, enquanto que o grupo **B** – *Schinus lentiscifolius* – *Baccharis trimera* (cor verde berílio) e seu respectivo subgrupo de espécies associadas **B (I)** – *Schinus lentiscifolius* – *Axonopus affinis* (cor verde escuro) distribuí-se aleatoriamente, em toda a área amostral. Verifica-se ainda, que os limites entre estas duas unidades principais são bem nítidos.

Atribui-se o fato da distribuição dos grupos de espécies associadas **A** e **A (I)** estar próxima e sobre o filão principal na parte mais elevada da área, aos baixos teores de água no solo, em função da abertura da trincheira sobre o mesmo, o que leva à drenagem da água para dentro desta, nos espaços imediatamente adjacentes a sul e, à baixa capacidade de retenção de água dos escombros, nos espaços imediatamente adjacentes a norte (figura 26).

Na parte mais baixa da área (porção sul), embora a trincheira principal não esteja aberta, verifica-se que o relevo muda abruptamente (conforme demonstra a figura 12), caracterizado por uma encosta íngreme, com muitos afloramentos rochosos (figura 26), o que favorece o escoamento superficial da água e dificulta a retenção da mesma nas camadas superficiais do solo.



Legenda

-  *Schinus lentiscifolius*
-  *Ocotea acutifolia*
-  *Schinus polygamus*
-  Escombro retirado da trincheira
-  Trincheira aberta
-  *Baccharis trimera*
-  *Stipa filifolia* e *Eryngium horridum*
-  *Stipa filifolia*
-  *Eryngium horridum*
-  *Schizachyrium microstachyum*
-  *Saccharum angustifolium*
-  *Schizachyrium microstachyum* e *Eryngium horridum*
-  *Heterothalamus alienus*
-  *Baccharis dracunculifolia*
-  *Paspalum notatum*
-  *Mimosa ranulosa*
-  *Baccharis trimera*, *B. articulata* e *Schizachyrium microstachyum*
-  *Axonopus affinis* e *Eryngium horridum*
-  *Baccharis articulata*
-  *Aloysia gratissima*
-  *Axonopus affinis*
-  *Aristida jubata*
-  *Senecio brasiliensis*
-  *Lantana lundiana*
-  *Schinus molle*
-  *Paspalum notatum* e *Senecio brasiliensis*
-  Afloramento rochoso
-  *Paspalum* sp.
-  *Paspalum notatum* e *Eryngium horridum*
-  *Butia capitata*
-  *Sorghastrum setosum*
-  *Zanthoxylum rhoifolia*
-  *Allophylus edulis*

20 0 20 40 metros

Figura 25 - Croqui da distribuição espacial das manchas homogêneas de vegetação, afloramentos rochosos, trincheiras abertas e escombros retirados da abertura de trincheiras, na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do sul, RS.

Descarta-se a hipótese da concentração do Cu estar condicionando a distribuição das manchas de vegetação na área de estudo (figura 26 e tabela 11), em função dos baixos teores disponíveis detectados no solo, assim como os teores totais detectados nas folhas de *S. lentiscifolius*. No entanto, em relação aos outros metais pesados, que podem estar ocorrendo junto ao Cu, nada se pode dizer, uma vez que não foram estudados, podendo, portanto, estar condicionando a distribuição da vegetação, os quais deverão ser objeto de outros estudos.

Além dos aspectos bióticos e abióticos, já discutidos, os quais possivelmente podem estar determinando as associações dos grupos de espécies, merece destaque, ainda, o modo como o método de amostragem (Método de Pontos, com uso de agulha isolada) foi empregado, utilizando-se apenas o primeiro toque de cada estrato na análise fitossociológica. Este procedimento favorece o registro de algumas espécies e não de outras. Por exemplo, aquelas espécies que são preferidas pelo gado são prejudicadas, pois são “pastejadas” enquanto que as espécies mais fibrosas, não tão palatáveis, podem crescer livremente e devido a isto terem sido favorecidas na amostragem, e por conseguinte, influenciando na determinação dos grupos de espécies associadas na tabela estruturada (tabela 11).

Outras espécies como *Cyperus cf. lanceolatus*, apresentam uma haste floral longa e delgada, com a inflorescência pesada, fazendo com que a haste se curve. Esta espécie somente foi registrada e, inclusive, com alta frequência, naqueles locais onde havia arbustos entouceirados que a protegiam do pastejo, ou ofereciam suporte para sua longa haste floral, fazendo com que fosse tocada pela agulha e registrada na amostragem.

Em situação similar estão as espécies *Smilax campestris* e *Axonopus compressus*. A primeira espécie é do tipo apoiante, necessitando indivíduos arbustivos-arbóreos para se desenvolver. Caso esteja localizada em local aberto, tem desenvolvimento reduzido, ou estende-se horizontalmente entre espécies herbáceas, tendo menores chances de ser tocada pela agulha na amostragem. Já, *Axonopus compressus* demonstrou em campo, melhor desenvolvimento quando se encontrava protegida do pastejo e sobretudo, a sombra de outras espécies.

Além disso, computou-se somente um único toque em cada estrato, o que impediu o registro de uma série de espécies que estão ocorrendo na área, e no entanto não foram registradas. Caso tivessem sido computadas todas as espécies

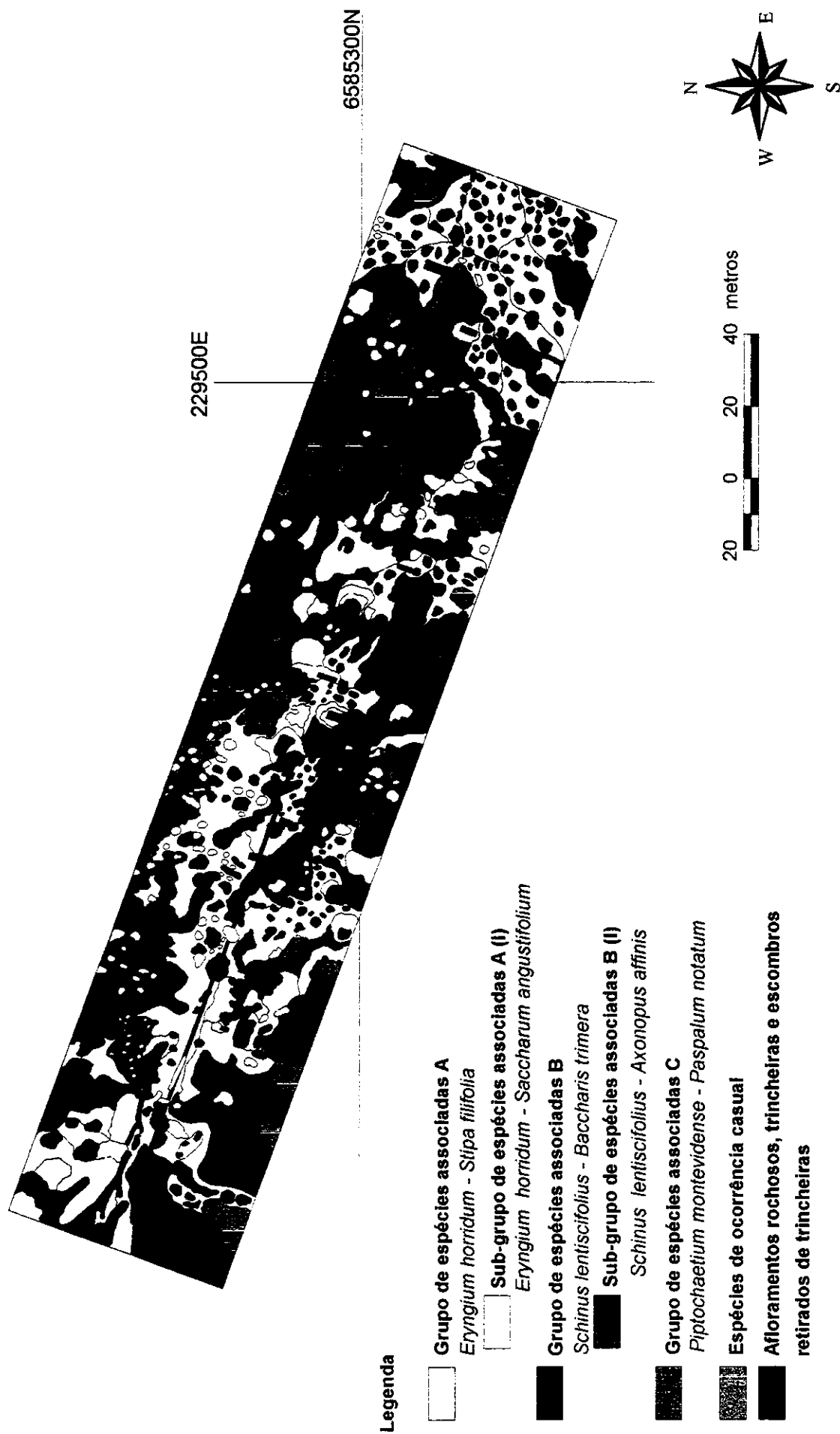


FIGURA 26 - Distribuição espacial dos grupos e sub-grupos de espécies associadas, afloramentos rochosos, trincheiras abertas, escombros retirados da abertura de trincheiras, na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

tocadas pela agulha em cada respectivo estrato, certamente teríamos a formação de grupos de espécies associadas, distintos dos registrados.

4.3.5 – Geoprocessamento

4.3.5.1 – A área delimitada para o geoprocessamento

Delimitou-se a poligonal de 1.442,52 km², compreendida entre as coordenadas (UTM) x = 191895 a 252000 E e y = 6574000 a 6598000 N (figura 13), com o objetivo de verificar o uso e cobertura do solo no âmbito da microbacia do arroio Camaquã das Lavras, que drena a área da Mina Volta Grande, assim como comparar a situação desta microbacia em relação ao seu entorno, principalmente, no que diz respeito à cobertura vegetal e à resposta espectral desta. Para tanto, delimitou-se primeiramente o polígono da microbacia do arroio Camaquã das Lavras, tomando-se como base os divisores de água. Arbitrou-se que os limites norte, sul e oeste da poligonal deveriam avançar pelo menos, uma quadrícula a mais na respectiva folha da Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil – DSG - Ministério do Exército Brasileiro (BRASIL;1975a, 1975b, 1975c, 1975d, 1975e, 1975f) em relação aos limites do polígono da microbacia. Quanto ao limite leste, tomou-se como base a junção do arroio Camaquã das Lavras com o arroio do Hilário e a junção deste com o rio Camaquã, obtendo-se assim os limites da poligonal e uma melhor localização espacial regional, que facilita a leitura dos mapas gerados (figura 27).

A microbacia do arroio Camaquã das Lavras, cujas nascentes estão localizadas na porção noroeste da poligonal delimitada, junto à Coxilha do Taboleiro, a uma altitude de 450 m, drena a área de aproximadamente 319,9 Km², no sentido oeste-leste percorrendo em linha reta aproximadamente 42 km, desemboca no arroio do Hilário, a uma altitude de 160 m, o qual é contribuinte do rio Camaquã.

Está composta por 85 sub-bacias de tamanhos variáveis, mapeadas nas bases cartográficas da Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil – DSG – Ministério do Exército Brasileiro (BRASIL;1975a, 1975b, 1975c, 1975d, 1975e, 1975f), (figura 27). No entanto, ao analisar-se os pares aerofotogramétricos específicos da área da Mina Volta Grande, na escala 1:60.000 (BRASIL; 1996a, 1996b), assim como, percorrendo-se a área estudada, verifica-se a ocorrência de uma série de nascentes, as quais não estão mapeadas nas referidas cartas, em função da escala,

Rede Hidrográfica da Microbacia do Arroio Camaquã das Lavras e Entorno

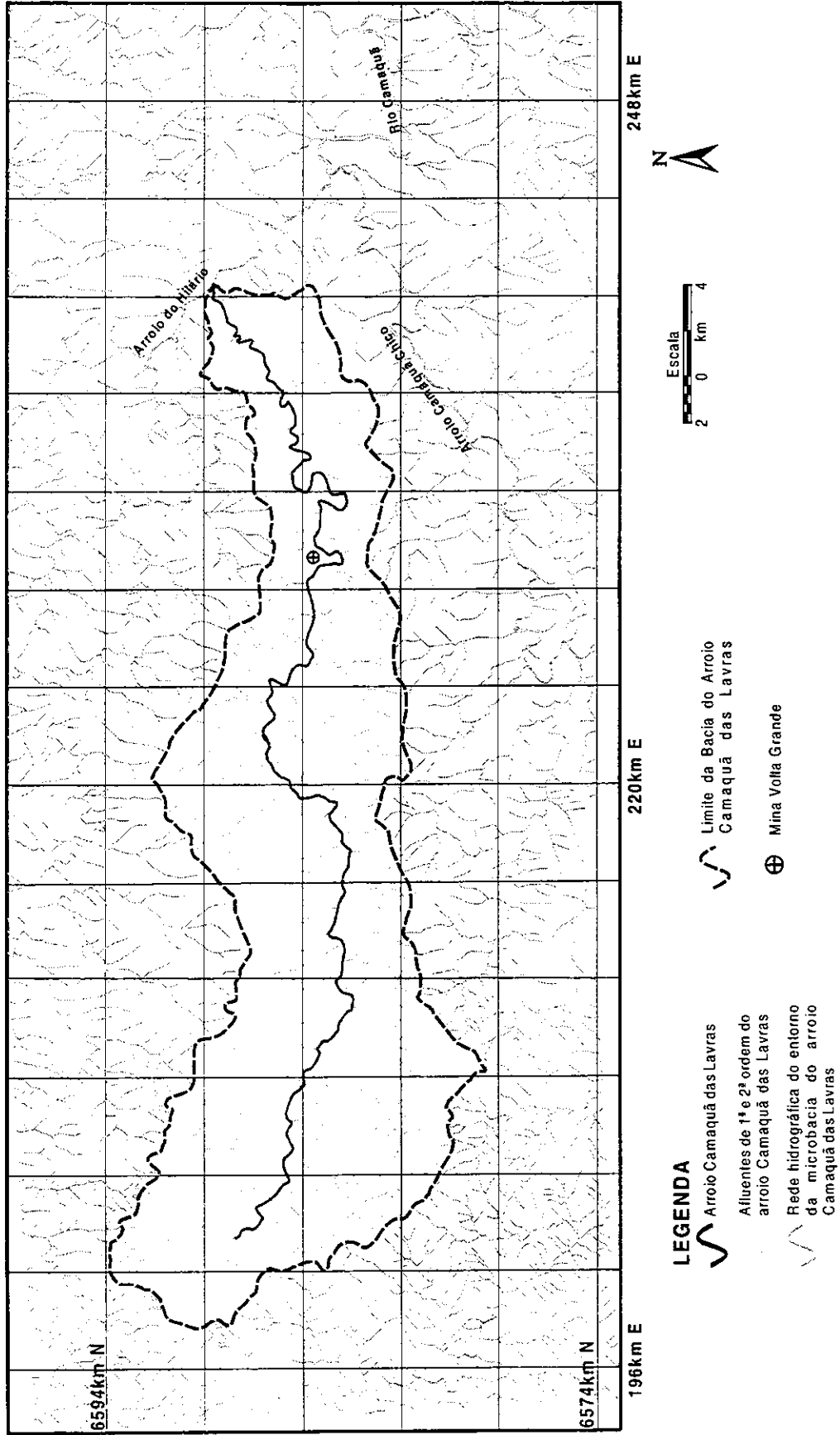


FIGURA 27 – Rede hidrográfica da poligonal de 1442,5 km² delimitada para os trabalhos de geoprocessamento, com destaque à microbacia do arroio Camaquã das Lavras e suas respectivas subbacias.

mas que são de suma importância na determinação do mosaico de uso e cobertura do solo que ora se esboça.

À noroeste da microbacia, junto às nascentes, ocorrem afloramentos rochosos em forma de maciço, ocupando grande parte da mesma. À Nordeste, na desembocadura do arroio Camaquã das Lavras, junto a planície do arroio do Hilário, ocorrem áreas de várzea.

Em grande parte da área desta microbacia, assim como, nas microbacias adjacentes, ocorrem mineralizações de Cu, Pb, Au, Ar e de outros metais raros, conforme destacam Gavronski *et al.* (1969 *apud* HORBACH, 1986), Porto (1981; 1986; 1989a, 1989b), Horbach (1986), entre outros, disseminados na rocha e na forma de filões. A presença destes depósitos minerais, o tipo de relevo e os tipos de solos definem, em última análise, o tipo de cobertura e uso do solo na abrangência da microbacia, assim como na poligonal.

4.3.5.2 – O modelo digital do terreno (MDT)

A modelagem numérica do terreno (MNT), também conhecida como modelagem digital de terrenos (MDT), possibilita a obtenção de resultados qualitativos sobre a distribuição de um fenômeno no espaço tri-dimensional, sem a necessidade de trabalhar com todos os dados originais (ROSIM *et al.*, 1993).

Consiste na metodologia de *hardware/software* para coleta, processamento e representação de dados de uma determinada superfície, de forma a representar digitalmente um conjunto de pontos que mais fielmente se aproxime da superfície (ANTUNES, 1993; CINTRA *et al.*, 1993).

O processamento de um modelo digital do terreno é essencialmente baseado num banco de dados estruturados na forma de grade, ou de rede irregular de triângulos, que possua coordenada X,Y e Z de pontos de uma superfície (ANTUNES, 1993).

De modo geral, os modelos topográficos são gerados a partir de três fontes básicas de dados: levantamento de campo direto, restituição fotogramétrica e digitalização de mapas existentes (LILLESAND; KIEFFER, 1987). Segundo estes autores, a precisão do DTM gerado a partir de mapas existentes é baixa, sobretudo se derivados a partir de contornos, em média e pequena escala.

A partir da delimitação da poligonal para o geoprocessamento, procedeu-se a digitalização das curvas de nível a partir das folhas da Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil – DSG - Ministério do Exército Brasileiro (BRASIL; 1975a, 1975b, 1975c, 1975d, 1975e, 1975f), gerando-se os arquivos para elaboração do Modelo Digital do Terreno (MDT), que pode ser visualizado na figura 28.

Verifica-se, nesta figura, que a área delimitada para o geoprocessamento, apresenta três padrões de relevos distintos. O primeiro pode ser caracterizado como do tipo “altiplano”, o qual compreende as áreas mais altas e achatadas, localizadas principalmente a noroeste da poligonal, junto a Coxilha do Taboleiro. O segundo padrão ocorre por toda a área e é caracterizado por elevações íngremes, cortadas principalmente pelo arroio Camaquã das Lavras e o terceiro padrão está localizado à nordeste da poligonal e se caracteriza por áreas planas, baixas, principalmente junto ao arroio do Hilário e rio Camaquã.

4.3.5.3 – Classificação supervisionada da imagem Landsat - TM 5

A classificação supervisionada pressupõe a criação de arquivos de assinatura, os quais armazenam as informações estatísticas a respeito dos valores de reflectância dos *pixels* nos conjuntos de treinamento (Eastman, 1998).

Qualquer número de áreas de treinamento, ou polígonos com o mesmo identificador, podem ser criados para cada tipo de cobertura. O autor, *op. cit.*, recomenda que, via de regra, o número de *pixels* de cada conjunto de treinamento (isto é, todas as áreas de treinamento para uma única classe de cobertura do solo), não deveria ser menor do que dez vezes o número de bandas utilizadas para a classificação. Sendo assim, no presente estudo, cada conjunto de treinamento, deve ter no mínimo o tamanho de 30 *pixels*.

O local de coleta de cada assinatura espectral deve ser o mais homogêneo possível, fazendo-se com que *pixels* diferentes não sejam amostrados, evitando-se, deste modo, que alvos diferentes sejam incluídos em uma mesma categoria de uso e cobertura do solo.

Conforme recomendações de Eastman (1998), identificou-se as diferentes coberturas do solo, registradas na composição colorida 345 das imagens Landsat - TM 5, órbita ponto 222.081 de 10/12/1995 (LANDSAT, 1995) e órbita ponto 223.81 de 28/07/1996 (LANDSAT, 1996), ocorrentes na poligonal de 1442,5 km² (figura 29).

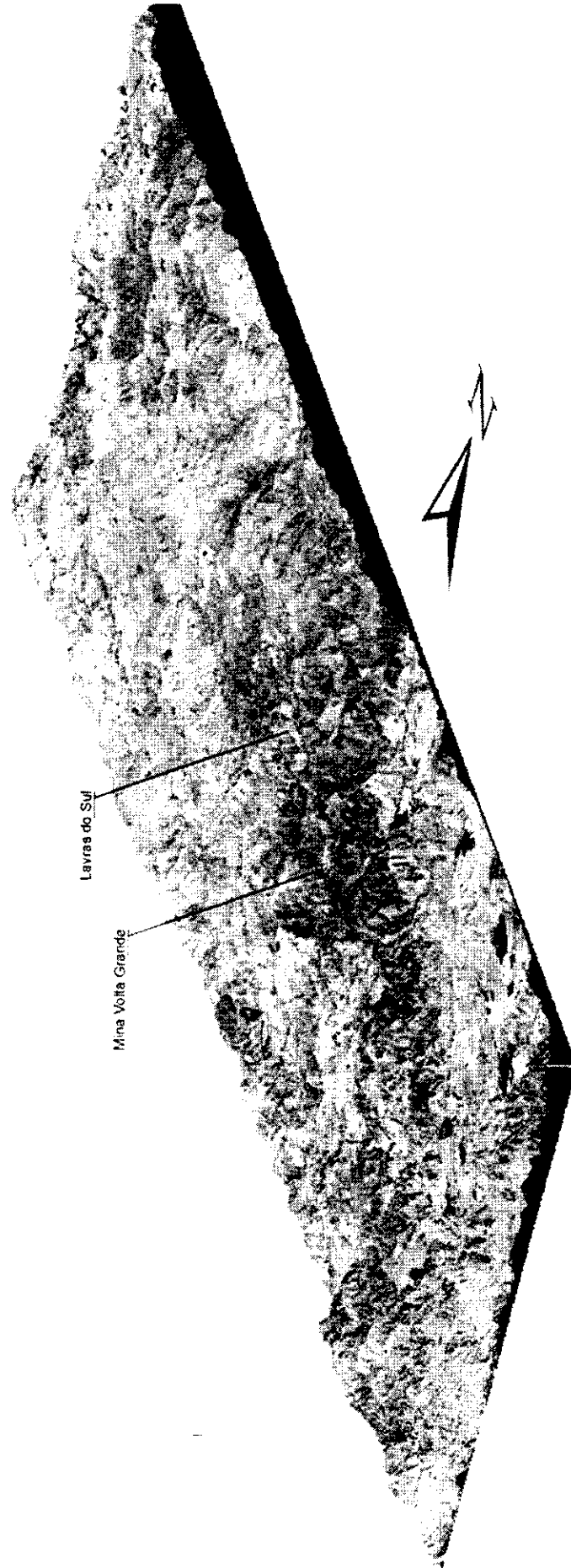


FIGURA 28 -- Croqui do modelo Digital do Terreno (MDT), na área de abrangência da poligonal de 1442,5 km², delimitada para os trabalhos de geoprocessamento, Lavras do Sul, RS.

Utilizou-se também, parcialmente, a fotointerpretação estereoscópica da área da Mina Volta Grande, executada por Frizzo (2002) e Sippel¹, que identificaram 08 unidades fisionômicas homogêneas da vegetação (figura 30).

Verificou-se a ocorrência predominante de 12 classes de cobertura do solo, representadas por áreas homogêneas, nas quais coletou-se as assinaturas espectrais na imagem Landsat -TM 5 (tabela 16).

TABELA 16 – Classes de uso e cobertura do solo identificadas no presente estudo na área da poligonal de 1442,5 km² e, as unidades fisionômicas correspondentes, identificadas por Frizzo (2002) e Sippel¹ (figura 30) por meio de fotointerpretação da área da Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Presente Estudo		Segundo Frizzo (2002) e Sippel ¹ (figura 30)	
Classe	Uso e Cobertura do solo	Classe	Unidades Fisionômicas
01	Corpos d'água	-	-
02	Solo exposto de áreas agrícolas irrigadas ou úmidas	-	-
03	Solo exposto de áreas agrícolas não irrigadas	-	-
04	Ambiente Urbano	-	-
05	Afloramentos rochosos	-	-
06	Campo com domínio fisionômico de <i>Saccharum angustifolium</i>	06	Mancha de vegetação herbácea alta
		07	Mancha de vegetação herbácea baixa densa
07	Campo com domínio fisionômico de <i>Axonopus affinis</i>	08	Mancha de vegetação herbácea baixa aberta
08	Savana aberta com Domínio fisionômico de <i>Schinus lentiscifolius</i>	05	Mancha de vegetação arbustiva-herbácea baixa
09	Savana densa com Domínio fisionômico de <i>S. lentiscifolius</i> e <i>Heterothalamus alienus</i> ;	04	Mancha de vegetação arbustiva-herbácea alta
10	Matas ciliares	01	Mancha de vegetação arbórea alta
11	Capões e Matas de encosta	02	Mancha de vegetação arbórea baixa
		03	Mancha de vegetação arbustiva-arbórea
12	Áreas de sombra (não classificada - sem imagem).	-	-

Com exceção das classes de uso e cobertura: 01 – corpos d'água; 02 – solo exposto de áreas agrícolas irrigadas ou úmidas; 03 – solo exposto de áreas agrícolas não irrigadas; 04 – ambiente urbano; 05 – afloramentos rochosos e; 10 – matas ciliares, identificadas no presente estudo, fora do âmbito da Mina Volta Grande, digitalizou-se os polígonos dos conjuntos de treinamento de cada uma das demais classes: 06 – campo com domínio fisionômico de *Saccharum angustifolium*; 7 – campo com domínio fisionômico de *Axonopus affinis*; 08 – savana aberta com

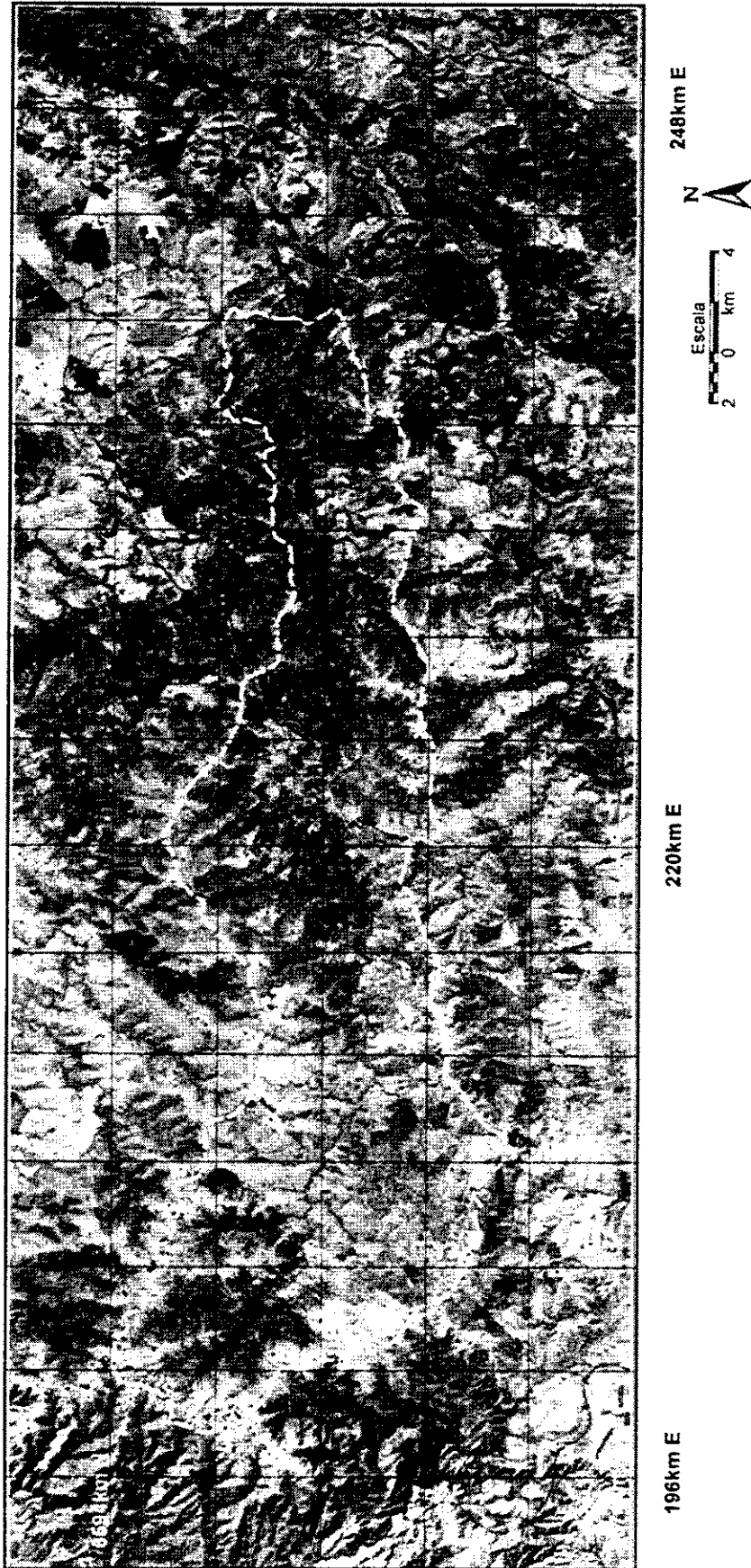
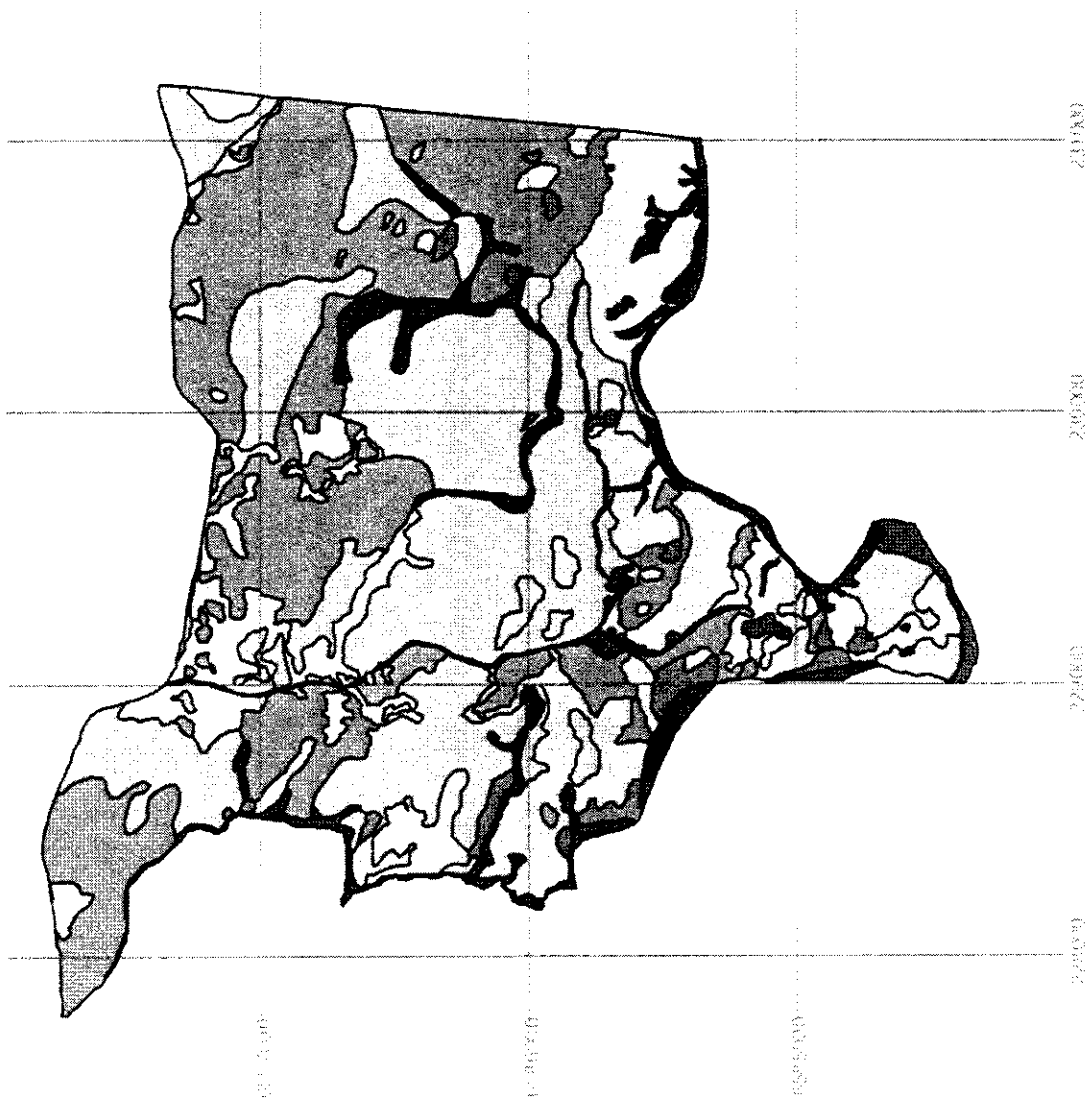


FIGURA 29 – Composição colorida RGB – 345 da Imagem Landsat – TM 5, órbita ponto 222.081 de 10/12/1995 e 223.081 de 28/07/1996, referente a poligonal de 1442,km² ha delimitada para os trabalhos de geoprocessamento, Lavras do Sul, RS.



Autoras: Tais C. E. Frizzo e Cibele Sippel
 Lab. Ecologia de Paisagem - UFRGS

- Legenda**
- Vegetação arbórea e arbustiva-arbórea
 - Arbórea alta (AA)
 - Arbórea baixa (AB)
 - Arbustiva-arbórea (AbA)
 - Vegetação arbustiva-herbácea e herbácea
 - Arbustiva-herbácea alta (AbHA)
 - Arbustiva-herbácea baixa (AbHB)
 - Herbácea alta (HA)
 - Herbácea baixa aberta (HBA)
 - Herbácea baixa densa (HBD)
 - Ocupação antrópica
 - Solo descoberto
 - Áreas construídas e pavimentadas
 - Área de beneficiamento de minério
 - Sombra
 - Corpos d'água

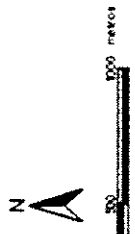


FIGURA 30 – Distribuição das unidades fisionômicas na abrangência da Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS, obtida a partir da fotointerpretação estereoscópica dos pares de fotografias aéreas n. 5124 e 5125 de 23/05/1996 (BRASIL, 1996a, 1996b) segundo Frizzo (2002) e Sippel¹.

domínio fisionômico de *Schinus lentiscifolius*; 09 – savana densa com domínio fisionômico de *S. lentiscifolius* e *Heterothalamus alienus*, 11 – capões e matas de encosta e; 12 – áreas de sombra (não classificada - sem imagem), no âmbito desta, utilizando-se a fotointerpretação das autoras *op.cit.*

Como o presente estudo não tem como objetivo discutir as várias definições dadas para as formações florestais, tanto para aquelas localizadas ao longo dos corpos d'água quanto para as localizadas distante destes, nem os fatores ambientais que as condicionam, adotou-se as denominações regionais de “matas ciliares”, “matas de encosta” e “capões”, atribuindo-se tais denominações às formas que estas assumem, assim como, as posições que as mesmas ocupam no relevo.

Da mesma forma, as designações para as formações vegetais campestres seguem denominação regional, não se tendo a preocupação de nomeá-las, segundo um ou outro autor. Para as formações arbustiva-arbóreas, adotou-se a nomenclatura de savana aberta e savana densa.

Não coletaram-se todas as assinaturas espectrais no âmbito da Mina Volta Grande, que é a área mais conhecida, nem adotou-se integralmente a fotointerpretação de Frizzo (2002) e Sippel¹ para a classificação da cobertura e uso do solo na poligonal, pois deparou-se com alguns problemas.

Primeiramente, não ocorreram todas as doze classes de cobertura identificadas no âmbito da poligonal, na área da Mina Volta Grande. Em segundo lugar, encontrou-se dificuldades em coletar assinatura espectral junto à unidade fisionômica 1 (denominada pelas autoras *op.cit.* de mancha de vegetação arbórea alta), correspondente, no presente estudo, a classe 10 – matas ciliares (tabela 16), a qual está representada por uma mata estabelecida sobre aluvião, localizada na base da face sul de uma elevação íngreme (figura 4). Na imagem satélite, esta área encontra-se sob influência de sombreamento, não sendo possível diferenciá-la. Segundo a metodologia aplicada no presente estudo, classificaram-se as áreas que estão sob esta condição, como áreas de sombras, não especificando o tipo cobertura do solo. Como, no âmbito da Mina Volta Grande, esta é única mancha de vegetação com tamanho representativo, obteve-se a coleta de assinatura espectral para as formações florestais aluviais ou ciliares, fora da área da mesma.

Além dos problemas acima levantados, as unidades fisionômicas 02 e 03, denominadas por FRIZZO (2002) e Sippel¹ de mancha de vegetação arbórea baixa e mancha de vegetação arbustiva-arbórea, respectivamente, correspondem, no presente estudo, a uma única categoria, a classe 11 – capões e matas de encosta (tabela 16), assim como, as unidades fisionômicas 06 e 07 (denominadas de mancha de vegetação herbácea alta e mancha de vegetação herbácea baixa densa respectivamente, pelas autoras *op. cit.*), correspondem no presente estudo à classe 06 – campo com domínio fisionômico de *Saccharum angustifolium*, pois não foi possível diferenciar a resposta espectral na imagem orbital, das duas primeiras unidades fisionômicas (02 e 03) entre si, da mesma forma que não foi possível detectar diferenças, na resposta espectral, entre as duas últimas (06 e 07). Isto se deu porque manchas de vegetação distintas, florística e fitossociologicamente, podem, muitas vezes, apresentar respostas espectrais semelhantes, assim como manchas similares podem ter respostas espectrais distintas, dependendo dos fatores ambientais a que estão submetidas. Do mesmo modo, alvos diferentes podem apresentar a mesma reflectância, enquanto que o mesmo alvo, localizado em diferentes posições do terreno, pode imprimir uma reflectância distinta na imagem.

Ademais, a fotointerpretação estereoscópica permite a diferenciação de alguns padrões da vegetação, que muitas vezes não se consegue na imagem orbital. Em outros casos, a mancha de vegetação é tão pequena, que não chega a atingir o número mínimo de *pixels* exigidos para a coleta representativa da assinatura espectral, imprimindo na imagem orbital uma reflectância que resulta da média dos *pixels* vizinhos.

Em face das dificuldades acima apontadas, utilizou-se no presente estudo, áreas para a coleta de assinaturas espectrais no âmbito da mina Volta Grande, em apenas 05 unidades fisionômicas, além das áreas cobertas por sombra (classe 12 – áreas de sombra – não classificada) e, as 06 classes restantes, no âmbito da poligonal, a partir das quais criou-se os arquivos de assinaturas.

A partir do arquivo de assinaturas, procedeu-se a classificação supervisionada propriamente dita, utilizando-se o classificador de Máxima Verossimilhança, cujo algoritmo avalia a probabilidade de um determinado *pixel* pertencer a uma determinada

categoria, enquadrando-o naquela em que o mesmo tem a maior probabilidade de associação (Eastman, 1998).

Verificou-se que a classificação inicial apresentou misturas de *pixels*, isto é, *pixels* que imprimiram uma reflectância tal, que o algoritmo classificador os associou à determinada classe de uso e cobertura, mas na realidade, não pertenciam à mesma. Por exemplo, as áreas com afloramentos rochosos com elevado teor de umidade, decorrente do escoamento superficial oriundo de nascentes e o solo exposto de áreas agrícolas irrigadas ou úmidas apresentaram a mesma reflectância sendo, portanto, enquadradas pelo algoritmo na mesma classe, assim como o foram as áreas de estradas de “chão batido” e o solo exposto de áreas agrícolas não irrigadas.

De outro modo, as formações ciliares, que não chegavam a representar as matas ciliares propriamente ditas, pois eram mais baixas e mais abertas, assim como eram formadas por diversas espécies pertencentes às matas de encosta, capões, e à própria savana aberta, ora se enquadraram em uma classe, ora em outra. Para estes e para os demais casos, nos quais tinha-se dúvidas da acurácia da classificação obtida, ou havia mistura de *pixels*, realizou-se várias excursões a campo, com o objetivo de conferir a verdade terrestre, procedendo-se então ajustes na classificação inicial, auxiliado ainda, pela sobreposição na imagem classificada e nas imagens orbitais utilizadas de *overlays* de mapas temáticos vetoriais, como o polígono da microbacia, o rodoviário, o de drenagem e de curvas de nível.

Verificou-se, ainda, que não havia muito sentido na classificação em separar a classe 02 - solo exposto das áreas agrícolas irrigadas ou úmidas, da classe 03 - solo exposto das áreas agrícolas não irrigadas, pois ambas representavam o mesmo tema, juntando-se as mesmas em uma única classe, denominada de classe 02 - áreas agrícolas e solo agrícola exposto.

Poder-se-ia ter criado a categoria “solo exposto”, a qual incluiria além das áreas agrícolas, as áreas de estradas de “chão batido”, além de outras áreas com solo exposto. No entanto, preferiu-se distinguir bem os solos que estão expostos em decorrência das atividades agrícolas, daqueles decorrentes de outras atividades, pois no âmbito da poligonal, a exposição dos solos em função da agricultura é muito mais expressiva, do que em função de outras atividades, muito embora as áreas agrícolas

tenham uma maior expressão fora da área da microbacia do arroio Camaquã da Lavras, do que no âmbito desta, como pode se observar na imagem orbital (figura 29).

Após verificar todas as áreas com dúvidas, procedeu-se a classificação final e ajustes a esta, por meio da rotina *REFORMAT/POLYRAS*, criando-se máscaras e arquivos de assinaturas, ajustando as áreas com misturas de *pixels*, às suas respectivas classes, bem como isolando certas áreas e incluindo-as em classes determinadas com auxílio da rotina *OVERLAY*, reduzindo-se de 12 para 11 classes de ocupação e uso do solo.

Finalmente, aplicou-se sobre a imagem classificada um filtro digital, por meio da rotina *CONTEXT OPERATOR/FILTER*, empregando-se como algoritmo de filtro a mediana, e o tamanho do filtro 5 x 5 *pixels* (figura 31).

Em última análise, a classificação é um processo de extração de informações de uma imagem com objetivo de reconhecer padrões e objetos homogêneos. Como resultado, obtém-se a transformação de um grande número de níveis de cinza em um pequeno número de classes, representadas por símbolos gráficos ou cores em um mapa temático digital. Cada cor ou símbolo está associado a uma classe de uso do solo.

Verifica-se que a imagem classificada (figura 31), revelou 5 grandes padrões de paisagens, dominantes na poligonal: 1 - as áreas agrícolas com solo exposto (cor laranja); 2 – as formações campestres (cores amarela e verde claro); 3 – as matas ciliares (cor verde escuro); 4 – a savana aberta (cor verde) e a savana densa (cor verde oliva); e 5 – os afloramentos rochosos em forma de maciço (cor marrom).

As áreas agrícolas com solo exposto (padrão 1), encontram-se concentradas nas partes mais elevadas planas à noroeste e, à sudoeste, estendendo-se até centro da poligonal, em direção à sede do município, assim como, junto a planície do arroio do Hilário, à nordeste. As formações campestres (padrão 2), estão localizadas do sudoeste até o centro da poligonal, principalmente junto ao divisor de águas da microbacia do arroio Camaquã das Lavras e arroio Camaquã Chico, isto é, ocupando as partes mais elevadas das coxilhas e, aumentando em direção às calhas destes dois arroios, assim como, de noroeste para o centro norte da poligonal e acompanhando as áreas próximas ao arroio do Hilário, à nordeste. As matas ciliares, facilmente

Uso e Cobertura do Solo



196km E

220km E

248km E



- | | | | |
|--|---|--|---|
| | Corpos d'Água | | Savana Aberta com domínio fisionômico de <i>Schinus lentiscifolius</i> |
| | Áreas Agrícolas e Solos Agrícolas Expostos | | Savana Densa com Domínio fisionômico de <i>Schinus lentiscifolius</i> e <i>Heterothalamus alianus</i> |
| | Urbano, Áreas Construídas, Rodovias Pavimentadas, Estradas de Terra e Ferro | | Matas Ciliares |
| | Afloramentos Rochosos | | Capões e Matas de Encosta |
| | Campo com predominio de <i>Saccharum angustifolium</i> | | Áreas de Sombra (Sem Imagem) |
| | Campo com predominio de <i>Axonopus affinis</i> | | |

FIGURA 31 – Distribuição das 11 classes de uso e cobertura do solo na abrangência da poligonal de 1442,5 km², obtida a partir da classificação supervisionada por máxima verossimilhança das imagens orbitais Landsat TM-5, órbita/ponto 222.081 de 10/12/1995 e 223.081 de 28/07/1996, bandas 345, Lavras do Sul, RS.

distinguíveis (padrão 3), ocorrem junto aos arroios Camaquã Chico, do Hilário e junto ao rio Camaquã. A savana aberta e a savana densa (padrão 4), ocorrem de forma isolada de noroeste à sudoeste da poligonal e de nordeste para sudeste, junto às vertentes íngremes oeste e partes mais elevadas após a planície do rio Camaquã, respectivamente, assim como maciçamente em forma de uma faixa em diagonal (do centro norte para sudeste da poligonal), acompanhando as nascentes da margem esquerda do arroio do Hilário, à margem direita do arroio Camaquã Chico, direita e esquerda no terço central e inferior do arroio Camaquã das Lavras e, parcialmente à margem direita do rio Camaquã. Os afloramentos rochosos em forma de maciço (padrão 5), estão localizados principalmente à noroeste da poligonal.

A partir da classificação final da imagem, calculou-se a área de cada uma das 11 categorias de uso e cobertura do solo, com o objetivo de comparar a área de ocupação de cada uma delas no âmbito da poligonal (figura 31) e no âmbito da microbacia do arroio Camaquã das Lavras (figura 32), cujos resultados podem ser visualizados na tabela 17.

A área ocupada pelas categorias de uso, identificadas na imagem classificada, resultam de processos naturais e antrópicos, guardando consigo uma série de características que podem ser assim interpretadas:

Classe 01 – Corpos d'água

Os corpos d'água, representados pelos rios, arroios, pequenos açudes para dessedentação do gado e pequenas barragens para irrigação agrícola, ocupam na poligonal como um todo a área de 1.589,85 ha (1,10% desta), enquanto que na microbacia apenas 97,92 ha (0,31 %). Levando-se em conta que a microbacia do arroio Camaquã das Lavras ocupa uma área aproximada de 319,9 km², o que representa cerca de 22,17 % da área total da poligonal, verifica-se que esta classe ocupa uma área bastante restrita na microbacia.

A drástica redução proporcional de 1,10%, na poligonal, para 0,31%, na microbacia, ocorre principalmente em função do relevo acidentado que predomina nesta última, o que faz com que o arroio Camaquã da Lavras, principal representante, seja caudaloso e mantenha seu leito mais estreito e aprofundado do que largo e raso, ocupando áreas menores, quando se compara com os arroios e rios que ocupam áreas mais planas, no âmbito da poligonal. Além disso, a

quantidade e a dimensão dos açudes artificiais, no âmbito da microbacia, são menores do que no âmbito da poligonal.

Classe 02 – Áreas agrícolas e solo agrícola exposto

Identificou-se facilmente as áreas agrícolas com solo exposto nas imagens orbitais, em função da localização e das formas geométricas regulares que assumem. As áreas agrícolas, que nas datas do imageamento já haviam sofrido a colheita ou que tinham sido recém abandonadas, invadidas por gramíneas e outras espécies ruderais ou campestres, ainda apresentavam o solo parcialmente descoberto, imprimindo na imagem satélite a reflectância predominante desta condição. Tipicamente estas áreas estão localizadas próximo às moradias, tanto nas partes mais elevadas, quanto nas partes mais baixas do relevo, assim como nas encostas suaves. No entanto, todas apresentam a característica comum que é a localização em áreas aplainadas e passíveis de mecanização.

Verifica-se, ainda, que a maior parte das áreas agrícolas, nas datas de imageamento, estavam sendo preparadas para o plantio, apresentando, portanto, a supressão da cobertura vegetal, mesmo aquela temporária e expondo totalmente o solo.

Ocupam, em proporção, uma área ligeiramente menor na poligonal (21,85%), em comparação com a área ocupada na microbacia (24,47%), representando a segunda maior classe de uso do solo. No âmbito da microbacia, estas áreas são utilizadas para a agricultura de subsistência, desenvolvida em pequenas áreas de produção de milho, feijão, sorgo e pasto cultivado para silagem. Já no âmbito da poligonal, ocupando extensas áreas, principalmente junto às várzeas do arroio do Hilário e rio Camaquã, são utilizadas para o cultivo do arroz irrigado, muitas vezes alternando o uso com pastagens.

Classe 03 – Urbano, áreas construídas, rodovias pavimentadas, estradas de terra e ferro

Nesta categoria, incluiu-se, além da sede do município, as áreas construídas representadas por pequenas vilas, ou aglomerados de casas junto às sedes das

Uso e Cobertura do Solo

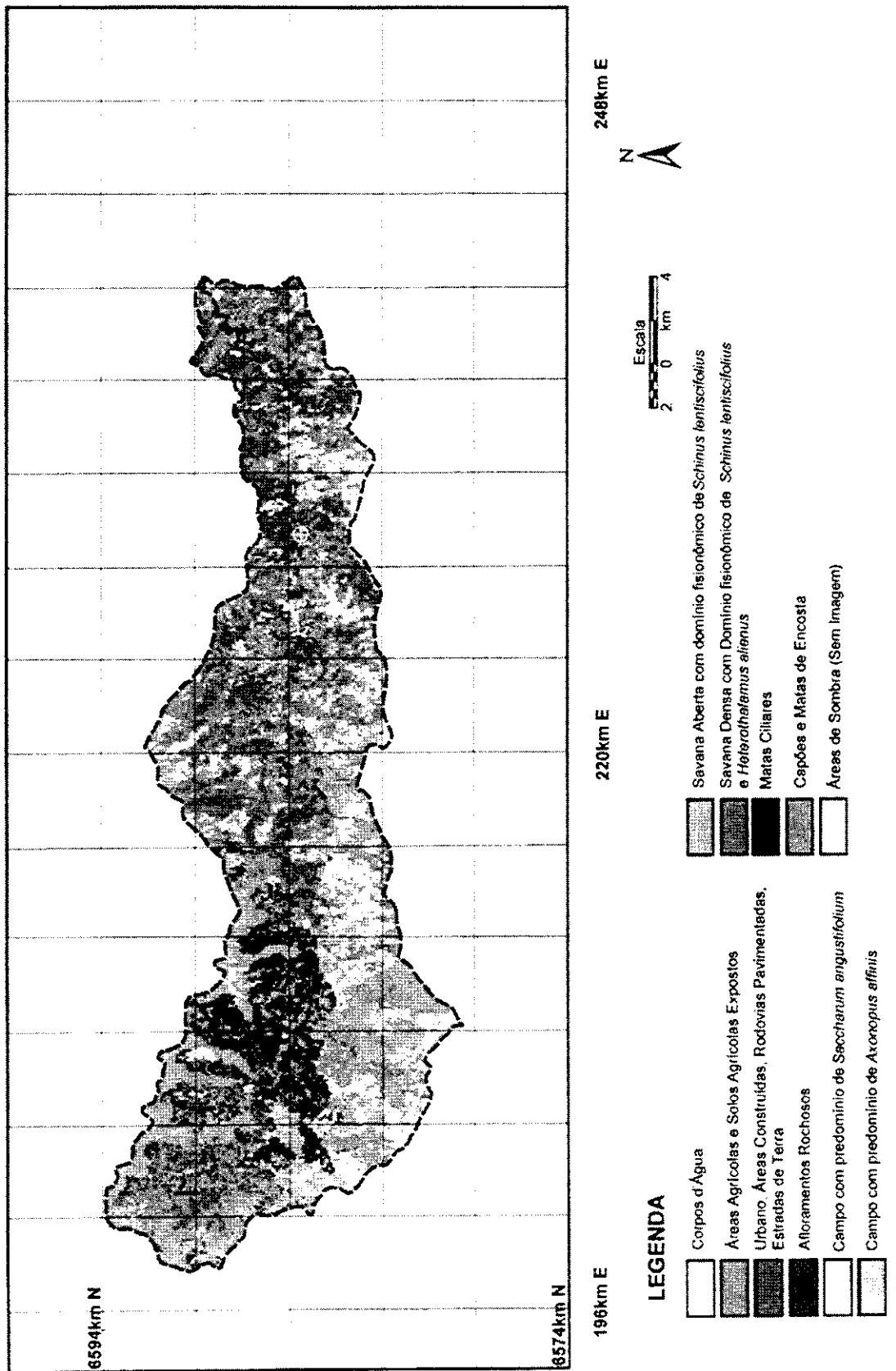


FIGURA 32 – Distribuição das 11 classes de uso e cobertura do solo na abrangência da microbacia do arroio Camaquã das Lavras, obtida a partir da classificação supervisionada por máxima verossimilhança da Imagem orbital Landsat TM-5, órbita/ponto 222.081 de 10/12/1995, bandas 345, Lavras do Sul, RS.

TABELA 17 – Categorias de uso e cobertura do solo e as respectivas áreas ocupadas no âmbito da poligonal delimitada para o geoprocessamento e no âmbito da microbacia do arroio Camaquã das Lavras, obtidas a partir da classificação supervisionada das imagens Landsat – TM 5, órbita ponto 222.081 de 10/12/95 e 223.081 de 28/07/96, bandas 345, Lavras do Sul, RS.

Classes	Categorias de Uso e Cobertura do Solo	Área Ocupada em ha		% de Ocupação pela Categoria	
		Na Poligonal	Na Microbacia	Na Poligonal	Na Microbacia
1	Corpos d'água	1.589,85	97,92	1,10	0,31
2	Áreas agrícolas e solos agrícolas expostos	31.506,93	7.826,67	21,85	24,47
3	Urbano, Áreas construídas, Rodovias pavimentadas, Estradas de terra e ferro	903,60	337,86	0,63	1,06
4	Afloramentos rochosos	5.905,26	3.430,26	4,09	10,72
5	Campo com predomínio de <i>Saccharum angustifolium</i>	26.511,21	4.694,49	18,38	14,68
6	Campo com predomínio de <i>Axonopus affinis</i>	8.676,45	802,17	6,01	2,51
7	Savana aberta com domínio fisionômico de <i>Schinus lentiscifolius</i>	37.531,71	9.530,64	26,02	29,79
8	Savana densa com domínio fisionômico de <i>S. lentiscifolius</i> e <i>Heterothalamus alienus</i>	21.269,07	3.891,87	14,74	12,17
9	Matas ciliares	4.264,83	194,94	2,96	0,61
10	Capões e matas de encosta	4.262,13	698,31	2,95	2,18
11	Áreas de sombra (sem imagem)	1.831,05	481,50	1,27	1,50
	Totais	144.252,09	31.986,63	100,00	100,00

fazendas, a rodovia RS 153 que liga Lavras do Sul à Caçapava do Sul, as estradas municipais não pavimentadas e a estrada de ferro (à sudoeste da poligonal).

Ocupa uma área de 0,63 % na poligonal e 1,06% na microbacia. O aumento da proporção de área ocupada na microbacia, de praticamente 60 %, em relação à poligonal, obviamente se dá em função da localização da cidade de Lavras do Sul, além da maior concentração de estradas municipais junto à esta.

Classe 04 – Afloramentos rochosos

Esta classe, que no âmbito da poligonal ocupa um total de 5.905,26 ha (4,09%) tem sua representatividade na microbacia dobrada, pois ocupa no polígono desta 3.430,26 (10,72%).

A maior representatividade no âmbito da microbacia, deve-se ao fato de que uma grande parte da mesma está assentada sobre um maciço rochoso aflorante, junto às nascentes do arroio Camaquã das Lavras, à noroeste da mesma, e no restante da poligonal ocorrer uma pequena área sob esta condição.

Os afloramentos rochosos na poligonal se apresentam de duas formas principais: a primeira está representada por um maciço contínuo, que ocupa uma extensa área na Coxilha do Tabuleiro, à noroeste; a segunda ocorre na forma de blocos e matacões aflorantes de diversos tamanhos, disseminados por toda a área da poligonal, com menor expressão junto às planícies dos arroios e rios, mas ainda assim presentes, pois nestes locais, muitas vezes, as drenagens correm diretamente sobre os lajedos.

Como a presença de blocos de rocha é uma constante por toda a área e apresentou a mesma reflectância do solo úmido descoberto, provavelmente superestimou-se a categoria 02, incluindo-se áreas que pertenciam a categoria 4. Este problema agrava-se ainda mais, pelo fato dos matacões ocorrerem disseminados em toda a área e, geralmente, ocuparem áreas diminutas na imagem satélite, dificultando a separação e inviabilizando a checagem em campo, a fim de ajustar a classificação.

Classe 05 – Campo com predomínio de *Saccharum angustifolium*

A classe 05 apresenta uma porcentagem de cobertura no âmbito da poligonal (18,38%) ligeiramente maior do que no âmbito da microbacia (14,68%). É a terceira maior forma de uso e cobertura do solo e a segunda forma de cobertura vegetal mais expressiva imageada. A ocorrência deste tipo de campo se dá tanto nas áreas baixas onde o lençol freático aflora, nas encostas suaves ou íngremes e nos topos das coxilhas.

A espécie característica, *Saccharum angustifolium* (macega-estaladeira), apresenta uma elevada plasticidade, tolerando os mais variados teores de água no solo. Parece estar, bem adaptada à pressão do fogo, uma vez que cresce em forma de touceiras, queimando a parte externa da “moita” e mantendo viva o interior para o rebrotamento.

A plasticidade, aliada à fibrosidade que apresenta, o que a favorece, pois o gado tende a rejeitá-la, faz com que tenha elevado sucesso na ocupação do espaço. Além disso, apresenta alta agressividade, competindo e eliminando outras espécies de gramíneas pelo sombreamento, dominando quase que exclusivamente nas unidades fisionômicas nas quais ocorre.

Tem uma ampla distribuição em todo o âmbito da poligonal, em outras partes do Escudo-Sul-Rio-Grandense, assim como nas demais unidades geomorfológicas do Estado. Ocorre, inclusive, nas bordas e entremeada às formações arbustivo-arbóreas, ocupando espaços junto as clareiras.

Apresenta uma ligeira diminuição, em percentual de cobertura na microbacia do arroio Camaquã das Lavras, em relação à poligonal, em função da maior área coberta pela formação herbácea-arbustiva “savana aberta” que tem sua maior expressão justamente no âmbito da microbacia, assim como pela supressão desta espécie nas áreas mais planas, onde se desenvolve a agricultura de subsistência e o plantio do arroz irrigado, áreas estas ocupadas por espécies de gramíneas, à medida que as áreas de cultivo vão sendo abandonadas e invadidas.

Em função da rejeição de *Saccharum angustifolium* pelo gado, associada à presença de afloramentos rochosos em forma de matacões disseminados pelo campo, principalmente nas encostas, as áreas sob estas condições são pouco propícias à agropecuária, favorecendo a invasão das espécies arbustivas arbóreas,

dificultando ainda mais o manejo, o que leva a supor que a vocação das mesmas, definitivamente, não seja a agropecuária.

Classe 6 – Campo com predomínio de *Axonopus affinis*

Representa uma das melhores formas de campo do Rio Grande do Sul, em função do predomínio de espécies de gramíneas dos gêneros *Axonopus*, *Paspalum* e *Panicum* entre outras, as quais são extremamente palatáveis ao gado, que as preferem, pois apresentam crescimento rápido após o pastejo, mantendo-se tenras e com alta densidade, o que dificulta o crescimento de outras espécies não palatáveis. Ocorre geralmente em áreas planas, livres de afloramentos rochosos, onde o solo é mais profundo, com teor de argila, matéria orgânica, água e suprimento de micro e macro nutrientes, na faixa do ideal para o cultivo de uma série de produtos agrícolas.

Em face das boas características que apresenta, é uma das áreas mais utilizadas para o plantio de subsistência, pois ocorre em pequenas manchas disseminadas na matriz da paisagem, geralmente associadas às moradias, assim como ocupando áreas extensas junto às planícies aluvionares, onde estão concentradas as grandes extensões de produção agrícola mecanizada.

Ocupa, na área da poligonal apenas 6, 01%, enquanto que na área da microbacia 2,51%, refletindo as condições de relevo acidentado reinantes no âmbito da microbacia, assim como a utilização destas pequenas áreas para outras atividades. Reflete, ainda, que não recebe a atenção devida, pois o manejo empregado nos campos da região, não favorece a manutenção deste tipo de formação campestre, pelo fato de ocupar áreas muito pequenas e altamente esparsas, o que favorece a invasão de espécies herbáceas de maior porte, não apetecidas pelo gado, assim como por espécies arbustiva-arbóreas, que tendem a diminuir ainda mais a sua ocorrência.

Classe 07 e Classe 8 – Savana aberta com domínio fisionômico de *Schinus lentiscifolius*; Savana densa com domínio fisionômico de *S. lentiscifolius* e *Heterothalamus alienus*

Conforme mencionado anteriormente, a classe 07, juntamente com a classe 08, compõem um dos quatro padrões dominantes na matriz paisagística da

poligonal, ocupando cerca de 40,76% da área total da mesma e 42,0% da microbacia.

Nas áreas de ocorrência dos filões de Cu e de outros minerais, na Mina Volta Grande, estas duas unidades fisionômicas sobressaem-se em relação às demais, revelando um padrão bem distinto. Em função disto, tratar-se-á estas duas classes em conjunto. Ocorrem, preferencialmente, do topo das coxilhas até a meia encosta (terço médio inferior), em áreas mais íngremes, na forma de aglomerados maciços, geralmente associados à afloramentos rochosos (figuras 3, 5b, 7a e 7b).

Verifica-se, na verdade, que a savana densa (classe 08) é uma variação da classe 07 (savana aberta), apenas com uma diminuição da área ocupada pelo estrato herbáceo e aumento da área ocupada pelo estrato arbustivo, tendendo a formação de um estrato arbóreo, sendo que as espécies dominantes em cada respectivo estrato (tanto na classe 07 quanto na classe 08) são praticamente as mesmas, conforme verificou FRIZZO (2002)

A savana aberta (classe 07) representa o tipo de formação vegetal que ocorre com maior percentual (26,02%), tanto na poligonal quanto na área da microbacia do arroio Camaquã das Lavras (29,79%), apresentando ligeiro aumento nesta. Ocupa uma área de 37.531,71 ha na poligonal e 9.530,64 ha no âmbito da microbacia. Já, a savana densa (classe 08) ocupa uma área de 21.269.070 ha na poligonal e 3.891.870 ha na microbacia, cobrindo cerca de 14,74% e 12,17% da área da poligonal e da microbacia respectivamente, mostrando ligeira redução (2,57%) na microbacia. Ambas classes mantêm sua representatividade em relação às demais classes de formações vegetais em termos percentuais, nas duas escalas de abordagem (poligonal e microbacia).

Apresentam-se de forma mais concentrada do centro para leste na poligonal (figura 31) e na microbacia no terço médio e inferior (figura 32), onde parecem ocorrer grande número de pequenas falhas geológicas e, associadas à estas, os filões de Cu, Ar, Au e Pb, conforme mostra a figura 2.

Justamente, nesta parte da microbacia, o relevo é mais acidentado, o que dificulta o manejo dos campos, o solo é raso com muitos afloramentos rochosos, tornando-o impróprio para a agricultura. Como resultado, a cobertura vegetal apresenta-se na forma de um mosaico composto por vegetação arbustiva-arbórea e campo, onde se verifica o contínuo avanço da vegetação lenhosa sobre as áreas de campo (classes 05 e 06), avanço este limitado pelo corte e pelas queimadas, em

especial de *Schinus lentiscifolius* (GIRARDI-DEIRO *et al.*, 1994; GIRARDI-DEIRO, 1999).

Estão formadas por dois estratos, um de até 1,0 metro de altura composto por espécies predominantemente herbáceas e o outro que vai de 1,0 m até 2,5 metros de altura (savana aberta, figuras 7a e 9) e 3,5 metros (savana densa, figura 7b), o qual representa o estrato arbustivo. Em algumas partes da classe 08, ocorrem espécies arbóreas, principalmente junto aos vales (figura 3), nas zonas de transição entre esta formação e as matas ciliares.

O estrato herbáceo está composto por espécies dos gêneros *Axonopus*, *Paspalum* e *Panicum*, as quais representam a parte mais baixa do mesmo, assim como espécies dos gêneros *Baccharis*, *Senecio*, *Vernonia*, *Andropogon*, *Saccharum*, *Aristida*, *Piptochaetium*, *Stipa*, *Schizachyrium* e *Eryngium*, entre outras que ocorrem na parte mais alta (figura 9).

O estrato arbustivo, que pode atingir até 2,5 m de altura (savana aberta) e 3,5 m de altura (savana densa), está representado quase que exclusivamente por *Schinus lentiscifolius*, ocorrendo também *Baccharis dracunculifolia*, *Mimosa ramulosa*, *Heterothalamus alienus*, *Aloysia gratissima*, *Aloysia* sp., entre outras.

A espécie mais característica, *Schinus lentiscifolius*, exatamente na savana aberta, apresenta-se de tamanho reduzido, 1,5 m de altura em média, enquanto que seu tamanho normal pode chegar até 3,0 m de altura, segundo Fleig (1987).

Conforme discutido no item 4.3.3 – estrutura da vegetação e fatores ambientais – deste trabalho, verificou-se a ocorrência de 3 grupos principais de espécies, com seus respectivos sub-grupos de espécies associadas: “unidade de vegetação” **A** – *Eryngium horridum* – *Stipa filifolia*; “unidade de vegetação” **B** – *Schinus lentiscifolius* – *Baccharis trimera*; e unidade de vegetação” **C** – *Piptochaetium montevidense* – *Paspalum notatum*, os quais caracterizam a unidade fisionômica savana aberta (classe 07).

Localmente, Frizzo (2002) denomina a savana aberta como unidade fisionômica do tipo mancha de vegetação arbustiva-herbácea baixa; e a savana densa, de unidade fisionômica do tipo mancha de vegetação arbustiva-herbácea alta, chegando à conclusão que estas duas unidades fisionômicas, na verdade, pertencem a uma única unidade de vegetação, caracterizada pela associação de espécies do tipo *Schinus lentiscifolius* – *Heterothalamus alienus*.

Porto (1981, 1986, 1989a, 1989b) denomina esta formação vegetal de Savana Metalófila Arbustiva (incluindo a variação aberta), em função das alterações morfológicas e anatômicas apresentadas pelas plantas, em face da presença de metais pesados e raros no substrato.

No que diz respeito aos aspectos macroregionais, o projeto RADAMBRASIL engloba a maioria dos campos do sul do Brasil na formação vegetal do tipo savana, baseando-se no repouso fisiológico vegetativo hibernar característico dos mesmos.

Conforme assinalado anteriormente, a concentração e o tipo específico de metal provoca alterações morfológicas, anatômicas e fisiológicas nas plantas, sendo específico para cada espécie e órgão vegetal (MALYUGA, 1964; ERNST, 1974; BROOKS; 1972, 1983; ALEGRIA *et al.*, 1992; ANGELONE *et al.*, 1993). A quantidade de clorofila e de água, nos tecidos vegetais refletem o vigor da vegetação, definindo a resposta espectral captada na imagem orbital. Como no presente estudo tem-se também como objetivo analisar as classes de uso e cobertura do solo, com a finalidade de verificar se há relação entre a concentração de Cu no solo e na sua vegetação associada, com a resposta espectral, maior atenção é dada às classes 07 e 08, pois apresentam-se fisionômica e fitossociologicamente representadas por *Schinus lentiscifolius* (espécie teste).

Gupta (1999) assinala que, recentemente, a reflectância da vegetação de áreas de depósitos minerais, tem chamado muito a atenção, principalmente pelas descobertas científicas, de que a mesma sofre variações perceptíveis, devido ao *stress* geoquímico. Ressalta ainda que os picos do espectro da região do vermelho (0,8 μ), exibem mudanças significativas de acordo com a transformação foliar, do estado ativamente fotossintético para o estado de senescência. Além disso, mesmo nas plantas ativamente fotossintetizantes, a inclinação e posição do pico espectral do vermelho, mostra variações subtas, as quais são relacionadas ao *stress* geoquímico.

Brooks (1983) demonstra padrões típicos de reflectância de vários tipos de vegetação. Relata que o sensoriamento remoto da vegetação depende da mensuração do padrão espectral de reflectância, que pode ser utilizado tanto para medir a clorose provocada pelo *stress* metálico quanto para reconhecer diferenças em comunidades vegetais influenciadas pela mineralização. Ressalta também que um dos indicativos de campo, mais comuns da ocorrência de mineralização, é a presença de clorose na vegetação.

A clorose é definida por Brooks (1972, 1983), Devlin (1976), Haven *et al.* (1999), entre outros, como amarelecimento (*yellowing*) completo das folhas, ou surgimento de manchas amareladas, provocadas pela deficiência de ferro e manganês, respectivamente. Tais deficiências podem ser causadas, não só pela ausência destes micronutrientes no substrato, mas também, e principalmente, pelo efeito antagônico que o Cr, Cu, Co, Mn, Ni e Zn exercem na absorção do ferro, sobretudo, em locais com concentrações excessivas destes elementos no solo, provocando deficiências nutricionais.

Os sintomas de deficiência nutricional dependem não só do papel do elemento no metabolismo da planta, mas também, da mobilidade deste elemento, transportado pelo floema, das partes mais velhas para as partes mais jovens da planta, particularmente as folhas (HAVEN *et al.*, 1999).

Em relação à clorose, não observou-se na área de estudo, presença de sintomas, tal qual define Brooks (1972, 1983). O que verificou-se, foi a ocorrência de variações na coloração dos folíolos e ramos terminais de *Schinus lentiscifolius*, de tonalidades de verde mais escuro, para uma cor verde acinzentada, ocorrendo, como já foi assinalado anteriormente, indivíduos crescendo lado a lado e apresentando estas duas características (fotos 6b, 7a e 9).

Espécimes de *S. lentiscifolius*, cultivados em casa de vegetação do tipo sombrite, em solo natural, coletado na área de estudo, evidenciaram a ocorrência de folíolos de cor verde e de cor verde acinzentada.

Porto (comunicação pessoal), considera a variação na tonalidade de verde dos folíolos de *S. lentiscifolius* (do verde mais escuro para o verde acinzentado), como um sintoma de clorose induzido pela presença de metais pesados no solo.

Lima e Cunha (1982) verificou em seus estudos com *S. lentiscifolius* que:

[...] nos exemplares que se desenvolvem em solos sobre rochas com ausência de mineralização, os folíolos são bem maiores, com contorno arredondado e com tonalidade verde escura. Já aqueles exemplares que povoam as áreas cupríferas tem forma acicular, são menores e com coloração acinzentada.

Lisboa (1976), por outro lado, define os folíolos de *S. lentiscifolius*, como “maiores e com tonalidade de verde diferente” quando sobre mineralizações.

Lima e Cunha (1982) destaca ainda que:

[...] É possível, no entanto, que as diferenças morfológicas observadas, sejam devido às condições de maior exposição solar dos indivíduos que habitam os solos de áreas anômalas, dada a ausência de

estratificação na vegetação. É sabido que a luz solar, entre outros fatores, altera não só a forma, como também a estrutura das folhas.

As variações nos tons de verde dos folíolos de *Schinus lentiscifolius* verificadas, podem ser derivados da produção maior ou menor de clorofila do tipo *a* ou *b*. Bortolotti *et al.* (1999), realizando experimentos com *Heterothalamus alienus*, cultivado em diferentes substratos (solo coletado na Mina Volta Grande e solo coletado no Morro Santana, Porto Alegre), verificaram alterações nas proporções da produção destes dois tipos de clorofila, entre os exemplares submetidos à tratamentos com diferentes concentrações de CuSO_4 (em solução).

No entanto, os resultados dos autores *op. cit.*, foram obtidos em testes preliminares, e com um número muito baixo de observações (apenas 3 repetições por tratamento), devendo portanto, ser executados com maior número de repetições, a fim de verificar se tais evidências se confirmam.

Brooks (1983) menciona que tem sido relatado por vários autores, que a clorose induzida por metais resulta em uma menor absorção da parte verde do espectro eletromagnético pela clorofila, e um aumento concomitante na reflectividade neste comprimento de onda.

Horler *et al.* (1981 *apud* BROOKS, 1983) discutem a reflectância da vegetação em vários comprimentos de onda e sua aplicação na determinação de *stress* geoquímico em plantas.

Brooks (1983) ressalta ainda, que a radiação refletida pelas plantas não depende apenas da estrutura, do conteúdo de pigmentos e do conteúdo individual de água das folhas, o qual pode ser afetado pelo *stress*, mas também, de fatores tais como a cobertura vegetal do solo, área foliar, topografia e o grau de iluminação solar. Estas variáveis, em conjunto, podem complicar ou tornar impraticável a aplicação de métodos de detecção de *stress* que utilizam bandas amplas de radiação, baseados em fatores fisiológicos, tais como as mudanças no conteúdo de clorofila dos tecidos vegetais.

Horler *et al.* (1981 *apud* BROOKS, 1983) sugerem que estes problemas podem ser superados com o emprego de técnicas que utilizem o pico do espectro de reflectância, ao invés dos valores próprios de radiância. Este enfoque requer, portanto, uma mensuração espectral de alta resolução e alguns tipos de análises das formas das ondas eletromagnéticas refletidas.

De acordo com a porção do espectro eletromagnético que é analisada, observa-se a atuação de diferentes fatores controladores da reflectância da vegetação. Tais fatores podem ser assim sumarizados: o conteúdo e a organização da clorofila e a inibição do transporte de elétrons fotossintéticos influem na fluorescência refletida da clorofila (comprimentos de onda 200 – 400 nm); o tipo de pigmento, principalmente a clorofila, influencia na reflectância da radiação visível (400 – 800 nm); a estrutura foliar da copa ou “dossel” influencia a reflectância da radiação do infra-vermelho próximo (800 – 1200 nm); o conteúdo de água na planta afeta a reflectância da radiação do infravermelho (1200 – 2500 nm) e; a evapotranspiração e o *status* da água da planta influenciam a medição da emissão termal (>2500 nm) (BROOKS, 1983; LILLESAND; KIEFFER, 1987)

Conforme os autores *op. cit.*, observa-se que as bandas utilizadas na classificação das imagens Landsat TM – 5 no presente estudo, bandas 3 (630 – 690 nm, vermelho), 4 (760 – 900 nm, infra-vermelho próximo) e 5 (1500 – 1750 nm, infra-vermelho médio), assim como a metodologia de análise, não permitem a detecção apurada da possível atuação dos metais pesados sobre as plantas que crescem na Mina Volta Grande, requisito básico para a bioprospeção mineral, com o emprego do sensoriamento remoto digital. Contudo, sugerem tendências, uma vez que as unidades fisionômicas, savana aberta e savana densa, diferenciam-se nitidamente das demais formações vegetais, na imagem classificada, e parecem ter uma associação estreita com a ocorrência dos filões de Cu e de outros minerais, na Mina Volta Grande, fato também verificado por FRIZZO (2202).

Certamente, se além da metodologia de classificação de imagem aplicada no presente estudo, tivessem sido feitas análises do conteúdo e organização da clorofila, do conteúdo de água das plantas e análise da estrutura foliar da copa “dossel”, principalmente no âmbito das formações do tipo savana aberta e savana densa, ter-se-ia obtido resultados mais apurados da possível localização das mineralizações, o que implicaria em uma metodologia distinta da empregada. Isso demandaria uma forma diferencial de coleta de dados, o que mudaria todo o enfoque do estudo. Como utilizou-se a resposta espectral da vegetação como uma ferramenta acessória para a classificação supervisionada, da ocupação e uso do solo, e não para fins de bioprospeção, considera-se adequada, portanto, a metodologia escolhida, para o objetivo aqui proposto.

Horler *et al.* (1981 *apud* BROOKS, 1983) relatam que plantas que crescem sobre mineralizações de cobre-molibdênio, nos Estados Unidos da América – EUA, mostram uma intensidade de fluorescência da clorofila menor do que a vegetação circunvizinha. Ressaltam que estes resultados estão de acordo com os relatos dos efeitos dos metais pesados sobre a fluorescência das algas e plantas superiores.

Embora não tenha sido medida a taxa de produção de clorofila em *S. lentiscifolius*, assim como não foram analisadas as curvas de reflectância específica para esta espécie, verifica-se na imagem classificada, um padrão de reflectância diferenciada em relação aos demais padrões, o qual coincide com a área de maior concentração das classes 06 e 07 (figuras 31 e 32).

Verifica-se ainda que, tanto no âmbito da microbacia, quanto no âmbito da poligonal, o percentual de ocupação da unidade fisionômica savana aberta (classe 07) e da unidade fisionômica savana densa (classe 08), praticamente se mantém o mesmo (tabela 17). A manutenção destes percentuais leva a pensar que as áreas com ocorrência de savana aberta e savana densa estão sob as mesmas condições ambientais, tanto junto a Mina Volta Grande, quanto em outras áreas no âmbito da poligonal. Assim sendo, a resposta espectral destas duas classes tanto pode ser, como pode não ser, resultado da concentração de metais pesados no solo, muito embora, não tenham sido verificados em campo sinais de clorose nas plantas, assim como Lima e Cunha (1982) não os registrou em seus estudos. Além disso, os níveis de concentração de Cu nas plantas se mostrou muito baixo e independente da concentração deste no solo.

Se a configuração destas formações vegetais é uma resposta à concentração de metais pesados no solo, conforme afirma Porto (1981, 1986, 1989a, 1989b), então pode-se deduzir que, em todo o âmbito da poligonal onde ocorrem estas formações, ocorrem também mineralizações e, portanto, o mapeamento, com emprego de imagens orbitais, com o nível de resolução da imagem empregada no presente estudo (*pixel* de 30 x 30 m), como ferramenta para a localização destas mineralizações, passa a ser aplicável somente em macroescala, pois não diferencia exatamente onde estão os corpos mineralizados, apenas indica tendências.

Além disso, as variações na reflectância vegetal ocorridas em pequenas áreas associadas aos afloramentos dos filões, ou de corpos mineralizados, as quais denunciariam a presença destes, não são passíveis de serem identificadas na imagem classificada Landsat TM-5, pois o tamanho do *pixel* da imagem, não permite

tal nível de detalhamento, em função da pequena área ocupada pelos mesmos, já que os filões não ultrapassam a 1 m de largura, embora tenham comprimentos variáveis.

Assim sendo, acredita-se que o principal fator determinante do padrão de reflectância destas duas formações não seja concentração de metais nas plantas. Este padrão resulta de um conjunto de características, derivadas das feições acidentadas do relevo, dos afloramentos rochosos, do mosaico vegetacional, representado pelo avanço das espécies arbustivas e arbóreas sobre os campos e de partes minúsculas de solo descoberto, o que imprime uma reflectância tal, que não é função somente da vegetação, mas sim do mosaico como um todo.

Além das questões acima levantadas, Brooks (1983) assinala que o efeito do *stress* hídrico sobre as plantas aumenta a intensidade de fluorescência. Este fenômeno poderia induzir à uma resposta espectral diferenciada, principalmente naquelas espécies que estão presentes junto aos afloramentos rochosos.

Como *S. lentiscifolius* tende a adensar-se junto a estes ambientes (LISBOA, 1976; PORTO; 1981, 1986; LIMA E CUNHA, 1982) e nestes locais possivelmente haja uma maior deficiência de água no meio, o *stress* hídrico pode ser localmente mais intenso, e a resposta espectral das duas formas fitofisionômicas de savana (aberta e densa) pode ser produto desta condição.

Rambo (1994) cita que boa parte da vegetação rasteira, subarbustiva e arborescente da região da Campanha e da Serra do Sudeste se destaca pelo forte cheiro das partes verdes, devido à presença de óleos voláteis. À primeira vista, os óleos voláteis parecem ter a única função de repelir os animais herbívoros, como de fato acontece na quase totalidade dos casos; mas também é certo, que estes óleos se evaporam mais rapidamente do que a água, provocando um abaixamento da temperatura na face da lâmina foliar, o que por sua vez diminui a transpiração.

Dal Piva (2001) verificou, em *Baccharis trimera*, coletada diretamente sobre estruturas mineralizadas (filão de Cu 3.1), na Mina Volta Grande (área 2), a manifestação de mecanismos de tolerância à concentração de Cu no solo, por meio do aumento de produtos do metabolismo secundário, com modificações na biossíntese de princípios ativos como, saponinas, terpenóides e flavonóides.

A ocorrência de espécies produtoras de óleos voláteis (produtos do metabolismo secundário), denunciadas pelo cheiro forte que se refere Rambo (1994), é extremamente comum em áreas de ocorrência de jazidas minerais. Verificou-se tal

fato em trabalhos de campo e excursões científicas, sobre a “canga” de ferro nas Minas de Carajás – PA, na Serra do Cipó – MG, nas áreas de ocorrência de carvão em Butiá e Candiota – RS, e na própria área da Mina Volta Grande, como é o caso de *Schinus lentiscifolius* entre outras.

A vantagem da presença de óleos vegetais na planta, está ligada ao fato de que se evaporam com mais facilidade do que a água, resultando daí um abaixamento da temperatura que contribui para o retardamento da evaporação da água da planta. Além disso, uma massa de ar, saturada de vapores destas substâncias, deve retardar o esfriamento dos objetos, sendo, desta forma, uma proteção contra a mudança brusca da temperatura, típico em áreas com vegetação rarefeita, como no caso das áreas de ocorrência de depósitos minerais (LINDMAN, 1906).

De qualquer forma, mesmo que os metais pesados não estejam condicionando à distribuição das espécies, ou influenciando diretamente no conteúdo de clorofila de suas folhas, o fato de *Schinus lentiscifolius* ocorrer de forma mais adensada junto aos afloramentos de minério de cobre, habilita a mesma como espécie indicadora da ocorrência destas estruturas mineralizadas.

Se esta condição for claramente diferenciada na imagem orbital, então esta espécie ou as formações vegetais do tipo savana aberta ou savana densa podem ser utilizadas como indicadoras indiretas da ocorrência de depósitos minerais e passíveis de serem empregadas nos trabalhos de mapeamento.

Para trabalhos de mapeamentos mais refinados, como a delimitação dos corpos mineralizados, acredita-se que o emprego da fotointerpretação estereoscópica de pares de fotografias aéreas em uma escala adequada (1:2.000, 1:5.000 ou 1:10.000), ou de imagens orbitais com tamanho de *pixel* menor do que o tamanho do *pixel* da imagem utilizada no presente estudo, resultaria em uma diferenciação mais exata dos padrões de distribuição da vegetação, associando-os às variações das litologias e, por conseguinte, das concentrações de metais pesados no substrato e nas plantas. Portanto, de acordo com os objetivos de cada trabalho, deve-se escolher a escala de detalhamento e o tipo de imagem apropriada.

Classe 09 – Matas ciliares e classe 10 - Capões e matas de encosta

As formações florestais respondem por cerca de 5,9% da cobertura da poligonal e apenas por 2,79 da microbacia (tabela 17). Estão compostas pelas matas ciliares (classe 09), as quais correspondem à vegetação arbórea alta segundo Frizzo (2002) e Sippel¹, cuja ocupação na poligonal é de 4.264,83 ha (2,96%) e pelos capões e matas de encosta (classe 10), que corresponde à vegetação arbórea baixa, segundo as autoras *op. cit.*, e ocupam apenas 194,94 ha (0,61%) da área da microbacia.

Segundo Rambo (1994), a vegetação da região do Escudo-Sul-Rio-Grandese é formada predominantemente pela mata arbustiva associada ao campo. Refere-se, ainda, que as condições climáticas e edáficas da maior parte do Estado são próprias para o desenvolvimento de florestas, considerando os campos como relictos de um clima anterior mais frio e seco

Atualmente, atribui-se a menor proporção de área ocupada pelas formações florestais, no âmbito da microbacia, em relação à área ocupada na poligonal, a três fatores principais: primeiro, que no âmbito da microbacia, há a ocorrência de apenas um arroio de maior expressão em volume de água e extensão, enquanto que fora desta, no âmbito da poligonal, têm-se pelo menos dois arroios expressivos (arroio do Hilário, arroio Camaquã Chico), além do rio Camaquã, os quais, em conjunto, oferecem maiores extensões para a instalação de formações florestais; segundo, que pelo fato da sede do município estar localizada junto ao arroio Camaquã das Lavras, este sofre maior pressão, tanto pela utilização de essências nobres para a construção, quanto pela utilização de essências menos nobres, como material combustível (lenha para lareiras e fogões); e terceiro, que o gado presente nos campos e o manejo de corte e queima empregados, reduzem drasticamente as possibilidades de expansão das áreas florestais.

Além destes fatos, a instalação de várias de minas de subsolo (galerias) nesta microbacia, embora atualmente a maior parte esteja desativada, implica no aumento do consumo de madeira, o que contribuiu sobremaneira para redução das formações florestais.

Classe 11 – Áreas de Sombra

Corresponde a 1.831,50 ha (1,27 %) da poligonal e 481,50 ha (1,50%) da microbacia. O ligeiro aumento verificado na microbacia em termos percentuais, se deu em função da ocorrência de relevo mais acidentado no polígono da microbacia, gerando áreas sombreadas, não imageadas nas imagens orbitais, principalmente localizadas na face sul das elevações e de relevos mais planos no âmbito da poligonal.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Embora as concentrações de Cu no solo e nas folhas de *S. lentiscifolius* detectadas no presente estudo sejam consideradas baixas e as análises do solo levem a crer que não haja deficiência de nutrientes, assim como o pH caracterize o solo como levemente ácido, o que favorece as trocas entre a solução do solo e as raízes das plantas, em certos locais as espécies arbustivas e arbóreas apresentaram-se com tamanho reduzido.

Se a concentração de Cu no solo não é um fator limitante nestas áreas, que fator ambiental poderia, então, estar condicionando o crescimento destas plantas?

Observações, na área de estudo e entorno, sugerem que a profundidade do solo, o manejo por corte e, principalmente, pelo fogo sejam os principais fatores determinantes do aspecto anão que as aroeiras e, especificamente, *S. lentiscifolius* assumem, uma vez que é a espécie arbustiva-arbórea dominante.

A prática do fogo para conter o avanço das espécies florestais sobre as áreas de campo é executada no âmbito da área estudada e entorno. Verifica-se que nos locais característicos da formação vegetal do tipo "Savana Aberta", onde a densidade de *S. lentiscifolius* é mais baixa e há o predomínio de comunidades vegetais caracterizadas pela presença de espécies entouceiradas, como *Saccharum angustifolium*, *Schizachyrium microstachyum*, *Aristida* spp., as quais fornecem material combustível em abundância, os indivíduos de *S. lentiscifolius* geralmente não ultrapassam a altura de 1 m.

De outro modo, junto ao topo das coxilhas, fundos de vale e nascentes, onde, geralmente, a densidade de espécies arbustivas e arbóreas é maior, e a massa vegetal própria à combustão é menor do que nas áreas de campo, as espécies em geral, são de porte maior, geralmente acima de 3,0 metros.

Outra situação ainda observada, é que além da prática do fogo, em duas propriedades, localizadas lado a lado, separadas por uma cerca, havia uma mudança brusca na fitofisionomia, delimitada pela referida cerca. De um lado, o proprietário mantinha o campo roçado, privilegiando as espécies campestres forrageiras ao gado, enquanto que seu vizinho não roçava o campo e a vegetação assumiu aspecto arbustivo-arbóreo de dois a três metros de altura aproximadamente e com elevada densidade. Se a configuração destas manchas, fosse condicionada principalmente pela concentração de metais no solo, não deveriam estes condicionar

estas duas manchas com igual intensidade, ou pelo menos, de modo semelhante? De outra forma, a linha divisória entre as duas manchas não deveria pelo menos ser irregular e não acompanhar a divisa da cerca?

Os resultados obtidos e as observações de campo levam a supor que o porte raquítico assumido pelos espécimes de *S. lentiscifolius* na área de estudo se deve ao manejo (corte e queima), ao conjunto de condições microclimáticas, edáficas (associadas à profundidade e composição química do solo) e possivelmente ao *stress* hídrico que as plantas podem estar submetidas em alguns locais específicos, pelo menos em algumas épocas do ano, pois, embora tenha-se uma distribuição regular de chuvas na região, o solo seja relativamente argiloso, e o gradiente de distribuição das espécies mostre ser de umidade, o tempo de permanência da água no solo é muito curto, em função da declividade do terreno e da tênue espessura do solo, o que favorece o escoamento superficial.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir do delineamento amostral permitem concluir que:

1. A área escolhida para o estudo é representativa da formação vegetal do tipo “savana aberta”, a qual ocorre sobre as estruturas mineralizadas no âmbito da Mina Volta Grande e entorno;
2. Os métodos de amostragem e análise de dados empregados, permitiram o entendimento claro da distribuição e abundância das espécies no âmbito da área de estudo, mostrando-se extremamente eficientes, na determinação das variáveis ambientais que condicionam a ocorrência de grupos de espécies vegetais associadas;
3. As concentrações de Cu detectadas nas folhas de *Schinus lentiscifolius*, não evidenciam acumulações anômalas deste elemento;
4. A análise de correlação univariada entre a concentração de Cu na forma disponível no solo e total, em *Schinus lentiscifolius*, assim como, multivariada entre as variáveis ambientais medidas e a composição florística dos grupos e subgrupos de espécies associadas, permite concluir que, a distribuição das espécies vegetais no âmbito da área de estudo não está condicionada pela concentração de Cu disponível no solo;
5. A variação do teor de água no solo e a concentração de fósforo disponível no solo, explicaram 80,5% da variação dos dados na análise multivariada, portanto, dentre as variáveis ambientais analisadas, são as que estão determinando a formação e distribuição dos grupos de espécies vegetais;
6. A elevada concentração de fósforo disponível no solo, provavelmente tem origem em pequenos “bolsões” denominados geologicamente de vênulas, as quais representam “contaminações” do material que compõe a estrutura mineralizada de cobre;

7. Os padrões da vegetação, revelados na classificação supervisionada das imagens orbitais e o porte raquítico assumido por *Schinus lentiscifolius*, refletem o conjunto de condições edáficas, representadas pelo relevo dissecado, solo litólico raso, presença de anomalias geoquímicas, manejo dos campos pelo corte e queima e, o pastejo seletivo;
8. A repetição, no entorno da Mina Volta Grande, dos padrões da vegetação verificados no âmbito desta, evidencia que o conjunto de condições ambientais que os determinam, também se repete nestes ambientes;
9. A resolução espacial da imagem orbital utilizada (*pixel* de 30 x 30 m) não é adequada à localização exata da ocorrência de anomalias geoquímicas, apenas fornece indícios macros de sua localização;
10. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) utilizados, revelaram-se uma ferramenta eficiente para o gerenciamento de banco de dados e geração de produtos de saída, os quais são a base para o diagnóstico ambiental e manejo dos ecossistemas impactados pelas atividades antrópicas;
11. Os dados obtidos no presente estudo fornecem subsídios suficientemente fortes para refutar as hipóteses de trabalho, para a situação verificada na área de estudo. Conclui-se portanto que, estudos adicionais devam ser desenvolvidos, a fim de elucidar as hipóteses que foram levantadas durante o desenvolvimento do presente estudo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, D. C. *Trace elements in the terrestrial environment*. Springer Velag, 1986. 533 p.
- AGNES, G.; PORTO, M. L.; PASQUALI, G.; MORAES, M. G. Caracterização de genes de metalotioneínas de plantas provenientes de solos ricos em cobre. *In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 10, Porto Alegre, *Resumos...* Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1998. p. 205.
- AGNES, G.; PORTO, M. L.; PASQUALI, G.; MORAES, M. G. Caracterização de novos genes de metalotioneínas de plantas crescendo em solos ricos em cobre. *In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 11, Porto Alegre, *Resumos...* Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1999a. p. 194.
- AGNES, G.; PORTO, M. L.; MORAES, G. M. Caracterização de novos genes de metalotioneínas de plantas crescendo em solos ricos em cobre. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA*, 51., Porto Alegre, 1999b. *Resumos...* Porto Alegre:[s.n], 1999b.
- ALEGRIA, A.; BARBERA, R.; BOLUDA, R.; ERRECALDE, F.; FARRE, R., LAGARDA, M. J. Relationship between cobalt, copper and zinc content of soils and vegetables. *Nahrung*, v. 36, n. 5, p. 451-460, 1992.
- ALEXANDER, E. B. Morphology, fertility and classification of productive soils on serpentized peridotite in California (U.S.A). *Geoderma*, Amsterdam, v. 41, p. 337-351, 1988. *apud* PINTO, L. F.S.; KÄMPF, N. Solos derivados de rochas ultrabásicas no ambiente subtropical do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira Ciência Solo*, v. 20, p. 447-458, 1996.
- ALLEN, S.; GRIMSHAW, M. H.; PARKINSON, J. A.; QUARMBY, C. *Chemical analysis of ecological materials*. Oxford, Blackwell, 1974.
- ANGELONE, M.; VASELLI, O.; BINI, C.; CORADOSSI, N. Pedogeochemical evolution and trace elements availability to plants in ophiolitic soils. *Science of the Total Environment*, v. 129, n. 3, p. 291-309, 1993.
- ANTONOVICS, J.; BRADSHAW, A. D.; TURNER, R. G. Heavy metal tolerance in plants. *Advance Ecology Researches*. London: J. B. Crag, v. 7, p. 1-85, 1971.
- ANTUNES, A. F. B. Aplicação do modelo digital do terreno em cartografia. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA*, 16. Florianópolis. *Anais...*, p. 610- 618,1993.
- APLEGATE, A. D. *Arcview GIS software*, version 3.2. 1999
- ARAGÃO DE OLIVEIRA, M. L. A. *Análise do padrão de distribuição espacial de comunidades vegetais do Parque Estadual Delta do Jacuí: Mapeamento e subsídios ao zoneamento da unidade de conservação*. 1998. 296 f.Tese (Doutorado em Ciências) – Curso de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- ARAUJO, J. M. D.; SANTOS, J. B. D.; RAMALHO, M. A. P.; GUEDES, G. A. A. Controle genético da tolerância do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) as condições químicas do solo sob vegetação do serrado. *Ciência e Prática*, v. 16, n. 2, p.189-196, 1992.
- ARCHAMBAULT, D. J.; WINTERHOLDER, K. Metal tolerance in *Agrostis scabra* from the Sudbury, Ontario area. *Canadian Journal Botany*, v. 73, p. 766-775, 1995.

ARDUINI, I.; GODBOLD, D. L.; ONNIS, A. Cadmium and copper change root growth and morphology of *Pinus pinea* and *Pinus pinaster* seedlings. *Physiologia Plantarum*, v. 92, n. 4, p. 675-680, 1994.

ASHIDA, J.; HIGASHI, N.; KIKUCHI, T. An electronmicroscopic study of copper precipitation by copper resistant yeast cells. *Protoplasma*, v.57, n.27, p. 123-145, 1963.

BABALONAS, D.; MAMOLOS, A. P.; KONSTANTINOOU, M. Spatial variation in a grassland on soil rich in heavy metals. *Journal of Vegetation Science*, n. 8, p. 601-604, 1997.

BAKER, A. J. M. Accumulators and excluders – extrategies in the response of plants to heavy metals. *Journal Plant Nutrition*, v. 31, n. 1-4, p.643-654, 1981.

BAKER, A. J. M. Environmentally induced cadmium tolerance in grass *Holcus lanatus*. *Chemosphere*, v. 13, p. 585-590, 1984.

BAKER, A. J. M. Metal tolerance. *New Phytologist*. v. 106 (supplement), p. 93-111, 1987.

BAKER, A. J. M.; BROOKS, R. R. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements. A review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery*, v. 1, n. 2, p. 81-126, 1989.

BAKER, A. J. M.; McGRATH, S. P.; SIDOLI, C. M. D.; REEVES, R. D. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal-accumulating plants. *Resources Conservation and Recycling*, v. 11, n. 1-4, p. 41-49, 1994a.

BAKER, A. J. M.; REEVES, R. D.; HAJAR, A. S. M. Heavy metal accumulation and tolerance in British populations of the metallophyte *Thlaspi caerulescens* J. & C. Presl (Brassicaceae). *New Phytologist*, v. 127, n. 1, p. 61-68, 1994b.

BAKER, A. J. M.; REEVES, R. D.; McGRATH, S. P.; *In situ* decontamination of heavy metal polluted soils using crops of metal-accumulating plants – a feasibility study. In: *In situ Bioreclamation*, HINCHEE, R. E.; OLFENBUTEL, R. F. (eds.), p. 539-544, 1991.

BAKER, A. J. M.; WALKER, P. L. Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants: evolutionary aspects. p. 155-177. In: SHAW, A. J. (ed.). *Heavy metal tolerance in plants*. Boca Raton: CRC Press, 1990. 355p.

BARCELÓ, J.; VASQUEZ, M. D.; POSCHENRIEDER, C. Cadmium-induced structural and ultrastructural changes in the vascular system of brush bean stems. *Botanica Acta*, v, 101, p. 254-261, 1988.

BASZYNSKI, T.; KROL, M.; RUSZKOWSKA, M.; WOJCIESKA, U.; WOLINSKA, D. Photosynthetic apparatus of spinach exposed to excess copper. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, v.108, n. 5. P. 385-395, 1982.

BECH, J., POSCHENRIEDER, C., LLUGANY, M., BARCELO, J., TUME, P., TOBIAS, F.J., BARRANZUELA, J.L., VASQUEZ, E.R. Arsenic and heavy metal contamination of soil and vegetation around a copper mine in Northern Peru. *Science of the Total Environment*, v. 203, n. 1, p. 83-91, 1997.

BECKETT, R. P.; BROWN, D. H. Natural and experimentally-induced zinc and copper resistance in the lichen genus *Peltigera*. *Annals of Botany*, v. 52, n. 1, p. 43-50, 1983.

BECKING, R. W. The Zurich-Montpellier school of phytosociology. *The Botanical Review*, v. 23, n. 7, p. 411-418, 1957.

BELL, J. M.; CLARKE, E.; MARSHALL, P. The Geology of the Dun Mountain Sub-division. *New Zealand Geology Survey Bulletin*, v.12, n,71, 1991.

BELTON, W. *Aves do Rio Grande do Sul: Distribuição e Ecologia*. São Leopoldo: Editora da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 1994. 584p.

BERGKVIST, B.; FOLKESSON, L; BERGGREN. Fluxes of Cu, Pb, Cd, Cr and Ni in temperate forest ecosystem. a literature review. *Water, air soil Pollution*, v. 47, p. 217-286, 1989.

BEYER, W. N.; HENSLER, G.; MOORE, J. Relations of pH and other soil variables to concentrations of Pb, Cu, Zn, Cd and Se in earthworms. *Pedobiologia*, v. 30, p. 167-172, 1987.

BISHT, S. S.; SHARMA, C. P.; KUMAR, A. Plant responses to excess concentration of heavy metal. *Geophytology*, v. 6, n. 2, p. 296-307, 1976.

BLOOMFIELD, C.; KELSO, W. J.; PRUDEN, G.; Reactions between metals and humified organic matter. *Journal Soil Science*, v. 27, p. 26-31, 1986.

BOGGIANO, P. R. O. *Relação entre a estrutura da vegetação e pastejo seletivo de bovinos em campo natural*. Porto Alegre, 1995. 159f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BOLDRINI, I. I. *Dinâmica de vegetação de uma pastagem natural sob diferentes níveis de oferta de forragem e tipos de solos, Depressão Central, RS*. Porto Alegre, 1993. 262f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BOLDRINI, I. I.; EGGERS, L. Vegetação campestre do sul do Brasil: Dinâmica de espécies à exclusão do gado. *Acta Botânica Brasílica*, v. 10, n. 1, p.37-50, 1996.

BOLDRINI, I. I. MIOTTO, S. T. S. Levantamento fitossociológico de um campo limpo da Estação Experimental Agronômica, UFRGS, Guaíba, RS. 1ª etapa. *Acta Botânica Brasílica*, v.1, n.1. p. 49-56, 1987.

BORTOLOTTI, J.; PORTO, M. L.; ZOCHE, J. J. Exposição de plantas à sobrecarga de metais pesados. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11, Porto Alegre, *Resumos...* Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1999. p. 218.

BORUVKA, L.; KOZAK, J.; KRISTOUFKOVA, S. Heavy metal accumulation in plants grown in heavily polluted soils. *Folia Microbiologica*, v. 42, n. 5, p. 524-526, 1997.

BOWEN, H. J. M. *Trace elements in biochemistry*. London: Macmillan, 1966. *apud* BROOKS, R. R. *Biological methods of prospecting for minerals*. New York: Wiley-Interscience, 1983. 322 p.

BRADLEY, R.; BURT, A. J.; READ, D.J. The biology of micorrhiza in the Ericaceae. VIII. The role of micorrhizal infection in the heavy metal resistance. *New Phytologist*, v. 91. p. 197-209, 1982.

BRANNER, J. C. Outlines of the geology of Brazil to accompany the geologic map of Brazil. *Bulletin of Geological Society of America*, v. 30, n. 2, p. 189-328, 1919. *apud* FERNANDES, L. A. D. *et al.* Evolução tectônica do Cinturão Don Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense: Parte I – uma contribuição a partir do registro geológico. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 25, n. 4, p. 351-374, 1995.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, Divisão de Pesquisa Pedologia, Rio de Janeiro: *Boletim Técnico* do DNPEA, Rio de Janeiro, n. 30, 1973.

BRASIL. 1ª Divisão de Levantamento, Ministério do Exército Brasileiro. *Foto aérea*. Porto Alegre, 1996a. FX-073 n. 5124. Escala 1:60.000.

BRASIL. 1ª Divisão de Levantamento, Ministério do Exército Brasileiro. *Foto aérea*. Porto Alegre, 1996b. FX-073 n. 5125. Escala 1:60.000.

BRASIL. Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil, Ministério do Exército Brasileiro. *Folha SH-21-Z-B-VI-2 MI-2994/2 – Lagoa da Meia Lua*. Porto Alegre, 1975a. Escala 1:50.000.

BRASIL. Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil, Ministério do Exército Brasileiro. *Folha SH-21-Z-B-VI-4 MI-2994/4 – Coxilha do Tabuleiro*. Porto Alegre, 1975b. Escala 1:50.000.

BRASIL. Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil, Ministério do Exército Brasileiro. *Folha SH-22-Y-A-IV-1 MI-2995/1 – Arroio América*. Porto Alegre, 1975c. Escala 1:50.000.

BRASIL. Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil, Ministério do Exército Brasileiro. *Folha SH-22-Y-A-IV-2 MI-2995/2 – Arroio Santa Bárbara*. Porto Alegre, 1975d. Escala 1:50.000.

BRASIL. Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil, Ministério do Exército Brasileiro. *Folha SH-22-Y-A-IV-3 MI-2995/3 – Lavras do Sul*. Porto Alegre, 1975e. Escala 1:50.000.

BRASIL. Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil, Ministério do Exército Brasileiro. *Folha SH-22-Y-A-IV-4 MI-2995/4 – Arroio Carajá*. Porto Alegre, 1975f. Escala 1:50.000.

BRAUN-BLANQUET, J. *Fitossociologia: Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid: H. Blume Ediciones. 1949. 820 p.

BRAUN, P. C.; BRAUN, C. A. S. Lista prévia dos anfíbios do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Hieringia, Série Zoologia*, n. 56. P. 121-146, 1980.

BROOKES, A.; COLLINS, J. C.; THURMAN, D. A. The mechanism of zinc tolerance in grasses. *Journal Plant Nutrition*, v.3, n. 695, 1981.

BROOKS, R. R. *Geobotany and biogeochemistry in mineral exploration*. New York: Harper-Row, 1972. 320 p.

BROOKS, R. R. *Biological methods of prospecting for minerals*. New York: Wiley-Interscience, 1983. 322 p.

BROOKS, R. R. Cooper and cobalt in african species of *Crotalaria* L. *Proceedings of Royal Society London Biology*. v. 197, p. 231-236, 1977a.

BROOKS, R. R. Cooper and cobalt uptake by *Haumaniatrum* species. *Plant and Soil*. v. 48, p. 541-544, 1977b.

- BROOKS, R. R.; BAKER, A. J. M.; MALAISSE, F. Copper flowers. *National Geographic Research & Exploration*, v. 8, n.3, p. 338-351, 1992.
- BROOKS, R. R.; LEE, J. REEVES, R. D.; JAFFRÉ, T. Detection of nickeliferous rocks by analysis of herbarium specimens of indicator plants. *Journal Geochemistry Exploration*, v 7, n. 49, 1977.
- BROOKS, R. R.; MORRISON, R.; REEVES, R. D.; MALAISSE, F. Cooper and cobalt in african species of *Aeolanthus* Mat. (plectranthinae, Labiatae) *Plant and Soil*, v. 50, p. 503-507, 1978.
- BROWN, G. Soil factors affecting patchiness in community composition of heavy metal-contaminated areas of western Europe. *Vegetatio*, Belgica, v. 115, n. 1, p. 77-90, 1994.
- BROWN, G. The effects of lead and zinc on the distribution of plant species at former mining areas of western europe. *Flora*, v. 190, p. 243-249, 1995.
- BROWN, D. H.; WELLS, J. M. Physiological effects of heavy metals on the moss *Phytidiadelphus squarrosus*. *Annual Botanical*, v. 66, p. 641-647, 1990.
- BROWN, S. L.; CHANEY, R. L.; ANGLE, J. S.; BAKER, A. J. M. Phytoremediation potential of *Thlaspi caerulescens* and bladder campion for zinc- and cadmium-contaminated soil. *Journal of Environmental Quality*, v. 23, n. 6, p.1151-1157, 1994.
- BRÜMMER, G.; GERTH, J.; HERMS, U. Heavy metal species, mobility and availability in soils. *Z. Pflanzenernähr. Bodenkde.*, V. 149, P. 382-398, 1986.
- BUENO, O. L.; BUSELATO, T. C.; MIOTTO, S. T. S. Composição florística de um campo localizado em Montenegro, RS, Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 30, 1979, Campo Grande. *Anais...* São Paulo: Sociedade de Botânica do Brasil, 1979. p. 153-158.
- BUSCHINELLI, C. C. de A. *Contaminação do solo, plantas e água subterrânea por Cd, Pb, Cr, Cu, e Zn em área de aterro com lixo em Porto Alegre*. 1985. 132f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Centro de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BUSTAMANTE, M. M. *Biomonitoring of heavy metals using higher plants growing at former mining sites*. 1993. 197 p. Dissertation (Doktor der Naturwissenschaften) – Fachbereich VI Geographie – Glowissenschaften der Universität of Trier, Trier.
- CAIN, S. A. The species-area curve. *The american midland naturalist*, Notre Dame, n. 19, p. 573-581, 1938.
- CANNON, H. L. Description of indicator plants and methods of botanical prospecting for Uranium deposits on the Colorado Plateau. *Geology Survey Bulletin*, v. 1030, p.395-516, 1957.
- CANNON, H. L. Botanical prospecting for ore deposits. *Science*. V. 132, n. 3427, p. 591-598, 1960.
- CARVALHO, P. F. Reconhecimento geológico no Estado do Rio Grande do Sul. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, Rio de Janeiro, n. 66, p. 1-72, 1932.

- CATALDO, D. A.; WILDUNG, R. E. Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants. *Environ. Health Pers.* V. 27, p. 149-159, 1978.
- CAVALARO, N.; McBRIDE, M. B. Activities of Cu^{2+} and Cd^{2+} in soil solutions as affected by pH. *Soil Science Society American Journal*, v. 44, p. 729-732, 1980.
- CHANEY, R. L.; BROWN, S. L.; LI, Y. M.; ANGLE, J. S.; HOMER, F. A. GREEN, C. E. Potential use of metal hyperaccumulators. *Mining Environmental Management*, v.3, n.3, p. 9-11, 1995.
- CHANEY, R. L.; MALIK, M.; LI, Y. M.; BROWN, S. L.; BREWER, E. P.; ANGLE, J. S.; BAKER, A. J. M. Phytoremediation of soil metals. *Current Opinions in Biotechnology*, v.8, p. 279-284, 1997.
- CHANEY, R. L. Plant uptake of inorganic waste. In: *Land treatment of hazardous wastes*. PARR, J. E. ; MARSH, P. B.; KLA, J. M. (eds.), Park Ridge: Noyes Data Corporation, p. 50-76, 1983.
- CINTRA, J. P.; FONSECA JUNIOR, E. S. da.; ISHIKAWA, M. I. Interpolações em DTM para geração de curvas de nível. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 16. Florianópolis. *Anais...*, p. 653- 669, 1993.
- CLARK UNIVERSITY. *IDRISI Software*. Clark University. Worcester, v.3.2. 1999.
- CLARK LABS. *CARTALINX software: the spacial data builder*. Clark University. Worcester, v. 2.0. 1999.
- COHEN, N. E.; BROOKS, R. R.; REEVES, R. D. Pathfinders in geoghechemical prospecting for Uranium in New Zealand. *Economic Geology*, v. 64, p. 519-525, 1969.
- COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO – CRM. *Mapa do manifesto de mina n. 190/35 – Lavras do Sul, área da Mina Volta Grande: estruturas mineralizadas e promissoras*. (s.d.), (Mapa desenhado em papel vegetal).
- CORREA, J. A.; GONZALEZ, P.; SANCHEZ, P.; MUNOZ, J.; ORELLANA, M. C. Copper-algae interactions: Inheritance or adaptation? *Environmental Monitoring Assessment*, v. 40, n. 1, p. 41-54, 1996.
- CUNNINGHAM, S. D.; BERTI, W. R. Remediation of contaminated soil with green plants: an review. *Vitro cell. Dev. Biology*, v. 29, p. 207-212, 1993.
- CUNNINGHAM, S. D.; BERTI, W. R.; HUANG, J. W. Phytoremediation of contaminated soils. *Trends Biotechnological*, v. 13, p. 393-397, 1995.
- CUNNINGHAM, S. D.; OW, D. W. Promises and prospects of phytoremediation. *Plant Physiology*, v. 110, p. 115-119, 1996.
- CURVETTO, N. R.; RAUSER, W. F. Isolation and characterization of copper-binding proteins from roots of *Agrostis gigantean* tolerant to excess copper. *Plant Physiology Supplement*. v. 63, p. 59, 1979.
- DAL PIVA, G. G. dos S. *Metais pesados (cádmio, cobre e chumbo) e sua relação com a biossíntese de metabólitos secundários em ecótipos de Baccharis trimera (Less.) A. P.de Candolle – Compositae*. 2001. 205 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DAL PIVA, G. G.; PORTO, M. L. Composição química em diferentes ecótipos de *Baccharis trimera* (Less) A. P. DC e *Achyrocline satureoides* (Lam.) DC. Compositae. In: ENCONTRO DE BOTÂNICOS DO RS – SBB: SECÇÃO REGIONAL DO RS, 9. Porto Alegre. *Anais...*, p. 55, 1998a.

DAL PIVA, G. G.; PORTO, M. L. Avaliação de metais pesados (Cd, Cu, Pb, Zn) na composição química e atividade farmacológica de diferentes ecótipos de *Baccharis trimera* (Less) A. P. DC. E *Achyrocline satureoides* (Lam.) DC Compositae: parte II. In: SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DO BRASIL, 15., Águas de Lindóia. *Resumos...*, p. 171, 1998b.

DAL PIVA, G. G.; PORTO, M. L. Avaliação de metais pesados (Cd, Cu, Pb, Zn) na composição química em diferentes ecótipos de *Baccharis trimera* (Less) A. P. DC e *Achyrocline satureoides* (Lam.) DC. Compositae. In: ENCONTRO NACIONAL DE QUÍMICA ANALÍTICA, 10., Santa Maria. *Anais...*, 1999.

DAL PIVA, G. G.; PORTO, M. L. Metais pesados e sua relação com a biossíntese de metabólitos secundários em ecótipos de *Baccharis trimera* (Less) A. P. DC. e *Achyrocline satureoides* (Lam.) DC. Compositae. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 5. Porto Alegre. *Resumos ...*, 2001.

DANIELS, R. R.; STUCKMEYER, B. E.; PETERSON, L. A. Copper toxicity in *Phaseolus vulgaris* L. as influenced by iron nutrition. An anatomical study. *Journal of American Society Horticulture Science*, v. 9, p. 249-254, 1972.

DAUBENMIRE, R. *Plant communities: a text book of plant sinecology*. New York: Harper & Row, 1968. 300p.

DEER, W.A.; HOWIE, R. A.; ZUSSAN, J. *An introduction to the rock forming minerals*. London: Loongmans, Green and Co., Ltda, 1966.

DE FILIPPIS, L. F. The effect of heavy metal compounds on the permeability of *Chlorella* cells. *Z. Pflanzenphysiology*, v. 92, p. 39-49, 1979.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA MINERAL – DNPM. *Manifesto de mina n. 190/35. Mina Volta Grande – Lavras do Sul – RS*, 1962.

DEVLIN, R. M. *Plant Physiology*. Barcelona: Ediciones Omega, 1976. 517p.

DE-VOS, C. H. R.; SCHAT, H.; DE-WAAL, M. A. M.; VOOIJS, R.; ERNST, W. H. O. Increased resistance to copper-induced damage of the root cell plasmalemma in copper tolerant *Silene cucubalus*. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 82, n. 4, p. 523-528, 1991.

DE-VOS, C. H. R.; SCHAT, H.; VOOIJS, R.; ERNST, W. H. O. Copper-induced damage to the permeability barrier in roots of *Silene cucubalus*. *Journal Plant Physiology*, v. 135, p. 164-169, 1989.

DIGBY, P. G. N.; KEMPTON, R. A. *Multivariate analysis of ecological communities*. London: Chapman and Hall, 1987. 206 p.

DORN, P. Pflanzen als anzeiger für erlagerstätten. *Der Biologie*, v. 6, p. 11-13, 1937. apud PORTO, M. L. Vegetação metalófila e o desenvolvimento do setor mineral. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém. *Anais...* Belém: EMPRABA-CPATU, 1986. p.171-183.

DUDDRIDGE, J. A.; WAINWRIGHT, M. Heavy metal accumulation by aquatic fungi and reduction in viability of *Gammarus pulex* fed Cd²⁺ contaminated mycelium. *Water Research*, v. 14, p. 1605-1611, 1980.

DUSHENKOV, V. KUMAR, P. B. A. N.; MOTTO, H.; RASKIN, I. Rhizofiltration – the use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. *Environmental Science Technology*, v. 29, p. 1239-1245, 1995.

DUVIGNEAUD, P. La végétation du Katanga et de ses soils métallifères. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.* v. 90, p. 127-286, 1958.

DUVIGNEAUD, P. Plantes cobaltophytes dans le Haut Katanga. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.* v. 91, p. 111-134, 1959.

DUVIGNEAUD, P.; DENAEYER-DE SMET, S. Cuivre et végétation au Katanga. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.* v. 96, p. 96-231, 1963.

EAESTMAN, J. R. *IDRISI for Windows: Introdução e exercícios tutoriais*. HASENACK, H.; WEBER, E. (tradutores). Centro de Recursos Idrisi, UFRGS. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1998. 235 p.

EDEN, T.; BOND, T. E. T. The effect of manure treatment on the growth of weed in the tea. *Empire Journal Experimental Agriculture*, n. 13, p. 1414-157, 1945.

ELEFTHERIOU, E. P.; KARATAGLIS, S. Ultrastructural and morphological characteristics of cultivated wheat growing on copper-polluted fields. *Botanica acta*. v. 102, p. 134-140, 1989.

EGGERS, L. *Ação do fogo em uma comunidade campestre, analisada em bases fitossociológicas*. 1991. 136f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) Instituto de Biociências, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

EGGERS, L.; PORTO, M. L. *Ação do fogo em uma comunidade campestre secundária, analisada em bases fitossociológicas*. *Boletim do Instituto de Biociências*, Porto Alegre: Editora da UFRGS, n. 53, p. 1-88, 1994.

EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa – produção de informação, Rio de Janeiro: Embrapa – solos, 1999. 412p.

ERNST, W. H. O. Ecophysiological studies on heavy metal plants in South Central Africa. *Kirkia*, v. 8, p. 125-146, 1972.

ERNST, W. H. O. Okologish-soziologishe untersuchungen in der schwernmetallpflanzengesellschaften mitteleuropas unter einschluss der alpen. Abh. Landesmus. *Naturkunde Münster*, v. 27, n. 1, p. 1-54, 1965. *apud* PORTO, M. L. Vegetação metalófila e o desenvolvimento do setor mineral. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém. *Anais...* Belém: EMPRABA-CPATU, 1986. p.171-183.

ERNST, W. H. O. Okologish-soziologishe untersuchungen in der schwernmetallpflanzengesellschaften südfrankreichs und östlichen harzvorlandes. *Flora*, v. 156, p. 310-318, 1966. *apud* PORTO, M. L. Vegetação metalófila e o desenvolvimento do setor mineral. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém. *Anais...* Belém: EMPRABA-CPATU, 1986. p.171-183.

- ERNST, W. H. O. Zur kenntnis der soziologie und ökologie der schwermetallvegetation grossbritanienes. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.*, v. 81, p.116-124, 1968. *apud* PORTO, M. L. Vegetação metalófila e o desenvolvimento do setor mineral. *In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO*, 1., Belém. *Anais...* Belém: EMPRABA-CPATU, 1986. p. 171-183.
- ERNST, W. H. O. Die schwemetallvegetation europas. 1969. Habil. – schrift Math. Nat. Fak. Univ. Münster, Münster. *apud* PORTO, M. L. Vegetação metalófila e o desenvolvimento do setor mineral. *In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO*, 1., Belém. *Anais...* Belém: EMPRABA-CPATU, 1986. p.171-183.
- ERNST, W. H. O. *Schwermetallvegetation der Erde*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1974. 194p.
- ERNST, W. H. O. Ökologische grenze zwischen *Violetum calaminrie* und *Gentiano koelerietum*. Berlin, *Bot. Ges.* v. 89, p. 381-390, 1976. *apud* BUSTAMANTE, M. M. *Biomonitoring of heavy metals using higher plants growing at former mining sites*. 1993. 197 p. Dissertation (Doktor der Naturwissenschaften) – Fachbereich VI Geographie – Glowissenschaften der Universität of Trier, Trier.
- ERNST, W. H. O.; SCHAT, H.; VERKLEIJ, J. A. C. Evolutionary biology of metal resistance in *Silene vulgaris*. *Evolutinary Trends in Plants*, v. 4, p. 45-51, 1990.
- ESRI – Environmental Systems Research Institute. *Understanding GIS. The ARC/INFO Method*. Redlands: ESRI, 1990.
- EVANS, L. J. Chemistry of metal retention by soils. *Environment Science Technology*, v. 23, p. 1046-1056, 1989.
- FARAGO, M. E. Metal tolerant plants. *Coord. Chemical Review*, v. 36, p. 155-182, 1981.
- FARAGO, M.; COLE, M.; XIAO, X.; VAZ, M. C. Preliminary assessment of metal bioavailability to plants in the Neves Corvo area of Portugal. *Chemical Speciation and Bioavailability*, v. 4, n. 1, p.19-27, 1992.
- FEOLI, E.; ORLÓCI, L. Analysis of concentration and detection of underling factors in structured tables. *Vegetatio, The Hague*, v. 40, n. 1. p. 49-54, 1979.
- FERNANDES, L. A. D. *et al.* Evolução tectônica do Cinturão Don Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense: Parte I – uma contribuição a partir do registro geológico. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 25, n. 4, p. 351-374, 1995.
- FLEIG, M. *Flora Ilustrada do Rio Grande do Sul - Anacardiaceae*. Boletim do Instituto de Biociências da UFRGS, Porto Alegre, n. 42, p. 1-72, 1987.
- FOSTER, P. L. Copper exclusion as a mechanism of heavy metal tolerance in a green alga. *Nature*. v. 269, p. 322-323, 1977.
- FOY, C. D.; CHANEY, R. L.; WHITE, M. C. The physiology of metal toxicity in plants. *Annual Review Plant Physiology*, n. 29. p. 511-556, 1978.
- FRENCKELL-INSAM, B. A. K.; HUTCHINSON, T. C. Occurrence of heavy metal tolerance and co-tolerance in *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv. from European and Canadian populations. *New Phytologist*, v. 125, n. 3, p. 555-564, 1993

FRIZZO, T. C. E. *Zoneamento da vegetação e sua relação com metais pesados na Mina Volta Grande, Lavras do Sul*. 2002. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FRIZZO, T. C. E.; PORTO, M. L. Comunidades vegetais em solos metalíferos na mina Volta Grande – Lavras do Sul, RS, Brasil. *In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 5.*, 2001, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2001.

FRIZZO, T. C. E.; PORTO, M. L. Vegetation zonation on area of cupro-auriferous ores. *In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEGETATION SCIENCE – IAVS, 45.*, 2002, Porto Alegre. *Resumos...* Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2002.

GABBRIELLI, R.; MATTIONI, C.; VERGNANO, O. Accumulation mechanisms and heavy metal tolerance of a nickel hyperaccumulator. *Journal of Plant Nutrition*, v. 14, n. 10, p. 1067-1080, 1991.

GARCIA, E. N. *Comportamento da vegetação campestre sob diferentes práticas de melhoramento e exclusão*. 1997. 123f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GARGANTINI, H.; *et alii*. *Levantamento de fertilidade dos solos do estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agronômico, 1970. 32 p.

GAVRONSKI, E. F. *et alii*. Contribuição do Departamento Nacional de Produção Mineral no desenvolvimento geo-econômico do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Documento Básico. *Departamento Nacional de produção Mineral*. Rio de Janeiro: Publicação Especial do DNPM, n.8, p.1-115. 1969. *apud* HORBACH, R. *et al*. Geologia. *In: Levantamento de recursos naturais*. V. 33: Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH. 21 Uruguaiana e SI.22. Rio de Janeiro: SEPLAN e IBGE, 1986. p. 29-312.

GIRARDI-DEIRO, A. M. *Influência de manejo, profundidade do solo, inclinação do terreno e metais pesados sobre a estrutura e dinâmica da vegetação herbácea da Serra do Sudeste, RS*. 1999. 196f. Tese (Doutorado em Ciências) – Curso de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GIRARDI-DEIRO, A. M.; GONÇALVES, J. O. N. Determinação do tamanho e número de amostras da vegetação do campo natural em Bagé, RS. Bagé: EMBRAPA. Coletânea das Pesquisas; Forrageiras. EMBRAPA. (CNPO. DOCUMENTO, 3) v.1, p. 91-102, 1987a.

GIRARDI-DEIRO, A. M.; GONÇALVES, J. O. N. Estrutura da vegetação de um campo natural submetido a três cargas animais na região Sudoeste do RS. Bagé: EMBRAPA. Coletânea das Pesquisas; Forrageiras. EMBRAPA. (CNPO. DOCUMENTO, 3) v.1, p. 33-62, 1987b.

GIRARDI-DEIRO, A. M.; GONÇALVES, J. O. N. Flora campestre do município de Bagé, RS. *In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 36*, Porto Alegre. *Anais...*, p. 377-388, 1984.

GIRARDI-DEIRO, A. M.; GONÇALVES, J. O. N.; GONZAGA, S. S. Campos naturais ocorrentes nos diferentes tipos de solo no Município de Bagé, RS: fisionomia e composição florística. *Iheringia*, Porto Alegre, n. 42, p. 55-79, 1992.

GIRARDI-DEIRO, A. M.; KÄMPF, A. N. Composição botânica dos campos naturais das Estações Experimentais da Secretaria da Agricultura – 2ª etapa: Estação Experimental Fitotécnica de Bagé, Rio Grande do Sul. *Anuário Técnico do IPZFO*, Porto Alegre, v. 8, p. 171-316, 1978.

- GIRARDI-DEIRO, A. M.; MOTA, A. F.; GONÇALVES, J. O. N. Efeito do corte de plantas lenhosas sobre o estrato herbáceo da vegetação da Serra do Sudeste, RS, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.12, p.1823-1832, 1994.
- GIRARDI-DEIRO, A. M.; PORTO, M. L. Influência antrópica e do substrato na vegetação campestre em área com potencial de ocorrência de metais pesados. In: ENCONTRO DE BOTÂNICOS DO RS – SBB: SECÇÃO REGIONAL DO RS, 9., Porto Alegre. *Anais...*, p. 86, 1998.
- GIRARDI-DEIRO, A. M.; PORTO, M. L. Ocorrência de metais pesados na vegetação herbácea e manejo por corte e queima da plantas lenhosas da Serra do Sudeste, RS. CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA – SBB: UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU, 50., Blumenau. *Anais...*, p. 167, 1999.
- GIRARDI-DEIRO, A. M.; PORTO, M. L. Herbaceous vegetation dynamic after cut and burn shrub plants in southern Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., São Pedro e São Paulo, . *Proceedings...*, Piracicaba: Ed. FEALC, v. 1, p. 948-949, 2001.
- GOEDICKEMEIER, I.; WILD, O.; KIENAST, F. Sampling for vegetation survey: Some properties of a GIS-based stratification compared to other statistical sampling methods. *Coenoses, Gorizia*, v.12, n. 1, p. 43-50, 1997.
- GOLDSCHMIDT, V. M. Rare elements in cola ashes. *Indus. And Eng. Chem.*, 27:1100-1103. apud AZAMBUJA, D. S. *Estudo da associação de elementos traço com a fração orgânica e inorgânica do carvão do Leão*. 1978. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- GONÇALVES, J. O. N.; GIRARDI-DEIRO, A. M. Efeitos de três cargas animais sobre a vegetação de pastagem natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 21, n. 5. p. 547-554, 1986.
- GONÇALVES, J. O. N.; GIRARDI-DEIRO, A. M.; GONZAGA, S. S. *Limpeza de campo na Serra do Sudeste, RS*. Efeito do corte e queima de plantas lenhosas, visando aumentar as áreas de pastoreio. Bagé: EMBRAPA. (CPPSUL. CIRCULAR TÉCNICA, 11). 1997. 15p.
- GOODAL, D. W. Some considerations in the use of point quadrats for the analysis os vegetation. *Austriac Journal Scientific Researche*. Série B, n. 5. P. 1-41, 1952.
- GOODLAND, R. A. Cerrado oxisoils of triangulo mineiro Central-Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.43, n. 2, p. 407-414,1971a.
- GOODLAND, R. A. Physiognomic analysis of the "cerrado" cegetation os central Brasil, *Journal of Ecology*, v. 59, p. 411-419, 191b.
- GOODLAND, R. A. Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology*, v. 61, p. 219-224, 1973.
- GRAHAM, R. D. Aborption of copper by plant roots. In: *Copper in soils and plants*. LONERAGAN, J. F.; ROBSON, A. D.; GRAHAM, R. D. (eds.). Sydney: Academic Press, 1981. p. 141-163.
- GRILL, E.; WINNACKER, E. L. ZENK, M. H. Phytochelatins: the principal heavy-metal complexing pepetides of higher plants. *Science*, v. 230, p. 674-676. 1985.

GRUPE, M.; KUNTZE, H. Zur ermittlung der schwermetallverfügbarkeit lithogen und anthropogen belasteter standorte. 1. Cd und Cu. *Z. Pflanzennähr. Bodenk.* v. 151, p. 319-324. 1988. *apud* BORUVKA, L.; KOZAK, J.; KRISTOUFKOVA, S. Heavy metal accumulation in plants grown in heavily polluted soils. *Folia Microbiologica*, v. 42, n. 5, p. 524-526, 1997.

GUPTA, R. P. *Remote sensing geology*. Heidelberg: Springer-Verlag, 1999.

GUPTA, S.; STADELMANN, F. X.; HÄNI, H.; RUDAZ, A. Interrelation of Cd-ion concentration and the growth and the activities of microorganism in two growth media. *Toxicology Environmental Chemistry*. v. 8, p. 173-184. 1984.

GUSSARSSON, M.; JENSÉN, P. Effects of copper and cadmium on uptake and leakage of K^+ in birch (*Betula pendula*) roots. *Tree physiology*. Victória:Heron Publishing, v. 11, p. 305-313. 1992.

HANSON, H. C. Principles concerned in the formation and classification of communities. *The Botanical Review*, New York, v. 24, n. 2-3, p. 65-125, 1958.

HAVEN, P. H.; EVERT, F.R.; EICHHORN, S. *Biology of plants*. New York. W. H. FREEMAN and Company. 6.ed. 1999. 905p.

HOFBAUER, R. *Schwermetallgehalte in südbrasilianischen flechten*. Zulassungsarbeit (Botanik) – Abteilung Spezielle Botanik, Univesität Ulm, Ulm, 1979.

HOGAN, G. D.; RAUSER, G. D. Role of copper binding, absorption, and translocation in copper tolerance of *Agrostis gigantean* Roth. *Journal Experimental Botany*. v. 32, p. 37-26. 1981.

HORBACH, R. *et al.* Geologia. *In: Levantamento de recursos naturais*. V. 33: Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH. 21 Uruguaiana e SI.22. Rio de Janeiro: SEPLAN e IBGE, 1986. p. 29-312.

HORLER, D. N. H.; BARBER, J. ; BARRINGER, A. R. *Remote sensing in geological and terrain studies*. London: Remote Sensing Society, 1981. *apud* BROOKS, R. R. *Biological methods of prospecting for minerals*. New York: Wiley-Interscience, 1983. 322 p.

HOWARD-WILLIAMS, C. The ecology of *Becium homblei* in Central Africa with special reference to metalliferous soils. *Journal of Ecology*. v. 58, p. 745-763, 1970.

HOWARD-WILLIAMS, C. Environmental factors controlling the growth of plants on heavy metal soils. *Kirkia*, v. 8, p. 91-102, 1971.

HOWARD-WILLIAMS, C. Factors influencing copper tolerance in *Becium homblei*. *Nature*. v. 237, p. 171, 1972.

[http:// www.ipni.org](http://www.ipni.org). *The international plant names index*.

JACOBSEN, W. B.G. Further notes on the vegetation of copper bearing soil at silverside. *Kirkia*, v. 7, 185-290, 1970.

JANCEY, R. C. Species ordering on a variance criterion. *Vegetatio*, The Hague, v. 39, n.1 p. 59-63, 1979

- JASTROW, J. D.; KOEPPE, D. E. Uptake and effects of cadmium in higher plants. *In: Cadmium in the environment. Part 1. Ecological Cycling*. Ed. J. O. Nriagu. John Wiley and Sons. USA, 1980. p. 607-638.
- JENG, A.S., BERGSETH, H. Chemical and mineralogical properties of Norwegian alum shale soils, with special emphasis on heavy metal content and availability. *Acta Agriculturae Scandinavica: Section B - Soil and Plant Science*, v. 42, n. 2, p. 88-93, 1992.
- JENSÉN, P.; ADALSTEINSSON, S. Effects of copper on active and passive Rb⁺ influx in roots of winter wheat. *Physiology Plantarum*, v. 75, p. 195-200, 1989.
- JORGE, A. J. Fósforo. p. 192-197. *In: MONIZ, A. C. Elementos de Pedologia*. São Paulo: Editora da USP/Editora Polígono, 1972.
- JOWETT, D. Populations of *Agrostis* spp. Tolerant to heavy metals. *Nature*, v. 182, p. 816, 1958.
- JUSTUS, J. O. Hidrografia. *In: Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. V. 2: Região Sul. p. 189-218.
- JUSTUS, J. O.; MACHADO, M. L. A.; FRANCO, M. S. M. Geomorfologia. *In: Levantamento de recursos naturais*. v. 33: Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH. 21 Uruguaiana e SI.22. Rio de Janeiro: SEPLAN e IBGE, 1986. p. 313-404.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. *Trace element in plants and soils*. Boca Ratón: CRC Press, 1992. 336p.
- KAHLE, H. Response of roots of trees to heavy metals. *Environmental and Experimental Botany*, v. 33, n. 1, p. 99-119, 1993.
- KAUL, P. F. T. Geologia. *In: Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v. 2: Região Sul. p. 29-54.
- KER, J. C.; ALMEIDA, J. A de.; FASOLO, J. P.; HOCHMÜLLER, D. P. Pedologia, Levantamento exploratório de solos. *In: Levantamento de recursos naturais*. v. 33: Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH. 21 Uruguaiana e SI.22. Rio de Janeiro: SEPLAN e IBGE, 1986. p. 405-527.
- KERSTING, C. E. B. *Avaliação dos efeitos da queima, seguida de pastejo ou diferimento em uma pastagem natural*. 1994. 122f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- KINZEL, H. *Pflanzenökologie un Mineralstoffwechsel*. Verlag Eugen Ulmer. 1982. *apud BUSTAMANTE, M. M. Biomonotoring of heavy metals using higher plants growing at former mining sites*. 1993. 197 p. Dissertation (Doktor der Naturwissenschaften) – Fachbereich VI Geographie – Glowissenschaften der Universität of Trier, Trier.
- KLEINHAMPEL, F. J. Botanical prospecting for Uranium on South Elk Ridge San Juan Country, Utah. *Geology Survey Bulletin*, v. 1085, p.102-187, 1962.
- KONRAD, H. G.; NAEHER, N. I. P. *Caracterização, diagnóstico e planejamento da bacia de drenagem do rio Camaquã – aspectos biológicos, físicos e químicos da água*. São Leopoldo: Ed. UNISINOS. (Relatório Final. 3ª parte), v. 1, 1996. 333p.

- KONRAD, H. G.; PALOSKI, N. I. Fauna da região das Minas do Camaquã, sub-bacia do arroio João Dias. In: RONCHI, L. H.; LOBATO, A. O. C. *Minas do Camaquã, um estudo multidisciplinar*. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2000. p. 85-108.
- KOTZ, L.; KAISER, G.; TSCHÖPEL, P; TÖLG, G. Aufschluß biologischer matrices für die bestmrmung sehr niedriger spurenelementgehalte bei gegrenzter einwaage mit salpetersäure unter druck in einem teflongefaß. *Z. Anal. Chem.* V. 260, p. 207-209. *apud* PORTO, M. L. *Beiträge zur Schwermetallvegetation von Rio Grande do Sul, Brasilien*. 1981. 76p. Dissertation (Doktor der Naturwissenschaften) – Fakultät für Naturwissenschaften und Matematik der Universität Ulm, Ulm.
- KRAEMER, U.; COTTER-HOWELLS, J. D.; CHARNOCK, J. M.; BAKER, A. J. M.; SMITH, A. C. Free histidine as a metal chelator in plants that accumulate nickel. *Nature*, v. 379, n. 65-66, p. 635-638, 1996.
- KRUCKEBERG, A. L.; WU, L. Copper tolerance and copper accumulation of herbaceous plants colonizing inactive California copper mines. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 23, n. 3, p. 307-319, 1992.
- KUCHLER, A. W. Problems in classifying and mapping vegetation for ecological regionalization. *Ecology*, Lancaster, v. 54, n. 3, p.512-523, 1973.
- KUNTZE, H. Behavior of heavy metals in soils. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 4. *Proceedings...*, BENDER, F. (ed.), Geo-resources and environment, 1986.
- LAMBINON, J.; AUQUIER, P. La flore et la végétation des terrains calaminaires de la Wallonie septentrionale et de la Rhénaine aixoïde. *Natura Mosana*. v. 16, p. 113-121, 1964. *apud* BROWN, G. Soil factors affecting patchiness in community composition of heavy metal-contaminated areas of western Europe. *Vegetatio*, Belgica, v. 115, n. 1, p. 77-90, 1994.
- LANDAU, E. C. Ecologia de paisagem da região do vale do rio dos Sinos – Santa Cristina do Pinhal, Parobé, RS em bases fitossociológicas e de geoprocessamento. 1994. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Curso de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- LANDSAT TM 5. *Imagem orbital, cena órbita ponto 222.081*. 10.12.1995.
- LANDSAT TM 5. *Imagemorbital, cena órbita ponto 223.081*. 28.07.1996.
- LEFEBRVE, C. Evolutionary problems in heavy metal tolerant *Armeria maritima*. In International Conference on Heavy Metal in the Environment. Toronto. *Proceedings...* Toronto, 1975, p. 154-160.
- LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: *Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v.2: Região Sul. p. 74-126.
- LEVIN, S. A. The problem of patern and scale in ecology. *Ecology*, v. 73, p. 1943 –1967, 1992. *apud* DEL-BARRIO, G., ALVERA, B., PUIGDEFABREGAS, J., DIEZ, C. Response of high mountain landscape to topographic variables: Central Pyrenees. *Landscape Ecology*, v. 12, n. 2, p. 95-115. 1997.
- LEVINSON, A. A. *Introduction to Exploration Geochemistry*. Illinois: Applied Publishing, 1974. 613p.

LEVITT, J. Frost, drought and heat resistance. In: HEILBRUM, L. V. and WEBER, F. (eds.) *Protoplasmatologia – Handbook der protoplasmaforschung*. Berlin: Springer Verlag, v 3. 1958. *apud* BUSTAMANTE, M. M. *Biomonitoring of heavy metals using higher plants growing at former mining sites*. 1993. 197 p. Dissertation (Doktor der Naturwissenschaften) – Fachbereich VI Geographie – Geowissenschaften der Universität of Trier, Trier.

LEVY, E. B.; MADDEN, E. A. The point method of pasture analysis. *New Zealand Journal Agriculture*, v.46, p. 267-269, 1933.

LILLESAND, T.; KIEFFER, R. *Remote sensing and image interpretation*. New York: Wiley, 1987.

LIMA E CUNHA, M. C. Prospecção biogeoquímica para cobre no Cerro dos Martins e Mina do Seival, Caçapava do Sul, RS. *Acta Geológica Leopoldensia*, São Leopoldo, v. 4, n. 8, p. 95-108, 1980.

LIMA E CUNHA, M. C. *A biogeoquímica na prospecção mineral – aplicação do método em área mineralizada à cobre no Rio Grande do Sul*. 1982. 88f. Tese (Doutorado em Geociências) Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LINDMAN, C. A. M. *A vegetação no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Universal, 1906. 350 p.

LINSTOW, von O. Bodenanzeigende pflanzen. *Abh. Preuss. Geol. Land*, v.114, p. 1-105, 1929. *apud* PORTO, M. L. Vegetação metalófila e o desenvolvimento do setor mineral. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém. *Anais...* Belém: EMPRABA-CPATU, 1986. P.171-183.

LISBOA, M. A. Relações de afinidade da flora com depósitos mineralizados. SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE TÉCNICAS EXPLORATÓRIAS EM GEOLOGIA, 1., Poços de Caldas. *Anais...*, v. 1, p.69-71, 1976.

LOLKEMA, P. C. *Copper resistance in higher plants*. PHD Thesis. Amsterdam: Free University Press, 1985. *apud* OUZOUNIDOU, G.; ELEFThERIOU, E.P.; KARATAGLIS, S. Ecophysical and ultrastructural effects of copper in *Thlaspi ochroleucun* (Cruciferae). *Canadian Journal Botany*, v. 70, p. 947-957, 1992.

LOLKEMA, P. C.; VOOIJS, R. Copper tolerance in *Silene cucubalus*. Subcellular distribution of copper and its effects on chloroplasts and plastocyanin synthesis. *Planta*, v. 167, p. 30-36, 1986.

LUCAS, P. H. *The occurrence of copper-binding protein in genetically defined clones of Mimulus guttatus*. 1981. Tese (Bacharel Science) University of Exeter. *apud* STRANGE, J.; MACNAIR, M. R. Evidence for a role for the cell membrane in copper tolerance of *Mimulus guttatus* Fischer ex DC. *New Phytologist*, v. 119, n. 3, p. 383-388, 1991.

LUCAS, R. E.; KEZENEK, B. D. Climatic and soil conditions promoting micronutrients deficiencies in plants. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINSAY, W. L. (eds.). *Micronutrients in agriculture*. Madison: Soil Science Society American Inc., 1972.

MACEDO, W. Levantamento de reconhecimento dos solos do município de Bagé, RS. Brasília: Departamento de Difusão de Tecnologia. (EMBRAPA-UAPAE de Bagé. Documentos, 1)1984. 69 p.

- MACNAIR, M. R. The genetic control of copper tolerance in the yellow monkey flower, *Mimulus guttatus*. *Heredity*, v. 50, n. 3, p. 283-293, 1983.
- MACNAIR, M. R. Heavy metal tolerance in plants: A model evolutionary system. *Trends Ecol. Evolution*, v. 2, n. 12, p. 354-359, 1987.
- MACNAIR, M. R. The genetics of metal tolerance in natural population. p. 235-253. In: Shaw, A. J. (eds.). Heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects. Boca Raton: CRC Press, 1990. 355p.
- MACNAIR, M. R. Why the evolution of resistance to anthropogenic toxins normally involves major gene changes: the limits to natural selection. *Genetica*, v. 84, n. 3, p. 213-219, 1991.
- MACNAIR, M. R.; SMITH, S. E.; CUMBES, Q. J. Heritability and distribution of variation in degree of copper tolerance in *Mimulus guttatus* at Copperopolis, California. *Heredity*, v. 71, n. 5, p. 445-455, 1993.
- MACNAIR, M. R.; WATKINS, A. D. The fitness of the copper tolerance gene of *Mimulus guttatus* in uncontaminated soil. *New Phytologist*, v. 95, n. 1, p. 133-137, 1983.
- MALAISSÉ, F.; GRÉGOIRE, J.; BROOKS, R. R.; MORRINSON, R. S.; REEVES, R. D. *Aeolanthus biformifolius*: a hyperaccumulator of copper from Zaïre. *Science*, v. 199, p. 887-888, 1978.
- MALAISSÉ, F. GREGÓIRE, J. Contribution à la phytochimie de la Mine de l'Etoile (Shaba, Zaïre). *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg*, v. 111, p. 252-260, 1978.
- MALAISSÉ, F.; GRÉGOIRE, J.; MORRINSON, R. S.; BROOKS, R. R.; REEVES, R. D. Copper and cobalt in vegetation of Fungurume, Shaba Province, Zaïre. *Oikos*, v. 33, p. 472-478, 1979.
- MALUYGA, D. P. *Biogeochemical methods of prospecting*. New York: Consultants Bureau, 1964. 205p.
- MALYUGA, D. P.; MALASHKINA, N. S.; MAKAROVA, A. I. Biogeochemical Investigations at Kadzharan, Armenien SSR. *Geomiya*, v. 5, 1959.
- MARINUSSEN, M. P. J. C.; VAN-DER-ZEE, S. E. A. T. M.; DE HAAN, F. A. M.; BOUWMAN, L. M.; HEFTING, M. M. Heavy metal (Cu, Pb, Zn) accumulation and excretion by the earthworm *Dendrobaena veneta*. *Journal of Environmental Quality*, v. 26, p. 278-284, 1997a.
- MARINUSSEN, M. P. J. C.; VAN-DER-ZEE, S. E. A. T. M.; DE HAAN, F. A. M. Cu accumulation in the earthworm *Dendrobaena veneta* in a heavy metal (Cu, Pb, Zn) contaminated site compared to Cu accumulation in laboratory experiments. *Environmental Pollution*, v. 96, n. 2, p. 227-233, 1997b.
- MARRÉ, M. T.; ROMANI, G.; COCUCCI, M.; MOLONEY, M. M.; MARRÉ, E. Divalent cation influx, depolarization of the transmembrane electrical potential and proton extrusion in maize root segments. In: *Plasmalemma and tonoplast: their function in the plant cell*. MARMÉ, D. ; MARRÉ, E; HERTEL, R. (eds.). Amsterdam: Elsevier, 1982. p. 3-13.
- MARSCHNER, H. 1986. *Mineral nutrition in higher plants*. London: Academic Press. p. 297-300, 1986.

- MARTINS, F. R. *Estrutura de uma floresta mesófila*. 2 ed. Campinas: Ed. da Universidade Estadual de Campinas, 1993. 246 p.
- MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A. *Metodologia para el estudio de la vegetacion*. Washington: OEA, 1982. 168 p.
- MAYER R.; HEINRICHS, H. Concentrations of chemical elements in tree roots including heavy metals from air pollution. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* v. 144, p; 637-646, 1981.
- MA, W. The influence of soil properties and worm-related factors on the concentration of heavy metals in earthworms. *Pedobiologia*, v. 24, 109-119, 1982.
- MA, W.; EDELMAN, T.; VAN BEERSUM, I.; JANS, T. Uptake of cadmium, zinc lead and copper by earthworms near a zinc-smelting complex: influence of pH and organic matter. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 30, p. 424-427, 1983.
- McBRIEN, D.C.H.; HASSAL, K. A. Loss of potassium by *Chlorella vulgaris* after contact with toxic amounts of copper sulphate. *Physiology Plantarum*, v. 18, p. 1059-1065, 1965.
- McLAREN, R. G.; CRAWFOR, D. V. Studies on copper. 1. The fractionation of copper in soil. *Journal Soil Science*, v. 24, p. 172-181, 1973.
- MEHARG, A. A. Integrated tolerance mechanisms: constitutive and adaptive plant responses to elevated metal concentrations in the environment. *Plant, Cell and Environment*, v. 17, p. 989-993, 1994.
- MENEGAT, R.; HASENACK, H.; CARRARO, C. C. As formas da superfície: síntese do Rio Grande do Sul. In: *Atlas ambiental de Porto Alegre*. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1998. p. 25.
- MITCHELL, R. L.; REITH, J. W. S.; JOHNSTON, I. M. Trace element uptake in relation to soil content. *Journal of Science Food Agricultural*, v. 8 (Supplement Issue), p. 51-58, 1957. *apud* BUSTAMANTE, M. M. *Biomonitoring of heavy metals using higher plants growing at former mining sites*. 1993. 197 p. Dissertation (Doktor der Naturwissenschaften) – Fachbereich VI Geographie – Glowissenschaften der Universität of Trier, Trier.
- MOREIRA, A. A. N.; LIMA, G. R. Relevô. In: *Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. v. 5: Região Sul. p. 1-34.
- MORENO, J. A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria da Agricultura – Diretoria de Terras e Colonização. Secção de Geografia. 1961. 42 p.
- MOSER, J. M. Solos. In: *Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v. 2: Região Sul. p. 85-111.
- MOTA, F. S. da. Estudos do clima do estado do Rio Grande do Sul, segundo o sistema de W. Koëppen. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 13, n.2, p. 275-284, 1951.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1974. 574 p.
- NARDI, L. V. S. *Estudos geoquímicos de solos aplicado à prospecção de mineralizações cupríferas na região de Bagé-Caçapava do Sul, RS*. 1978. 119f. Dissertação (Mestrado em

Geociências) Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

NARDI, L. V. S. *Geochemistry and petrology of the Lavras Granite complex, RS, Brazil*. 1984. 268 p. Thesis (Doctor of Philosophy), University of London, London.

NEUMANN, D.; ZUR-NIEDEN, U.; LICHTENBERGER, O.; LEOPOLD, I. How does *Armeria maritima* tolerate high heavy metal concentrations? *Journal of Plant Physiology*, v. 146, n. 5-6, p. 704-71, 1995.

NEUMANN, D.; ZUR-NIEDEN, U.; SCHWIEGER, W.; LEOPOLD, I.; LICHTENBERGER, O. Heavy metal tolerance of *Minuartia verna*. *Journal of Plant Physiology*, v. 151, n. 1, p. 101-108, 1997.

NICHOLLS, M. K.; MCNEILLY, T. The possible polyphyletic origin of copper tolerance in *Agrostis tenuis* (Gramineae). *Plant-Syst.Evol.*, v.140, n. 2-3, p.109-117, 1982.

NICOLAS, D. S.; BROOKS, R. R. Biogeochemical prospecting for zinc and lead in the Aroha Region of New Zealand. *Australian Institute of Mining and Metallurgy, Transport*, v. 231, p. 59-66, 1969.

NICHOLLS, O. W. ; PROVAN, D. M. J. ; COLE, M. M.; TOOMS, J. S. Geobotany geochemistry in mineral exploration in the Dugal River area, Cloncurry District, Australia. *Australian Institute of Mining and Metallurgy Transport*, v. 72, n. 2, p. 696-799, 1965.

NIKIFOROFF, C. C. Reappraisal of the soil. *Science*, v. 129, p. 186-196, 1959.

NIMER, E. Clima. *In: Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. v. 5: Região Sul. p. 35-79.

NIMER, E. Clima. *In: Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v. 2: Região Sul. p. 151-187.

OSHUMI, Y.; KITAMOTO, K; ANRAKU, Y. Changed induced in the permeability barrier of the yeast plasma membrane by cupric ion. *Journal Bacteriology*, v. 170, p. 2676-2682, 1988.

OUZOUNIDOU, G.; ELEFTHERIOU, E.P.; KARATAGLIS, S. Ecophysical and ultrastructural effects of copper in *Thlaspi ochroleucun* (Cruciferae). *Canadian Journal Botany*, v. 70, p. 947-957, 1992.

OUZOUNIDOU, G.; LANNOYE, R.; KARATAGLIS, S. Photoacoustic measurements of Photosynthetic activities in intact leaves under copper stress. *Plant Science* , v. 89, n. 2, p. 221- 226, 1993.

OVERNELL, J. The effect of heavy metals on photosynthesis and loss of cell potassium in two species of marine algae, *Dunaliella tertiolecta* and *Phaeodactylum tricorruptum*. *Marine Biology*, v. 29, p. 99-103, 1975.

PALMER, M. W.; WHITE, P.S. On the existence of ecological communities. *Journal of Vegetation Science*. n. 5, p. 279-282, 1994.

PASSOW, H.; ROTHSTEIN, A. The binding mercury by the yeast cell in relation to changes in permeability. *Journal Genetic Physiology*, v. 43, p. 621-633, 1960

- PASSOW, H.; ROTHSTEIN, A.; CLARCKSON, T. W. The general pharmacology of heavy metals. *Pharmacology Review*, v. 13, p. 185-224, 1961. *apud* ANTONOVICS, J.; BRADSHAW, A. D.; TURNER, R. G. Heavy metal tolerance in plants. *Advance Ecology Researches*. London: J. B. Crag, v. 7, p. 1-85, 1971.
- PATON, U. H.; BUDD, K. Zinc uptake in *Neocosmospora vasinfecta*. *Journal of General Microbiology*, v. 72, p. 173-184, 1972.
- PATTERSON, W. A.; OLSON, J. J. Effects of heavy metals on radicle growth of selected wood species germinated on filter paper, mineral and organic soil substrates. *Canadian Journal Forest resources*, v. 13, p. 509-521, 1983.
- PENA-FRANCA, E.; ALMEIDA, J. C.; BECKER, J.; EMMERICH, M.; ROSER, F. K.; KEGEL, G.; HEINSBERGER, L.; CULLEN, T. L.; PETROW, H.; DREW, R. T.; EISENBUND, M. Status of investigation in the basilians areas of raigh natural radioactivity. *Health Phys.*, v. 11, n. 12, p. 213-221, 1965.
- PENNA-FRANCA, E.; COSTA RIBEIRO, C.; TEITAKOWSKI.; LONDRES, H.; SANTOS, P. L.; ALBUQUERQUE, H. A. Survey of radioactive contet of food grown on brasilian areas of high natural radioacivty. *Health Phys.*, v. 11, p. 1471-1484, 1963.
- PETERSON, P. J. Adaptation to toxic metals. *In: Metals and micronutrients: uptake and utilization by plants*. ROBB, D. A.; PIPERPOINT, W. S. (eds.), London: Academic Press, 1983. p. 347-404.
- PFADENHAUER, J. S.; *et alii*. Seqüência da vegetação da praia na margem oriental da Lagoa Mirim, Banhado do Taim, RS. Porto Alegre: UFRGS, (NIDECO, Série Taim 1), 21p, 1979.
- PILLAR, V. P. *Fatores de ambiente relacionados a variação da vegetação de um campo natural*. 1988. 164 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- PILLAR, V. P.; JACQUES, A. V. A.; BOLDRINI, I. I. Fatores ambientais relacionados à variação de vegetação de um campo natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 27, n. 8. p. 1089-1101, 1992.
- PILLAR, V. P. *MULTIV: aplicativo para análise multivariada e testes de hipóteses – versão 2.0.3*. Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- PINTO, L. F. S.; KÄMPF, N. Solos derivados de rochas ultrabásicas no ambiente subtropical do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira Ciência Solo*, Campinas, v. 20, p. 447-458, 1996.
- POLLARD, A. J. Diversity of metal tolerance in *Plantago lanceolata* L. from the southeastern United States. *New Physiologist*, v. 86, p. 109-117, 1980.
- PORTO, M. L.; AGNES, G.; MORAES, M. G. Changes in gene expression in cooper-tolerant plants. *In: BOTANIKERTAGUNG*, Jena, Deutschland. *Anais ...*, p. 151, 2000.
- PORTO, M. L. *Beiträge zur Schwermetallvegetation von Rio Grande do Sul, Brasilien*. 1981. 76p. Dissertation (Doktor der Naturwissenschaften) – Fakultät für Naturwissenschaften und Matematik der Universität Ulm, Ulm.

- PORTO, M. L.; DAL PIVA, G. G. Investigations of heavy metals (lead, copper and cadmiun) in the chemical composition and pharmacological activity of ecotypes of *Baccharis trimera* (Less.) A. P. De Candolle – Compositae. In: BOTANIKERTAGUNG, Jena, Deutschland. *Anais ...*, p. 226, 2000.
- PORTO, M. L.; MORAES, M. C.; AGNES, G. Characterization of new metallothionein genes from plants growing in copper-reich soils. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOQUÍMICA E BIOLOGIA CELULAR – SBBq, 27., Caxambu. *Resumos...* Caxambu: SBBq, 1998. p. 34-35.
- PORTO, M. L. Plantas detectoras de metais. *Ciência Hoje*, v.10, n. 55, p. 8-9, 1989a.
- PORTO, M. L.; SILVA, M. F. F. da. Tipos de vegetação metalófila em áreas da Serra dos Carajás e Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 3, n. 2, p. 13-22, 1989.
- PORTO, M. L. Tolerância ao cobre em ecótipos de *Schinus lentiscifolius* March (Anacardiaceae) de áreas mineradas no Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 3, n. 2, p.23-31, 1989b.
- PORTO, M. L. Vegetação metalófila e o desenvolvimento do setor mineral. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém. *Anais...* Belém: EMPRABA-CPATU, 1986. p.171-183.
- POSKOTIN, D. L.; LYUBIMOVA, V. V. Biogeochemical prospecting for copper sulfide deposits. *Geochemistry*, v. 6, p. 621-627, 1963.
- POTT, A. *Levantamento fitossociológico da vegetação de um campo natural sob três condições: pastejado, excluído e melhorado*. 1974. 223f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- PRIMAVESI, A. *O manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais*. São Paulo: Nobel, 4. ed. 451 p, 1982.
- PROCHNOW, T. R. *Avaliação de áreas com rejeitos da mineração de carvão, com ênfase em bioindicadores vegetais para metais pesados, no município de Charqueadas, RS*. 1995. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Curso de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- PROCHNOW, T. R.; PORTO, M. L. Avaliação de uma área de rejeitos da mineração de carvão com vistas a bioindicadores vegetais para metais pesados. In: CENTRO DE ECOLOGIA/UFRGS. *Carvão e meio ambiente*. Porto Alegre: Ed. Da UFRGS, 2000. p. 673-694.
- RAIJ, B. V. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba: Instituto do Potássio e do Fósforo; Instituto Internacional da Potassa, Piracicaba, 1983, 142 p.
- RAMBO, B. *A fisionomia do Rio Grande do Sul*. 3 ed. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 1994. 473 p.
- RASKIN, I. Plant genetic engineering may help with environmental cleanup (commentary). *Proceedings National Academy Science USA*, v. 93, p. 3164-3166, 1994.
- RAUSER, W. E.; CURVETTO, N. R. Methallothionein occurs in roots of *Agrostis* tolerant to copper. *Nature*, v. 287, p. 563-564, 1980.

- REILLY, A.; REILLY, C. cooper-induced chlorosis in *Becium homblei* (De Wild.) Duvign. & Plancke. *Plant and Soil*, n. 38, p. 671-674, 1973.
- RIBEIRO, M. J.; LICHTENBERG, E. Síntese geológica do escudo do Rio Grande do Sul. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30., 1978, Recife. *Anais...* Recife: SBG, v. 6, p. 2451-2463, 1978.
- RIBEIRO, M. J. Problemas ligados à presença do cobre sedimentar no Rio Grande do Sul. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30., 1978, Recife. *Anais...* Recife: SBG, v. 6, p. 2520-2533, 1978.
- RIBOLDI, J. Elementos básicos de estatística. *Cadernos de matemática e estatística*. Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1993. Série B: Trabalho de apoio didático, 61p.
- ROBERTS, D. W. Fuzzy systems vegetation theory. *Vegetatio*, v. 83, p. 71-80, 1989.
- ROBERTS, D. W. Ordination on the basis of fuzzy set theory. *Vegetatio*, v. 66, p. 123-131, 1986. *apud* WILD, O.; ORLÓCI, L. *Numerical exploration of community patterns – A guide to the use of MULVA-5*. 2.ed. Amsterdam: SPB Academic Publishing, 1996. 171 p.
- ROBINSON, N. J.; THURMAN, D. A. Isolation of a copper complex and its rate of appearance in roots of *Mimulus guttatus*. *Planta*, v. 169, p. 192-197, 1986.
- ROSIM, S.; FELGUEIRAS, C. A.; NAMIKAWA, L. M. Uma metodologia para geração de MNT por grades triangulares. SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7. Rio de Janeiro. *Anais...*, p. 420-427, 1993.
- ROSS, S. M.; KAYE, K. J. *Toxic metals in soil-plant systems*. *In: ROSS, S. M. (ed.)*. Chichester: John Wiley & Sons, 1994. p.27-61.
- ROSS, S. M. Retention, transformation and mobility of toxic metals in soils. *In: ROSS, S. M. (ed.)*. *Toxic metals in soil-plant systems*. Chichester: John Wiley & Sons, 1994. p.63-152.
- SAINT HILAIRE, A. de. *Voyage a Rio Grande do Sul. (Brésil)*. Orleans: H. Herluison, 644p. 1887.
- SALT, D. E.; BLAYLOCK, M.; KUMAR, N. P. B. A.; VIATCHESLAV D.; ENSLEY, B. D. Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metal from the environment using plants. *Bio-Technology*, v. 13, p. 468-474, 1995.
- SALT, D. E.; SMITH, R. D.; RASKIN, I. Phytoremediation. *Annual Review Plant Physiology, Plant Molecular Biology*, v.49, p. 643-668, 1998.
- SALT, D. E.; THURMAN, D. A.; TOMSETT, A. B.; SEWELL, A. K. Copper phytochelatins of *Mimulus guttatus*. *Proceedings of Royal Society London Biology*. v. 236, p. 79-89, 1989.
- SALYSBURY, F. B.; ROSS, C. *Plant physiology*. California: Wadosworth Publishing Belmont, 1969. 747 p. *apud* LIMA E CUNHA, M. C. *A biogeoquímica na prospecção mineral – aplicação do método em área mineralizada à cobre no Rio Grande do Sul*. 1982. 88f. Tese (Doutorado em Geociências) Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SANTOS, M. *Paspalum notatum* Flüggé var. *notatum* (Poaceae) em ambientes com e sem rejeitos de mineração de carvão: morfo-anatomia e bioacumulação de metais pesados.

2000. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANTOS, R. S. B dos. Hidrografia *In: Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. v. 5: Região Sul. p.111-142.

SAVAGE, W.; BERRY, W. L.; REED, C. A. Effects of trace element stress on the morphology of development seedlings of lettuce (*Lactuca sativa* L. Grand Rapids) as shown by scanning electron microcopy. *Journal Plant Nutrition*, v. 3, p. 129-138, 1981.

SCHAW, J. *heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects*. Boca Raton: CRC Press, 1990.

SCHMITT, H. W.; STICHER, H. Heavy metal compounds in the soil. *In: MERIAN, E. (ed.). Metals and their compounds in the environment – occurrence analysis and biological relevance*. VCH Weinheim, 1991. p. 312-331.

SCHULTZ, C. L.; HUTCHINSON, T. C. Evidence against a key role for metallothionein-like protein in the copper tolerance mechanism of *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv. *New phytologist*, v. 110, p. 163-171, 1988.

SIEGHARDT, H. Heavy metal and nutrient contents of plants and soil samples from metalliferous waste dumps in Bleiberg (Austria). II. Woody plants. *Z. Pflanzenemähr. Bodenk.* v. 151, p; 21-26. 1988.

SIMON, E. Heavy metal in soils, vegetation development and heavy metal tolerance in plant population from metalliferous areas. *New Phytologist*, v. 81, p.175-188. 1978.

SIPPEL, C.; PORTO, M. L.; BERGER, T. M. Patterns of the landscape: finding the link between the plant functional types and soils. *In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEGETATION SCIENCE – IAVS, 45., 2002, Porto Alegre. Resumos...* Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2002.

SMITH, R. A.H.; BRADSHAW, A. D. The use of metal tolerant plant populations for the reclamation of metalliferous wastes. *Journal applied ecology*. v. 16, p. 595-612, 1979.

SIQUEIRA, O. J. F. de. *Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Passo Fundo: SBCS. Núcleo Região Sul. EMBRAPA CNPT. 128p. 1987.

SOON, Y. K.; BATES, T. E. Chemical pool of cadmium, nickel, and zinc in polluted soils and some preliminary indications of their availability to plants. *Journal of Soil Science*, v. 33, p. 477-488, 1982.

SOSINSKI JÚNIOR, E. E. *Tipos funcionais em vegetação campestre: efeitos de pastejo e adubação nitrogenada*. 2000. 131f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

STIBOROVA, M.; DITRICOVA, M.; BERIZONOVA, A. Effect of heavy metal ions on growth and biochemical characteristics of photosynthesis of barley and maize seedlings. *Biological Plantarun*, v. 29, p. 453-46,. 1987.

STRANGE, J.; MACNAIR, M. R. Evidence for a role for the cell membrane in copper tolerance of *Mimulus guttatus* Fischer ex DC. *New Phytology*, v. 119, n. 3, p. 383-388, 1991.

- SUTCLIFFE, J. F.; BAKER, D. A. *Plant and mineral salts*. Edward Arnold Publisher Ltda, 1981.
- TAL, M. Selection for stress tolerance. *In: Handbook of Plant Cell Culture*. EVANS, D. A.; SHARP, W. R.; AMMIRATO, P. V.; YAMADA, Y., (eds.), v. 1, pp. 3-25, 1984.
- TAMM, C. O.; ANDERSON, F. Indirect effects of pollutants on plants. *In: Air pollution and plants*. Weinheim: Ed. C.Troyanowski, 1985. p. 245-263.
- TAYLOR, G. J.; CROWDER, A. A. Copper and nickel tolerance in *Typha latifolia* clones from contaminated and uncontaminated environments. *Canadian Journal Botany*, v. 62, n. 6, p.1304-1308, 1982 .
- TAYLOR, G. J.; CROWDER, A. A. Uptake and accumulation of copper, nickel, and iron by *Typha latifolia* grown in solution culture. *Canadian Journal Botany*, v. 61, n. 7, p.1825-1830, 1983a.
- TAYLOR, G. J.; CROWDER, A. A. Uptake and accumulation of copper, nickel, and iron by *Typha latifolia* in wetlands of the Sudbury, Ontario region. *Canadian Journal Botany*, v. 61, n. 7, p. 63-73, 1983b.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J. BOHNEN, H. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos. n. p. (Boletim técnico n. 5), 1985.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos. n. p (Boletim Técnico, n. 5). 174p, 1995.
- TEIXEIRA, M. B.; COURA NETO, A. B.; PASTORE, U.; RANGEL FILHO, A. L. R. Vegetação. As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos – Estudo fitogeográfico. *In: Levantamento de recursos naturais*. v. 33: Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH. 21 Uruguaiana e SI.22. Rio de Janeiro: SEPLAN e IBGE, 1986. p. 541-632.
- THORN TON, I. Geochemical aspects of heavy chemical pollution and agriculture in England and Wales. *In: Inorganic pollution and agriculture*. MAFF Reference Book. London: HMSO, 1980, 326 p.
- TILLER, K. G. *Advances in soil science*, v. 9, p. 113-142. 1989.
- TILLER, K. G.; GERTH, J.; BRUEMMER, G. The relative affinities of Cd, Ni, and Zn for different soils clay fractions and goethite. *Geoderma*, v. 34, p. 17-35, 1984.
- TILLER, K. G.; MERRY, R. H. Copper pollution of agricultural soils. *In: Copper in soils and plants*. LONERAGAN, J. F.; ROBSON, A. D.; GRAHAM, R. D. (eds), Sidney: Ed. Academy Press, 1981. p. 119-137.
- TOMSETT, A. B.; THURMAN, D. A. Molecular biology of metal tolerance plants. *Plant, Cell and Environment*, v. 11, p. 383-394,1988.
- TURNER, A. P.; DICKINSON, N. M. Copper tolerance of *Acer pseudoplatanus* L. (sycamore) in tissue culture. *New phytology*, v. 123, n. 3, p. 523-530, 1993.

- TURNER, A. P.; DICKINSON, N. M.; LEEP, N. W. Indices of heavy metal tolerances in trees. *Water, Air and Soil Pollution*, v. 57-58, p. 617-625, 1991.
- TURNER, R. G. The subcellular distribution of zinc and copper within the roots of metal tolerant clones of *Agrostis tenuis* Sibth. *New Phytology*, v. 69, p. 725-731, 1970.
- TYLER, G. Heavy metals pollute nature, may reduce productivity. *Ambio*, v. 1. p. 52-59, 1972.
- VALADARES, J. M. A. S. Microelementos. In: MONIZ, A. C. (coord.). *Elementos de pedologia*. São Paulo: Poligono/Editora da Universidade de São Paulo, p. 200-208, 1975.
- VELTRUP, W. Characteristics of zinc uptake by barley roots. *Physiology Plantarum*, v. 42, p. 190-194, 1978.
- VERKLEIJ, J. A. C.; SCHAT, H. Mechanisms of metal tolerance in higher plants. In: *Heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects*. SHAW, A. J. (ed.), Boca Raton: CRC-Press, p. 179-193, 1990.
- VERKLEIJ, J. A. C.; KOEVOETS, P.; WAN'T REIT, J.; VAN ROSSENBERG, M. C.; BANK, R.; ERNST, W. H. O. The role of metal binding compounds in the copper tolerance mechanisms of *Silene cucubalus*. In: *Metal ion homeostasis: molecular biology and chemistry*. WINGE, D.; HAMER, D. (eds.), New York: Alan R. Liss, p. 255-260, 1989.
- VIETS, Jr. F. G. Chemistry and availability of micronutrients in soils. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. V.10, p. 174-178, 1962.
- WAINWRIGHT, S. J.; WOOLHOUSE, H. W. Physiological mechanisms of heavy metal tolerance on plants. In: CHADWICK, M. J.; GOODMAN, G. T. (eds.): *The ecology of resource degradation and renewal*. Oxford, 1975, p. 231-257.
- WAINWRIGHT, S. J.; WOOLHOUSE, H. W. Some physiological aspects of copper and zinc tolerance in *Agrostis tenuis* Sibth.: cell elongation and membrane damage. *Journal Experimental Botany*, v. 28, p. 1029-1038. 1977.
- WALLACE, A.; BERRY, W. L. Trace elements in the environment, effects and potential toxicity of those associated with coal. In: WALI, M. K. (ed.). *Ecology and coal resource development*, v.1, based on THE INTERNATIONAL CONGRESS FOR ENERGY AND THE ECOSYSTEM. Grand Forks: University of North Dakota, 1979.
- WEATHERFORD, J., HAMMOND, A., RATLIFF, J. Investigation of the ability of plants found in western Kentucky to hyperaccumulate lead and aluminum from soils. *Microchemical Journal*, v. 56, n. 1, p. 93-102, 1997.
- WEBER, R. L. M.; TERMIGNONI, R. R.; PORTO, M. L. Comportamento *in vitro* de *Baccharis trimera* (carqueja) em diferentes níveis de sobrecarga por cobre. 2001. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2001, Porto Alegre. *Resumos...* Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2001. p. 297. Ref. 188.
- WENTS, C. A. *Hazardous Waste Management*. 2 ed. New York: McGraw-Hill, p. 465-515, 1995.
- WESTERBERGH, A., SAURA, A. The effect of serpentine on the population structure of *Silene dioica* (Caryophyllaceae). *Evolution*, v. 46, n.5, p.1537-1548, 1992.

- WHITMANN, W. C.; SIEGGEIRSON, E. I. Comparizon of line interception and point contact methods in the analysis of mixed grass range vegetation. *Ecology*, n. 35, p. 431-436, 1954.
- WILD, H. Geobotanical anomalies in Rhodesia. 1 – The vegetation of copper bearing soils. *Kirkia*, v. 7, p. 1-71, 1968.
- WILD, O. A new numerical solution to traditional pftosociological tabular classification. *Vegetatio*, n.81, p.95-106, 1989.
- WILD, O. *Data analysis with MULVA-5*. Draft version. WSL, 1993. 73p.
- WILD, O. *Data analysis with MULVA-5*. Draft version. WSL, 1994. 80p.
- WILD, O.; ORLÓCI, L. *Numerical exploration of community patterns – A guide to the use of MULVA-5*. 2.ed. Amsterdam: SPB Academic Publishing, 1996. 171p.
- WILKINS, D. A. The measument of the tolerance to edaphic factor by means of root growth. *New Phytologist*, v. 80, p. 623-633, 1978.
- WINKLER, S. *Einführung in die Pflanzenökologie*. 2 Aufl., Stuttgart, FISHER, G, 1980. *apud* PORTO, M. L. Vegetação metalófila e o desenvolvimento do setor mineral. *In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO*, 1., Belém. *Anais...* Belém: EMPRABA-CPATU, 1986. p.171-183.
- WIXSON, G. B. Biogeochemical cycling of lead in the new lead Belt of Missouri. *In: NRIAGU, J. O. (ed.). Biochemical cycling of lead in the environment*. Amsterdan: Elsevier/north Holland Biomedical Press, 1978.
- WOOLHOUSE, H. W. Toxicity and tolerance in the response of plants to metal. *In: LANGE, O. L.; NOBEL, P. S.; OSMOND, C. B.; ZIEGLER, H. (eds.): Encyclopedia of plant physiology*. Berlin, Heidelberg, New York, 1983, v. 12. p. 246-289.
- WOOLHOUSE, H. W.; WALKER, S. The physiological basis of copper toxicity and copper tolerance in higher plants. *In: Copper in soil and plants*. LONERAGAN, J. F.; ROBSON, A. D.; GRAHAM, R. D. (eds.). Sydney: Academic Press, 1981. p. 235-262.
- WU, L.; ANTONOVICS, J. Zinc and copper uptake by *Agrostis stolonifera*, tolerant to both zinc and copper. *New Phytologist*, v. 75, n. 231, p. 134-146, 1975.
- WU, L.; KRUCKBERG, A. L. Copper tolerance in two legume species from a copper mine habitat. *New Phytologist*. v. 99. p. 565-570, 1985.
- WU, L.; LIN, S. L. Copper tolerance and copper uptake of *Lotus purshianus* (Benth.) Clem. & Clem. and its symbiotic *Rhizobium loti* derived from a copper mine waste population. *New Phytologist*, v. 116, n. 3, p. 531-539, 1990.
- ZANARDI JUNIOR, V. *Avaliação de Lagoas de Mineração de Carvão a Céu Aberto, com Ênfase nas Concentrações de Metais Pesados em, Água, Planta e Substrato*. 1990. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Curso de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- ZANARDI JUNIOR, V.; PORTO, M. L. Avaliação do Sistema de Lagoas em Área de Mineração de Carvão a Céu Aberto: Metais Pesados na Água, Plantas e Substrato. *Em pauta* - Boletim do Instituto de Biociências da UFRGS, Porto Alegre, n. 49, p. 1-83, 1991.
- ZAR, J. *Bioestatistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 1985. 620 p.

ZOCCHÉ, J. J. *Comunidades Vegetais de Campo e sua Relação com a Concentração de Metais Pesados no Solo em Áreas de Mineração de Carvão a Céu Aberto, na Mina do Recreio - Butia - RS*. 1989. 159 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Curso de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ZOCCHÉ, J. J.; PORTO, M. L. Comunidades de vegetação metalófila sobre estruturas mineralizadas de cobre na mina Volta Grande – Lavras do Sul, RS, Brasil. *In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL*, 5., 2001, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2001.

ZOCCHÉ, J. J.; PORTO, M. L. Estudos preliminares da resposta espectral em imagem digital da vegetação tolerante à metais pesados. *In: FORUM DE DEBATES ECOLOGIA DA PAISAGEM E PLANEJAMENTO AMBIENTAL – RISCOS AMBIENTAIS NOS TRÓPICOS ÚMIDOS: MOVIMENTOS DE MASSA E INUNDAÇÕES*, 1., 2000, Rio Claro. *Anais ...* Rio Claro: SEB – Sociedade de Ecologia do Brasil, CD Roon, 2000.

ZOCCHÉ, J. J.; PORTO, M. L. Florística e fitossociologia de campo natural sobre banco de carvão e áreas mineradas, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botânica Brasilica*, v. 6, n. 2, p. 47-84, 1993.

ZOCCHÉ, J.J.; PORTO, M. L. Plant communities in mineralized copper structures in Volta Grande Mine – Lavras do Sul, RS – Brazil. *In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEGETATION SCIENCE – IAVS*, 45., 2002, Porto Alegre. *Resumos...* Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2002.

ZHOU, J.; GOLDSBROUGH, P. B. Functional homologs of fungal metallothionein genes from *Arabidopsis*. *Plant Cell*, v. 6, n. 6, p.875-884, 1994.

ZHOU, J.; GOLDSBROUGH, P. B. Structure, organization and expression of the metallothionein gene family in *Arabidopsis*. *Mol. Gen. Genet*, v. 248, n. 3, p. 318-328, 1995.

8. ANEXOS

ANEXO 1a – Variáveis ambientais (*site descriptors*), levantadas junto as unidades amostrais (transecções) na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Unidade Amostral	Cu Trocável no Solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Teor de Umidade do Solo (%)	Cu Total em <i>Schinus lentiscifolius</i> ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Posição da U.A em Relação ao Filão, Acima (A), Abaixo (B)	Distância da U.A do Filão Principal (m)	Coefficiente de Absorção Biológica *
01	32,3	13,50	4,18	B	12,5	0,13
02	32,3	13,50	4,18	B	12,5	0,13
03	35,9	14,90	5,48	B	17,5	0,15
04	24,6	19,30	5,48	B	27,5	0,22
05	318	13,10	3,82	B	2,5	0,04
06	506	10,90	3,40	B	7,5	0,006
07	62,9	11,90	5,39	A	2,5	0,08
08	10,1	17,70	5,14	A	7,5	0,50
09	3,57	20,60	3,59	A	12,5	1,00
10	2,19	23,60	4,02	A	17,5	1,83
11	1,67	16,90	5,10	A	17,5	3,05
12	3,23	23,10	4,67	A	27,5	1,44
13	3,77	23,90	4,03	A	2,5	1,07
14	3,32	22,70	4,21	A	7,5	1,27
15	14,7	13,20	5,19	B	2,5	0,35
16	16,3	22,30	4,08	B	2,5	0,25
17	9,18	13,10	3,76	B	12,5	0,41
18	5,29	21,90	3,74	B	12,5	0,71
19	9,97	24,80	3,86	B	17,5	0,39
20	11,4	25,40	3,78	B	22,5	0,33
21	13,3	22,50	3,35	B	22,5	0,25
22	9,80	20,90	4,47	B	22,5	0,46
23	14,2	22,70	4,05	B	27,5	0,28
24	9,59	22,90	3,53	B	27,5	0,37
25	5,79	13,10	3,85	A	7,5	0,66
26	10,4	12,00	4,05	A	2,5	0,39
27	5,95	11,40	3,34	A	2,5	0,56
28	5,48	19,50	4,45	B	7,5	0,81
29	17,8	19,50	4,33	B	7,5	0,24
30	99,9	12,90	5,40	B	2,5	0,05
31	82,0	19,00	5,38	B	7,5	0,06
32	5,06	18,70	3,91	B	2,5	0,77
33	5,31	12,20	3,50	A	2,5	0,66
34	7,02	14,50	3,52	A	2,5	0,50
35	6,58	10,80	4,80	A	7,5	0,73
36	5,84	16,80	4,02	A	7,5	0,69
37	9,00	23,50	3,34	A	12,5	0,37
38	4,85	14,90	4,24	A	12,5	0,87
39	5,18	16,90	3,73	A	17,5	0,72
40	4,57	10,00	3,47	A	17,5	0,76
41	4,52	27,10	4,54	A	22,5	1,00
42	4,12	14,70	3,42	A	22,5	0,83
43	5,20	28,10	3,35	A	27,5	0,64
44	7,58	18,50	4,26	A	27,5	0,56
45	5,58	19,90	4,90	B	27,5	0,88
46	4,32	23,50	4,20	B	22,5	0,97

ANEXO 1a – Variáveis ambientais (*site descriptors*), levantadas junto as unidades amostrais (transecções) na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS (Continuação).

Unidade Amostral	Cu Trocável no Solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Teor de Umidade do Solo (%)	Cu Total em <i>Schinus lentiscifolius</i> ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Posição da U.A em Relação ao Filão, Acima (A), Abaixo (B)	Distância da U.A do Filão Principal (m)	Coefficiente de Absorção Biológica *
47	5,14	21,90	3,50	B	17,5	0,69
48	4,21	21,70	3,96	B	17,5	0,94
49	10,3	17,10	3,21	B	12,5	0,31
50	10,8	21,50	3,26	B	12,5	0,30
51	7,75	21,30	3,23	B	17,5	0,42
52	7,20	16,00	4,29	B	17,5	0,60
53	6,74	17,20	3,35	B	17,5	0,50
54	7,39	18,10	3,26	B	22,5	0,44
55	8,42	19,30	3,26	B	27,5	0,39
56	8,73	21,60	4,32	B	27,5	0,49
57	26,0	21,70	4,58	B	27,5	0,18
58	15,2	19,40	4,29	B	27,5	0,28
59	26,2	21,50	3,32	B	22,5	0,13
60	29,8	20,70	4,06	B	22,5	0,14
61	41,2	14,70	3,85	B	7,5	0,09
62	20,3	16,80	4,38	B	2,5	0,21
63	28,2	10,80	4,07	B	2,5	0,14
64	9,83	18,20	4,54	B	7,5	0,46
65	7,10	15,20	4,60	A	12,5	0,65
66	12,2	17,20	4,84	A	17,5	0,40
67	8,47	15,50	4,06	A	22,5	0,48
68	10,9	17,40	3,34	A	27,5	0,31
69	5,54	25,00	5,52	B	17,5	1,00
70	7,40	24,30	5,51	B	22,5	0,74
71	6,47	26,10	4,44	B	17,5	0,68
72	5,70	23,00	3,96	B	22,5	0,69
	0,1 – 3,0 (*)		2,5 – 25,00**			

* - Calculado segundo BROOKS (1983).

Amplitudes de concentração de Cu na forma disponível no solo em $\mu\text{g.g}^{-1}$ (*) e de conteúdo total nos tecidos vegetais **, considerados normais (médias mundiais), segundo ALLEN *et al.* (1974).

ANEXO 1b – Laudos técnicos das análises do conteúdo trocável de Cu no solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$) e do conteúdo total nas folhas de *Schinus lentiscifolius* ($\mu\text{g.g}^{-1}$).



SOLICITAÇÃO N°:029

LAUDO TÉCNICO N°: 027/00-AA

Porto Alegre, 5 de maio de 2000.

Determinação de Metais por Espectrofotometria de Absorção Atômica

CLIENTE: Jairo José Zocche.

IDENTIFICAÇÃO DA(S) AMOSTRA(S): Solo sobre Filão de Mina de Cobre.

RESPONSÁVEL PELA COLETA: Jairo José Zocche.

DATA DE RECEBIMENTO: 25/04/2000

PREPARO DA AMOSTRA: Extração a frio com ácido nítrico 0,1N, sob agitação.

RESULTADOS:

Metal	Amostra	Limite de Detecção	Equipamento
Cu ($\mu\text{g/g}$)	44,6	2,00($\mu\text{g/L}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica-Perkin Elmer

Maria Teresa Raya Rodriguez
Eng. Química - CRQ-V: 05300638



SOLICITAÇÃO Nº: 032

LAUDO TÉCNICO Nº: 106a/01-AA

Porto Alegre, 18 de Setembro de 2001.

Determinação de Metais por Espectrofotometria de Absorção Atômica

CLIENTE: Jairo Jose Zocche.

IDENTIFICAÇÃO DA(S) AMOSTRA(S): 73 amostras de solo.

RESPONSÁVEL PELA COLETA: Jairo Jose Zocche.

DATA DE RECEBIMENTO: 16/05/2001

PREPARO DA AMOSTRA: Estração com HNO₃ 0,1 a frio.

MÉTODO DE DIGESTÃO: Agitação mecânica por 3 horas.

0,1 - 730 ppm

RESULTADOS:

Amostra	Cu (µg/g)	Límite de Detecção	Equipamento
UA 31 T1,T2 Nº 01 ✓	32,3	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 31- T3 Nº 04 ✓	35,9	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
→ UA 31- T5 Nº 05 ✓	24,6	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 29- T5 Nº 07 ✓	318	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 29- T7 Nº 08 ✓	506	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 29 -T4 Nº 11 ✓	62,9	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 29-T2 Nº 13 ✓	10,1	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 4- T7 Nº 14 ✓	3,57	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 04- T5 Nº 16 ✓	2,19	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 04- T6 Nº 18 ✓	1,67	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 04- T2 Nº 20 ✓	3,23	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 26- T4 Nº 22 ✓	3,77	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 26- T2 Nº 24 ✓	3,32	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 26- T5 Nº 26 ✓	14,7	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 26- T6 Nº 28 ✓	16,3	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 34- T2 Nº 30 ✓	9,18	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 35- T2 Nº 32 ✓	5,29	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 34- T3 Nº 34 ✓	9,97	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 34- T5 Nº 36 ✓	11,4	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 34- T6 Nº 38 ✓	13,3	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
→ UA 35- T6 Nº 40 ✓	9,80	0,100(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer

Av. Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia - Caixa Postal 15007 - CEP: 91.501-970 - Porto Alegre - RS

Fone: (051) 316-6762 - Fax: (051) 319-1568 - e-mail: ceneco@ecologia.ufrgs.br

Home Page: www.ecologia.ufrgs.br

Laudo Técnico nº 106a-01- Jairo José Zocche (1/3)



Amostra	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Limite de Detecção	Equipamento
UA 35- T8 N° 42 ✓	14,2	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 35- T7 N° 44 ✓	9,59	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 21- T2 N° 47 ✓	5,79	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 21- T4 N° 49 ✓	10,4	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 21- T3 N° 51 ✓	5,95	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 21- T7 N° 53 ✓	5,48	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 24- T8 N° 55 ✓	17,8	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 23- T5 N° 57 ✓	82,0	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 24- T5 N° 59 ✓	5,06	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 23- T8 N° 61 ✓	99,9	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 24- T4 N° 63 ✓	5,31	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 23- T3 N° 65 ✓	7,02	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 24- T2 N° 67 ✓	6,58	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 23- T2 N° 69 ✓	5,84	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 7- T8 N° 71 ✓	9,00	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 7- T7 N° 73 ✓	4,85	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 8- T5 N° 75 ✓	5,18	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 8- T6 N° 77 ✓	4,57	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 7- T3 N° 79 ✓	4,52	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 8- T3 N° 81 ✓	4,12	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 7- T2 N° 83 ✓	5,20	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 8- T2 N° 85 ✓	7,58	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 39- T8 N° 87 ✓	5,58	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 39- T5 N° 89 ✓	4,32	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 39- T4 N° 91 ✓	5,14	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 39- T3 N° 93 ✓	4,21	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 14- T7 N° 95 ✓	10,3	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 15- T8 N° 97 ✓	10,8	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 14- T5 N° 99 ✓	7,75	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer



Amostra	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Límite de Detecção	Equipamento
UA 14- T6 N° 101 ✓	7,20	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 15- T6 N° 103 ✓	6,74	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 15- T4 N° 105 ✓	7,39	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 14- T1 N° 107 ✓	8,42	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 15- T1 N° 109 ✓	8,73	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 45- T8 N° 111 ✓	26,0	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 45- T7 N° 113 ✓	15,2	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 45- T5 N° 115 ✓	26,2	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 45- T6 N° 117 ✓	29,8	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 19- T7 N° 119 ✓	41,2	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 19- T5 N° 121 ✓	20,3	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 19- T6 N° 123 ✓	28,2	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 19- T1 N° 125 ✓	9,83	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 11- T8 N° 127 ✓	7,10	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 11- T6 N° 129 ✓	12,2	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 11- T4 N° 131 ✓	8,47	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 11- T1 N° 133 ✓	10,9	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 41- T4 N° 135 ✓	5,54	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 41- T3 N° 137 ✓	7,40	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 41- T5 N° 139 ✓	6,47	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 41- T7 N° 141 ✓	5,70	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
Passo Feio – Ponto Branco	0,884	0,100($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer

Maria Teresa Raya Rodriguez
Eng. Química – CRQ-V: 05300638



SOLICITAÇÃO Nº:033

LAUDO TÉCNICO Nº: 030/2000-AA

Porto Alegre, 23 de maio de 2000.

Determinação de Metais por Espectrofotometria de Absorção Atômica

CLIENTE: Jairo Jose Zocche.

IDENTIFICAÇÃO DA(S) AMOSTRA(S): Folhas de Schinus Lentiscifolius -Aroeira, coletada sobre filão de Cu em Lavras do Sul.

RESPONSÁVEL PELA COLETA: Jairo Jose Zocche.

DATA DE RECEBIMENTO: 04/05/2000

PREPARO DA AMOSTRA: Digestão com ácido Nítrico sob pressão.

RESULTADOS:

Metal	Amostra	Limite de Detecção	Equipamento
Cu ($\mu\text{g/g}$)	4,88	2,00($\mu\text{g/L}$)	Espectrofometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer

Maria Teresa Raya Rodriguez
Eng. Química - CRO-F: 05300638



SOLICITAÇÃO Nº: 032

LAUDO TÉCNICO Nº: 106/01-AA

Porto Alegre, 18 de Setembro de 2001.

Determinação de Metais por Espectrofotometria de Absorção Atômica

CLIENTE: Jairo Jose Zocche.

IDENTIFICAÇÃO DA(S) AMOSTRA(S): 72 amostras de folhas de Schinus Lentiscifolius (aroeira) coletadas na Mina Volta Grande, Lavras do Sul/RS.

RESPONSÁVEL PELA COLETA: Jairo Jose Zocche.

DATA DE RECEBIMENTO: 16/05/2001

PREPARO DA AMOSTRA: Digestão HNO₃ sob pressão.

MÉTODO DE DIGESTÃO: MW

2,5 - 0,5 - 0,5

RESULTADOS:

Amostra	Cu (µg/g)	Limite de Detecção	Equipamento
UA 31 T1,T2- Nº 02 ✓	4,18	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 31 T3- Nº03 ✓	5,48	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 29 T5- Nº 06 ✓	3,82	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 29 T7- Nº 09 ✓	3,40	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 29 T3- Nº 10 ✓	5,39	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 29 T2- Nº 12 ✓	5,14	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 4 T7- Nº 15 ✓	3,59	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 4 T5- Nº 17 ✓	4,02	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 04 T6- Nº (17) 19	5,10	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 04 T2- Nº 21 ✓	4,67	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 26 T4- Nº 23 ✓	4,03	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 26 T2- Nº 25 ✓	4,21	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 26 T5- Nº 27 ✓	5,19	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 26 T6- Nº 29 ✓	4,08	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 34 T2- Nº 31 ✓	3,76	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 35 T2- Nº 33 ✓	3,74	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 34 T3- Nº 35 ✓	3,86	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 34 T2- Nº 37 ✓	3,78	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 34 T5			
UA 34 T6- Nº 39 ✓	3,35	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 35 T6- Nº 41 ✓	4,47	0,500(µg/g)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer

Av. Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia - Caixa Postal 15007 - CEP: 91.501-970 - Porto Alegre - RS

Fone: (051) 316-6762 - Fax: (051) 319-1568 - e-mail: ceneco@ecologia.ufrgs.br

Home Page: www.ecologia.ufrgs.br

Laudo Técnico nº 106-01- Jairo José Zocche (1/3)



Amostra	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Limite de Detecção	Equipamento
UA 35 T8- Nº 43 ✓	4,05	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 35 T7- Nº 45 ✓	3,53	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 21 T2- Nº 48 ✓	3,85	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 21 T4- Nº 50 ✓	4,05	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 21 T3- Nº 52 ✓	3,34	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 21 T7- Nº 54 ✓	4,45	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 24 T8- Nº 56 ✓	4,33	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 23 T5- Nº 58 ✓	5,38	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 24 T5- Nº 60 ✓	3,91	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 23 T8- Nº 62 ✓	5,40	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 24 T4- Nº 64 ✓	3,50	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 23 T3- Nº 66 ✓	3,52	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 24 T2- Nº 68 ✓	4,80	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 23 T2- Nº 70 ✓	4,02	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 7 T8- Nº 72 ✓	3,34	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 7 T7- Nº 74 ✓	4,24	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 8 T5- Nº 76 ✓	3,73	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 8 T6- Nº 78 ✓	3,47	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 7 T3- Nº 80 ✓	4,54	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 8 T3- Nº 82 ✓	3,42	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 7 T2- Nº 84 ✓	3,35	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 8 T2- Nº 86 ✓	4,26	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 39 T8- Nº 88 ✓	4,90	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 39 T5- Nº 90 ✓	4,20	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 39 T4- Nº 92 ✓	3,50	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 39 T3- Nº 94 ✓	3,96	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 13 T7- Nº 96 ✓	3,21	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 14 T8- Nº 98 ✓	3,26	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 13 T5- Nº 100 ✓	3,23	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer

Av. Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia - Caixa Postal 15007 - CEP: 91.501-970 - Porto Alegre - RS

- Fone: (051) 316-6762 - Fax: (051) 319-1568 - e-mail: ceneco@ecologia.ufrgs.br

Home Page: www.ecologia.ufrgs.br

Lauda Técnico nº 106-01- Jairo José Zocche (2/3)



Amostra	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Limite de Detecção	Equipamento
UA 13 T6- N° 102 ✓	4,29	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 14 T6- N° 104 ✓	3,35	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 14 T4- N° 106 ✓	3,26	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 13 T1- N° 108 ✓	3,26	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 14 T1- N° 110 ✓	4,32	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 45 T8- N° 112 ✓	4,58	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 45 T7- N° 114 ✓	4,29	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 45 T5- N° 116 ✓	3,32	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 45 T6- N° 118 ✓	4,06	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 19 T7- N° 120 ✓	3,85	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 19 T5- N° 122 ✓	4,38	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 19 T6- N° 124 ✓	4,07	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 19 T1- N° 126 ✓	4,54	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 11 T8- N° 128 ✓	4,60	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 11 T6- N° 130 ✓	4,84	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 11 T4- N° 132 ✓	4,06	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 11 T1- N° 134 ✓	3,34	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 41 T4- N° 136 ✓	5,52	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 41 T3- N° 138 ✓	5,51	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 41 T5- N° 140 ✓	4,44	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
UA 41 T6- N° 142 ✓	3,96	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
Filão da Gema Elmo B N° 143	11,5	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer
Passo Feio – Ponto Branco N° 144	2,81	0,500($\mu\text{g/g}$)	Espectrofotometro de Absorção Atômica- Perkin Elmer

Maria Teresa Raya Rodriguez
Eng. Química – CRQ-V: 05300638

Av. Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia - Caixa Postal 15007 – CEP: 91.501-970 - Porto Alegre – RS

Fone: (051) 316-6762 - Fax: (051) 319-1568 – e-mail: ceneco@ecologia.ufrgs.br

Home Page: www.ecologia.ufrgs.br

Lauda Técnico n° 106-01- Jairo José Zocche (5/3)

ANEXO 2a – Análise de fertilidade das amostras de solo extraídas da área específica de estudo (60 x 300 m), na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Amostras/ Unidades Amostrais	Argila %	pH H ₂ O	SMP	P μg.g ⁻¹	K μg.g ⁻¹	M/O %	Al _{loc} cmol _L ⁻¹	Ca _{loc} cmol _L ⁻¹	Mg _{loc} cmol _L ⁻¹	Al + H cmol _L ⁻¹	CTC cmol _L ⁻¹	% SAT da CTC			Relações			S μg.g ⁻¹	Zn μg.g ⁻¹	Cu μg.g ⁻¹	B μg.g ⁻¹	Mn μg.g ⁻¹
												Bases	Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K						
31 (01,02,03,04)	17	5,8	6,1	8,9	500	4,5	0,0	10,7	5,1	3,3	20,4	84	0,0	2,1	8	4,0	10,0	2,5	16,0	0,7	51	
29 (05,06,07,08)	17	5,6	6,0	7,5	370	4,8	0,0	10,3	4,8	3,6	19,7	81	0,0	2,1	11	5	17	2,9	44	1,1	47	
04 (09,10,11,12)	22	5,5	5,8	24	480	8,0	0,0	15,1	7,0	4,3	27,6	84	0,0	2,2	12	6	17	5,1	1,0	0,7	24	
26 (13,14,15,16)	24	5,8	6,0	7,4	356	6,1	0,0	15,3	7,3	3,6	27,1	87	0,0	2,1	17	8	8,2	3,7	3,0	1,1	36	
34 (17,19,20,21)	26	5,6	5,9	4,8	448	6,2	0,0	13,4	6,3	3,9	24,9	84	0,0	2,1	12	5	12	5,0	5,1	0,8	68	
35 (18,22,23,24)	30	5,5	5,8	4,2	367	7,4	0,0	11,1	5,4	4,3	21,8	80	0,0	2,1	12	6	12	4,3	4,1	0,6	29	
22 (25,26,27,28)	13	5,7	6,2	5,0	385	3,7	0,0	8,1	3,7	3,0	15,8	81	0,0	2,2	8	3,7	13	2,8	2,4	0,7	20	
24 (29,32,33,35)	17	5,5	6,0	13	299	4,0	0,0	11,3	6,0	3,6	21,6	83	0,0	1,9	15	8	12	3,8	2,7	0,7	10	
23 (30,31,34,36)	17	5,3	5,8	31	356	5,3	0,4	12,2	5,7	4,3	23,1	81	1,7	2,1	13	6	16	3,9	13	0,7	28	
07 (37,38,41,43)	20	5,5	5,9	11	500	6,0	0,0	12,8	6,1	3,9	21,1	84	0,0	2,1	10	4,8	16	4,0	1,4	0,7	25	
08 (39,40,42,44)	14	5,4	5,8	20	433	5,3	0,4	11,7	4,8	4,3	21,9	80	1,8	2,4	11	4,3	15	3,8	1,4	1,1	28	
39 (45,46,47,48)	22	5,4	5,8	9,2	380	6,2	0,3	13,5	6,6	4,3	25,4	83	1,2	2,0	14	7	11	3,7	1,4	0,8	29	
13 (49,51,52,55)	15	5,3	5,7	12	378	6,6	0,4	11,3	5,1	4,7	22,1	79	1,8	2,2	12	5	16	2,7	2,6	0,8	27	
14 (50,53,54,56)	14	5,2	5,7	8,4	317	6,4	0,5	11,5	5,5	4,7	22,6	79	2,2	2,1	14	7	12	2,4	3,0	0,8	38	
44 (57,58,59,60)	22	5,5	5,8	9,1	358	5,7	0,0	14,0	6,7	4,3	25,9	83	0,0	2,1	15	7	15	2,5	9,6	0,8	17	
19 (61,62,63,64)	13	5,4	5,8	17	549	7,9	0,5	13,6	6,3	4,3	25,6	83	2,0	2,2	10	4,5	6,1	5,7	5,0	0,8	19	
11 (65,66,67,68)	14	5,4	5,7	19	514	6,6	0,5	12,3	6,0	4,7	24,4	81	2,1	2,1	9	4,6	15	4,4	2,7	0,7	40	
41 (69,70,71,72)	22	5,3	5,7	9,1	465	6,4	0,8	12,6	6,1	4,7	24,6	81	3,2	2,1	11	5	17	4,0	1,7	1,2	33	

ANEXO 2b – Laudos técnicos das análises de fertilidade das amostras de solo extraídas da área específica de estudo (60 x 300 m), na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.



Laudo de Análise de Solo

NOME: Jairo José Zocche II
MUNICÍPIO: Lavras do Sul
ESTADO: RS
LOCALIDADE:

DATA DO RECEBIMENTO: 09/05/01
DATA DA EXPEDIÇÃO: 21/05/01

NUM	REGISTRO	ARGILA %	pH H ₂ O	Índice SMP	P mg L ⁻¹	K mg L ⁻¹	M.O. %	Al _{troc.} cmol _c L ⁻¹	Ca _{troc.} cmol _c L ⁻¹	Mg _{troc.} cmol _c L ⁻¹
1	199/6	22	5.5	5.8	24	480	8.0	0.0	15.1	7.0
2	199/7	20	5.5	5.9	11	500	6.0	0.0	12.8	6.1
3	199/8	14	5.4	5.8	20	433	5.3	0.4	11.7	4.8
4	199/9	14	5.4	5.7	19	514	6.6	0.5	12.3	6.0
5	199/10	15	5.3	5.7	12	378	6.6	0.4	11.3	5.1

Argila determinada pelo método do densímetro; pH em água 1:1; P e K determinados pelo método Mehlich I; M.O. por digestão úmida; Ca, Mg, Al, Mn, e Na trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; S-SO₄ extraído com CaHPO₄ 500 mg L⁻¹ de P; Zn e Cu extraídos com HCl 0,1 mol L⁻¹; B extraído com água quente.

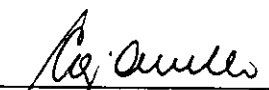
NUM	Al+H cmol _c L ⁻¹	CTC cmol _c L ⁻¹	% SAT da CTC		RELAÇÕES			SUGESTÃO DE CALAGEM p/PRNT (t ha ⁻¹)			
			BASES	Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	100	85	70	55
1	4.3	27.6	84	0.0	2.2	12	6				
2	3.9	24.1	84	0.0	2.1	10	4.8				
3	4.3	21.9	80	1.8	2.4	11	4.3				
4	4.7	24.4	81	2.1	2.1	9	4.6				
5	4.7	22.1	79	1.8	2.2	12	5				

CTC a pH 7,0. Necessidade de calcário para atingir pH 6,0 - calculada pela média dos métodos SMP e Al+MO. Sugestão válida no caso de não ter sido feita calagem integral nos últimos 3 anos e sob sistema de cultivo convencional. No sistema plantio direto, consultar um agrônomo.

NUM	S mg L ⁻¹	Zn mg L ⁻¹	Cu mg L ⁻¹	B mg L ⁻¹	Mn mg L ⁻¹	Fe %	Na mg L ⁻¹	OUTRAS DETERMINAÇÕES			
1	17	5.1	1.0	0.7	24						
2	16	4.0	1.4	0.7	25						
3	15	3.8	1.4	1.1	28						
4	15	4.4	2.7	0.7	40						
5	16	2.7	2.6	0.8	27						

Consulte um agrônomo para obter as recomendações de adubação

NUM	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
1	UA - 04
2	UA - 07
3	UA - 08
4	UA - 11
5	UA - 14


Clesio Gianello
Eng^o Ag^o CREA 8^o Reg 25.642
Chefe do Laboratório de Análises



Laudo de Análise de Solo

NOME: Jairo José Zocche II
MUNICÍPIO: Lavras do Sul
ESTADO: RS
LOCALIDADE:

DATA DO RECEBIMENTO: 09/05/01
DATA DA EXPEDIÇÃO: 21/05/01

NUM	REGISTRO	ARGILA	pH	Índice SMP	P	K	M.O.	Al _{troc.}	Ca _{troc.}	Mg _{troc.}
		%	H ₂ O		mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	%	cmol _c L ⁻¹	cmol _c L ⁻¹	cmol _c L ⁻¹
1	199/11	14	5.2	5.7	8.4	317	6.4	0.5	11.5	5.5
2	199/12	13	5.4	5.8	17	549	7.9	0.5	13.6	6.3
3	199/13	13	5.7	6.2	5.0	385	3.7	0.0	8.1	3.7
4	199/14	17	5.3	5.8	31	356	5.3	0.4	12.2	5.7
5	199/15	17	5.5	6.0	13	299	4.0	0.0	11.3	6.0

Argila determinada pelo método do densímetro; pH em água 1:1; P e K determinados pelo método Mehlich I; M.O. por digestão úmida; Ca, Mg, Al, Mn, e Na trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; S-SO₂ extraído com CaHPO₄ 500 mg L⁻¹ de P; Zn e Cu extraídos com HCl 0,1 mol L⁻¹; B extraído com água quente.

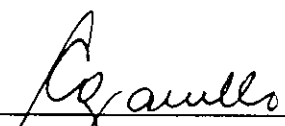
NUM	Al+H cmol _c L ⁻¹	CTC cmol _c L ⁻¹	% SAT da CTC		RELAÇÕES			SUGESTÃO DE CALAGEM p/PRNT (t ha ⁻¹)			
			BASES	Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	100	85	70	55
1	4.7	22.6	79	2.2	2.1	14	7				
2	4.3	25.6	83	2.0	2.2	10	4.5				
3	3.0	15.8	81	0.0	2.2	8	3.7				
4	4.3	23.1	81	1.7	2.1	13	6				
5	3.6	21.6	83	0.0	1.9	15	8				

CTC a pH 7.0. Necessidade de calcário para atingir pH 6.0 - calculada pela média dos métodos SMP e Al-MO. Sugestão válida no caso de não ter sido feita calagem integral nos últimos 3 anos e sob sistema de cultivo convencional. No sistema plantio direto, consultar um agrônomo.

NUM	S	Zn	Cu	B	Mn	Fe	Na	OUTRAS DETERMINAÇÕES
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	%	mg L ⁻¹	
1	12	2.4	3.0	0.8	38			
2	6.1	5.7	5.0	0.8	19			
3	13	2.8	2.4	0.7	20			
4	16	3.9	13	0.7	28			
5	12	3.8	2.7	0.7	10			

Consulte um agrônomo para obter as recomendações de adubação

NUM	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
1	UA - 15
2	UA - 19
3	UA - 21
4	UA - 23
5	UA - 24


Césio Gianello
Eng^o Ag^o CREA 8^o Reg 25.642
Chefe do Laboratório de Análises



Laudo de Análise de Solo

NOME: Jairo José Zocche II
MUNICÍPIO: Lavras do Sul
ESTADO: RS
LOCALIDADE:

DATA DO RECEBIMENTO: 09/05/01
DATA DA EXPEDIÇÃO: 21/05/01

NUM	REGISTRO	ARGILA %	pH H ₂ O	Índice SMP	P mg L ⁻¹	K mg L ⁻¹	M.O. %	Al _{troc.} cmol _c L ⁻¹	Ca _{troc.} cmol _c L ⁻¹	Mg _{troc.} cmol _c L ⁻¹
1	199/16	24	5.8	6.0	7.4	356	6.1	0.0	15.3	7.3
2	199/17	17	5.6	6.0	7.5	370	4.8	0.0	10.3	4.8
3	199/18	17	5.8	6.1	8.9	500	4.5	0.0	10.7	5.1
4	199/19	26	5.6	5.9	4.8	448	6.2	0.0	13.4	6.3
5	199/20	30	5.5	5.8	4.2	367	7.4	0.0	11.1	5.4

Argila determinada pelo método do densímetro; pH em água 1:1; P e K determinados pelo método Mehlich I; M.O. por digestão úmida; Ca, Mg, Al, Mn, e Na trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; S-SO₄ extraído com CaHPO₄ 500 mg L⁻¹ de P; Zn e Cu extraídos com HCl 0,1 mol L⁻¹; B extraído com água quente.


NUM	Al+H cmol _c L ⁻¹	CTC cmol _c L ⁻¹	% SAT da CTC		RELAÇÕES			SUGESTÃO DE CALAGEM p/PRNT (t ha ⁻¹)			
			BASES	Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	100	85	70	55
1	3.6	27.1	87	0.0	2.1	17	8				
2	3.6	19.7	81	0.0	2.1	11	5				
3	3.3	20.4	84	0.0	2.1	8	4.0				
4	3.9	24.9	84	0.0	2.1	12	5				
5	4.3	21.8	80	0.0	2.1	12	6				

CTC a pH 7.0. Necessidade de calcário para atingir pH 6.0 - calculada pela média dos métodos SMP e Al+MO. Sugestão válida no caso de não ter sido feita calagem integral nos últimos 3 anos e sob sistema de cultivo convencional. No sistema plantio direto, consultar um agrônomo.

NUM	S mg L ⁻¹	Zn mg L ⁻¹	Cu mg L ⁻¹	B mg L ⁻¹	Mn mg L ⁻¹	Fe %	Na mg L ⁻¹	OUTRAS DETERMINAÇÕES			
1	8.2	3.7	3.0	1.1	36						
2	17	2.9	44	1.1	47						
3	10.0	2.5	16	0.7	51						
4	12	5.0	5.1	0.8	68						
5	12	4.3	4.1	0.6	29						

Consulte um agrônomo para obter as recomendações de adubação

NUM	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
1	UA - 26
2	UA - 29
3	UA - 31
4	UA - 34
5	UA - 35


Glesio Gianello
Eng. Agr. CREA 8º Reg. 25.642
Chefe do Laboratório de Análises



Laudo de Análise de Solo

NOME: Jairo José Zocche II
MUNICÍPIO: Lavras do Sul
ESTADO: RS
LOCALIDADE:

DATA DO RECEBIMENTO: 09/05/01

DATA DA EXPEDIÇÃO: 21/05/01

NUM	REGISTRO	ARGILA %	pH H ₂ O	Índice SMP	P mg L ⁻¹	K mg L ⁻¹	M.O. %	Al _{troc.} cmol _c L ⁻¹	Ca _{troc.} cmol _c L ⁻¹	Mg _{troc.} cmol _c L ⁻¹
1	199/21	22	5.3	5.7	9.1	465	6.4	0.8	12.6	6.1
2	199/22	22	5.5	5.8	9.1	358	5.7	0.0	14.0	6.7
3	199/23	22	5.4	5.8	9.2	380	6.2	0.3	13.5	6.6

Argila determinada pelo método do densímetro; pH em água 1:1; P e K determinados pelo método Mehlich I; M.O. por digestão úmida; Ca, Mg, Al, Mn, e Na trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; S-SO₄ extraído com CaHPO₄ 500 mg L⁻¹ de P; Zn e Cu extraídos com HCl 0,1 mol L⁻¹; B extraído com água quente.


NUM	Al+H cmol _c L ⁻¹	CTC cmol _c L ⁻¹	% SAT da CTC		RELAÇÕES			SUGESTÃO DE CALAGEM p/PRNT (t ha ⁻¹)			
			BASES	Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	100	85	70	55
1	4.7	24.6	81	3.2	2.1	11	5				
2	4.3	25.9	83	0.0	2.1	15	7				
3	4.3	25.4	83	1.2	2.0	14	7				

CTC a pH 7.0. Necessidade de calcário para atingir pH 6.0 - calculada pela média dos métodos SMP e Al+MO. Sugestão válida no caso de não ter sido feita calagem integral nos últimos 3 anos e sob sistema de cultivo convencional. No sistema plantio direto, consultar um agrônomo.

NUM	S mg L ⁻¹	Zn mg L ⁻¹	Cu mg L ⁻¹	B mg L ⁻¹	Mn mg L ⁻¹	Fe %	Na mg L ⁻¹	OUTRAS DETERMINAÇÕES			
1	17	4.0	1.7	1.2	33						
2	15	2.5	9.6	0.8	17						
3	11	3.7	1.4	0.8	29						

Consulte um agrônomo para obter as recomendações de adubação

NUM	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
1	UA - 41
2	UA - 45
3	UA - 00


Giesio Gianello
Eng^o Ag^o CREA 8^o Reg 25.642
Chefe do Laboratório de Análises

ANEXO 3 – Análise de correlação de Sperman (r_s), entre o conteúdo total de Cu nas folhas de *Schinus lentiscifolius* ($\mu\text{g.g}^{-1}$) e o conteúdo de Cu no solo na forma disponível ($\mu\text{g.g}^{-1}$), nas 72 unidades amostrais da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

MULTIV version 2.0.3

 TRANSFORMACAO DE DADOS

Status da analise:
 Arquivo de dados: sit.txt
 Dimensoes: 72 unidades amostrais, 2 variaveis
 Tipo de dados: (1) quantitativos, mesmas unidades
 Transformacao escalar: (2)raiz quadrada
 (sqrt(|x|))
 Transformacao vetorial: (9)reescalonamento em
 ordinais, dentro de variaveis
 Sessao esta armazenada em arquivo.
 Matriz de dados transformados:
 (Linhas= 72 unidades amostrais, colunas= 2
 variaveis)

64.5	41.5
64.5	41.5
66	69.5
59	69.5
71	25
72	13
68	67
45	64
5	20
2	32.5
1	63
3	59
6	34
4	44
54	65
56	40
40	23
17	22
44	28
50	24
52	11
42	54
53	35.5
41	19
23	26.5
47	35.5
25	8
19	53
57	50
70	68
69	66
13	29
18	16.5
29	18
27	60
24	32.5
39	8
12	45
15	21
11	15
10	55.5
7	14
16	11
34	46
21	62
9	43
14	16.5
8	30.5
46	1
48	4
35	2
31	47.5
28	11
32	4
36	4
38	49
60	57
55	47.5
61	6
63	37.5
67	26.5

58	51
62	39
43	55.5
30	58
51	61
37	37.5
49	8
20	72
33	71
26	52
22	30.5

 MEDIDAS DE SEMELHANCA

Status da analise:
 Arquivo de dados: sit.txt
 Dimensoes: 72 unidades amostrais, 2 variaveis
 Tipo de dados: (1) quantitativos, mesmas unidades
 Transformacao escalar: (2)raiz quadrada
 (sqrt(|x|))
 Transformacao vetorial: (9)reescalonamento em
 ordinais, dentro de variaveis
 Medida de semelhanca: (17)correlacao, (2)entre
 variaveis
 Sessao esta armazenada em arquivo.

Matriz de semelhanca:
 1
 0.13249 1

ANEXO 4 – Análise de correlação de Sperman (r_s), entre o conteúdo total de Cu nas folhas de *Schinus lentiscifolius* ($\mu\text{g.g}^{-1}$) (multiplicado por um fator de 15(x), segundo Brooks (1983)), e o conteúdo de Cu no solo na forma disponível ($\mu\text{g.g}^{-1}$), nas 72 unidades amostrais da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

```

MULTIV version 2.0.3
-----
Analysis status:
Data file name: a:sitxl5.txt
Dimensions:
72 sampling units, 2 variables
Data type:
(1) quantitative, same units
Scalar transformation: (0)none
Vector transformation: (0)none
Session is NOT saved.

Original data matrix:
(Rows= 72 sampling units,
columns= 2 variables)
32.3 62.7
32.3 62.7
35.9 82.2
24.6 82.2
318 57.3
506 51
62.9 80.85
10.1 77.1
3.57 53.85
2.19 60.3
1.67 76.5
3.23 70.05
3.77 60.45
3.32 63.15
14.7 77.85
16.3 61.2
9.18 56.4
5.29 56.1
9.97 57.8
11.4 56.7
13.3 50.25
9.8 67.05
14.2 60.75
9.59 52.95
5.79 57.75
10.4 60.75
5.95 50.1
5.48 66.75
17.8 64.92
99.9 81
82 80.7
5.06 58.65
5.31 52.5
7.02 55.8
6.58 72
5.84 60.3
9 50.1
4.85 63.6
5.18 55.95
4.57 52.05
4.52 68.1
4.12 51.3
5.2 50.25
7.58 63.9
5.58 73.5
4.32 63
5.14 52.5
4.21 59.4
10.3 48.15
10.8 48.9
7.75 48.45
7.2 64.35
6.74 50.25
7.39 48.9
8.42 48.9
8.73 64.8
26 68.7
15.2 64.35
26.2 49.8
29.8 60.9
41.2 57.75
20.3 65.7
28.2 61.05

9.83 68.1
7.1 69
12.2 72.6
8.47 60.9
10.9 50.1
5.54 82.8
7.4 82.65
6.47 66.6
5.7 59.4

48 4
35 2
31 47.5
28 11
32 4
36 4
38 49
60 57
55 47.5
61 6
63 37.5
67 26.5
58 51
62 39
43 55.5
30 58
51 61
37 37.5
49 8
20 72
33 71
26 52
22 30.5

-----
DATA TRANSFORMATION
-----
Analysis status:
Data file name: a:sitxl5.txt
Dimensions:
72 sampling units, 2 variables
Data type:
(1) quantitative, same units
Scalar transformation: (0)none
Vector transformation:
(9)rescaling into ranks,
within variables
Session IS saved.

Transformed data matrix:
(Rows= 72 sampling units,
columns= 2 variables)
64.5 41.5
64.5 41.5
66 69.5
59 69.5
71 25
72 13
68 67
45 64
5 19
2 32.5
1 63
3 59
6 34
4 44
54 65
56 40
40 23
17 22
44 28
50 24
52 11
42 54
53 35.5
41 18
23 26.5
47 35.5
25 8
19 53
57 50
70 68
69 66
13 29
18 16.5
29 20
27 60
24 32.5
39 8
12 45
15 21
11 15
10 55.5
7 14
16 11
34 46
21 62
9 43
14 16.5
8 30.5
46 1

-----
RESEMBLANCE MEASURES
-----
Analysis status:
Data file name: a:sitxl5.txt
Dimensions:
72 sampling units, 2 variables
Data type:
(1) quantitative, same units
Scalar transformation: (0)none
Vector transformation:
(9)rescaling into ranks,
within variables
Resemblance measure:
(17)correlation, (2)between
variables
Session IS saved.

Resemblance matrix:
1
0.13288 1

```

ANEXO 5 – Análise de correlação de Sperman (r_s), entre o conteúdo total de Cu nas folhas de *Schinus lentiscifolius* ($\mu\text{g.g}^{-1}$) e o conteúdo de Cu no solo na forma disponível ($\mu\text{g.g}^{-1}$), nas 67 unidades amostrais (extraíndo-se as 05 unidades amostrais com os valores mais elevados de concentração de Cu no solo) da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

MULTIV version 2.0.3

```
-----
TRANSFORMACAO DE DADOS
-----
Status da analise:
Arquivo de dados: sit1.txt
Dimensoes: 67 unidades amostrais, 2 variaveis
Tipo de dados: (1) quantitativos, mesmas unidades
Transformacao escalar: (0)nenhuma
Transformacao vetorial: (9)reescalonamento em
ordinais, dentro de variaveis
Sessao esta armazenada em arquivo.
```

Matriz de dados transformados:
(Linhas= 67 unidades amostrais, colunas= 2
variaveis)

```
64.5 39.5
64.5 39.5
66 64.5
59 64.5
45 62
5 19
2 30.5
1 61
3 57
6 32
4 42
54 63
56 38
40 22
17 21
44 26
50 23
52 11
42 52
53 33.5
41 18
23 24.5
47 33.5
25 8
19 51
57 48
13 27
18 15.5
29 17
27 58
24 30.5
39 8
12 43
15 20
11 14
10 53.5
7 13
16 11
34 44
21 60
9 41
14 15.5
8 28.5
46 1
48 4
35 2
31 45.5
28 11
32 4
36 4
38 47
60 55
55 45.5
61 6
63 35.5
67 24.5
58 49
62 37
```

MEDIDAS DE SEMELHANCA

```
Status da analise:
Arquivo de dados: sit1.txt
Dimensoes: 67 unidades amostrais, 2 variaveis
Tipo de dados: (1) quantitativos, mesmas unidades
Transformacao escalar: (0)nenhuma
Transformacao vetorial: (9)reescalonamento em
ordinais, dentro de variaveis
Medida de semelhanca: (17)correlacao, (2)entre
variaveis
Sessao esta armazenada em arquivo.
```

Matriz de semelhanca:

```
1
0.083805 1
```

ANEXO 6 – Matriz de dados utilizados na análise de correlação (r), entre o conteúdo total de Cu nas folhas de *Schinus molle* (Cu So), conteúdo de Cu na forma disponível (Cu S.l), teor de água no solo e, demais variáveis consideradas, para a análise de fertilidade nos 18 quadrados, na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

Quad	Cu So	Cu S.l	Argila	pH	SMP	P	K	M.O	Al	Ca	Mg	Al+H	CTC	Sat. da CTC Bases	Sat. da CTC Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	S	Zn	B	Mn	Água
31	31,27	4,83	17	5,8	6,1	8,9	500	4,5	0,0	10,7	5,1	3,3	20,4	84	0,0	2,1	8	4,0	10,0	2,5	0,7	51	15,5
29	224,25	4,44	17	5,6	6,0	7,5	370	4,8	0,0	10,3	4,8	3,6	19,7	81	0,0	2,1	11	5	17	2,9	1,1	47	13,4
04	2,66	4,34	22	5,5	5,8	24	480	8,0	0,0	15,1	7,0	4,3	27,6	84	0,0	2,2	12	6	17	5,1	0,7	24	21,05
26	9,52	4,37	24	5,8	6,0	7,4	356	6,1	0,0	15,3	7,3	3,6	27,1	87	0,0	2,1	17	8	8,2	3,7	1,1	36	20,52
34	10,96	3,69	26	5,6	5,9	4,8	448	6,2	0,0	13,4	6,3	3,9	24,9	84	0,0	2,1	12	5	12	5,0	0,8	68	21,45
35	9,72	3,95	30	5,5	5,8	4,2	367	7,4	0,0	11,1	5,4	4,3	21,8	80	0,0	2,1	12	6	12	4,3	0,6	29	22,01
22	6,9	3,92	13	5,7	6,2	5,0	385	3,7	0,0	8,1	3,7	3,0	15,8	81	0,0	2,2	8	3,7	13	2,8	0,7	20	14,0
24	8,69	4,13	17	5,5	6,0	13	299	4,0	0,0	11,3	6,0	3,6	21,6	83	0,0	1,9	15	8	12	3,8	0,7	10	15,3
23	48,69	4,58	17	5,3	5,8	31	356	5,3	0,4	12,2	5,7	4,3	23,1	81	1,7	2,1	13	6	16	3,9	0,7	28	15,8
07	5,89	3,87	20	5,5	5,9	11	500	6,0	0,0	12,8	6,1	3,9	21,1	84	0,0	2,1	10	4,8	16	4,0	0,7	25	23,0
08	5,36	3,72	14	5,4	5,8	20	433	5,3	0,4	11,7	4,8	4,3	21,9	80	1,8	2,4	11	4,3	15	3,8	1,1	28	15,02
39	4,81	4,14	22	5,4	5,8	9,2	380	6,2	0,3	13,5	6,6	4,3	25,4	83	1,2	2,0	14	7	11	3,7	0,8	29	21,75
13	8,42	3,5	15	5,3	5,7	12	378	6,6	0,4	11,3	5,1	4,7	22,1	79	1,8	2,2	12	5	16	2,7	0,8	27	18,42
14	8,41	3,55	14	5,2	5,7	8,4	317	6,4	0,5	11,5	5,5	4,7	22,6	79	2,2	2,1	14	7	12	2,4	0,8	38	19,16
44	24,3	4,06	22	5,5	5,8	9,1	358	5,7	0,0	14,0	6,7	4,3	25,9	83	0,0	2,1	15	7	15	2,5	0,8	17	20,8
19	24,88	4,21	13	5,4	5,8	17	549	7,9	0,5	13,6	6,3	4,3	25,6	83	2,0	2,2	10	4,5	6,1	5,7	0,8	19	15,12
11	9,67	4,21	14	5,4	5,7	19	514	6,6	0,5	12,3	6,0	4,7	24,4	81	2,1	2,1	9	4,6	15	4,4	0,7	40	16,32
41	6,28	4,86	22	5,3	5,7	9,1	465	6,4	0,8	12,6	6,1	4,7	24,6	81	3,2	2,1	11	5	17	4,0	1,2	33	24,6

Unidades de medida:

Cu So = $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

Cu S.l = $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

P = $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

K = $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

M.O = %

Al_{1-rec.} = $\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$

Mg = $\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$

Ca = $\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$

Al + H = $\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$

CTC = $\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$

%Sat. da CTC: Bases = %

%Sat. da CTC: Al = %

Zn = $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

S = $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

Cu = $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

B = $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

Mg = $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

Água = %

ANEXO 7 – Distribuição das 101 espécies registradas nas 72 unidades amostrais (transecções) na área específica de estudo, com os respectivos valores de densidade relativa, transformados, segundo a escala de cobertura de Daubenmire (1968) modificada e, fatores ambientais. Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS (continuação).

UNIDADE AMOSTRAL NO.	1111111111222222222233333333334444444444555555555566666666667777
	123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012
1 Cu Disponível no Solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	333235613213331195911919515519855765945444575454117767882122422971815765 22541020, 46, 13, 4, 0, 792, 00, 6569108, 2, 0, 86, 516273, 129, 8, 57, 94, 03058081551255312, 727347, 81, 4, 5447 3396 917973727389743029945889061284058722088241385049230228232302794070
2 Conteúdo Total de Cu em <i>Schinus lentiscifolius</i> ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	44553355345444543333443343445533443433433444333343344434344444435543 11448431501602107787340580343439558032745432925922232235230830568035549 888820949207319864685753554530810202443742560006163956628926587404642146
3 Teor de Umidade no Solo (%)	111111112212221212222221111111111111111111111112111212121222122111122111111112222 33493017036323231452022321992982406346074889311711678911910460857575463 559319976691972319845979104559072588599017159597153021367458788222540310
4 Fósforo Disponível no Solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	8888777722227774444444445555133111131122121299991818818999911111119999 55554444, 3113333111001010, 2, 22, 77779999, 9999, 4444828882220000, 2222, 4, 44, 41111, 1111 00000000 0000000000000000 0 00 0 00000000
5 Distância da U.A do Filão (m)	111227271112272211122227272727222771112222221111112222222722711221212 2277, 2777, 22722277, 2277227772727277722, 27272727 5555, 5555, 555555555555, 5555, 5555 5555 5555 55555555 555
6 Posição U.A em Relação ao Filão (*)	BBBBBAAAAAAAAABBBBBBBBBAABBBBBAAAAAAAAAAAAAAAAABBBBBBBBBBBBBBBBBBAAAAABBBB
62 <i>Paspalum</i> sp	1 1 2 1112 2 21 2 2 2 1 2 1
63 <i>Briza subaristata</i>	1 1
64 <i>Eragrostis lugens</i>	1 1
65 <i>Discaria americana</i>	1 1 2 1 2 1 1 1 1
66 <i>Coryza blakei</i>	1 1
67 <i>Gamochaeta spicata</i>	1 1
68 <i>Paspalum paniculatum</i>	1 1 1 1 1
69 <i>Sisyrinchium cf. minutiflorum</i>	1 1 1 1
70 <i>Aloysia cf. chamaedryfolia</i>	1 2 1 1
71 <i>Juncus capillaceus</i>	1 1 1 1
72 <i>Chaptalia exscapa</i>	1 2 1 1
73 <i>Melica brasiliensis</i>	1 1 1 1
74 <i>Stipa nutans</i>	1 1 1 1 1 1 1
75 <i>Sida rhombifolia</i>	1 2 1 1 1
76 <i>Ipheion uniflorum</i>	1 1 1 1 1
77 <i>Schinus molle</i>	1 3 2
78 <i>Verbena litoralis</i>	1 1 1
79 <i>Eragrostis neesii</i>	1 2 1
80 <i>Richardia brasiliensis</i>	1 2
81 <i>Centrosema virginianum</i>	1 1 1
82 <i>Pavonia hastata</i>	1 1 1
83 <i>Passiflora</i> sp	1 1 1 1
84 <i>Danthonia montevidensis</i>	1 1 1 1
85 <i>Cerastium glomeratum</i>	1 1 1 1
86 <i>Relbunium hirtum</i>	1 2 1
87 <i>Sida</i> sp	1 2 1
88 <i>Danthonia cirrata</i>	1 2 1
89 <i>Hypochaeris cf. megapotamica</i>	1 2 1
90 <i>Mimosa ramulosa</i>	1 2 121 1
91 <i>Oxalis</i> sp	1 1 1 1
92 <i>Chaptalia integerrima</i>	1 1 1 1
93 <i>Cliococca selaginoides</i>	1 1 1 1
94 <i>Lucilia nitens</i>	1 1 1 1
95 <i>Eryngium sanguisorba</i>	1 1 1 1
96 <i>Sorghastrum setosum</i>	1 1 1 1
97 <i>Borreria verticillata</i>	1 1 1 1
98 <i>Aristida filifolia</i>	1 1 1 1
99 <i>Pseudechinolaena polystachya</i>	1 1 1 1 1
100 <i>Lathyrus crassipes</i>	1 1 1 1
101 <i>Cissus cf. striata</i>	1 1 1 1

(*) Cota da unidade amostral em relação a cota do filão principal: A, superior; B, inferior.

ANEXO 8 – Análise de *outliers* (discrepância) das 72 unidades amostrais levantadas na área específica de estudo, segundo o coeficiente de van der Maarel. Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

M U L V A - 5 Vers. 1.02

 *** IDEN 23.10.95 ***

```
-----
| DATA SET NO.:      1   RELEVES:    72   ATTRIBUTES:  101 |
| Import from file bruta72.txt                               |
| generated by IMPORT                                       |
-----
```

METHODS

OPT1: OUTLIER DETECTION (default)
 OPT2: IDENTIFICATION OF NEW INDIVIDUALS
 OPT3: CENTROID RE-ALLOCATION
 OPT4: SUM OF SQUARES RE-ALLOCATION
 OPT5: RELEVE IDENTIFICATION IN EXTERNAL DATA SET
 SPECIFY OPT:

1

----- RESEMBLANCE MATRICES AVAILABLE -----

RELEVES:

OPTION NO.	SOURCE:	TRANSFORM. OPT.NO.:	RESEMBLANCE OPT.NO.:	DIMENSIONS
31.1	RESE	0/0	16	72

ATTRIBUTES:

OPTION NO.	SOURCE:	TRANSFORM. OPT.NO.:	RESEMBLANCE OPT.NO.:	DIMENSIONS

SPECIFY RESEMBLANCE OPTION TO BE USED

"Rnn.n" FOR RELEVES, "Snn.n" FOR ATTRIBUTES (default=R31.1):

R311

RESEMBLANCE MEASURES RANGE FROM 0.00 TO 0.70

SPECIFY TRESHOLD RESEMBLANCE FOR RECOGNITION OF OUTLIERS

(INCLUDE DECIMAL POINT):

0.40000

```
-----
NO.      1 IS CLOSEST TO      3 WITH COEFF. 0.42180E+00, GROUP NO. IS 1
NO.      2 IS CLOSEST TO      3 WITH COEFF. 0.53591E+00, GROUP NO. IS 1
NO.      3 IS CLOSEST TO      2 WITH COEFF. 0.53591E+00, GROUP NO. IS 1
NO.      4 IS CLOSEST TO     59 WITH COEFF. 0.48095E+00, GROUP NO. IS 1
NO.      5 IS CLOSEST TO     31 WITH COEFF. 0.45000E+00, GROUP NO. IS 1
NO.      6 IS CLOSEST TO     31 WITH COEFF. 0.47809E+00, GROUP NO. IS 1
NO.      7 IS CLOSEST TO     14 WITH COEFF. 0.39872E+00, GROUP NO. IS 999
NO.      8 IS CLOSEST TO     39 WITH COEFF. 0.40476E+00, GROUP NO. IS 1
NO.      9 IS CLOSEST TO     10 WITH COEFF. 0.36232E+00, GROUP NO. IS 999
NO.     10 IS CLOSEST TO     21 WITH COEFF. 0.44395E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     11 IS CLOSEST TO     25 WITH COEFF. 0.57746E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     12 IS CLOSEST TO     45 WITH COEFF. 0.57868E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     13 IS CLOSEST TO     23 WITH COEFF. 0.42188E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     14 IS CLOSEST TO     15 WITH COEFF. 0.48851E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     15 IS CLOSEST TO     54 WITH COEFF. 0.55027E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     16 IS CLOSEST TO     59 WITH COEFF. 0.47773E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     17 IS CLOSEST TO     46 WITH COEFF. 0.47155E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     18 IS CLOSEST TO     21 WITH COEFF. 0.51010E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     19 IS CLOSEST TO     10 WITH COEFF. 0.44177E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     20 IS CLOSEST TO     15 WITH COEFF. 0.52551E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     21 IS CLOSEST TO     18 WITH COEFF. 0.51010E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     22 IS CLOSEST TO     23 WITH COEFF. 0.41564E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     23 IS CLOSEST TO     13 WITH COEFF. 0.42188E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     24 IS CLOSEST TO     32 WITH COEFF. 0.37355E+00, GROUP NO. IS 999
NO.     25 IS CLOSEST TO     11 WITH COEFF. 0.57746E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     26 IS CLOSEST TO     52 WITH COEFF. 0.56442E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     27 IS CLOSEST TO     15 WITH COEFF. 0.42703E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     28 IS CLOSEST TO     45 WITH COEFF. 0.55122E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     29 IS CLOSEST TO     45 WITH COEFF. 0.57269E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     30 IS CLOSEST TO     36 WITH COEFF. 0.50000E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     31 IS CLOSEST TO     32 WITH COEFF. 0.55024E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     32 IS CLOSEST TO     60 WITH COEFF. 0.60938E+00, GROUP NO. IS 1
NO.     33 IS CLOSEST TO     30 WITH COEFF. 0.34720E+00, GROUP NO. IS 999
NO.     34 IS CLOSEST TO     36 WITH COEFF. 0.39046E+00, GROUP NO. IS 999
-----
```

NO.	35	IS CLOSEST TO	57	WITH COEFF.	0.42857E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	36	IS CLOSEST TO	30	WITH COEFF.	0.50000E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	37	IS CLOSEST TO	29	WITH COEFF.	0.53670E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	38	IS CLOSEST TO	65	WITH COEFF.	0.54589E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	39	IS CLOSEST TO	69	WITH COEFF.	0.43318E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	40	IS CLOSEST TO	44	WITH COEFF.	0.50505E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	41	IS CLOSEST TO	69	WITH COEFF.	0.50521E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	42	IS CLOSEST TO	60	WITH COEFF.	0.53143E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	43	IS CLOSEST TO	66	WITH COEFF.	0.49152E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	44	IS CLOSEST TO	65	WITH COEFF.	0.57073E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	45	IS CLOSEST TO	46	WITH COEFF.	0.61215E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	46	IS CLOSEST TO	45	WITH COEFF.	0.61215E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	47	IS CLOSEST TO	45	WITH COEFF.	0.55914E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	48	IS CLOSEST TO	69	WITH COEFF.	0.61212E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	49	IS CLOSEST TO	67	WITH COEFF.	0.48485E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	50	IS CLOSEST TO	53	WITH COEFF.	0.30787E+00,	GROUP NO.	IS	999
NO.	51	IS CLOSEST TO	47	WITH COEFF.	0.42473E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	52	IS CLOSEST TO	26	WITH COEFF.	0.56442E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	53	IS CLOSEST TO	68	WITH COEFF.	0.52688E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	54	IS CLOSEST TO	15	WITH COEFF.	0.55027E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	55	IS CLOSEST TO	38	WITH COEFF.	0.48731E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	56	IS CLOSEST TO	59	WITH COEFF.	0.33836E+00,	GROUP NO.	IS	999
NO.	57	IS CLOSEST TO	59	WITH COEFF.	0.54211E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	58	IS CLOSEST TO	60	WITH COEFF.	0.60465E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	59	IS CLOSEST TO	60	WITH COEFF.	0.70053E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	60	IS CLOSEST TO	59	WITH COEFF.	0.70053E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	61	IS CLOSEST TO	59	WITH COEFF.	0.47345E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	62	IS CLOSEST TO	37	WITH COEFF.	0.48205E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	63	IS CLOSEST TO	26	WITH COEFF.	0.51977E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	64	IS CLOSEST TO	71	WITH COEFF.	0.41423E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	65	IS CLOSEST TO	44	WITH COEFF.	0.57073E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	66	IS CLOSEST TO	43	WITH COEFF.	0.49152E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	67	IS CLOSEST TO	49	WITH COEFF.	0.48485E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	68	IS CLOSEST TO	53	WITH COEFF.	0.52688E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	69	IS CLOSEST TO	48	WITH COEFF.	0.61212E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	70	IS CLOSEST TO	69	WITH COEFF.	0.45029E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	71	IS CLOSEST TO	69	WITH COEFF.	0.48879E+00,	GROUP NO.	IS	1
NO.	72	IS CLOSEST TO	69	WITH COEFF.	0.53731E+00,	GROUP NO.	IS	1

HISTOGRAM OF NEAREST NEIGHBOR VALUES

CLASS NO.	FROM	TO	FREQUENCY.
1	0.307	0.347	2
2	0.347	0.387	3
3	0.387	0.426	8
4	0.426	0.466	8
5	0.466	0.505	16
6	0.505	0.544	13
7	0.544	0.583	14
8	0.583	0.623	6
9	0.623	0.662	0
10	0.662	0.701	2

RELEVES OR ATTRIBUTES LABELS:

1	2	3	4	5	6	8	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	25	26	27	28	29	30	31	32	35
36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	51	52	53	54	55	57
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
68	69	70	71	72	7	9	24	33	34
50	56								

GROUPS:

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
999	999				999	999	999	999	999

ANEXO 10 – Análise de discriminantes, segundo o Método “Jancey’s Ranking of F-Value” (JANCEY, 1979) aplicada às 32 espécies selecionadas para análise fitossociológica (tabela 10) da área específica de estudo, na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

M U L V A - 5 Vers. 1.02

 *** DISC 15.07.94 ***

```
-----
| DATA SET NO.: 1 RELEVES: 65 ATTRIBUTES: 32 |
| Import from file a:sava6532.txt          |
| generated by IMPORT                       |
|-----
```

METHODS

OPT 1: FISHERS DISCRIMINANT ANALYSIS (default)

OPT 2: JANCEYS RANKING UPON F-VALUES

SPECIFY OPT:

2

RANKING

R FOR RELEVES

S FOR ATTRIBUTES (default)

F FOR SITE FACTORS:

S

----- SORTING OPTIONS AVAILABLE -----

RELEVES:

OPTION NO.	SOURCE:	TRANSFORM. OPT.NO.:	RESEMBLANCE OPT.NO.:	METHOD OPT.NO.:	INITIAL SOURCE:
11.1	OPEN	0/0	0	0	-
11.2	OPEN	0/0	0	0	-
41.1	CLUS	0/0	13	3	-
51.1	CONC	0/0	13	1	CLUS

ATTRIBUTES:

OPTION NO.	SOURCE:	TRANSFORM. OPT.NO.:	RESEMBLANCE OPT.NO.:	METHOD OPT.NO.:	INITIAL SOURCE:
11.1	OPEN	0/0	0	0	-
11.2	OPEN	0/0	0	0	-
41.1	CLUS	0/0	13	3	-
51.1	CONC	0/0	13	1	CLUS
52.1	DISC	0/0	13	3	CLUS
52.2	DISC	0/0	13	3	CLUS
52.3	DISC	0/0	13	3	CLUS

-- RANKING ATTRIBUTES IS BASED ON CLASSIFICATION OF RELEVES --

SPECIFY SORTING OPT. FOR RELEVES, "Rnn.n" (default=R11.1):

R411

RELEVES INCLUDED IN THE ANALYSIS:

23	22	13	54	15	14	17	21	18	19
10	28	64	8	70	71	69	41	39	72
48	37	29	46	45	12	62	35	11	25
60	32	38	16	59	57	55	66	65	43
2	1	6	3	5	30	36	31	51	47
44	40	61	4	27	20	67	49	58	68
63	53	52	26	42					

CLASSIFICATION:

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5					

GROUPS ARE:

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

GROUP SIZES:

12	15	13	8	17
----	----	----	---	----

INDICATE GROUPS TO BE EXCLUDED FROM THE ANALYSIS

ONE PER LINE, "0" TO EXIT:

0

ANEXO 11 – Análise de Concentração aplicada a tabela estruturada 11 da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

M U L V A - 5 Vers. 1.02

 *** AOCL 09.05.95 ***

```

-----
| DATA SET NO.:      1   RELEVES:    65   ATTRIBUTES:  32 |
| Import from file a:sava6532.txt |
| generated by IMPORT |
-----

```

TYPE "1" TO ANALYSE A VEGETATION TABLE (default)
 TYPE "2" TO COMPARE TWO CLASSIFICATIONS (CA-
 MODE):

1

----- SORTING OPTIONS AVAILABLE -----

RELEVES:
 OPTION TRANSFORM. RESEMBLANCE METHOD

INITIAL

NO. SOURCE: OPT.NO.: OPT.NO.:

OPT.NO.: SOURCE:

11.1 OPEN 0/0 0 0

11.2 OPEN 0/0 0 0

41.1 CLUS 0/0 13 3

ATTRIBUTES:
 OPTION TRANSFORM. RESEMBLANCE METHOD

INITIAL

NO. SOURCE: OPT.NO.: OPT.NO.:

OPT.NO.: SOURCE:

11.1 OPEN 0/0 0 0

11.2 OPEN 0/0 0 0

41.1 CLUS 0/0 13 3

SPECIFY SORTING OPT. FOR RELEVES, "Rnn.n"

(default=R11.1):

R411

SPECIFY SORTING OPT. FOR ATTRIBUTES, "Snn.n"

(default=S11.1):

S411

CONTINGENCY TABLE

COLUMN GROUP NO.:

1 2 3 4 5

1. ROW GROUP

23 9 33 29 56

2. ROW GROUP

44 26 25 2 35

3. ROW GROUP

26 35 24 23 30

4. ROW GROUP

12 31 38 5 19

5. ROW GROUP

27 53 19 14 21

INDICATE COLUMN GROUPS TO BE DISBANDED
 TYPE GROUP NOS. (1 PER LINE, END WITH 0):
 INDICATE ROW GROUPS TO BE DISBANDED
 TYPE GROUP NOS. (1 PER LINE, END WITH 0):

GRAND TOTAL AFTER REDUCING: 659.00

AVERAGE GROUP SIZE IS 83.2

ADJUSTED CONTINGENCY TABLE

COLUMN GROUP NO.:

1 2 3 4 5

1. ROW GROUP

34.415 10.773 45.580 65.089 59.148

2. ROW GROUP

32.919 15.562 17.265 2.244 18.484

3. ROW GROUP

14.147 15.235 12.054 18.772 11.522

4. ROW GROUP

17.956 37.108 52.486 11.222 20.068

5. ROW GROUP

32.320 50.755 20.994 25.138 17.744

...eigenanalysis...

EIGENVALUES:

.12108E+00 .44814E-01 .39682E-01 .48259E-03

PERCENTAGES:

58.76 21.75 19.26 0.23

CANONICAL CORRELATIONS:

0.34797 0.21169 0.19920 0.02197

CHI SQUARE=

135.796

MEAN SQUARE CONTINGENCY COEFF.=

0.052

CANONICAL SCORES OF ATTRIBUTES GROUPS

1 1.3646 0.1247 -0.0771 0.4259

2 -0.6876 -1.2143 -2.1544 -0.1792

3 0.1945 -0.5049 0.9078 -2.6590

4 -0.8745 1.7113 -0.2142 -0.0860

5 -0.8607 -0.8383 1.1397 0.8614

CANONICAL SCORES OF RELEVE GROUPS

1 -0.3586 -1.4051 -1.0568 -0.8849

2 -1.5358 -0.1565 1.1392 0.6401

3 -0.2188 1.6189 -0.5778 -0.6630

4 1.3957 -0.2297 1.3706 -0.7089

5 0.8471 -0.0528 -0.7114 1.7209

TYPE "YES" FOR DEVIATIONS FROM EXPECTATION

(TOTAL AND LATTICES):

n

ANEXO 12 - Análise da relação percentual entre o somatório das presenças observadas dos grupos de espécies em cada respectivo grupo de unidades amostrais e o somatório total das presenças observadas de todas as espécies em todas as unidades amostrais *; e relação entre o somatório das presenças observadas dos grupos de espécies em cada grupo de unidades amostrais e a presença máxima esperada destas, em cada respectivo grupo de unidades amostrais **, aplicada a tabela estruturada 11, da área específica de estudo, Mina Volta Grande , Lavras do Sul RS, conforme Orlóci (sugestões pessoais).

	Número de espécies	Grupos de unidades amostrais								Totais	
		Número de unidades amostrais por grupo									
		01	02	03	04	05	06	07	08		
Grupo de espécies número 01											
Presença máxima esperada das 04 espécies em cada grupo de unidades amostrais											
Somatório das presenças observadas das 04 espécies em cada grupo de unidades amostrais	04	12	15	13	08	17	65				
Relação percentual entre o somatório das presenças observadas das 04 espécies em cada grupo de unidades amostrais, e o somatório total das presenças observadas de todas as espécies em todas as unidades amostrais *		48	60	52	32	68					
Relação percentual entre o somatório das presenças observadas das 04 espécies em cada grupo de unidades amostrais, e a presença máxima esperada destas em cada grupo de unidades amostrais **		23	09	33	29	56	150				
		3,47	1,36	4,98	4,38	8,46	22,65				
		47,90	15,00	63,46	90,62	82,35					
Grupo de espécies número 02											
Presença máxima esperada das 08 espécies em cada grupo de unidades amostrais											
Somatório das presenças observadas das 08 espécies em cada grupo de unidades amostrais	08	12	15	13	08	17	65				
Relação percentual entre o somatório das presenças observadas das 08 espécies em cada grupo de unidades amostrais, e o somatório total das presenças observadas de todas as espécies em todas as unidades amostrais *		96	120	104	64	136					
Relação percentual entre o somatório das presenças observadas das 08 espécies em cada grupo de unidades amostrais, e a presença máxima esperada destas em cada grupo de unidades amostrais **		44	26	25	02	35	132				
		6,64	3,92	3,77	0,30	5,28	19,93				
		45,83	21,70	24,03	3,12	25,73					
Grupo de espécies número 03											
Presença máxima esperada das 11 espécies em cada grupo de unidades amostrais											
Somatório das presenças observadas das 11 espécies em cada grupo de unidades amostrais	11	01	02	03	04	05					
Relação percentual entre o somatório das presenças observadas das 11 espécies em cada grupo de unidades amostrais, e o somatório total das presenças observadas de todas as espécies em todas as unidades amostrais *		12	15	13	08	17	65				
Relação percentual entre o somatório das presenças observadas das 11 espécies em cada grupo de unidades amostrais, e a presença máxima esperada destas em cada grupo de unidades amostrais **		132	165	143	88	187					
		26	35	24	26	30	141				

ANEXO 12 - Análise da relação percentual entre o somatório das presenças observadas dos grupos de espécies em cada respectivo grupo de unidades amostrais e o somatório total das presenças observadas de todas as espécies em todas as unidades amostrais *; e relação entre o somatório das presenças observadas dos grupos de espécies em cada grupo de unidades amostrais e a presença máxima esperada destas, em cada respectivo grupo de unidades amostrais **, aplicada a tabela estruturada 11, da área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul RS, conforme Orlóci (sugestões pessoais) (continuação).

	11	01	02	03	04	05		
		Número de unidades amostrais por grupo						
Relação percentual entre o somatório das presenças observadas das 11 espécies em cada grupo de unidades amostrais, e o somatório total das presenças observadas de todas as espécies em todas as unidades amostrais *		12	15	13	08	17	65	
Relação percentual entre o somatório das presenças observadas das 11 espécies em cada grupo de unidades amostrais, e a presença máxima esperada destas em cada grupo de unidades amostrais **		3,93	5,28	3,63	3,93	4,53	21,30	
Grupos de Espécies	Número de espécies	Grupos de unidades amostrais						Totais
	04	01	02	03	04	05		
		Número de unidades amostrais por grupo						
Grupo de espécies número 04		12	15	13	08	17	65	
Presença máxima esperada das 04 espécies em cada grupo de unidades amostrais		48	60	52	32	68		
Somatório das presenças observadas das 04 espécies em cada grupo de unidades amostrais		12	31	38	05	19	105	
Relação percentual entre o somatório das presenças observadas das 04 espécies em cada grupo de unidades amostrais, e o somatório total das presenças observadas de todas as espécies em todas as unidades amostrais *		1,82	4,68	5,74	0,75	2,87	15,85	
Relação percentual entre o somatório das presenças observadas das 04 espécies em cada grupo de unidades amostrais, e a presença máxima esperada destas em cada grupo de unidades amostrais **		25,00	51,67	73,08	15,65	27,94		
Grupo de espécies número 05	05	Número de unidades amostrais por grupo						
		12	15	13	08	17	65	
Presença máxima esperada das 05 espécies em cada grupo de unidades amostrais		60	75	65	40	85		
Somatório das presenças observadas das 05 espécies em cada grupo de unidades amostrais		27	53	19	14	21	134	
Relação percentual entre o somatório das presenças observadas das 05 espécies em cada grupo de unidades amostrais e o somatório total das presenças observadas de todas as espécies em todas as unidades amostrais *		4,08	8,00	2,88	2,11	3,17	20,24	
Relação percentual entre o somatório das presenças observadas das 05 espécies em cada grupo de unidades amostrais, em relação à presença máxima esperada destas em cada grupo de unidades amostrais **		45,00	70,67	29,23	35,00	24,70		
TOTAIS	32							662

ANEXO 13 – Análise de Correspondência (CA) aplicada à tabela 10, por meio do programa COMPORD com o objetivo de verificar a influência das variáveis ambientais na distribuição das espécies (tabela 11), na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul RS.

```

M U L V A - 5 Vers. 1.02
*****
*** OPEN 12.05.95 ***
*****

-----
| STARTING NEW PROCESSING SESSION |
-----
SPECIFY FILE TO OPEN
(no default name available):sava6532

-----
| DATA SET NO.:      1   RELEVES:    65   ATTRIBUTES:   32 |
| Import from file a:sava6532.txt |
| generated by IMPORT |
-----

>> INITIALISING, ERASING SORTING- COORDINATE- AND RESEMBLANCE OPTIONS >>
INITIALISE (y/n, default=n)?
y
SCALAR TRANSFORMATION
OPT0: NO TRANSFORMATION (default)
OPT1: SQUARE ROOT OF ABSOLUTE VALUE
OPT2: ABSOLUTE VALUE OF LOG X+Y, EXCEPT 0
OPT3: X EXP Y
OPT4: PRESENCE-ABSENCE (SIGNUM)
TYPE OPT:
1
VECTOR TRANSFORMATION
OPT0: NO TRANSFORMATION (default)
OPT1: RELEVÉ VECTORS TO UNIT LENGTH
OPT2: ATTRIBUTES VECTORS TO UNIT LENGTH
OPT3: TRANSFORMATION FOR CORRESPONDENCE ANALYSIS
SPECIFY OPT:
3
PRINTOUT OF STATISTICS (y/n, default=n):
n
CODE USED IN THE DATA:
      .   r   +   1   2   3   4   5   6
CORRESPONDING VALUES:
      0.0  0.0  1.0  2.0  3.0  4.0  5.0  6.0  7.0  8.0

THERE ARE 6 SITE FACTORS IN THE DATA SET
THERE ARE 68.3% ZERO ELEMENTS IN THE DATA
... waiting ...
OUTPUT OF THE DATA COVERS 394 LINES
PRINTOUT OF THE DATA (y/n, default=n):
n
SORTING OPTIONS R/S11.1 USE ORDER IN FILE sava6532
SORTING OPTIONS R/S11.2 CORRESPOND WITH DECREASING FREQUENCY

GROUP NUMBERS IN SORTING OPTIONS R/S11.2 ARE
GROUP NO. 1 - 4: FREQUENCIES USED
GROUP NO. 5: FREQUENCY 5 AND UP
GROUP NO. 999: FREQUENCY 0
----- SORTING OPTIONS AVAILABLE -----
RELEVES:
OPTION      TRANSFORM.  RESEMBLANCE  METHOD  INITIAL
NO.  SOURCE:  OPT.NO.:    OPT.NO.:    OPT.NO.:  SOURCE:
11.1 OPEN    1/3         0           0       -
11.2 OPEN    1/3         0           0       -

ATTRIBUTES:
OPTION      TRANSFORM.  RESEMBLANCE  METHOD  INITIAL
NO.  SOURCE:  OPT.NO.:    OPT.NO.:    OPT.NO.:  SOURCE:
11.1 OPEN    1/3         0           0       -
11.2 OPEN    1/3         0           0       -

-> END REACHED (OUTPUT IS IN FILE prinda) - REPEAT RUNNING OPEN-11 (Y)?
n

*****
*** COMP 27.04.94 ***
*****
MAXIMUM SIZE FOR RESEMBLANCE MATRIX IS 600
MAXIMUM NUMBER OF SCORES IS 1000

-----
| DATA SET NO.:      1   RELEVES:    65   ATTRIBUTES:   32 |
| Import from file a:sava6532.txt |
| generated by IMPORT |
-----

```

----- RESEMBLANCE MATRICES AVAILABLE -----

RELEVES:

OPTION	TRANSFORM.	RESEMBLANCE	DIMENSIONS
NO.	SOURCE:	OPT.NO.:	OPT.NO.:
31.1	RESE	1/3	11
			65

ATTRIBUTES:

OPTION	TRANSFORM.	RESEMBLANCE	DIMENSIONS
NO.	SOURCE:	OPT.NO.:	OPT.NO.:
31.1	RESE	1/3	11
			32

SPECIFY RESEMBLANCE OPTION TO BE USED

*Rnn.n" FOR RELEVES, "Srn.n" FOR ATTRIBUTES (default=R31.1):

R311

OPT1: PCA, COEFFICIENTS NORMALIZED (default)

OPT2: ADJUSTMENTS FOR PCAD ARE PERFORMED

OPT3: CORRESPONDENCE ANALYSIS (CA, NORMAL METHOD)

OPT4: CORRESPONDENCE ANALYSIS (CA, HIGH WEIGHT TO RARE ATTRIBUTES)

OPT5: CORRESPONDENCE ANALYSIS (CA, HIGH WEIGHT TO COMMON ATTRIBUTES)

OPT6: PRINCIPAL COORDINATE ANALYSIS (PCOA)

TYPE OPT:

3

--- ALGORITHM IS CORRESPONDENCE ANALYSIS

--- (METHOD NO. 3)

EIGENVALUES:

0.257E+00	0.174E+00	0.170E+00	0.135E+00	0.128E+00	0.121E+00	0.115E+00	0.109E+00
0.886E-01	0.768E-01	0.746E-01	0.697E-01	0.629E-01	0.585E-01	0.552E-01	0.492E-01
0.437E-01	0.427E-01	0.371E-01	0.340E-01	0.307E-01	0.264E-01	0.261E-01	0.238E-01
0.189E-01	0.156E-01	0.132E-01	0.112E-01	0.845E-02	0.663E-02	0.488E-02	0.126E-06
0.102E-06	0.946E-07	0.818E-07	0.744E-07	0.665E-07	0.547E-07	0.492E-07	0.460E-07
0.386E-07	0.251E-07	0.232E-07	0.228E-07	0.138E-07	0.117E-07	0.530E-08	-.692E-09
-.499E-08	-.108E-07	-.152E-07	-.178E-07	-.232E-07	-.304E-07	-.374E-07	-.429E-07
-.505E-07	-.521E-07	-.546E-07	-.599E-07	-.771E-07	-.868E-07	-.101E-06	-.112E-06
-.113E-06							

PERCENTAGES:

12.304	8.334	8.143	6.457	6.118	5.796	5.518	5.201
4.245	3.679	3.575	3.341	3.016	2.803	2.647	2.357
2.094	2.046	1.780	1.629	1.472	1.264	1.251	1.143
0.907	0.750	0.632	0.537	0.405	0.318	0.234	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

CUMULATIVE PERCENTAGES:

12.304	20.638	28.781	35.238	41.357	47.153	52.671	57.872
62.118	65.797	69.372	72.713	75.729	78.532	81.180	83.537
85.631	87.677	89.457	91.086	92.559	93.823	95.075	96.217
97.124	97.874	98.506	99.043	99.448	99.766	100.000	100.000
100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000

SPECIFY AXIS TO BE USED FOR ORDERING RELEVES AND ATTRIBUTES (1- 24, default=1):

1

SPECIFY LOCATION FOR THE NEW COORDINATE OPTIONS (1-3, default=1):

1

PRINTING COMPONENT SCORES AND COEFFICIENTS (y/n, default=n):

n

----- SORTING OPTIONS AVAILABLE -----

RELEVES:

OPTION	TRANSFORM.	RESEMBLANCE	METHOD	INITIAL
NO.	SOURCE:	OPT.NO.:	OPT.NO.:	SOURCE:
11.1	OPEN	1/3	0	0
11.2	OPEN	1/3	0	0
42.1	COMP	1/3	11	3

ATTRIBUTES:

OPTION	TRANSFORM.	RESEMBLANCE	METHOD	INITIAL
NO.	SOURCE:	OPT.NO.:	OPT.NO.:	SOURCE:
11.1	OPEN	1/3	0	0
11.2	OPEN	1/3	0	0
42.1	COMP	1/3	11	3

----- COORDINATE OPTIONS AVAILABLE -----

RELEVES:

OPTION	TRANSFORM.	RESEMBLANCE	METHOD	DIMENSIONS
NO.	SOURCE:	OPT.NO.:	OPT.NO.:	OPT.NO.:
42.1	COMP	1/3	11	3
				24

ATTRIBUTES:

OPTION	TRANSFORM.	RESEMBLANCE	METHOD	DIMENSIONS
NO.	SOURCE:	OPT.NO.:	OPT.NO.:	OPT.NO.:
42.1	COMP	1/3	11	3
				24

INPUT- AND PRINT-FILES ARE inpuda AND prinda - ONCE MORE (Y)?
Y

*** COMP 27.04.94 ***

MAXIMUM SIZE FOR RESEMBLANCE MATRIX IS 600
MAXIMUM NUMBER OF SCORES IS 1000

```

-----
| DATA SET NO.: 1 RELEVES: 65 ATTRIBUTES: 32 |
| Import from file a:sava6532.txt          |
| generated by IMPORT                      |
-----

```

----- RESEMBLANCE MATRICES AVAILABLE -----

RELEVES:
OPTION TRANSFORM. RESEMBLANCE DIMENSIONS
NO. SOURCE: OPT.NO.: OPT.NO.:
31.1 RESE 1/3 11 65

ATTRIBUTES:
OPTION TRANSFORM. RESEMBLANCE DIMENSIONS
NO. SOURCE: OPT.NO.: OPT.NO.:
31.1 RESE 1/3 11 32

SPECIFY RESEMBLANCE OPTION TO BE USED
'Rrn.n' FOR RELEVES, 'Snn.n' FOR ATTRIBUTES (default=R31.1):
S311

OPT1: PCA, COEFFICIENTS NORMALIZED (default)
OPT2: ADJUSTMENTS FOR PCAD ARE PERFORMED
OPT3: CORRESPONDENCE ANALYSIS (CA, NORMAL METHOD)
OPT4: CORRESPONDENCE ANALYSIS (CA, HIGH WEIGHT TO RARE ATTRIBUTES)
OPT5: CORRESPONDENCE ANALYSIS (CA, HIGH WEIGHT TO COMMON ATTRIBUTES)
OPT6: PRINCIPAL COORDINATE ANALYSIS (PCOA)
TYPE OPT:
3

--- ALGORITHM IS CORRESPONDENCE ANALYSIS
--- (METHOD NO. 3)
...waiting...

EIGENVALUES:
0.257E+00 0.174E+00 0.170E+00 0.135E+00 0.128E+00 0.121E+00 0.115E+00 0.109E+00
0.886E-01 0.768E-01 0.746E-01 0.697E-01 0.629E-01 0.585E-01 0.552E-01 0.492E-01
0.437E-01 0.427E-01 0.371E-01 0.340E-01 0.307E-01 0.264E-01 0.261E-01 0.238E-01
0.189E-01 0.156E-01 0.132E-01 0.112E-01 0.845E-02 0.663E-02 0.488E-02 0.122E-07
PERCENTAGES:
12.304 8.334 8.143 6.457 6.118 5.796 5.518 5.201
4.245 3.679 3.575 3.341 3.016 2.803 2.647 2.357
2.094 2.046 1.780 1.629 1.472 1.264 1.251 1.143
0.907 0.750 0.632 0.537 0.405 0.318 0.234 0.000

CUMULATIVE PERCENTAGES:
12.304 20.638 28.781 35.238 41.357 47.153 52.671 57.872
62.118 65.797 69.372 72.713 75.729 78.533 81.180 83.537
85.631 87.677 89.457 91.086 92.559 93.823 95.075 96.217
97.124 97.874 98.506 99.043 99.448 99.766 100.000 100.000

SPECIFY AXIS TO BE USED FOR ORDERING RELEVES AND ATTRIBUTES (1- 24, default=1):
1

SPECIFY LOCATION FOR THE NEW COORDINATE OPTIONS (1-3, default=1):
1

PRINTING COMPONENT SCORES AND COEFFICIENTS (y/n, default=n):
n

----- SORTING OPTIONS AVAILABLE -----

RELEVES:
OPTION TRANSFORM. RESEMBLANCE METHOD INITIAL
NO. SOURCE: OPT.NO.: OPT.NO.: OPT.NO.: SOURCE:
11.1 OPEN 1/3 0 0 -
11.2 OPEN 1/3 0 0 -
42.1 COMP 1/3 11 3 -

ATTRIBUTES:
OPTION TRANSFORM. RESEMBLANCE METHOD INITIAL
NO. SOURCE: OPT.NO.: OPT.NO.: OPT.NO.: SOURCE:
11.1 OPEN 1/3 0 0 -
11.2 OPEN 1/3 0 0 -
42.1 COMP 1/3 11 3 -

INPUT- AND PRINT-FILES ARE inpuda AND prinda - ONCE MORE (Y)?
n

ANEXO 14 – Ordenação de dados difusos em função das variáveis ambientais: 1 - Cu disponível no solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$); 3 – Teor de umidade no solo (%); 4 – Fósforo disponível no solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$), por meio do programa FUZZY, aplicado as 65 unidades amostrais, na área específica de estudo, Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

```
*****
*** FUZZ 26.10.94 ***
*****
-----
| DATA SET NO.:      1      RELEVES:   65      ATTRIBUTES:  32  |
| Import from file sava6532.txt                               |
| generated by IMPORT                                         |
-----
METHODS
-----
OPT1: FEOLIS DEGREES OF BELONGING TO GROUPS (default)
OPT2: ROBERTS DIRECT ORDINATION
OPT3: COMPUTE ANTICOMMUTATIVE DIFFERENCE
OPT4: DERIVE FUZZY CHARACTER SET TYPE (CST)
SPECIFY OPT:
2
----- RESEMBLANCE MATRICES AVAILABLE -----
RELEVES:
OPTION          TRANSFORM.  RESEMBLANCE  DIMENSIONS
NO.  SOURCE:   OPT.NO.:   OPT.NO.:
31.1 RESE      0/0       13           65

ATTRIBUTES:
OPTION          TRANSFORM.  RESEMBLANCE  DIMENSIONS
NO.  SOURCE:   OPT.NO.:   OPT.NO.:
31.1 RESE      0/0       13           32

SPECIFY RESEMBLANCE OPT. FOR RELEVES, "Rnn.n" (default=R31.1):
R311
THE FOLLOWING SITE FACTORS ARE AVAILABLE:
  1 Cu Disponível no Solo ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )
  2 Conteúdo Total de Cu em S.l ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )
  3 Teor de Umidade no Solo (%)
  4 Fósforo disponível no solo ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )
  5 Distância da U.A do Filão (m)
  6 Posição U.A em Relação ao Filão
SITE FACTOR NO. TO BE USED (0 to exit):
1

RELEVES:
  1      2      3      4      5      6      8      10      11      12
  13     14     15     16     17     18     19     20     21     22
  23     25     26     27     28     29     30     31     32     35
  36     37     38     39     40     41     42     43     44     45
  46     47     48     49     51     52     53     54     55     57
  58     59     60     61     62     63     64     65     66     67
  68     69     70     71     72

DEGREE OF BELONGING TO HIGH VALUES:
  0.30  0.30  0.33  0.22  0.00  0.02  0.07  0.18  0.08  0.28
  0.29  0.28  0.11  0.13  0.91  0.49  0.92  0.08  0.10  0.91
  0.11  0.50  0.07  0.50  0.49  0.14  1.00  0.82  0.49  0.60
  0.50  0.91  0.39  0.49  0.39  0.39  0.39  0.49  0.70  0.49
  0.39  0.49  0.39  0.07  0.70  0.70  0.60  0.70  0.81  0.24
  0.12  0.24  0.27  0.39  0.18  0.26  0.91  0.70  0.09  0.81
  0.07  0.49  0.70  0.60  0.50

APPARENT (FLORISTIC) BELONGING TO SITE FACTOR:
  0.50  0.32  0.19  0.32  0.40  0.38  0.68  0.46  0.71  0.58
  0.56  0.60  0.59  0.50  0.63  0.67  0.24  0.54  0.53  0.53
  0.56  0.38  0.57  0.37  0.64  0.60  0.49  0.24  0.27  0.71
  0.34  0.72  0.83  0.92  0.29  0.89  0.35  0.58  0.62  0.44
  0.71  0.39  0.79  0.47  0.43  0.40  0.36  0.61  0.45  0.47
  0.35  0.14  0.00  0.21  1.00  0.19  0.64  0.52  0.65  0.11
  0.42  0.98  0.67  0.69  0.76

CONTENT OF COORDINATE OPTION
-----
OPT R/S 54.3  AXIS 1: APPARENT DEGREE OF BELONGING TO SITE FACTOR  1
              AXIS 2: MEASURED DEGREE OF BELONGING TO SITE FACTOR  1
```

CORRELATION BETWEEN REAL AND APPARENT SITE FACTOR: -0.1896E-03
 SQUARED CORRELATION: 0.3595E-07

```

      +---+          +---+          +---+
      /   /|          /   /|          / 3 /|
      +---+ +        +---+2+        +---+ +
      | 1 | /        |   | /        |   | /
      +---+          +---+          +---+

+-----+-----+-----+
|          1          | |1          | |          |
|    1    1 2 1    | |5          | |          |
|  1 1    1        | |3          | |          |
|          11 1 21  | |6          | |          |
|            1    11 | |3          | |          |
|          1131 111 1 11 | |*          | |          |
|         111      1111 | |7          | |          |
| 1 2 1  121        | |8          | |          |
|  1    1 2        1 | |5          | |          |
|          1 11211   | |7          | |          |
|         21111 11   | |8          | |          |
+-----+-----+-----+
| 1 223248455675421112 |
+-----+-----+-----+

```

NO. OF DATA POINTS INDICATED BY 1 ... 9, * = MORE - CONTINUE (y/n, default=y)?

y

TRYING WITH ANOTHER SITE FACTOR (y/n, default=n):

n

----- COORDINATE OPTIONS AVAILABLE -----

RELEVES:

OPTION	TRANSFORM.	RESEMBLANCE	METHOD	DIMENSIONS
NO. SOURCE:	OPT.NO.:	OPT.NO.:	OPT.NO.:	
54.3 FUZZ	0/0	13	2	2

ATTRIBUTES:

OPTION	TRANSFORM.	RESEMBLANCE	METHOD	DIMENSIONS
NO. SOURCE:	OPT.NO.:	OPT.NO.:	OPT.NO.:	

INPUT- AND PRINT-FILES ARE inpuda AND prinda - ONCE MORE (Y)?

n

 *** FUZZ 26.10.94 ***

```

| DATA SET NO.:    1  RELEVES:    65  ATTRIBUTES:    32
| Import from file sava6532.txt
| generated by IMPORT

```

METHODS

 OPT1: FEOLIS DEGREES OF BELONGING TO GROUPS (default)
 OPT2: ROBERTS DIRECT ORDINATION
 OPT3: COMPUTE ANTICOMMUTATIVE DIFFERENCE
 OPT4: DERIVE FUZZY CHARACTER SET TYPE (CST)
 SPECIFY OPT:
 2

----- RESEMBLANCE MATRICES AVAILABLE -----

RELEVES:

OPTION	TRANSFORM.	RESEMBLANCE	DIMENSIONS
NO. SOURCE:	OPT.NO.:	OPT.NO.:	
31.1 RESE	0/0	13	65

ATTRIBUTES:

OPTION	TRANSFORM.	RESEMBLANCE	DIMENSIONS
NO. SOURCE:	OPT.NO.:	OPT.NO.:	
31.1 RESE	0/0	13	32

SPECIFY RESEMBLANCE OPT. FOR RELEVES, "Rnn.n" (default=R31.1):

R311 -

THE FOLLOWING SITE FACTORS ARE AVAILABLE:

- 1 Cu Disponível no Solo ($\mu\text{g.g}^{-2}$)
- 2 Conteúdo Total de Cu em S.l ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
- 3 Teor de Umidade no Solo (%)
- 4 Fósforo disponível no solo ($\mu\text{g.g}^{-2}$)
- 5 Distância da U.A do Filão (m)
- 6 Posição U.A em Relação ao Filão

SITE FACTOR NO. TO BE USED (0 to exit):

3

RELEVES:

1	2	3	4	5	6	8	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	25	26	27	28	29	30	31	32	35
36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	51	52	53	54	55	57
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
68	69	70	71	72					

DEGREE OF BELONGING TO HIGH VALUES:

0.17	0.17	0.23	0.50	0.17	0.00	0.39	0.73	0.34	0.72
0.73	0.67	0.17	0.67	0.17	0.62	0.78	0.84	0.67	0.56
0.67	0.17	0.11	0.06	0.50	0.50	0.12	0.50	0.45	0.00
0.34	0.72	0.23	0.34	0.00	0.94	0.23	1.00	0.45	0.50
0.72	0.62	0.61	0.39	0.61	0.33	0.39	0.44	0.50	0.61
0.50	0.61	0.56	0.23	0.34	0.00	0.45	0.28	0.39	0.28
0.39	0.83	0.78	0.89	0.72					

APPARENT (FLORISTIC) BELONGING TO SITE FACTOR:

0.30	0.11	0.00	0.44	0.15	0.18	0.59	0.62	0.45	1.00
0.53	0.71	0.36	0.80	0.70	0.64	0.65	0.37	0.66	0.54
0.61	0.35	0.14	0.26	0.62	1.00	0.32	0.21	0.23	0.57
0.30	0.86	0.64	0.80	0.40	0.74	0.35	0.50	0.33	0.85
0.88	0.50	0.82	0.38	0.36	0.19	0.23	0.40	0.36	0.51
0.41	0.53	0.44	0.47	0.85	0.21	0.64	0.38	0.51	0.35
0.26	0.88	0.75	0.77	0.92					

CONTENT OF COORDINATE OPTION

OPT R/S 54.3 AXIS 1: APPARENT DEGREE OF BELONGING TO SITE FACTOR 3
 AXIS 2: MEASURED DEGREE OF BELONGING TO SITE FACTOR 3

CORRELATION BETWEEN REAL AND APPARENT SITE FACTOR: 0.5805
 SQUARED CORRELATION: 0.3370

```

+---+      +---+      +---+
/ / / |      / / |      / 3 / |
+---+ +      +---+2+      +---+ +
| 1 | /      |   | /      |   | /
+---+      +---+      +---+
    
```

1	1	2
1	1	2
1 1 1	3	
1 211 1211	*	
1 12 1 1	6	
13 1 1 1 1	8	
2 1 1 1	5	
1111 111 1 1	9	
1 11	3	
1 2 112 1 11	*	
1 1	2	
111 1 1	5	1 324357536272322512

NO. OF DATA POINTS INDICATED BY 1 ... 9, * = MORE - CONTINUE (y/n, default=y)?

y

TRYING WITH ANOTHER SITE FACTOR (y/n, default=n):

n

----- COORDINATE OPTIONS AVAILABLE -----

RELEVES:

OPTION NO.	SOURCE	TRANSFORM. OPT.NO.:	RESEMBLANCE OPT.NO.:	METHOD OPT.NO.:	DIMENSIONS
54.3	FUZZ	0/0	13	2	2

ATTRIBUTES:

OPTION NO.	SOURCE	TRANSFORM. OPT.NO.:	RESEMBLANCE OPT.NO.:	METHOD OPT.NO.:	DIMENSIONS

INPUT- AND PRINT-FILES ARE inpuda AND prinda - ONCE MORE (Y)?

n

M U L V A - 5 Vers. 1.02

 *** FUZZ 26.10.94 ***

```
-----
| DATA SET NO.:      1   RELEVES:   65   ATTRIBUTES:  32
| Import from file mina6532.txt
| generated by IMPORT
|-----
```

METHODS

```
-----
OPT1: FEOLIS DEGREES OF BELONGING TO GROUPS (default)
OPT2: ROBERTS DIRECT ORDINATION
OPT3: COMPUTE ANTICOMMUTATIVE DIFFERENCE
OPT4: DERIVE FUZZY CHARACTER SET TYPE (CST)
SPECIFY OPT:
2
```

----- RESEMBLANCE MATRICES AVAILABLE -----

```
RELEVES:
OPTION          TRANSFORM.  RESEMBLANCE  DIMENSIONS
NO.  SOURCE:   OPT.NO.:   OPT.NO.:
31.1 RESE      0/0         13           65
```

```
ATTRIBUTES:
OPTION          TRANSFORM.  RESEMBLANCE  DIMENSIONS
NO.  SOURCE:   OPT.NO.:   OPT.NO.:
31.1 RESE      0/0         13           32
```

SPECIFY RESEMBLANCE OPT. FOR RELEVES, "Rnn.n" (default=R31.1):
 R311

THE FOLLOWING SITE FACTORS ARE AVAILABLE:

- 1 Cu Disponível no Solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
- 2 Conteúdo Total de Cu em S.l ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
- 3 Teor de Umidade no Solo (%)
- 4 Fósforo Disponível no Solo ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
- 5 Distância da U.A do Filão (m)
- 6 Posição U.A em Relação ao Filão

SITE FACTOR NO. TO BE USED (0 to exit):

4

RELEVES:

1	2	3	4	5	6	8	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	25	26	27	28	29	30	31	32	35
36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	51	52	53	54	55	57
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
68	69	70	71	72					

DEGREE OF BELONGING TO HIGH VALUES:

0.06	0.06	0.06	0.06	1.00	1.00	1.00	0.28	0.28	0.28
0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13	0.38	0.38	0.13	0.13
0.38	0.10	0.10	0.23	0.23	0.10	0.23	0.10	0.23	0.07
0.07	0.07	0.07	0.11	0.11	0.11	0.06	0.06	0.11	0.07
0.07	0.07	0.07	0.18	0.18	0.18	0.18	0.21	0.21	0.21
0.21	0.07	0.07	0.07	0.07					

APPARENT (FLORISTIC) BELONGING TO SITE FACTOR:

0.66	0.83	1.00	0.31	0.83	0.78	0.56	0.37	0.19	0.03
0.24	0.11	0.44	0.21	0.18	0.28	0.19	0.34	0.33	0.23
0.05	0.38	0.63	0.59	0.19	0.32	0.56	0.72	0.64	0.19
0.58	0.32	0.30	0.36	0.55	0.31	0.50	0.32	0.30	0.19
0.05	0.27	0.26	0.35	0.42	0.40	0.42	0.54	0.15	0.00
0.28	0.12	0.37	0.39	0.18	0.47	0.40	0.26	0.06	0.14
0.23	0.31	0.40	0.41	0.20					

CONTENT OF COORDINATE OPTION

```
-----
OPT R/S 54.3  AXIS 1: APPARENT DEGREE OF BELONGING TO SITE FACTOR  4
                AXIS 2: MEASURED DEGREE OF BELONGING TO SITE FACTOR  4
```

CORRELATION BETWEEN REAL AND APPARENT SITE FACTOR: 0.4016
 SQUARED CORRELATION: 0.1613

```

+----+
/    /|
+----+ +
| 1  | /
+----+

```

```

+----+
/    /|
+----+2+
|    | /
+----+

```

```

+----+
/ 3  /|
+----+ +
|    | /
+----+

```

1 11	3	
2 1	3	
1 1 1	3	
11112 3 2 1	*	
11 512 1	*	
212444433 1111 1 1	*	32475698521521112 1

NO. OF DATA POINTS INDICATED BY 1 ... 9, * = MORE - CONTINUE (y/n, default=y)?

y

TRYING WITH ANOTHER SITE FACTOR (y/n, default=n):

n

----- COORDINATE OPTIONS AVAILABLE -----

RELEVES:

OPTION NO.	SOURCE	TRANSFORM. OPT.NO.:	RESEMBLANCE OPT.NO.:	METHOD OPT.NO.:	DIMENSIONS
54.3	FUZZ	0/0	13	2	2

ATTRIBUTES:

OPTION NO.	SOURCE	TRANSFORM. OPT.NO.:	RESEMBLANCE OPT.NO.:	METHOD OPT.NO.:	DIMENSIONS

INPUT- AND PRINT-FILES ARE inpuda AND prinda - ONCE MORE (y)?

n

CONTENT OF COORDINATE OPTION

 OPT R/S 54.3 AXIS 1: APPARENT DEGREE OF BELONGING TO SITE FACTOR 1
 AXIS 2: MEASURED DEGREE OF BELONGING TO SITE FACTOR 1
 CORRELATION BETWEEN REAL AND APPARENT SITE FACTOR: -0.2048
 SQUARED CORRELATION: 0.4193E-01

```

      +---+           +---+           +---+
      /   /|         /   /|         / 3 /|
+---+ +           +---+2+       +---+ +
| 1 | /           |   | /           |   | /
+---+           +---+           +---+

+-----+ +-----+ +-----+
| 1 1 2 1 | | 5 | | | |
| 1 1 | | | 2 | | |
| 1 1 | | | 1 | | |
| 1 22 | | | 5 | | |
| 1 2 | | | 3 | | |
| 1 12 1 1 | | | 6 | | |
| 2 21 1 | | | 6 | | |
| 11 11 11 | | | 6 | | |
| 1 1 | | | 2 | | |
| 1 1 | | | 1 | | |
| 1 1 | | | 2 | | |
| 1 1221 21 | | | * | |
+-----+ +-----+ +-----+

```

NO. OF DATA POINTS INDICATED BY 1 ... 9, * = MORE - CONTINUE (y/n, default=y)?

Y

TRYING WITH ANOTHER SITE FACTOR (y/n, default=n):

N

----- COORDINATE OPTIONS AVAILABLE -----

RELEVES:

OPTION	TRANSFORM.	RESEMBLANCE	METHOD	DIMENSIONS
NO. SOURCE:	OPT.NO.:	OPT.NO.:	OPT.NO.:	
54.3 FUZZ	0/0	13	2	2

ATTRIBUTES:

OPTION	TRANSFORM.	RESEMBLANCE	METHOD	DIMENSIONS
NO. SOURCE:	OPT.NO.:	OPT.NO.:	OPT.NO.:	

INPUT- AND PRINT-FILES ARE inpuda AND prinda - ONCE MORE (Y)?

N