



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Análise Geoquímica-Ambiental dos Solos de Veredas da Bacia do Rio do Formoso,
Município de Buritizeiro, Minas Gerais, Brasil

AUTORA: Priscilla Palmeiras Freitas de Moraes

ORIENTAÇÃO: Professor Dr. Adolf Heinrich Horn

Nº 105

BELO HORIZONTE

DATA (23/06/2010)

Priscilla Palmeiras Freitas de Moraes

Análise Geoquímica-Ambiental dos Solos de Veredas da Bacia do Rio do Formoso, Município de
Buritizeiro, Minas Gerais, Brasil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de mestre em Geologia.
Área de concentração: Geologia Econômica e Aplicada.
Orientador: Prof. Dr. Adolf Heinrich Horn.

BELO HORIZONTE
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UFMG
2010

M827a
2010

Moraes, Priscilla Palmeiras Freitas de.

Análise geoquímica-ambiental dos solos de Veredas da Bacia do Rio do Formoso, município de Buritizeiro, Minas Gerais, Brasil [manuscrito] / Priscilla Palmeiras Freitas de Moraes. – 2010.

xx, 182 f. : il. (color.), fots. (color.), mapas (color.), tabs. (color.).

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2010.

Orientador: **Adolf Heinrich Horn**.

Área de concentração: Geologia Econômica e Aplicada.

Bibliografia: f. 121 – 129.

Inclui anexos.

1. Metais pesados – Buritizeiro – Teses (MG). 2. Solos – Análise – Teses. I. Horn, **Adolf Heinrich**. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 631.4

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COLEGIADO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
MESTRADO EM GEOLOGIA

Área de Concentração:

Geologia Econômica

APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Aluna: Priscilla Palmeiras Freitas de Moraes

Orientador: Dr. Adolf Heinrich Horn

Título: Análise Geoquímica-Ambiental dos Solos de Veredas da Bacia do Rio do Formoso, Município de Buritizeiro, Minas Gerais, Brasil

Banca EXAMINADORA

Titulares

Dr. Adolf Heinrich Horn - IGC/UFMG

Dr. Hubert Mathias Peter Roeser – DEAMB/UFOP

Dr. Antônio Pereira Magalhães – IGC/UFMG

Belo Horizonte, 23 de junho de 2010.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força principal de vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Adolf Heinrich Horn pelo direcionamento e pela amizade.

Ao meu marido Adriano pelo apoio e presença constante.

Aos meus pais, irmãs e demais familiares.

À banca examinadora que muito engrandece esta construção.

À Prof^a. Dra. Karin Elise Bohns Meyer pelos conselhos na trajetória deste mestrado.

Aos amigos Wallace e Hernando pela apresentação do campo de estudo e demais contribuições.

Ao amigo Flávio pela companhia e amizade.

Ao colega Dunas e amiga Elizêne pelo auxílio laboratorial.

Ao Prof. Dr. Paulo Aranha pela execução dos trabalhos com GPR.

À Joana pelas aulas de ArcGIS.

Aos meus amigos de graduação e pós-graduação do Instituto de Geociências – IGC da UFMG.

Às minhas amigas de república.

Ao colegiado de pós-graduação em Geologia do IGC/UFMG.

Aos professores e funcionários do IGC e de outros setores da UFMG por onde passei.

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo financiamento desta pesquisa.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de mestrado concedida.

Aos técnicos William Fonseca, Kacia e Amanda pelo apoio nas análises laboratoriais.

Enfim, a todos que contribuíram direta e indiretamente para a conclusão deste mestrado.

“(...) refrigera-me a alma. Guia-me pelas veredas da justiça por amor do seu nome”.

Salmo 23:3

Aos meus pais
Moacir B. de Freitas e Ilda P. de Freitas.

Biografia da Autora

Priscilla Palmeiras Freitas de Moraes é natural de Mantena – MG. Nasceu em 13 de setembro de 1982. É filha de Moacir Batista de Freitas e de Ilda Palmeiras de Freitas. Estudou em Mantena até o primeiro ano do ensino médio. O segundo ano foi cursado em Governador Valadares e o terceiro em Belo Horizonte. Foi aprovada no vestibular da Universidade Federal de Ouro Preto para o curso de Engenharia Ambiental no segundo semestre 2001. Em 2006 formou-se engenheira ambiental. Em março de 2008 iniciou mestrado em geologia pelo IGC/UFMG. Na ocasião da defesa desta dissertação reside na cidade do Rio de Janeiro onde cursa Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho na UFRJ.

SUMÁRIO

Agradecimentos	v
Mensagem	vi
Dedicatória	vii
Biografia da Autora	viii
Sumário	ix
Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xv
Glossário e Siglas	xvi
Resumo	xix
Abstract	xx
<u>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO</u>	001
1.1 – Localização da Área de Estudo	001
1.2 – Trabalhos Anteriores na Bacia do Rio do Formoso	002
1.3 - Solos e Metais Pesados	003
1.4 - Origem e Fontes dos Contaminantes	004
1.5 - Cerrado e Veredas – Importância Local e Global	004
1.6 – Objetivos	005
1.6.1 – Objetivo Geral	005
1.6.2 – Objetivos Específicos	005
<u>CAPÍTULO 2: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</u>	007
2.1 – Localização e Acesso	007
2.2 – Características Geológicas	008
2.2.1 – Grupo Bambuí – Neoproterozóico	011
2.2.2 – Cretáceo Inferior e Superior	011
2.2.3 – Cenozóico	013
2.3 – Geomorfologia	013
2.3.1 - Superfície Tabular – Unidades de Chapadas – Terciário e Cretáceo Superior	015
2.3.2 - Unidades de Colinas – Cretáceo Superior e Neoproterozóico (850-750 m)	015
2.3.3 - Planície Aluvial Unidades de Vales e Terraços Quaternários	016
2.4 – Pedologia	017
2.5 – Hidrografia	020
2.5.1 – O Rio São Francisco e seus Afluentes	020
2.5.2 - Características da Bacia de Drenagem do Rio do Formoso	021

2.5.3 - Dinâmica do Escoamento Fluvial e Tipos de Fluxo	023
2.5.4 - Tipologia do Canal e Padrão de Drenagem	023
2.6 - Aspectos Climáticos	025
2.7 - Aspectos Vegetacionais	025
2.8 - Uso e Ocupação dos Solos	026
<u>CAPÍTULO 3: VEREDAS</u>	029
3.1 - Gênese das Veredas	034
3.2 - Importância Ecológica das Veredas e Principais Formas de Degradação deste Ambiente	035
<u>CAPÍTULO 4: METAIS PESADOS</u>	039
4.1 - Conceitos Básicos de Geoquímica Ambiental	039
4.2 - Fontes de Poluição por Metais Pesados	039
4.3 - Metais Pesados e seus Efeitos e Riscos à Saúde Humana e Ambiental	040
4.4 - Metais Pesados no Meio Ambiente	042
4.5 - Descrições dos Elementos Seleccionados para Estudo	043
4.5.1 - Chumbo (Pb)	043
4.5.2 - Cádmio (Cd)	044
4.5.3 - Bário (Ba)	044
4.5.4 - Cromo (Cr)	045
4.5.5 - Cobalto (Co)	045
4.5.6 - Cobre (Cu)	046
4.5.7 - Níquel (Ni)	047
4.5.8 - Zinco (Zn)	047
4.6 - Forma e Comportamento dos Metais Pesados nos Solos	048
<u>CAPÍTULO 5: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</u>	051
5.1 - Trabalho de Gabinete	051
5.2 - Trabalho de Campo	052
5.2.1 - Seleção da Área de Estudo	052
5.2.2 - Veredas Objetos de Estudo (Denominação e Localização)	052
5.2.3 - Aplicação do GPR na Pesquisa	053
5.2.4 - Coleta de Dados para Confecção de Mapas	053
5.2.5 – Coleta de Amostras de Solo	054
5.3 - Transporte das Amostras	054
5.4 – Trabalho de Laboratório	055
5.4.1 - Secagem das Amostras	055
5.4.2 - Separação Granulométrica	055

5.4.3 - Análise de Metais	055
5.4.4 - Determinação do pH em Água	056
5.4.5 - Teor de Matéria Orgânica	056
5.4.6 - Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	056
5.4.7 - Cor do Solo	057
5.4.8 – Mineralogia	057
<u>CAPÍTULO 6: RESULTADOS</u>	059
6.1 - Mapas das Veredas	059
6.1.1 - Vereda Laçador	060
6.1.2 - Vereda Jaraguá	061
6.1.3 - Vereda Urbano	062
6.2 - Perfis de Ground Penetration Radar – GPR	063
6.3 - Separação Granulométrica	068
6.4 - Valores de pH em Água	071
6.5 - Parâmetros Físico-Químicos das Amostras	076
6.5.1 - Teor de Matéria Orgânica	076
6.5.2 - Capacidade de Troca Catiônica – CTC	079
6.5.3 – Cor dos Solos	080
6.5.4 - Composição Mineralógica	080
6.6 - Teores dos Metais nos Solos das Veredas	081
6.6.1 - Teores dos Metais nos Solos da Vereda Laçador	083
6.6.2 - Teores dos Metais nos Solos da Vereda Jaraguá	089
6.6.3 - Teores dos Metais nos Solos da Vereda Urbano	091
6.7 - Análise Palinológica, Datações Radiocarbônicas e Relação com Dados Geoquímicos	093
<u>CAPÍTULO 7: TRATAMENTO DOS DADOS OBTIDOS</u>	097
7.1 - Índice de Geoacumulação	097
7.2 - Fator de Contaminação	102
<u>CAPÍTULO 8: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</u>	113
8.1 - Vereda Laçador	113
8.1.1 – Zinco	113
8.1.2 – Cádmiio	113
8.1.3 – Chumbo	113
8.1.4 – Cromo	114
8.1.5 - Índice de Geoacumulação e Fator de Contaminação	114
8.2 - Vereda Jaraguá	115

8.2.1 – Cromo	115
8.2.2 – Cádmio	115
8.2.3 – Chumbo	116
8.2.4 – Bário	116
8.2.5 - Índice de Geoacumulação e Fator de Contaminação	116
8.3 - Vereda Urbano	116
8.3.1 – Cromo	117
8.3.2 – Cobre	117
8.3.3 – Cádmio	117
8.3.4 – Chumbo	117
8.3.5 – Zinco	118
8.3.6 – Bário	118
8.3.7 - Índice de Geoacumulação e Fator de Contaminação	118
<u>CAPÍTULO 9: CONCLUSÕES</u>	119
<u>CAPÍTULO 10: PROPOSTA DE PROTEÇÃO DAS VEREDAS</u>	120
<u>CAPÍTULO 11: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	121
ANEXO I: Tabelas de Dados	130
ANEXO II: Artigo submetido à Revista Geonomos	166
ANEXO III: Currículo da autora	181

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo da Bacia do Rio Formoso	002
Figura 2: Área do município onde ocorreu a investigação	008
Figura 3: Coluna estratigráfica simplificada da área de estudo	009
Figura 4: Mapa geológico da Bacia do Rio do Formoso	010
Figura 5: Mapa geomorfológico da Bacia do Rio do Formoso	014
Figura 6: Principais classes de solos da Bacia do Rio do Formoso	018
Figura 7: Mapa da rede de drenagem da Bacia do Rio do Formoso	022
Figura 8: Perfil longitudinal do Rio do Formoso	022
Figura 9: Mapa com os principais usos dos solos na década de 80 e no ano de 2008.....	028
Figura 10: Fitofisionomia com a palmeira arbórea <i>Mauritia flexuosa</i>	030
Figura 11: Tipos de veredas em relação à origem e à geomorfologia	031
Figura 12: A- Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>). B - Detalhe do fruto do buriti	032
Figura 13: Descrição de caracterização das sub-unidades em uma vereda típica	032
Figura 14: Esquema ilustrativo representando as zonas das veredas	033
Figura 15: Plantio de eucaliptos à margem da zona encharcada	037
Figura 16: Vereda descaracterizada por longo período de uso	038
Figura 17: Mapa da área amostrada da vereda Laçador	060
Figura 18: Mapa da área amostrada da vereda Jaraguá	061
Figura 19: Mapa da área amostrada da vereda Urbano	062
Figura 20: Localização dos radargramas 1 e 2 na vereda Laçador	063
Figura 21: Radargrama 1 da vereda Laçador	064
Figura 22: Radargrama 2 da vereda Laçador	064
Figura 23: Localização dos radargramas 3 e 4 na vereda Jaraguá	065
Figura 24: Radargrama 3 da vereda Jaraguá	065
Figura 25: Radargrama 4 da vereda Jaraguá	066
Figura 26: Localização dos radargramas 5 e 6 na vereda Urbano	066
Figura 27: Radargrama 5 da vereda Urbano	067
Figura 28: Radargrama 6 da vereda Urbano	067
Figura 29: Detalhamento dos perfis 1 a 6 da vereda Laçador	069
Figura 30: Detalhamento dos perfis 1 e 2 da vereda Jaraguá	070
Figura 31: Detalhamento dos perfis 1 e 2 da vereda Urbano	070
Figura 32: Gráfico de pH das amostras superficiais da vereda Laçador	072
Figura 33: Gráfico de pH das amostras dos perfis 1 a 6 da vereda Laçador	072

Figura 34: Gráfico de pH das amostras superficiais da vereda Jaraguá	074
Figura 35: Gráfico de pH das amostras dos perfis 1 e 2 da vereda Jaraguá	074
Figura 36: Gráfico de pH das amostras superficiais da vereda Urbano	075
Figura 37: Gráfico de pH das amostras dos perfis 1 e 2 da vereda Urbano	076
Figura 38: Gráfico com o Teor de Matéria Orgânica das amostras da vereda Laçador	077
Figura 39: Gráfico de Teor de Matéria Orgânica das amostras da vereda Jaraguá	078
Figura 40: Gráfico de Teor de Matéria Orgânica (TMO) das amostras da vereda Urbano	078
Figura 41: Gráficos dos teores dos metais analisados ao longo do Perfil 1 da vereda Laçador ..	083
Figura 42: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 2 da vereda Laçador ...	084
Figura 43: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 3 da vereda Laçador...	085
Figura 44: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 4 da vereda Laçador ...	086
Figura 45: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 5 da vereda Laçador ...	087
Figura 46: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 6 da vereda Laçador ...	088
Figura 47: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do perfil 1 da vereda Jaraguá	090
Figura 48: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 2 da vereda Jaraguá	091
Figura 49: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do perfil 1 da vereda Urbano	092
Figura 50: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do perfil 2 da vereda Urbano	093
Figura 51: Gráfico com as classes I_{geo} para a concentração dos elementos nas amostras	099
Figura 52: Gráfico com as classes I_{geo} do Perfil 1 da vereda Jaraguá	100
Figura 53: Gráfico com as classes I_{geo} do Perfil 2 da vereda Jaraguá	100
Figura 54: Gráfico com as classes I_{geo} do Perfil 1 da vereda Urbano	101
Figura 55: Gráfico com as classes I_{geo} do Perfil 2 da vereda Urbano	102
Figura 56: Gráficos de FC do Perfil 1 da vereda Laçador	103
Figura 57: Gráficos de FC do Perfil 2 da vereda Laçador	104
Figura 58: Gráficos de FC do Perfil 3 da vereda Laçador	105
Figura 59: Gráficos de FC do Perfil 4 da vereda Laçador	106
Figura 60: Gráficos de FC do Perfil 5 da vereda Laçador	107
Figura 61: Gráfico de FC do Perfil 6 da vereda Laçador	107
Figura 62: Gráficos de FC do Perfil 1 da vereda Jaraguá	108
Figura 63: Gráficos de FC do Perfil 2 da vereda Jaraguá	109
Figura 64: Gráficos de FC do perfil 1 da vereda Urbano	110
Figura 65: Gráficos de FC do Perfil 2 da vereda Urbano	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Denominação das amostras de acordo com a vereda pertencente	068
Tabela 2: Distribuição das amostras com a profundidade de coleta	069
Tabela 3: Valores de pH em água das amostras de solo da vereda Laçador	071
Tabela 4: Valores de pH em água das amostras de solo da vereda Jaraguá	073
Tabela 5: Valores de pH em água das amostras de solo da vereda Urbano	075
Tabela 6: Valores de matéria orgânica nas amostras de solos representativas	077
Tabela 7: Valores de CTC nas amostras representativas da área de estudo	079
Tabela 8: Distribuição de minerais em amostras selecionadas da vereda Urbano	080
Tabela 9: Datações radiocarbônicas e resultados dos metais pesados na vereda Urbano	094
Tabela 10: Datação radiocarbônica da base da vereda Laçador	095
Tabela 11: Índice de geoacumulação (I_{geo}) de metais pesados no solo	097
Tabela 12: Fator de contaminação (FC) de solos	103

Glossário e Siglas

ABNT/NBR: Associação Brasileira de Normas Técnicas / Denominação de Norma da ABNT.

ANA: Agência Nacional de Águas.

Arbóreo: Relativo, semelhante à árvore. A árvore é um vegetal de grande porte (2 metros ou mais) que só se ramifica certa altura do solo.

Arbustivo: Vegetal terrestre de caule lenhoso, ramificado desde a base de tal maneira que se torne impossível distinguir qual o eixo (caule principal).

ARIE: Área de Relevante Interesse Ecológico.

Background: É a medida relativa para distinção entre as concentrações naturais de um elemento ou composto e as concentrações influenciadas por ações antrópicas; é a concentração que existiria se o local de origem do contaminante não existisse.

Bioacumulação: Aumento progressivo da substância em cada elo da cadeia alimentar ecológica.

Biomagnificação: Aumento progressivo da substância ao longo da cadeia alimentar ecológica.

Caatinga: É uma savana - estépica com fisionomia de deserto, que se caracteriza por um clima semi - árido com poucas e irregulares chuvas, solos muito férteis e uma vegetação aparentemente seca, sendo o único bioma exclusivamente brasileiro. Apresenta vegetação adaptada às condições de aridez (xerófila), típica de regiões semi-áridas com perda de folhagem pela vegetação durante a estação seca. Estudos e compilações de dados mais recentes apontam a caatinga como rica em biodiversidade e endemismos, e bastante heterogênea.

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

CBERS: Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres.

CEM: Companhia de sistemas em microondas para aplicação em laboratório.

Cerrado: Um dos seis grandes biomas brasileiros, possui alta biodiversidade, predomínio do clima quente com períodos de chuva e de seca. A vegetação, em sua maior parte, é semelhante à de savana, com gramíneas, arbustos e árvores esparsas. As árvores têm caules retorcidos e raízes longas, que permitem a absorção da água - disponível nos solos do cerrado abaixo de 2 metros de profundidade, mesmo durante a estação seca e úmida do inverno. Dependendo de sua concentração e das condições de vida do lugar, pode apresentar mudanças diferenciadas denominadas de cerradão, campestre e cerrado (latu sensu), intercalado por formações de florestas, várzeas, campos rupestres e outros. Nas matas de galeria aparecem, por vezes, as veredas.

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

Clima ombrófilo: Ocorre em regiões tropicais com chuvas abundantes.

CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente.

CPMTC: Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa.

CPRM: Serviço Geológico do Brasil.

CTC: Capacidade de Troca Catiônica (cmol_c/Kg).

Elementos-traços: São elementos químicos que aparecem em teores tão baixos que, mesmo concentrados, não chegam a alterar a composição mineralógica das rochas. Porém mesmo esses elementos podem desempenhar um papel importante, tanto na vida dos seres vivos, bem como indicadores de condições paleoambientais.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

EPAMIG-DRNR: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – Departamento de Recursos Naturais Renováveis.

FC: Fator de Contaminação.

GPR: Ground Penetration Radar.

GPS: Global Position System.

Herbáceo: Relativo ou pertencente à família das gramíneas.

Holoceno: Na escala de tempo geológico, é a época do período Quaternário da era Cenozóica do éon Fanerozóico que se iniciou há cerca de 11.500 anos e se estende até o presente. A época Holocena sucede a época Pleistocena de seu período. Pode dividir-se em cinco cronozonas baseadas nas flutuações climáticas: o pré-boreal, boreal, atlântico, subboreal e subatlântico. O Holoceno inicia-se com o fim da última era glacial principal, ou Idade do Gelo.

Hummocky: Estratificação cruzada truncada. Estratificação cruzada em que a superfície delimitante inferior é erosiva e comumente apresenta inclinações inferiores a 10°, embora as camadas possam mergulhar até mais de 15°. As camadas acima da superfície erosiva são aproximadamente paralelas à superfície e se espessam lateralmente fazendo com que os seus mergulhos diminuam gradualmente. Esta estrutura é interpretada como sendo formada por ondas de tempestade (storm waves) atuando sobre a face litorânea (shoreface). Sinônimo: estratificação cruzada em montículo.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

ICDD: International Centre of Diffraction Data.

ICP-OES: Plasma Acoplado Indutivo – Espectroscopia de Emissão Ótica.

IEF: Instituto Estadual de Florestas.

IGC: Instituto de Geociências.

I_{geo}: Índice de Geoacumulação.

IMA: Instituto Mineiro de Agropecuária.

IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry.

JCPDS: Joint Committee on Powder Diffraction Standards.

LANDSAT: Série criada a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana e dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres.

LEMAC: Setor de Geoprocessamento e Análises de Imagens.

MHz: Mega-hertz, unidade de frequência.

NBN: Nível de Base Natural.

Oclusão: Adsorção do cátion metálico pelos óxidos devido aos elétrons destes seguido de recobrimento dos cátions por outras partículas de óxidos.

pH: Potencial hidrogeniônico. Medida logarítmica da atividade do cátion H^+ em uma solução.

Pleistoceno: Na escala de tempo geológico, é a época do período Quaternário da era Cenozóica do éon Fanerozóico que está compreendida entre 1 milhão e 806 mil e 11 mil e 500 anos atrás, aproximadamente. A época Pleistocena sucede a época Pliocena e precede a época Holocena, ambas de seu período. Divide-se nas idades Pleistocena Inferior, Pleistocena Média e Pleistocena Superior, da mais antiga para a mais recente.

SAD: South American Datum.

SPRING: Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas.

SRTM/NASA: Shuttle Radar Topography Mission / National Aeronautics and Space Administration.

TFSA: Terra Fina Seca ao Ar.

TMO: Teor de matéria orgânica (%).

Turfa: Matéria esponjosa, mais ou menos escura, constituída de restos vegetais em variados graus de decomposição, e que se forma dentro da água, em lugares pantanosos, onde existe pouco oxigênio.

UFLA: Universidade Federal de Lavras.

UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais.

UFV: Universidade Federal de Viçosa.

USEPA: Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América.

UTM: Sistema Universal Transversor de Mercator.

Vegetação xeromorfa: Vegetação típica de cerrado adaptada às condições de clima seco.

Vereda: Nome dado no Brasil Central para caracterizar todo espaço brejoso ou encharcado que contém nascentes ou cabeceiras de cursos d'água de rede de drenagem, onde há ocorrência de solos hidromórficos com renques de buritis e outras formas de vegetação típica.

Wadi: Rio efêmero de regiões áridas ou semi-áridas.

ZA: Zona de Amortecimento.

RESUMO

A Bacia do Rio do Formoso, importante tributário do Rio São Francisco, no norte do estado de Minas Gerais, está posicionada na porção sudoeste do município de Buritizeiro, drenando uma área de aproximadamente 826 km². Inserida no Bioma Cerrado, esta bacia possui inúmeras veredas que são um tipo de ecossistema, que se desenvolve sob condições definidas de umidade em regiões deste bioma, sendo identificadas, em geral, como cabeceiras ou nascentes de rios. As veredas, áreas úmidas do Cerrado, sofrem interferência antrópica devido ao plantio de pinus e eucalipto, bem como atividades agropecuárias que podem influenciar no teor de metais pesados dos solos deste ambiente.

O presente trabalho apresenta dados da distribuição geoquímica dos metais pesados Cr, Cd, Cu, Co, Ni, Pb, Zn e Ba em solos de três veredas localizadas na Bacia do Rio do Formoso, utilizando uma rede de amostragem de superfície e perfis verticais com o objetivo de avaliar a situação atual destes ambientes. Tendo em vista que se trata de áreas próximas a atividades agrossilvopastoris, esses elementos foram selecionados por estarem presentes nos agroquímicos e fertilizantes, principais fontes de contaminação.

Paralelamente, ocorreu um trabalho palinológico nas veredas estudadas a fim de se conhecer as mudanças climáticas ocorridas nestes ambientes, bem como a idade de deposição de seus sedimentos. Utilizaram-se, também, ferramentas da Geofísica para determinação das estruturas de deposição/sedimentação nas veredas, tratando-se, portanto, de um trabalho multidisciplinar.

A técnica química utilizada foi a extração parcial ácida seguida de leitura em ICP-OES. Os teores encontrados foram comparados com os valores orientadores para solos de acordo com a Decisão da Diretoria N° 195-2005 (CETESB, 2005) e a Resolução CONAMA 420/2009 (CONAMA, 2009). O tratamento matemático foi realizado utilizando o Índice de Geoacumulação e Fator de Contaminação.

Os teores de metais pesados encontrados nos solos das veredas demandam atenção tendo em vista que boa parte deles supera os limites de prevenção estabelecidos pela Resolução CONAMA 420/2009 (CONAMA, 2010) e os cálculos de Índice de Geoacumulação e Fator de Contaminação revelaram que os solos destas veredas apresentam alta contaminação por alguns metais, em especial níquel, zinco e bário. Desta forma, faz-se necessária a implementação de mecanismos que propiciem a proteção destes ambientes tão importantes para a região.

Palavras - chave: Metais pesados, solos, veredas, índice de geoacumulação, fator de contaminação.

ABSTRACT

The Basin of the Formoso River, a major tributary of the Rio São Francisco, in the northern state of Minas Gerais, is located on the southwestern corner of the city of Buritizeiro, draining an area of approximately 826 km². Inserted in the Cerrado, this basin has numerous veredas which are a type of ecosystem, which thrives under defined conditions of moisture in regions of this biome, were identified in general as the headwaters of rivers or springs. The veredas, wetlands Cerrado suffer anthropogenic interference due to the planting of pine and eucalyptus, as well as agricultural activities that may influence the heavy metal content of soils in this environment.

This paper presents data from the geochemical distribution of heavy metals Cr, Cd, Cu, Co, Ni, Pb, Zn and Ba in soils of three veredas located in the basin of the Formoso River, using a network of sampling surface and vertical profiles with to evaluate the current status of these environments. Given that these areas are close to agrosilvopastoral activities, these elements were selected because they are present in pesticides and fertilizers, major sources of contamination.

In parallel, there was a job pollen in the veredas studied in order to know the climatic changes occurring in these environments, as well as the age of deposition of its sediments. Use was also tools of geophysics to determine the structures of deposition / sedimentation in the veredas, in the case, therefore, a multidisciplinary work.

The chemical technique was used to extract partial acid followed by reading on ICP-OES. The levels found were compared with the guiding values for soils in accordance with the Board Decision N^o. 195-2005 (CETESB, 2005) and CONAMA Resolution 420/2009 (CONAMA, 2009). The mathematical treatment was accomplished using the Index Geoaccumulation and Contamination Factor.

The levels of heavy metals found in soil from the veredas require attention in order that many of them beyond the limits of prevention set by CONAMA 420/2009 (CONAMA, 2009) and calculations of index and geoaccumulation factor revealed that the contamination floors of these veredas have a high contamination by some metals, particularly nickel, zinc and barium. Thus, it is necessary to implement mechanisms that promote the protection of these environments as important to the region.

Keywords: Heavy metals, soil, veredas, geoaccumulation index, contamination factor.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O objeto deste trabalho são três veredas selecionadas e localizadas em três patamares geomorfológicos e em diferentes unidades litológicas. Uma rede de amostragem de superfície e perfis verticais para fins de investigações sedimentológicas e geoquímicas são os elementos de estudo.

Paralelamente, ocorreu um trabalho palinológico nas veredas estudadas a fim de se conhecer as mudanças climáticas ocorridas nestes ambientes, bem como a idade de deposição de seus sedimentos. Foram utilizadas também ferramentas da Geofísica para determinação das estruturas de deposição/sedimentação nas veredas, tratando-se, portanto, de um trabalho multidisciplinar.

1.1 - Localização da Área de Estudo

O presente estudo foi realizado em solos de veredas da Sub-bacia do Rio do Formoso (Figura 1), inserida na bacia do Rio São Francisco. A região se destaca por sua importância vital em nível regional e nacional e por possuir vegetação de Cerrado, cobrindo praticamente metade da área da bacia – de Minas Gerais ao oeste e sul da Bahia. A Caatinga está predominantemente no nordeste da Bahia, onde as condições climáticas são mais severas, e a Floresta Atlântica, que ocorre no Alto São Francisco, ocorre principalmente nas nascentes.

A Sub-bacia do Rio do Formoso drena uma área de aproximadamente 826 km² (Baggio, 2002) e está totalmente inserida no município de Buritizeiro, uma região que vem sendo utilizada para atividades agrícolas desde as décadas de 60 e 70 - quando ocorreu a expansão da fronteira agrícola - possuindo latifúndios que substituem a fitomassa do cerrado com monocultura de pinus e eucaliptos, assim como de grãos (soja, milho e feijão), algodão e, atualmente, café.

Com a intensiva e repetitiva utilização de agroquímicos, têm-se intensificado a problemática ambiental sobre a degradação dos recursos hídricos, solos, plantas e a fauna na Bacia Hidrográfica do Rio do Formoso. Esta Bacia abriga aproximadamente 100 famílias e estas, dependem basicamente dos recursos naturais e ambientais provenientes da mesma.

Desta forma, medidas devem ser tomadas pela administração municipal e programas técnicos específicos com o objetivo de minimizar os impactos negativos sobre as veredas, afinal são sistemas conservadores e armazenadores de água, próximos às nascentes e cursos d'água, sendo muito importante preservá-los para não comprometer o reservatório hídrico da região.

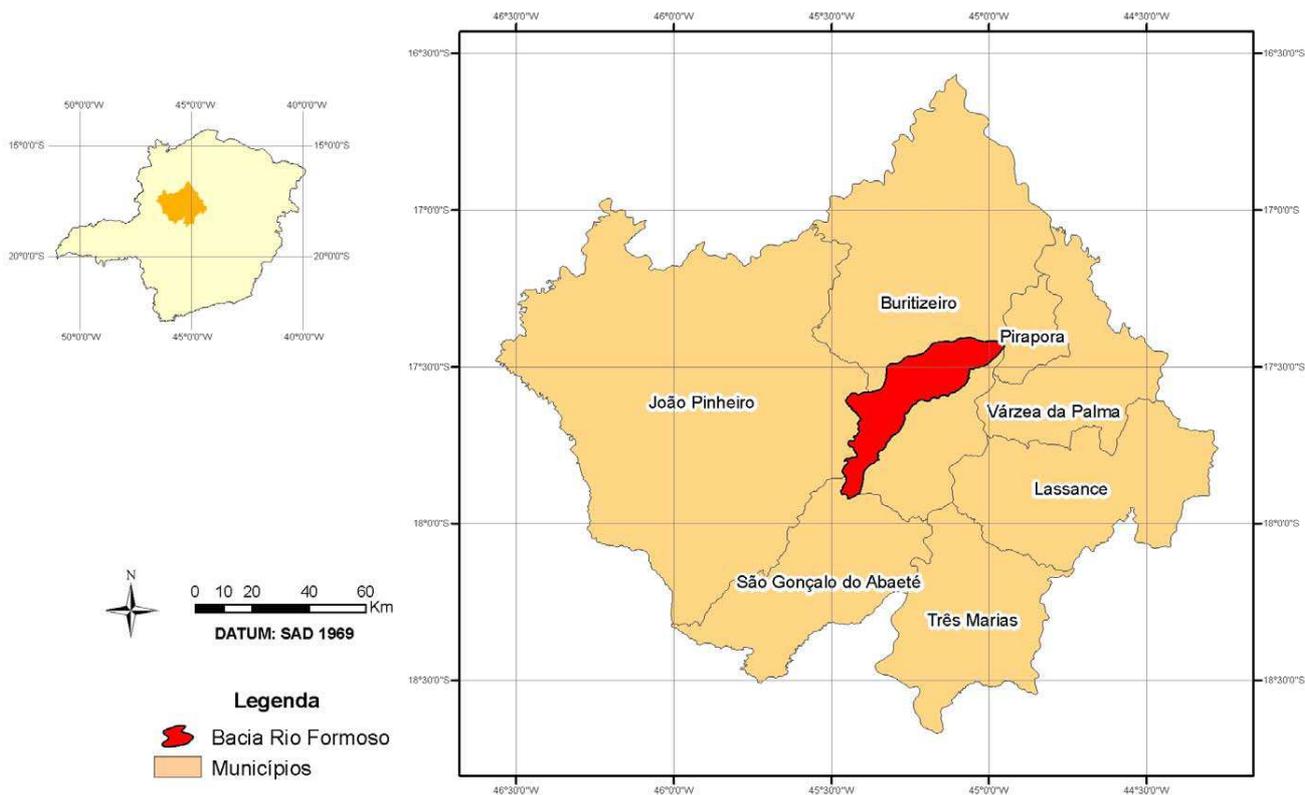


Figura 1: Localização da área de estudo da Bacia do Rio Formoso situada no município de Buritizeiro no Estado de Minas Gerais (Fonte: Viana, 2006).

1.2 - Trabalhos Anteriores na Bacia do Rio do Formoso

Viana (2006) realizou um estudo do meio físico, biológico e socioeconômico da Sub-bacia do Rio do Formoso e teve como objetivo estabelecer relações entre parâmetros físico-químicos normalizados e de campo, visando ao entendimento da origem da interferência nas águas das veredas, seja ela antrópica ou natural devido ao próprio embasamento rochoso. A identificação de ocorrência de alterações dos parâmetros físico-químicos baseou-se nos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, permitindo assim verificar ações antrópicas que influenciam a descaracterização e possíveis alterações decorrentes destas ações nas veredas.

Baggio (2008) também realizou um estudo na Bacia do Rio do Formoso, levando em conta as particularidades naturais e as interferências antrópicas na mesma. Desta forma, avaliou a concentração e a distribuição dos metais pesados: Cu, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn, Al, Mn e Fe, ao longo do perfil longitudinal do rio, correlacionando sua presença aos ambientes naturais e às interferências antropogênicas, inferindo sobre os riscos ambientais desses metais e sobre as restrições de uso da

água. Foram analisadas amostras de água, medindo-se parâmetros de qualidade ambiental *in-situ* e metais totais sendo os resultados comparados à Resolução CONAMA 357/2005. O estudo revelou que, em alguns pontos os níveis de Fe, Al, Mn, Cd e Cr, estão acima do recomendado pela Resolução 357/2005, valores de OD, T, pH e turbidez também se encontram acima do estabelecido. Analisaram-se também amostras de sedimentos, determinando os parâmetros Cu, Cd, Cr, Ni, Pb e Zn através da técnica química de extração parcial ácida e quantificação em ICP-OES. Os resultados foram comparados à Resolução CONAMA 344/2004. Os níveis dos metais Cd e Cr encontraram-se acima dos valores recomendados pela resolução. Este autor concluiu que os níveis de concentração de Cd, Cr, Cu, Zn, Ni e Pb no compartimento água foram advindos principalmente das interferências antropogênicas e de uma contribuição natural de ordem geológica. O grau de susceptibilidade à contaminação por metais pesados nos ambientes naturais que compõem a bacia ficou demonstrado, através da carta de predisposição ao risco ambiental.

1.3 - Solos e Metais Pesados

Metais traço apresentam um papel importante no funcionamento da vida em nosso planeta. Alguns são considerados essenciais, tais como ferro, manganês, cobre, cobalto, zinco e selênio. Esses metais são micronutrientes, mas podem se tornar tóxicos em concentrações mais elevadas. Enquanto outros, como o cádmio, chumbo, mercúrio, não têm função biológica conhecida (Templeton *et al.*, 2000).

Fontes naturais responsáveis pelo transporte de metais para solos incluem o intemperismo de rochas, deposição atmosférica seca e úmida, entre outras. As atividades industriais, agropecuárias, mineração, refino de petróleo e queima de combustíveis fósseis são exemplos de atividades antrópicas que também podem contribuir no aporte de espécies metálicas para os solos.

O solo é um conjunto de corpos naturais, formado de partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicas, constituídas por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta. Contém matéria viva e pode ser vegetado no ambiente onde ocorre e eventualmente, ser modificado por interferências antrópicas. Elas podem causar contaminação no solo de diversas origens.

Para o estudo da contaminação do solo é necessário ter o conhecimento da natureza dos contaminantes no local estudado, bem como a extensão desta contaminação, a qual pode ocorrer de forma localizada (próxima à fonte) e/ou largamente, cobrindo uma extensa área, primeiramente na superfície do solo. Por fim devem-se conhecer as propriedades físicas e químicas que definem como serão as interações do solo com tais contaminantes.

1.4 - Origem e Fontes dos Contaminantes

Segundo Melo (1992), os problemas ambientais no ecossistema veredas ocorrem devido à ocupação e intensificação do uso do solo na região dos cerrados e apontam, cada vez mais, para a necessidade de um conhecimento aprofundado da região, bem como dos processos de interação homem/natureza local/meio ambiente.

Segundo Alloway & Ayres (1997), a agricultura é uma das maiores fontes não pontuais de poluição por metais pesados, sendo as fontes principais os fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, U, V e Zn); os pesticidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn e Zn); os preservantes de madeiras (As e Cu) e os dejetos de produção de aves e suínos (Cu e As).

Diante deste cenário, foi realizado este estudo geoquímico dos solos das veredas desta Bacia do Rio do Formoso.

1.5 - Cerrado e Veredas – Importância Local e Global

A vereda é um tipo de ecossistema que se desenvolve sob certas condições bem definidas e limitadas de umidade na região dos cerrados, sendo identificadas em geral, como cabeceiras ou nascente de rios, iniciando-se lá e abastecendo as grandes bacias hidrográficas do Brasil (Viana, 2006).

De acordo com Melo (2008), as veredas, ecossistemas do Domínio do Cerrado, aparecem nos topos dos planaltos do município de Buritizeiro como vales com profundidade variando entre rasas a pouco profundas, alongados e simétricos, em geral com cabeceiras semicirculares, revestidos por uma comunidade higrófila que tem a palmeira buriti como elemento essencial da produção biológica. Seus fundos são planos, permanentemente saturados de água, nos quais há presença predominante de renques de buritis (*Mauritia flexuosa*) em meio a um campo denso de gramíneas higrófilas que se desenvolvem em solos orgânico-turfosos (geralmente da classe dos Organossolos). Suas vertentes são constituídas de Gleissolos, cujo horizonte A aumenta de espessura, de conteúdo de matéria orgânica e de teor de umidade da alta vertente (borda da vereda) em direção ao fundo da vereda, estando recoberto por um campo graminoso higrófilo sempre verde.

Ainda segundo Viana (2006), no noroeste do Estado de Minas Gerais, as veredas se distribuem amplamente nos planaltos do São Francisco e na Depressão Sanfranciscana, embora restritas a certas áreas em contato com o lençol freático. A área abrangida vem se destacando por que além da silvicultura, modernas atividades agrícolas e a pecuária extensiva vêm ganhando espaço.

A importância ambiental das veredas se dá pelo seu caráter de perenidade e a natureza de sua cobertura vegetal. Devido a isto, a importância do estudo das veredas possui um sentido ainda maior em termos de recuperação ou ocupação do cerrado.

Boaventura (1981) afirma que, seja para o extrativismo vegetal, para a agricultura de subsistência ou, sobretudo, para a utilização direta da água, as veredas constituem importante fator de fixação do homem numa região na qual o principal fator restritivo é a água.

Os solos de veredas são permanentemente saturados por água tendo este ecossistema abundância desse recurso numa área onde há escassez do mesmo. Sendo assim, a abundância de água atrai atividades para próximo das limitações das veredas, gerando aporte de metais pesados para o solo e água e tornando as veredas um ecossistema de elevada susceptibilidade ambiental dentro do Bioma Cerrado.

Melo (2008) estudando as veredas da região de Buritizeiro e de posse de informações registradas num período de 30 anos, afirma que estes ambientes sofreram degradação provocada pela inadequada intervenção antrópica, tais como diminuição do nível freático, assoreamento dos antigos fundos encharcados e desperenização das veredas, como conseqüente morte dos buritis.

1.6 - Objetivos

1.6.1 - Objetivo Geral

Este trabalho teve por objetivo fazer uma avaliação ambiental em perfis e amostras superficiais de solos em três veredas selecionadas da Bacia do Rio do Formoso, determinando os teores dos metais pesados cromo, cobalto, cobre, cádmio, níquel, zinco, bário e chumbo comparando estes valores com os determinados pela legislação vigente.

1.6.2 - Objetivos Específicos

- 1- Determinar os teores de metais na superfície e nos perfis de solo das veredas;
- 2- Relacionar os teores de metais com uma escala temporal (pólen);
- 3- Comparar os teores de metais encontrados nas amostras com os padrões exigidos pela legislação tendo o cuidado de segregar a componente antrópica da natural ou “*background*” da área em estudo;
- 4- Relacionar as fontes naturais e antrópicas (rochas, atividades do entorno, etc.);
- 5- Relacionar os teores dos metais com a evolução geológica e ocupacional da região;

6- Apresentar propostas de melhoria da qualidade ambiental destes ambientes úmidos do cerrado.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 - Localização e Acesso

O presente estudo foi realizado numa área pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco no segmento alto/médio curso do Rio São Francisco, sendo a Sub-Bacia Rio do Formoso a área específica da pesquisa. Esta bacia está posicionada na porção sudoeste do município de Buritizeiro (Figura 2) e é delimitada pela coordenadas 17° 25' e 17° 56' de latitude sul e 44° 56' e 45° 26' de longitude oeste de Greenwich, drenando uma área de aproximadamente 826 km².

A sede do município de Buritizeiro encontra-se a aproximadamente 377 km de Belo Horizonte e, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (IBGE, 2007) ocupa uma área territorial de 7.226 km² possuindo uma população de 26.133 habitantes.

O acesso ao município faz-se pelo sistema rodoviário federal BR-365 e pelos sistemas rodoviários estaduais MGT-161, MGT- 408 e MGT- 496. As estradas vicinais que dão acesso à área da pesquisa encontram-se relativamente bem conservadas durante todo o ano. Além disso, a região é servida pela hidrovia do Rio São Francisco, com 1.371 km navegáveis entre Pirapora-MG e Petrolina-PE, sendo essa um importante elo entre as regiões Sudeste e Nordeste do país (Baggio, 2008).

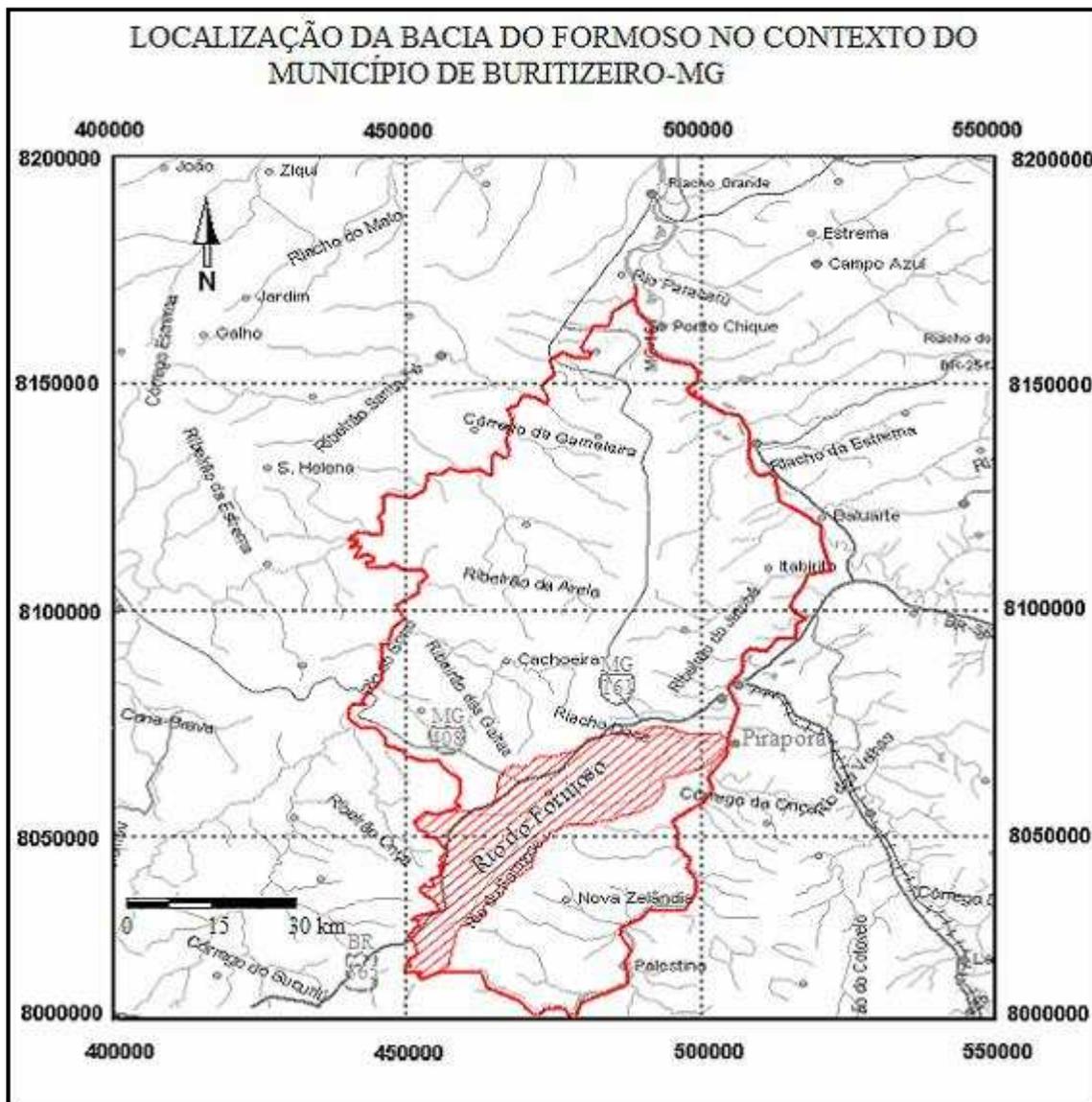


Figura 2: Área do município onde ocorreu a investigação, destacando a Bacia hidrográfica do Rio do Formoso, hachurado em vermelho, no contexto geográfico do Município de Buritizeiro - MG. Fonte: Baggio (2008).

2.2 - Características Geológicas

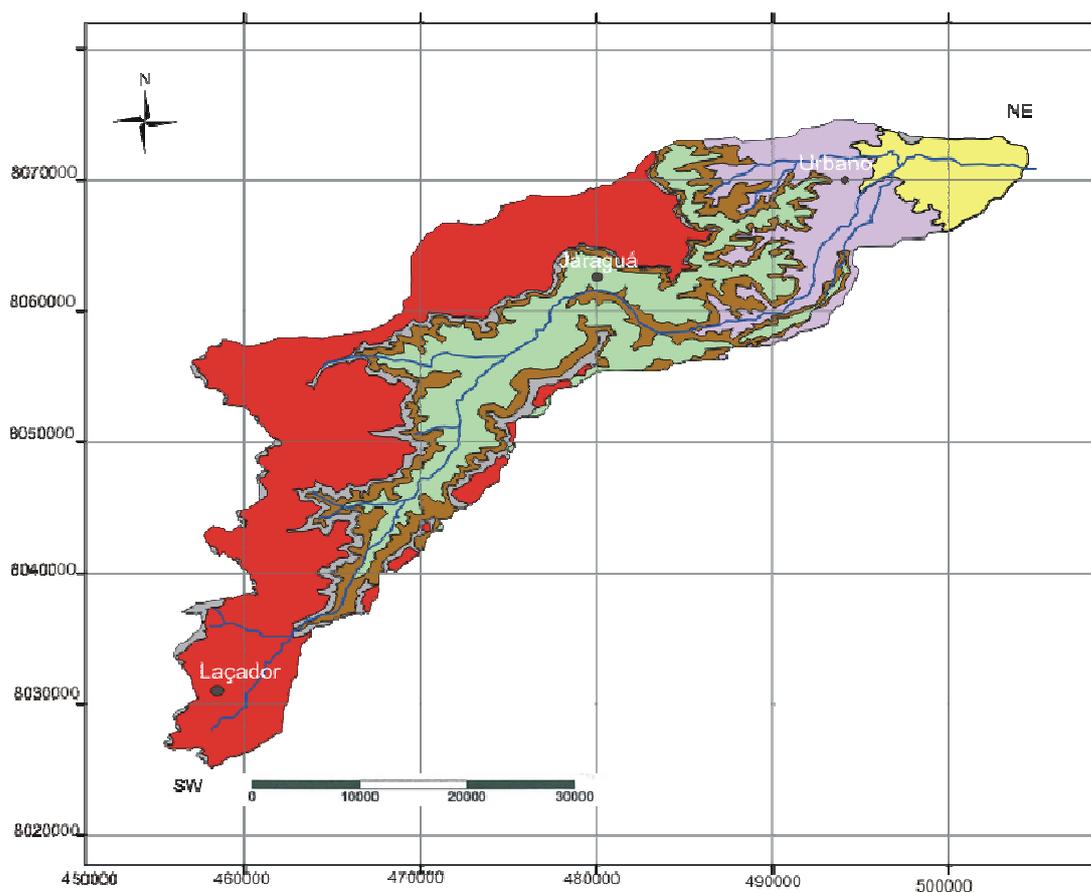
A Bacia do Rio do Formoso encontra-se localizada na porção meridional da Bacia Sanfranciscana dentro dos limites do Cráton do São Francisco, mais especificamente na Bacia Cretácea do Oeste Mineiro.

A seguir a coluna estratigráfica simplificada da área estudada (Figura 3), assim como o mapa geológico detalhado por Baggio (2008), a partir de CPRM (2003), definido para a Bacia do Formoso (Figura 4).

COLUNA ESTRATIGRÁFICA E AMBIENTES DEPOSICIONAIS PROPOSTO PARA A BACIA DO FORMOSO-MG								
Idade	Época	Estágio	Coluna litológica	Sistema Depositionais Principais	Formação	Grupo	Espessura mínima(m)	Litoestratigrafia
Cenozóico				fluvial/eólico	Chapadão		?	Cobertura arenosas Eluvio/coluviais, laterizadas -sedimentos arenosos, areno-argilosos e argilo-siltoso inconsolidados
	terciário							
MESOZÓICO	Cretáceo Superior	Cenomaniano		Eólico/lacustre Wadi		Urucuia	360	Rochas alcalinas máficas e ultramáficas; Rochas sedimentares epiclásticas.
				Leque Aluvial e Fluvial entrelaçado	Capacete	Mata da Corda	150	
				Derrames e intrusivas	Patos		70	
	Cretáceo Inferior	Bermasiano/Albiano		Eólico	Três Barras	Areado	140	Arenito eólico, siltitos de planícies aluviais e conglomerados
				Fluvial meandrante				
		Lacustrino	Quiricó	90				
		Fluvial entrelaçado Leque aluvial wadi	Abaeté	40				
Neoproterozóico			Delta/Pró-delta Fluvial	Três Marias	Bambuú	?	Arcóseos, siltitos e argilitos ferruginosos intercalados com arelas claras e finas.	

Figura 3: Coluna estratigráfica simplificada da área de estudo, com a indicação dos principais sistemas deposicionais proposto para a Bacia do Rio do Formoso. Fonte: Modificado de Seer *et al.* (1989, *in* Baggio, 2008).

Mapa Geológico da Bacia do Rio do Formoso



Legenda

-  Rio do Formoso
-  Aluviões e terraços aluviais
-  Cobertura arenosa elúvio coluviais
-  Coberturas elúvio coluviais
-  Grupo Mata da Corda
-  Grupo Areado Indiviso
-  Grupo Bambuí

Figura 4: Mapa geológico da Bacia do Rio do Formoso. O mapa mostra o compartimento geológico (três grandes unidades que influenciaram na seleção das veredas investigadas). Fonte: Modificado de Baggio (2008).

Segue-se abaixo a descrição geológica, litológica, sedimentológica e paleoambiental das Unidades Geológicas representativas, constituídas pelos principais Grupos e suas respectivas Formações.

2.2.1 - Grupo Bambuí – Neoproterozóico

O Grupo Bambuí constitui a unidade geológica característica da bacia do São Francisco e, geograficamente, exibe a maior área de afloramento de todas as unidades. É formado por uma espessa seqüência de rochas sedimentares e metasedimentares de baixo grau metamórfico que cobrem uma grande área nos Estados de Minas Gerais, Goiás e Bahia. Constitui a principal unidade litoestratigráfica neoproterozóica de coberturas do Cráton do São Francisco (Alkmim *et al.*, 1993).

A Bacia Bambuí compreende sedimentação plataformar sobre um substrato siálico, controlada por lineamentos tectonicamente ativos que dividiram a bacia em porções com subsidência diferencial (Dardenne, 2000).

Em conformidade com Uhlein *et al.* (2003) e em razão de características diferenciadas no preenchimento sedimentar para a bacia do Bambuí, a subdivisão estratigráfica adotada neste trabalho é, da base para o topo, a seguinte: Setor Ocidental: Formação Sete Lagoas e, de forma restrita, a Unidade Samburá; Formação Serra de Santa Helena, Unidade Lagoa Formosa; Formação Serra da Saudade; Setor Oriental: Formação Sete Lagoas; Formação Serra de Santa Helena; Formação Lagoa do Jacaré; Formação Serra da Saudade e, por fim, a Formação Três Marias representando o topo do Grupo Bambuí, sendo a única formação deste grupo presente na área pesquisada.

A Formação Três Marias ocorre na região central do estado de Minas Gerais e possui grande distribuição geográfica regional, constituindo-se como a unidade de topo do Grupo Bambuí. É formada por uma espessa seqüência tempestítica com relativa persistência lateral das suas litofácies, sendo as suas principais: siltitos com interlaminções fina argila areia, siltitos com estrutura *way/linsen*, siltitos violáceos apresentando gretas de contração, arenitos com estratificação cruzada sigmoidal, arenitos com estratificação cruzada por ondas, arenitos com estruturas *hummocky* e arenitos com estratificação horizontal; além de arenitos arcoseanos e arcóseos (Chiavegatto, 1992).

A deposição dessa unidade ocorreu em ambientes de plataforma siliciclástica e em ambientes transicionais a continentais, alimentados por sistemas fluviais, fácies de pró-delta e de frente deltaica. Gerando na paisagem uma morfologia de colinas e vales encaixados.

2.2.2 - Cretáceo Inferior e Superior

O Cretáceo encontra-se representado na área pelas litofácies sedimentares do Grupo Areado (Formação Abaeté e Três Barras) e do Grupo Mata da Corda. Este último é composto por rochas vulcânicas e vulcanoclásticas que recobrem, em discordância erosiva, a seqüência terrígena do

Grupo Areado na Bacia Sanfranciscana e divide-se nas Formações Patos e Capacete, sendo que na área investigada os litotipos da Formação Capacete se encontram estruturados na forma de imensas *chapadas* (Sgarbi, 2001).

A Formação Abaeté – Cretáceo Inferior - representa a unidade litoestratigráfica basal da Bacia Sanfranciscana e, em alguns locais da bacia do Rio do Formoso, inicia-se com os conglomerados fluviais contendo ventifactos, cascalhos e um grande volume de sedimentos rudíticos, depositados em regime torrencial sob clima árido e semi-árido (Sgarbi, 2001). Segundo Ladeira & Brito (1968), Sgarbi (1989) e Sgarbi & Ladeira (1995), os sedimentos basais da Bacia Sanfranciscana foram depositados ao longo de várias superfícies de denudação, formando discordâncias erosivas e angulares, e resultam da implantação, no Cretáceo Inferior, de processos de deposição gravitacional na forma de lençóis de escoamento por leques aluviais e por fluxos aquosos esporádicos e torrenciais – configurando em depósitos do tipo *wadi*, formando o substrato da bacia. Esse tipo de depósito rudáceo exibe características paleoambientais de clima desértico.

A Formação Três Barras – Cretáceo Inferior - é dividida em dois membros (Quintinos e Olegário), composta por arenitos finos a médios resultantes de deposição em ambientes eólicos e fluvio-deltáico, cimentados por carbonatos de cálcio, possuidores de cor rosada a esbranquiçada com manchas de oxirredução. Esta Formação apresenta estratificações cruzadas, paralelas e plano-paralelas de pequeno, médio e grande porte. Na área investigada os arenitos eólicos indicam um paleoclima árido a semi-árido, apresentam maior espacialização geográfica, estando distribuídos de forma descontínua dentro da bacia, podendo localmente constituir platôs e topos planos e podem ainda apresentar-se recobertos por níveis de lateritas ferruginosas de espessura variável, fato que mascara totalmente as texturas diagnósticas do ambiente eólico (Sgarbi, 1991).

A Formação Capacete – Cretáceo Superior – na área investigada é composta por rochas vulcanoclásticas, conglomerados e arenitos epiclásticos além de intercalações não contínuas de brecha lapilítica, cujas cavidades e matriz se encontram preenchidas e cimentadas por sílica nos estados criptocristalino e amorfo (Sgarbi, 2001).

Localmente, a Formação Capacete encontra-se bastante oxidada e caulinizada. Seu subproduto é um material detrítico avermelhado com textura e dureza de argila em que fragmentos de rochas vulcânicas aparecem como bolas caulinizadas. Seu topo é recoberto por níveis de lateritas ferruginosas de espessuras variadas, o que gera na morfologia uma seqüência de morrotes alinhados preferencialmente na direção SW-NE, apresentando rampas curtas com declividade acentuada que se propagam em direção aos fundos dos vales.

2.2.3 - Cenozóico

O Cenozóico é representado na região por duas unidades do Terciário/Quaternário caracterizadas, segundo o Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2003), pelas coberturas arenosas e laterizadas evúlio-coluviais indiferenciadas e por aluviões recentes e sub-recentes do Quaternário/Holoceno. Os aluviões estão representados por sedimentos arenosos – classificados como coberturas aluvionares – que estão associados à planície de inundação das maiores drenagens (Rio São Francisco e Rio das Velhas) e resultam do retrabalhamento fluvial recente e de material detrítico diversificado como cascalhos, areias e siltes. Os sedimentos coluvionares, por sua vez, decorrem de pequeno retrabalhamento das unidades fanerozóicas, sendo formados por areias vermelhas e capeando o topo das chapadas.

Segundo Penha (2001) esses sedimentos ocupam o topo de porções remanescentes da Superfície Sul-Americana (King, 1956), sendo tal material constituído por alteritos profundos, geoquimicamente evoluídos e com teores elevados de enriquecimento em ferro, gerando um latossolo vermelho-escuro (Valadão, 1998).

Na área da pesquisa, as coberturas do Terciário-Quaternário confundem-se com os produtos de alteração intempérica dos conglomerados e arenitos vulcânicos e vulcanoclásticos da Formação Capacete. Essas coberturas encontram-se recobertas por níveis de lateritas ferruginosas de espessura variada, podendo alcançar mais de três metros, recobrando e estruturando grandes superfícies tabulares e apresentando alterito ainda mantenedor da estrutura da rocha, o que permite individualizá-la como uma seqüência distinta.

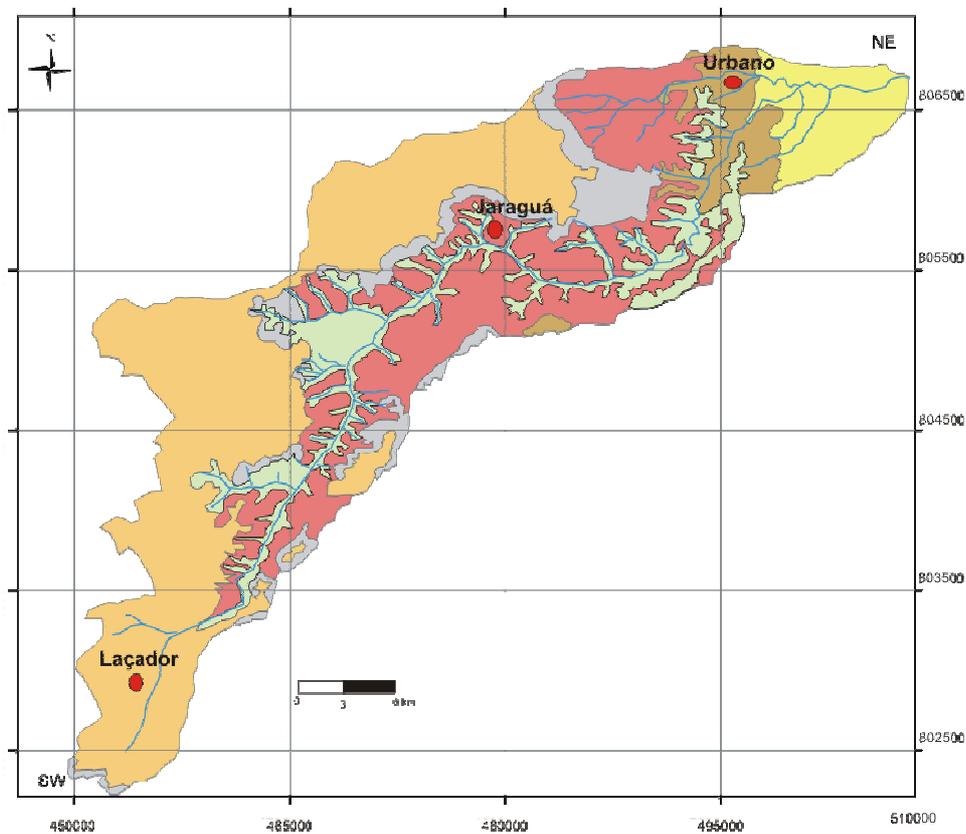
Os aluviões sub-recentes e recentes são compostos por sedimentos inconsolidados, de natureza arenosa, areno-argilosa e argilo-síltica. Regionalmente, distribuem-se amplamente ao longo dos principais rios que drenam a região, com destaque para o Rio São Francisco. O Rio do Formoso deposita esse tipo de material apenas no seu baixo curso.

2.3 - Geomorfologia

A região estudada pode ser dividida em dois grandes conjuntos de relevo: a Depressão Sanfranciscana e os Planaltos Residuais do São Francisco, sendo escalonados, respectivamente, em dois níveis topográficos - altitudes entre 650 a 750 m e entre 800 a 910 m. Segundo Melo (2008), o aplainamento e dissecação desse conjunto litoestrutural ocorreu após a sedimentação cretácea através da atuação de desnudações e de retomadas de processos de erosão fluvial, a partir da umidificação do clima no Pós-Cretáceo.

Apresenta-se a seguir a descrição dos principais compartimentos geomorfológicos (Figura 5) encontrados na área estudada e suas feições morfológicas correlatas.

Mapa Geomorfológico da Bacia do Rio do Formoso - MG



Legenda

- Rio do Formoso
- Unidades de chapadas do Terciário
- Unidades de chapadas sustentadas pela Formação Capacete - Cretáceo Superior
- Unidades de colinas do Cretáceo Inferior Grupo Areado
- Unidades de colinas do Cretáceo Superior - Grupo Mata da Corda
- Unidades de colinas do Neoproterozóico - Grupo Bambuí - Formação Três Marias
- Planície aluvial e unidades de vales e terraços Quaternários

Figura 5: Mapa geomorfológico da Bacia do Rio do Formoso. O mapa mostra claramente a interligação entre geologia e unidades geomorfológicas. As três veredas selecionadas estão situadas em áreas bem definidas. Fonte: Modificado de Baggio (2008).

2.3.1 - Superfície Tabular – Unidades de Chapadas – Terciário e Cretáceo Superior

A Superfície Tabular – Unidades de Chapadas constitui-se num conjunto de áreas aplainadas do Terciário, de expressiva espacialização geográfica, localizado no denominado Chapadão dos Gerais. Parte integrante dos planaltos é resultante da atuação de processos de aplainamento, modificados quando da abertura das depressões interplanálticas. São áreas aplainadas, limitadas por escarpamentos erosivos e em alguns locais por vertentes íngremes (Baggio, 2008).

- a) *Chapadas testemunhos de aplainamentos terciários e recobertas por cobertura detrítica*: com orientação SW-NNW, são intensamente remodeladas a partir do intervalo Mioceno/Pleistoceno, suas altitudes médias variam entre 1000 a 950 m (Baggio, 2008). A área pesquisada é regionalmente denominada de Chapadão dos Gerais. Foram mapeadas como coberturas do Cenozóico (CPRM, 2003) e interpretadas por Baggio (2008) como um subproduto de alterações intempéricas da Formação Capacete do Cretáceo Superior. Constituído por material detrítico avermelhado de consistência areno-argiloso, caulinizado e laterizado, com relictos de material vulcânico e vulcanoclástico, excedendo mais de 75 m de espessura. Apresenta topo plano, rebordo escarpado e festonado. A feição típica dos vales é em anfiteatro, recoberto por sedimentos areno-argilosos. Hidrologicamente, esse compartimento geomórfico representa importante área de recarga dos aquíferos cretáceos na área da bacia.
- b) *Chapadas sustentadas pela Formação Capacete*: formam um cinturão bordejando as Chapadas Testemunhos, apresentam topo plano a ondulado e altitudes médias de 800 m, com bordas escarpadas e rupturas de declive (topográfico e litológico) geralmente sustentado por sedimentos vulcanoclásticos do Grupo Mata da Corda, fornecendo elevada estabilidade à ação erosiva (Baggio, 2008). Essa superfície é de grande importância hidrológica, sendo caracterizada com expressiva área de descarga dos aquíferos cretáceos e representada por nascentes e veredas de borda de escarpas, que vão alimentar os principais cursos de água da bacia hidrográfica do Rio do Formoso.

2.3.2 - Unidades de Colinas – Cretáceo Superior e Neoproterozóico (850-750 m)

Segundo Baggio (2008), são originadas a partir do escoamento superficial concentrado, esculpidas sobre os litotipos do Cretáceo Superior, Inferior e do Neoproterozóico e ocupam uma área geográfica razoável dentro da bacia. Foram compartimentadas em duas subunidades e estas se deram em função da litologia, morfologia, grau de retrabalhamento e posição topográfica:

- a.1) *Colinas da depressão cretácea*: localizadas ao longo do eixo de drenagem do segmento alto/médio curso do Rio do Formoso. Apresentam-se sob a forma de colinas convexas, com altitudes médias em torno de 750 e 700 m, esculpidas em rochas areníticas do Grupo Areado e Grupo Mata da Corda – Cretáceo Inferior e Superior. O primeiro Grupo apresenta colinas convexas ravinadas com rampas alongadas, constituídas por material colúvio/alúvio, e se propagam até o fundo dos vales abertos. O segundo Grupo apresenta uma seqüência de pequenos morros e cristas convexas, com rampas curtas constituídas por material coluvial e recobertas por lateritas e se propagam até o fundo dos vales. Estes se apresentam encaixados junto à rede de drenagem, correspondendo ao nível de aplainamento denominado Superfície Mata da Corda (Baggio *et al.*, 2006).
- b.1) *Colinas da depressão neoproterozóica*: localizam-se na porção intermediária da bacia, ao longo do eixo principal e secundário das principais drenagens no segmento médio/baixo curso. A depressão apresenta colinas convexas com flancos ravinados e vales encaixados, evoluídas a partir do escoamento superficial intenso. Suas altitudes variam entre 700 a 650 m, esculpidas em litotipos da Formação Três Marias – Grupo Bambuí – Neoproterozóico – domínio dos arenitos arcoseanos, siltitos e argilitos de coloração violácea (Baggio, 2008).

2.3.3 - Planície Aluvial Unidades de Vales e Terraços Quaternários.

Segundo Baggio (2008) a planície aluvial, unidade de vales, representa áreas sujeitas a inundações periódicas, e sua evolução encontra-se condicionada a nítidas diferenças litológicas ao longo do vale principal. Os terraços quaternários representam uma seqüência de encostas que interligam os níveis de chapadas e colinas às calhas fluviais juntamente com os terraços aluviais. Estas duas unidades geomórficas localizam-se na porção terminal da bacia – baixo curso do Rio do Formoso – e possuem boa representatividade espacial na área. Suas altitudes médias variam entre 550 a 650 m e dividem-se em três subunidades denominadas:

- a.2) *Terraços aluviais pleistocênicos*: apresentam-se sob a morfologia de estreitos patamares entre as cotas altimétricas de 550 a 650 m, e encontram-se bastante descaracterizados de sua forma original devido ao intenso uso do solo agrícola. Exibem seqüências de camadas de seixos e blocos arredondados, envolvidos em uma matriz argilo-silto-arenosa de cor amarela/avermelhada – quando influenciado pela Formação Três Marias – e seixos, de blocos arredondados recobertos por areias finas/médias, de cor amarelada, onde a fração arenosa prevalece.

- b.2) *Encostas e vales*: apresentam grande expressão geográfica, sendo elaborados sob litologias da Formação Três Marias e aluviões recentes e sub-recentes do Quaternário. Correspondem ao piso da depressão dos rios do Formoso e São Francisco.
- c.2) *Vales dissecados da Formação Capacete e da Formação Três Marias*: estes últimos possuem média expressão geográfica dentro da bacia, mas são marcantes na paisagem. Localizam-se na porção NNE e L da bacia. Configuram-se como vales encaixados e alinhados, preferencialmente em direção aos principais cursos d'água. São profundos devido a influência da espessura do pacote rochoso e por fatores estruturais que, acentuaram o processo de morfogênese. Já os vales dissecados da Formação Capacete se localizam na borda das escarpas da Superfície Mata da Corda, correspondendo às cabeceiras de drenagem do tipo anfiteatro. São vales rasos e pouco profundos, em função da resistência imposta pelas rochas do Grupo Mata da Corda. Suas cabeceiras de drenagem se apresentam na forma de veredas de borda de escarpa.

2.4 - Pedologia

Segundo Melo (2008) reconhecem-se, no Município de Buritizeiro, as seguintes classes de solos:

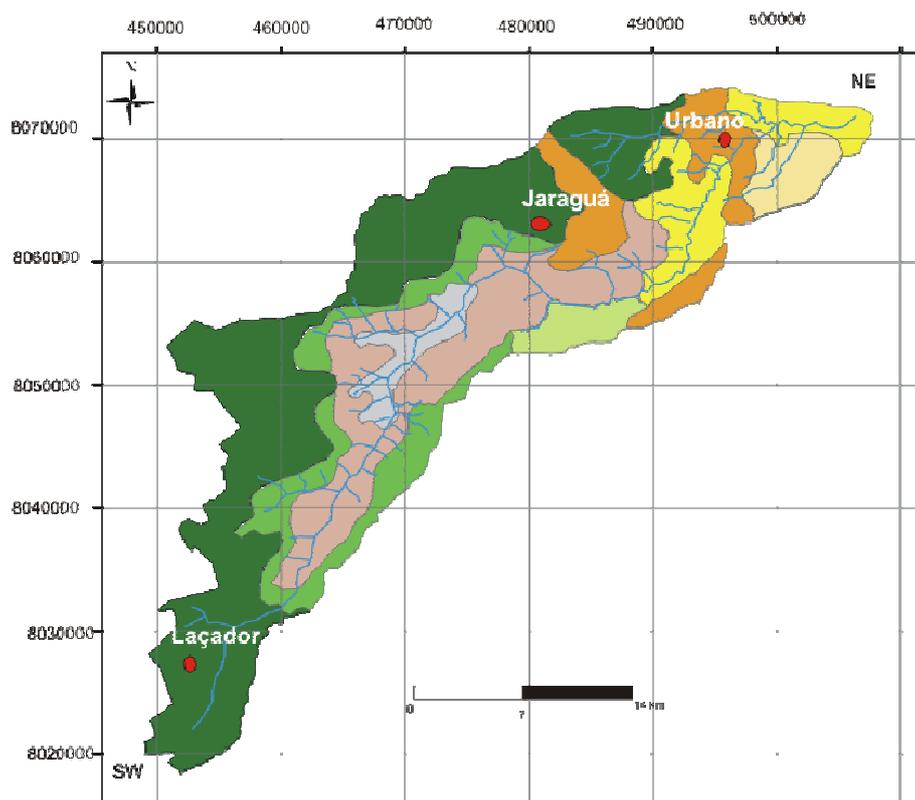
OBS: Entre parênteses estão as classes segundo o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (1999).

- Latossolo Vermelho Escuro Distrófico álico A moderado textura argilosa fase cerrado relevo plano (Latossolo Vermelho “provavelmente apenas distrófico” típico);
- Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico álico A moderado textura argilosa fase cerrado relevo plano (Latossolos Amarelos e Vermelho-Amarelos “provavelmente apenas distróficos” típicos);
- Cambissolo Distrófico álico A moderado textura média e argilosa fase campo cerrado relevo ondulado. (Nem todos os perfis de Cambissolos estudados podem ser incluídos nessa classe porque têm mais de 50 cm de espessura e um, com menos de 50 cm, tem a relação silte/argila insuficiente e não há dados sobre o seu Ki; além disso não há dados sobre a porcentagem de minerais primários alteráveis);
- Areias Quartzosas Distróficas álicas A fraco e moderado fase cerrado relevo plano e suave ondulado. (Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos);
- Solos Litólicos Distróficos álicos A fraco e moderado textura indiscriminada fase campo cerrado relevo forte ondulado (Neossolos Litólicos - provavelmente apenas distróficos típicos);

- Solos Aluviais Eutróficos A moderado textura indiscriminada fase floresta subcaducifólia e perenifólia de várzea relevo plano (Neossolos Flúvicos).
- Solos Hidromórficos indiscriminados (Gleissolos e Organossolos).

O mapa a seguir (Figura 6) mostra as principais classes de solo da Bacia do Rio do Formoso.

Principais Classes de Solos da Bacia do Rio do Formoso - MG



Legenda

- Rio do Formoso
- Gleissolo
- Cambissolo Álico
- Neossolo Quartzarênico Álico
- Neossolo Flúvico Eutrófico
- Latossolo Vermelho-Amarelo Álico textura média
- Latossolo Vermelho-Amarelo Álico textura argilosa
- Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa em associação com Cambissolo e Neossolo Álico
- Latossolo Vermelho-Amarelo Álico textura argilosa em associação com Latossolo Vermelho

Referência: Sistema de Classificação de Solos EMBRAPA, 1999.

Figura 6: Principais classes de solos da Bacia do Rio do Formoso. Fonte: Modificado de Baggio (2008).

Segundo Melo (2008), nas superfícies aplainadas a suavemente onduladas das formações cretáceas e de algumas das coberturas detríticas Terciário-Quaternárias desenvolveram-se os Latossolos e os Neossolos Quartzarênicos.

Os Latossolos desenvolveram-se sobre o Grupo Urucuia e sobre determinadas coberturas detríticas terciário-quaternárias, na Depressão Sanfranciscana (Melo, 2008). Segundo Baggio (2008), os Latossolos encontram-se distribuídos por todo município, com destaque para a porção SW, onde estão associados à superfície tabular denominada Chapadões dos Gerais – cotas de 900 m a 1000 m. São Latossolos Vermelho-Amarelos, profundos, distróficos álicos e de textura argilosa em associação com Latossolo Vermelho-Escuro álico de textura argilosa. Nos rebordos do chapadão predomina o Latossolo Vermelho-Amarelo álico de textura argilosa em associação com Cambissolo álico e Neossolo álico.

Os Neossolos Quartzarênicos têm como material de origem os arenitos do Grupo Areado correspondentes ao nível dos planaltos mais rebaixados e a determinadas áreas de coberturas detríticas terciário-quaternárias constituídas de material de textura mais arenosa (Melo, 2008), suas manchas menores são geralmente separadas por solos hidromórficos e são os que mais se destacam na Bacia por abranger uma grande extensão geográfica (Baggio, 2008).

Nas bordas dissecadas dos planaltos ocorrem Cambissolos (provavelmente) e Neossolos Litólicos, distróficos, associados a rochas mais resistentes da Formação Três Marias (Grupo Bambuí) (Melo, 2008), estando em associação com relevos ondulados (Baggio, 2008). Mesmo em superfícies aplainadas esses solos se desenvolvem evidenciando maior resistência ao intemperismo.

Encontram-se sobre as unidades de colinas do Neoproterozóico e patamares rochosos, entre as cotas topográficas de 600 m a 750 m, os Neossolos e suas associações: solos distróficos, álicos A fraco e moderado, textura indiscriminada, Cambissolo distrófico álico A moderado, textura argilosa e média – ambos fase campo cerrado, relevo ondulado a forte ondulado, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico álico A moderado, textura argilosa, Latossolo Vermelho-Escuro distrófico álico A fraco e moderado, textura indiscriminada – ambos fase campo/cerrado relevo ondulado e escarpado (Baggio, 2008).

Segundo Melo (2008), na Depressão Sanfranciscana ocorrem os Latossolos e os Neossolos Quartzarênicos. Neossolos Flúvicos e solos hidromórficos indiscriminados ocorrem nas planícies e terraços fluviais. Ao longo dos principais eixos de drenagem – como nas depressões associadas, nas partes planas e abaciadas do relevo com encharcamento permanente ou temporário e em cotas altimétricas mais baixas (450 m a 500 m) encontram-se solos pouco desenvolvidos. São associações de Neossolos Flúvicos eutróficos A moderado, textura indiscriminada - Planossolos indiscriminados – ambos fase florestas caducifólias formação vazante, nas quais predominam relevo plano

(superfície de aplanamento Pleistocênica quando em áreas de depressão interplanálticas). Neossolos Flúvicos indiscriminados fase campo de várzea relevo plano (Baggio, 2008).

No segmento médio curso existe uma grande mancha de Gleissolo pouco húmico álico, geralmente associado aos subsistemas de veredas (Baggio, 2008). Os solos hidromórficos indiscriminados (Gleissolos e Organossolos), fase vereda, que ocorrem em meio aos latossolos e areias quartzosas, ocupam as posições de veredas, de onde se destacam pelas cores gleizadas e pretas características (Melo, 2008).

Estes solos são imperfeitamente a muito mal drenados, muito pobres quimicamente, fortemente ácidos (pH entre 4 e 5,4) com valores de saturação de bases muito baixos e alta saturação em alumínio. Os Gleissolos possuem perfil com seqüência de horizontes ACg, em que o A apresenta-se muito escurecido pela matéria orgânica e o C, às vezes subdividido em C1g e C2g (Melo, 2008).

2.5 - Hidrografia

2.5.1 - O Rio São Francisco e seus Afluentes

A drenagem na região Noroeste de Minas Gerais apresenta um padrão retangular mostrando um elevado grau de controle estrutural condicionado por fraturamentos da bacia do Bambuí (Melo, 2008).

Segundo Melo (2008) as direções gerais de fraturamento resultaram dos esforços laterais sofridos pela bacia do Bambuí no Paleozóico e de reativações de fraturamentos pré-cambrianos. Localmente algumas direções seguidas pelos cursos d'água resultam de adaptações a fraturas secundárias, contatos litológicos e estratos de rocha.

A orientação dos rios pelas direções gerais de fraturamento só ocorreu após a remoção das coberturas do Cretáceo Superior/Terciário Inferior decorrente da elaboração do pediplano terciário. Após essa fase de rebaixamento erosivo do relevo regional a hierarquização da drenagem passou a ser feita em função das direções gerais de fraturamentos pré-cambrianos e paleozóicos, uma vez que já afloravam as estruturas do Grupo Bambuí.

Dessa forma, foi no final do Terciário (no início da abertura da Depressão Sanfranciscana) que se acentuou o controle estrutural decorrente do reencaixamento da drenagem. O Rio São Francisco e alguns de seus afluentes devem ter surgido nesse período (Melo, 2008).

Mesmo nas áreas onde as coberturas cretáceas não foram totalmente removidas, a drenagem passou a refletir estruturas subjacentes. A adaptação dos cursos menores aos fraturamentos pré-cambrianos pode ser explicada pelo recuo de cabeceiras, a partir de cursos maiores escavados

diretamente sobre rochas do Grupo Bambuí. Os rios maiores instalaram-se sobre formações cretáceas, já orientados pelos fraturamentos reativados. Encontram-se na área indícios de que as formações cretáceas tenham sido atingidas por fraturas reativadas, porém ressalta-se que são maiores as possibilidades de uma simples acomodação de seus sedimentos às estruturas falhadas subjacentes (Melo, 2008).

2.5.2 - Características da Bacia de Drenagem do Rio do Formoso

Geograficamente, a sub-bacia do Rio do Formoso se integra à bacia hidrográfica do rio São Francisco pela margem direita e geológica e geomorfologicamente, a bacia encontra-se localizada na porção meridional da Bacia Sanfranciscana, dentro dos limites do Cráton do São Francisco – mais especificamente na bacia cretácea do oeste mineiro, apresentando direção geral SW-NE.

O Rio do Formoso tem sua nascente localizada no Chapadão dos Gerais, mais precisamente na localidade de Imburuçu, a 911 m. Sua foz, junto ao Rio São Francisco, localiza-se na Fazenda São Francisco, a 490 m, sendo que seu eixo principal de drenagem (Figura 7) percorre da cabeceira à foz uma distância de aproximadamente 90 km (Figura 8).

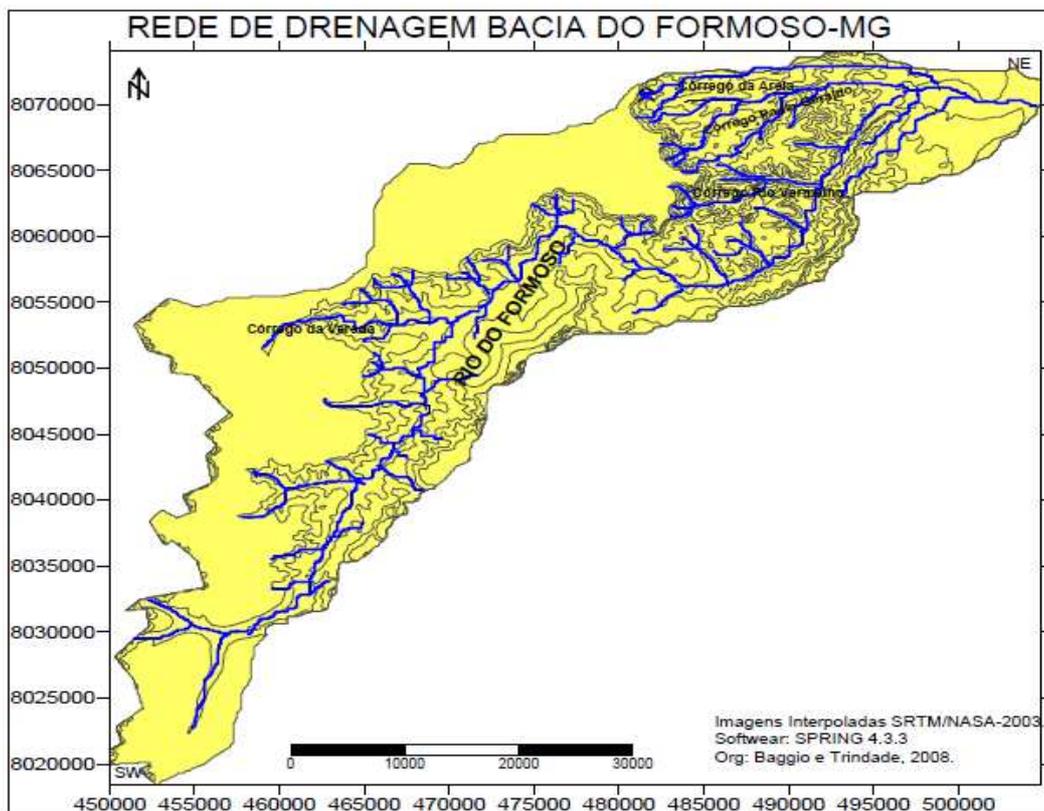


Figura 7: Mapa da rede de drenagem da Bacia do Rio do Formoso, apresentando o eixo principal de drenagem orientado no sentido (SW-NE) e seus principais afluentes pela margem esquerda e direita. Fonte: Baggio (2008).

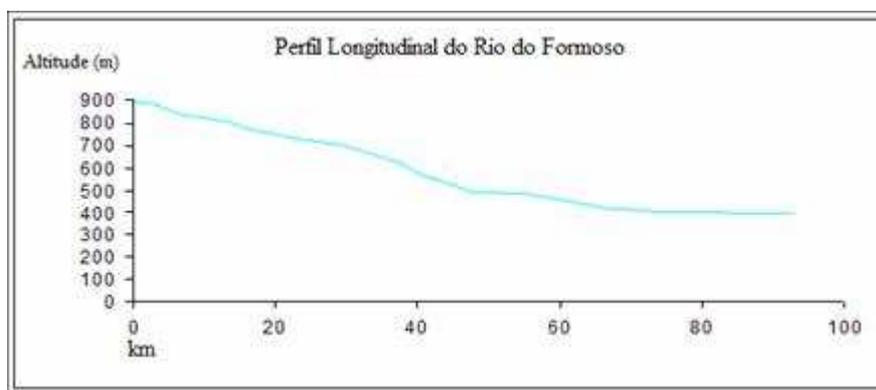


Figura 8: Perfil longitudinal do Rio do Formoso (Fonte: Baggio, 2008).

Seu fluxo escoava inicialmente na direção nor-nordeste (NNE), até desaguar na represa da Adiflor, a 910 m. A partir desse ponto, toma direção es-nordeste (ENE) até o local denominado Estrada da Fazenda. Desse ponto até a Fazenda do Formoso, seu curso permanece orientado na direção nordeste (NE) e, a partir daí, faz uma inflexão para sudeste (SE) e ruma na direção leste (L), até se aproximar do Córrego da Fazenda São Sebastião, a 755 m. Retoma a direção NNE até a confluência com o Córrego Paulo Geraldo, a 650 m, retomando então o rumo L, em direção à foz

com o Rio São Francisco, a 490 m. Seus principais afluentes, da nascente à foz, ocorrem pela margem esquerda: Córrego do Matão, Córrego da Vereda, Córrego Morro Vermelho, Córrego Paulo Geraldo e Córrego da Areia. Pela margem direita o mais expressivo é o Córrego Veredinha.

A bacia do Rio do Formoso apresenta, ao longo da compartimentação geomorfológica longitudinal, três segmentos doravante denominados alto, médio e baixo curso – sendo eles diretamente influenciados pelos aspectos topográficos, litológicos, morfológicos e morfodinâmicos (Baggio, 2008).

2.5.3 - Dinâmica do Escoamento Fluvial e Tipos de Fluxos

O escoamento nos canais fluviais apresenta diversas características dinâmicas que se tornam responsáveis pelas qualidades atribuídas aos processos fluviais. Do ponto de vista geomorfológico, a dinâmica do escoamento ganha significância na atuação exercida pela água sobre os sedimentos do leito fluvial, no transporte dos sedimentos, nos mecanismos deposicionais e na esculturação da topografia do leito (Christofolletti, 1977).

A rede de drenagem se estrutura como as principais vias de transporte dos produtos e subprodutos elaborados pelos processos erosivos.

O Rio do Formoso pode ser classificado como um canal aberto e seu fluxo principal é do tipo turbulento de corrente e encachoeirado (Baggio, 2008). De um modo geral, o fluxo turbulento é caracterizado por uma variedade de movimentos, com muitas correntes secundárias contrárias ao fluxo principal para jusante (Christofolletti, 1977). Ao longo do canal fluvial, o fluxo variou entre o turbulento de corrente e o turbulento encachoeirado; este último ocorrendo nos trechos de velocidade mais elevada, encontrados nas corredeiras e pequenas cachoeiras localizadas, em sua grande maioria, no segmento alto/médio curso (Baggio, 2008).

2.5.4 - Tipologia do Canal e Padrão de Drenagem

Segundo Baggio (2008), a tipologia do canal fluvial do Rio do Formoso pode ser definida como um curso de canais únicos, podendo ser subdividido principalmente em canais retos e sinuosos, sendo os canais meandrantos expressivos. As formas topográficas do canal principal e dos canais secundários apresentam-se como leitos com segmentos rochosos e leitos com segmentos aluviais, estes favorecendo a mobilidade dos sedimentos.

O canal fluvial apresenta irregularidades ao longo do seu perfil longitudinal: a topografia do leito exibe diversos arranjos de formas, como pequenas dunas, antidunas, barras, *point bars*, entre outras. Um aspecto bastante característico correlacionado com a dinâmica do escoamento é a existência de depressões, representando os trechos de maior profundidade; seguida de parte mais rasas, correspondendo aos trechos retilíneos e oblíquos.

Todas essas formas têm como motor a dinâmica e a mecânica do fluxo d'água, e são elementos inerentes à rugosidade do canal. Outro aspecto que chama a atenção na análise do controle estrutural e da dinâmica geomorfológica diz respeito à direção preferencial do curso principal do rio, SW-NE, influenciada pelo grande Lineamento Transbrasiliano (Schobbenhaus, 1975). De acordo com Baggio (2008), essa tendência foi observada em outras bacias adjacentes.

Ao longo do perfil longitudinal observaram-se significativas rupturas de declives, que se apresentam na forma de corredeiras e de pequenas cachoeiras; a grande maioria encontrando-se orientada no sentido WNW-ESE e estruturando-se individualmente ou em uma seqüência de feixes escalonados ao longo do eixo de drenagem (Baggio, 2008).

Algumas dessas rupturas de declives que se posicionam ao longo do canal principal e de alguns canais secundários têm estreita relação com os fatores litoestruturais locais ou até mesmo regionais presentes na área. Porém, quando esses fatores não podem explicar as diferenças topográficas entre os segmentos situados a montante e jusante, o mais plausível é relacioná-los ao fenômeno geomorfológico do rejuvenescimento.

Os aspectos morfológicos variam significativamente entre os três segmentos, fato relacionado aos diferentes litotipos, condicionamento estrutural, morfologia, morfodinâmica, condições topográficas e processos de rejuvenescimento. Apesar da estreita relação litologia e morfologia nos segmentos geomórficos definidos para a bacia, o fator litológico isoladamente não pode explicar certas diferenças geomorfológicas presentes na área de estudo.

O eixo principal de drenagem caracteriza-se por apresentar uma calha de 1 a 2 metros de comprimento no alto curso, de 5 a 15 m no médio curso e de 5 a 9 m no baixo curso, sendo que as profundidades médias variam em torno de 1 m. Nos cursos secundários, o diâmetro médio da calha gira em torno de 1 a 2 m e a profundidade mede cerca de 80 cm.

O fluxo de água perene pode ser explicado em razão da grande incidência de veredas no curso principal e também nos tributários. A exsudação do lençol freático, através dos sistemas de veredas, permite a manutenção do fluxo hidrológico durante todo ano.

De acordo com Baggio (2008), o padrão de drenagem geral é o paralelo, com maior predomínio na margem esquerda ao longo do canal principal, em especial no segmento alto/médio curso; no segmento baixo curso o percentual diminui consideravelmente em direção à foz. Como observado no padrão paralelo é bastante evidente e encontra-se condicionado a fatores de ordem

geológica (estrutura e litologia) e a fatores de ordem geomorfológica (rupturas de declive e erosão regressiva), modelando assim o perfil longitudinal.

Em relação à densidade de drenagem, a margem direita possui os menores índices, o segmento médio curso possui os maiores e o baixo curso praticamente não possui drenagens significativas.

2.6 - Aspectos Climáticos

O tipo climático para a área de estudo é o tropical úmido/subúmido, com inverno seco e verão chuvoso. O regime térmico é caracterizado por temperaturas médias mensais: janeiro em torno de 25°C a 24°C; junho e julho entre 20°C a 21°C.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2010) a média pluviométrica para o município de Buritizeiro no período de 1970 a 2008 foi de 1.152,3 mm/ano.

No alto curso do Rio do Formoso, segundo dados pluviométricos fornecidos pela Fazenda Conquista, durante os anos de 2002 a 2008, a média pluviométrica alcançou 1.726,6 mm/ano.

As temperaturas médias mensais em janeiro giram em torno de 24°C a 23°C e nos meses de junho e julho oscilam entre de 19°C a 20°C. As características do meio físico (topografia) e as características geográficas (extensão territorial) condicionam as características pluviométricas e térmicas, principalmente na porção SW da bacia hidrográfica do Rio do Formoso.

As variáveis climáticas apresentadas são importantes ambientalmente, pois estão diretamente correlacionadas com a mobilidade dos poluentes nos solos/sedimentos e na água.

Os dados de precipitação da Fazenda Conquista apontam um aumento na distribuição das chuvas para o segmento alto curso, implicando um maior gradiente de infiltração e aumento da taxa erosiva, tendo como resposta direta a diluição, dispersão e transporte – principalmente das substâncias químicas presentes nos solos, que conseqüentemente serão carregadas em direção aos cursos d'água.

2.7 - Aspectos Vegetacionais

O Instituto Estadual de Florestas (IEF, 2005), em parceria com o Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal da Universidade Federal de Lavras (UFLA, 2005), definiram para a área de estudo os seguintes tipos vegetacionais:

- a) *Floresta estacional semidecidual*: o conceito ecológico deste tipo de vegetação está condicionado pela dupla estacionalidade climática, uma tropical com época de intensas chuvas de verão, seguida por estiagem acentuada e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio do inverno com temperaturas médias inferiores a 15°C. Neste tipo de vegetação a porcentagem das árvores caducifólias, no conjunto florestal e não das espécies que perdem as folhas individualmente, situa-se entre 20 e 50%. Composta por comunidades que abrangem agrupamentos florestais úmidos e estacionais semidecíduais – são as florestas ciliares e de galeria ao longo dos cursos d'água;
- b) *Floresta estacional decidual*: Este tipo de vegetação é caracterizado por duas estações climáticas bem demarcadas, uma chuvosa seguida de um longo período biologicamente seco, com mais de 50% dos indivíduos despidos de folhagem no período desfavorável. Engloba os agrupamentos remanescentes florestais tropicais caducifólios, caracterizados como matas secas ou mesófilas;
- c) *Savanas*: vegetação xeromorfa preferencialmente de clima estacional (mais ou menos seis meses secos), podendo ser encontrada também em clima ombrófilo. Abrangem as diversas formações e fisionomias específicas que caracterizam a região do Cerrado;
- d) *Formações pioneiras*: trata-se de uma vegetação de primeira ocupação de caráter edáfico, que ocupa os terrenos rejuvenescidos pelas seguidas deposições de aluviões. Nessas comunidades estão incluídos os buritizais ou veredas e a vegetação de várzea;
- e) *Tratos antrópicos*: São as formas vegetacionais exóticas, introduzidas pela ação humana. Caracterizados pelo reflorestamento com pinus e eucaliptos e sistemas agropecuários.

2.8 - Uso e Ocupação dos Solos

Uma breve descrição do uso e ocupação do solo na bacia do Formoso nos anos de 1980 e 2008 foi elaborada a partir de imagens orbitais geradas pelos satélites LANDSAT III e CBERS II.

O estímulo à ocupação recente dos cerrados brasileiros é resultante das políticas governamentais destinadas à modernização do setor agropecuário nacional, adquirindo novos incentivos para seu crescimento a partir da segunda metade da década de 60. Nessa década, grande parte das terras drenadas pelo Rio do Formoso foi também destinada à implantação de monoculturas de eucalipto e pinus. Inicialmente esses empreendimentos ocuparam as áreas com cotas topográficas entre 750 e 900 m, predominantemente planas, na área dos Chapadões dos Gerais.

As atividades monocultoras são ampliadas a partir da década de 90, com a introdução das culturas comerciais de soja, milho, feijão e, posteriormente, o café – momento em que as áreas mais próximas às drenagens são ocupadas, ampliando o impacto sobre a vegetação nativa e veredas, seja

pelo impacto indireto, devido à acentuação dos processos erosivos e assoreamento, como também pela construção de barramentos destinados à irrigação.

A comparação em paralelo das imagens geradas para o uso e ocupação do solo nos anos de 1980 (Figura 9) e 2008 (Figura 10), elaboradas a partir de imagens orbitais LANDSAT III-1980 e CBERS II-2008 e de trabalhos de campo realizados por Baggio (2008), constatou a evolução das atividades agrícolas; principalmente as monoculturas de pinus, eucaliptos, soja, milho e café.

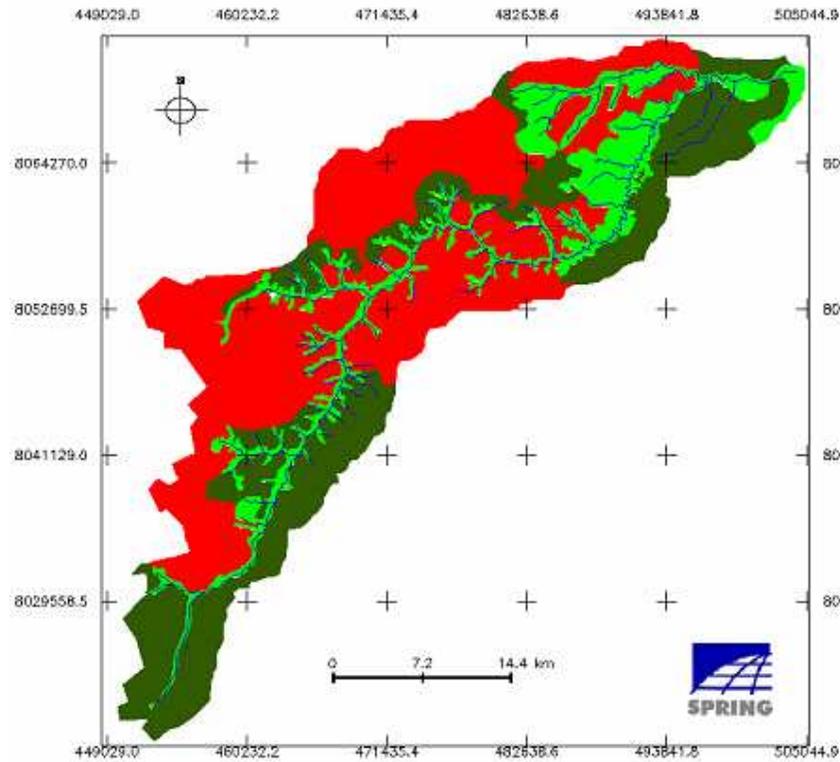
A análise do mapa do uso do solo de 1980 indica que as áreas plantadas com a monocultura de pinus e eucaliptos ocupavam grandes latifúndios no chapadão (NW) e uma grande porção no interior da bacia (NE e SE). Nota-se, a grande expressão espacial da silvicultura indicando que houve grandes modificações na distribuição espacial do uso da terra com esta categoria de uso. As áreas de mata ciliar/galeria e veredas ocupavam uma área relativamente considerável ao longo da bacia. As áreas de cerrado ocupavam áreas significativas na parte SW, SE e ENE da bacia destacando-se como o segundo tipo de uso, se comparado com os demais usos da terra.

O mapa de uso do solo de 2008 mostra a expansão das áreas cujas atividades são ligadas à agropecuária intensiva e extensiva e à instalação de áreas de pastagens. Observa-se, também, que as matas ciliares/galerias e as veredas tiveram um decréscimo negativo em relação às atividades de silviculturas e agropecuária. Fica evidente o desenvolvimento de grandes áreas de culturas irrigadas através de pivô central.

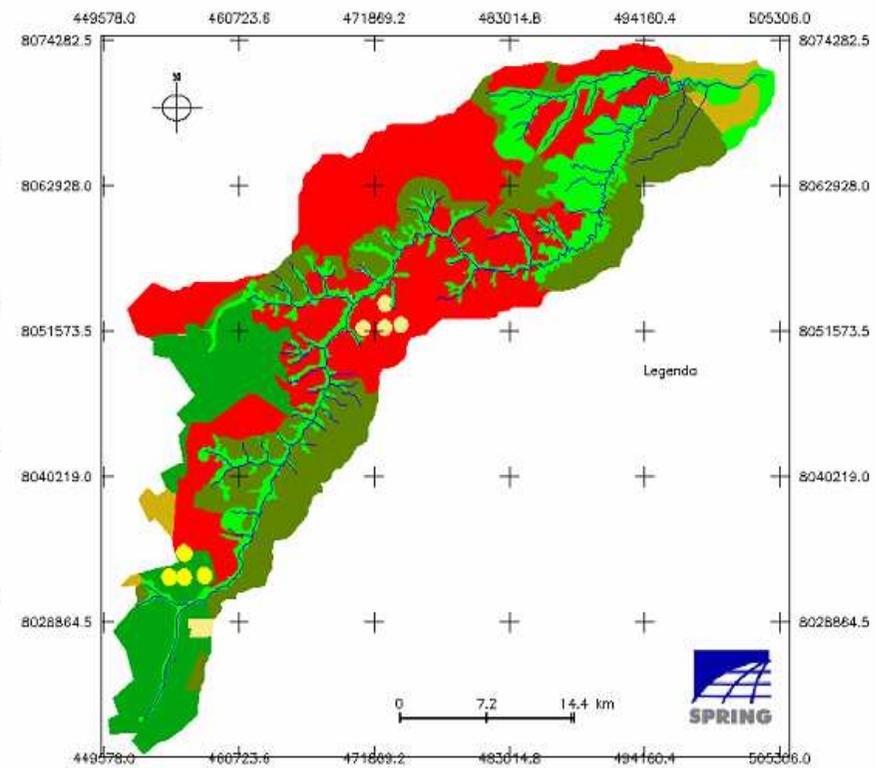
Atualmente, tanto a agricultura comercial quanto a pecuária extensiva ocupam cada vez mais espaço na paisagem rural da bacia.

Nesse contexto de múltiplos usos dos solos e com a utilização intensiva e repetitiva de agroquímicos, tem-se intensificado a problemática ambiental sobretudo pela degradação dos recursos hídricos, dos solos, das plantas e da fauna na bacia hidrográfica do Rio do Formoso.

Mapa de uso e ocupação dos solos da Bacia do Rio do Formoso em 1980



Mapa de uso e ocupação dos solos da Bacia do Rio do Formoso em 2007



Legenda

- | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|-----------------|---|---|
|  | Mata ciliar/galeria |  | Pastagens |  | Plantio de soja irrigada por pivô central |
|  | Vegetação típica de cerrado |  | Plantio de soja |  | Plantio de café irrigado por pivô central |
|  | Monoculturas de Pinus e eucalipto | | | | |

Figura 9: Mapa com os principais usos dos solos na década de 80 e no ano de 2008. Fonte: Baggio (2008).

CAPÍTULO 3

VEREDAS

A vereda é uma paisagem muito peculiar das regiões de Cerrado aparecendo na Bacia do Rio do Formoso de forma notável. Esse ambiente possui solos permanentemente saturados por água, vales com fundo encharcado e encostas úmidas, compostos de turfeira com alinhamentos da palmeira buriti (*Mauritia flexuosa*) em um campo higrófilo.

A vereda é a fitofisionomia com a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* emergente em meio a agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivo-herbáceas. São circundadas por Campo Limpo, geralmente úmido e os buritis não formam dossel como ocorre no Buritizal.

Outra descrição (Ribeiro & Walter, 1998 *in* Melo, 2008) considera que as veredas são encontradas em solos hidromórficos, saturados durante a maior parte do ano ocupando, geralmente, os vales ou áreas planas acompanhando linhas de drenagem mal definidas, em geral sem murundus.

Apesar de sua importância ambiental, o ecossistema Vereda ainda foi objeto de poucos estudos sistemáticos. Viana (2006) realizou um levantamento de 45 veredas na região de Buritizeiro e seu trabalho foi o único encontrado no campo da geoquímica, tendo estudado as águas deste ambiente.

Diversos trabalhos sobre as veredas são representados por estudos de solo (Couto *et al.*, 1985, Lima, 1996) ou solo, topografia e evolução da paisagem (Lima, 1996). Com relação à vegetação a maior parte dos trabalhos refere-se estritamente ora à descrição da paisagem sem detalhar a composição florística (Boaventura, 1978, Carvalho, 1991, Melo, 1992), ora ao levantamento da composição florística sem detalhar as condições pedológicas e geomorfológicas dos segmentos estudados nas veredas associados aos diferentes usos da terra nas áreas adjacentes (Brandão *et al.*, 1991).

Do ponto de vista geomorfológico, a vereda (Figura 10) é definida como formas ligeiramente deprimidas dentro das chapadas, ocupadas principalmente por nascentes de pequenos cursos d'água. [...] Durante o período chuvoso, essas veredas podem ficar muito pantanosas e no inverno reduzem-se a fontes. É a presença de água que modifica as condições ecológicas e permite o aparecimento da palmeira buriti (*Mauritia vinifera*) em meio a uma cobertura de gramíneas baixas (Barbosa, 1967).



Figura 10: Fitofisionomia com a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* emergente, em meio a agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivo-herbáceas.

Com relação à sua origem e ao posicionamento no quadro geomorfológico regional, principalmente no noroeste de Minas Gerais, as veredas possuem, segundo Boaventura (1988), a seguinte tipologia (Figura 11):

- As originadas do extravasamento superficial de aquíferos - que se dividem em veredas de planalto (de superfícies tabulares e de encosta) e veredas de depressão (de superfície aplainada ou de terraço fluvial coberto por colúvio);
- As originadas do extravasamento de lençóis profundos - veredas de sopé de escarpa;
- As originadas do extravasamento de mais de um lençol d'água - veredas de patamar.

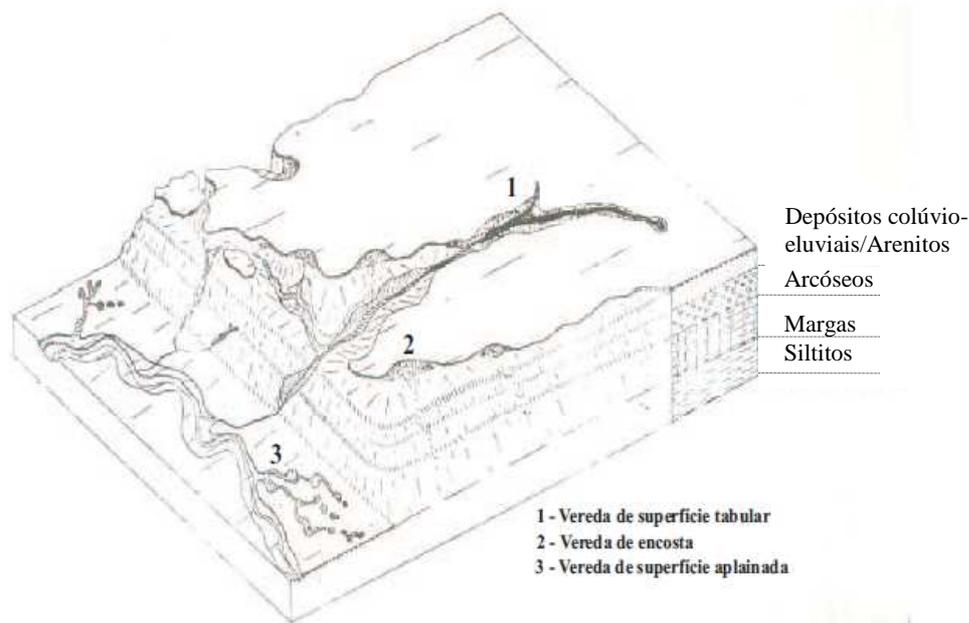


Figura 11: Tipos de veredas em relação à origem e à geomorfologia. Fonte: Boaventura (1988).

Melo (1978) caracterizou morfologicamente as veredas de Buritizeiro, ao distinguir quatro subunidades geomorfológicas diferenciadas (Figuras 13 e 14), por seus aspectos pedológicos, fitogeográficos, hidrológicos e topográficos, designadas por zonas: do envoltório, seca, encharcada e do canal. A seguir, a descrição de cada uma delas:

- **“Zona do envoltório:** constitui a parte da área da superfície tabular que contorna a vereda. Caracteriza-se por cobertura vegetal de cerrado em solo areno-quartzoso com predomínio de areia muito fina de cor avermelhada (5YR 5/6 e 5YR 6/6)”. Essa subunidade limita-se nas rupturas de declive que marcam o início das vertentes da vereda, onde a vegetação de cerrados é interrompida, passando para cobertura de gramíneas, visualizando-se então o contorno da vereda;
- **“Zona seca:** tem início no limite da zona do envoltório com o vale e constitui praticamente as vertentes.” Embora com essa denominação é constituída por solo hidromórfico (gleizado) com mosqueamentos refletindo sazonalidade do lençol freático. Textura areia muito fina a siltica revestida por uma cobertura vegetal de gramíneas”;
- **“Zona encharcada:** compreende o fundo plano da vereda preenchido por uma camada de 40 a 80 cm de espessura de solo de cor preta (10R 5/1) (classificada como turfa) capeado em geral por 20 cm de turfa”. Nessa zona a vegetação é representada por densa cobertura de gramíneas e ao centro presença da palmeira buriti (Figura 12).



Figura 12: A- Buriti (*Mauritia flexuosa*), espécie típica da região de veredas. B- Detalhe do fruto do buriti.

- “**Zona do canal:** corresponde ao escoamento superficial de água na vereda sobre o solo turfoso em geral após a confluência de pequenas veredas tributárias. A jusante, um talvegue pouco aprofundado marca aproximadamente o limite entre vereda e riacho cujo fundo de início apresenta sedimentos arenosos e a seguir passa a correr sobre as rochas do Grupo Bambuí”.

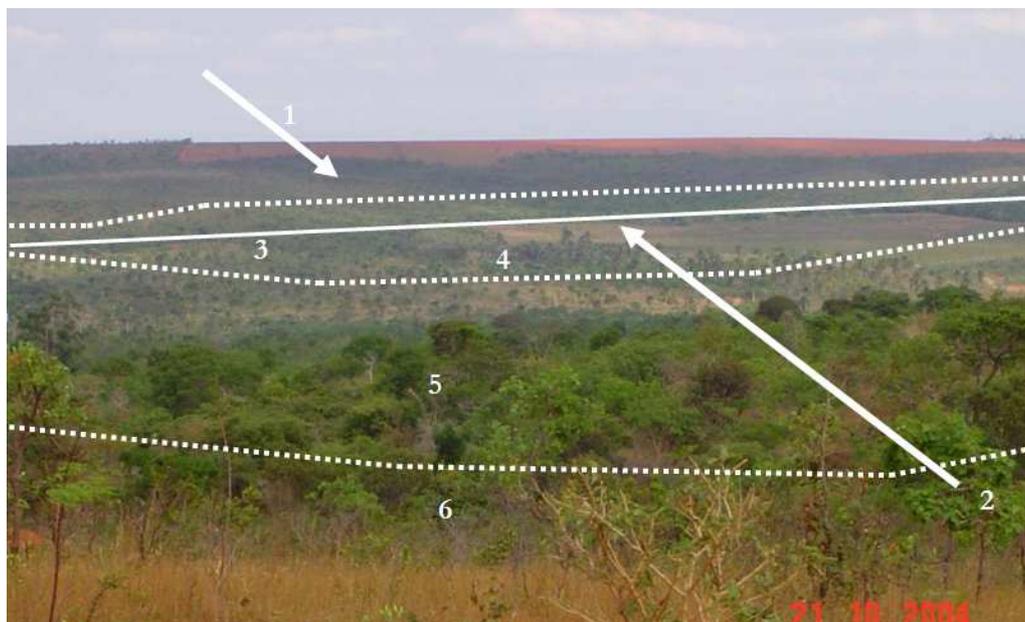


Figura 13: Descrição de caracterização das sub-unidades em uma vereda típica da área de estudo. (1) Desmate para plantio – Assoreamento; (2) Agropecuária – Contaminação química e biológica; (3) Zona do canal; (4) Zona encharcada; (5) Zona do envoltório; (6) Zona seca. Fonte: Viana (2006).



Figura 14: Esquema ilustrativo representando: zona seca (A); zona do envoltório (B) e zona encharcada (C).

Melo (1978) ainda salienta que essas zonas morfológicas apresentam variações morfométricas ao longo do curso das veredas, o que leva a subdividi-las em sequências de montante, intermediária e de jusante. Além disso, as medidas da largura das zonas, de suas declividades e espessura dos seus solos orgânicos podem variar de vereda para vereda devido à influência de seu comprimento total e da presença de mais ou menos veredas tributárias.

Segundo Boaventura (1978, *in* Melo, 2008), na região Noroeste de Minas Gerais “As veredas são vales rasos, com vertentes côncavas e arenosas de caimento pouco pronunciado e fundo plano, preenchidos por argilas hidromórficas. A palmeira buriti é também um elemento característico, ocorrendo tanto em alinhamentos que acompanham os pontos de maior umidade, como em formações e associações mais densas que se destacam no meio dos cerrados adjacentes. O escoamento é geralmente perene, notando-se, entretanto, nítida variação sazonal de vazão”.

Em contrapartida, Lima (1996) afirma que vereda é um vale de formato depressivo raso, vertentes sub-retilíneas ou suavemente convexas em declividades suaves (variando de 1 a 3%) que se torna côncava próximo ao fundo do vale, local onde estão solos hidromórficos com forte ruptura de declive ou não. Possuem duas zonas distintas a saber a zona de inundação permanente, situada junto ao eixo de drenagem (solos completamente saturados de água durante todo o ano) e uma zona de inundação periódica. A vegetação dentro da vereda é composta essencialmente por gramíneas, ciperáceas e buritis (*Mauritia flexuosa*).

Segundo Melo (1992), da borda da vereda até a média vertente a área é reconhecida como uma subunidade da vereda denominada “*Zona de Umidade Sazonal*”. A média-baixa vertente é uma subunidade denominada “*Zona Úmida*”. O fundo brejoso encharcado foi reconhecido como outra subunidade da vereda e denominada “*Zona Encharcada*”.

Araújo *et al.* (2002) introduziram a subdivisão das veredas em três zonas: a zona de borda, a zona do meio e a zona do fundo, conforme a zonação de solos de várzea do Estado de Minas Gerais sugerida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1982) e por Almeida *et al.* (1983).

A zona de borda foi considerada a zona situada próxima ao cerrado, constituída por solo mais claro e com melhor drenagem. O meio, em solo mais escuro saturado com água grande parte do ano. Por último o fundo, em solo permanentemente saturado com água e essencialmente orgânico (Araújo *et al.*, 2002).

Segundo Silva (2007), a vereda constitui uma quebra da “monotonia” da vegetação cerrado, principalmente nas chapadas. Tal diferença fisionômica pode ser explicada pela maior disponibilidade hídrica no solo, característica marcante das veredas.

Diante da revisão do conceito de vereda, neste trabalho se adota a seguinte definição:

A vereda é um ecossistema do Cerrado sempre associada com a rede de drenagem local e que ocorre em regiões de maior umidade. Sua origem é relacionada a condicionantes geológicos, devido à sobreposição de camadas litológicas com permeabilidades diferentes, ocasionando a exsudação do lençol freático. É constituída por vales rasos de vertentes arenosas pouco inclinadas, fundo plano composto de solos do tipo organossolo. Sua flora se caracteriza por diferentes estratos. Partindo do cerrado em direção à zona do canal de água existe o estrato herbáceo, seguido pelo estrato arbustivo e finalmente, o estrato arbóreo com a presença da palmeira Buriti.

3.1 - Gênese das Veredas

Freyberg (1932), *in* Melo (1992), relaciona a origem das veredas ao afloramento do lençol freático, onde a topografia intercepta o contato entre duas camadas de rochas de permeabilidades diferentes. Segundo Branco (1961) quando a incisão dos pequenos vales que dissecam a chapada atinge o substrato impermeável, o afluxo das águas do arenito se dá em direção a esse ponto, ocorrendo aí emersão de água. “*A maior umidade nesse ponto e as águas que escoam para o vale propiciam uma vegetação mais densa, geralmente de buritis, constituindo as veredas.*”

Boaventura (1978, 1981 *in* Melo, 2008), no estudo geomorfológico da região Noroeste de Minas Gerais, desenvolvido no âmbito do Projeto Planoroeste II (2º Plano de Desenvolvimento

Integrado da Região Noroeste de Minas Gerais), associa a formação das veredas a três condições básicas: existência de superfícies de aplainamento, superposição de camadas geológicas litificadas ou de sedimentos inconsolidados onde a camada superior é permeável e a inferior é impermeável, e condições de exorreísmo. Formula a hipótese de que elas se formaram a partir da interligação de depressões fechadas, pelo transbordamento da água e escoamento superficial durante os períodos chuvosos.

Segundo Melo (1992), a distribuição das veredas apresenta um padrão de controle estrutural por fraturas, assim como os rios e córregos que têm nelas as suas nascentes. Melo (2008) infere que a orientação desses córregos e rios em direções estruturais deu-se a partir de um controle estrutural prévio a que se associam as suas veredas e, dessa forma, a origem das veredas estaria relacionada à direção dos fluxos subterrâneos e subsuperficiais do aquífero para fraturas preexistentes no subsolo. A perda de água com substâncias coloidais e soluções químicas por essas fendas pode ter rebaixado por abatimento o fundo chato do vale. Nele, a hidromorfia permitiu a produção biológica, sobretudo na zona encharcada. Assim, o fundo chato da vereda pode surgir por rebaixamento, devido à perda de matéria; porém, a constante formação da turfa e do solo orgânico o preenche, compensando as perdas e conferindo ao conjunto um aspecto de leve depressão.

Além destes fatores, pode-se acrescentar outro aspecto de ordem climática característico da região de vereda: o clima tropical, com duas estações bem definidas, sendo um período úmido e outro seco. Esta condição climática é ideal para o desenvolvimento da flora e fauna deste ambiente (Silva, 2007).

3.2 - Importância Ecológica das Veredas e Principais Formas de Degradação deste Ambiente

A vereda é considerada um corredor ecológico natural no domínio do Cerrado (Melo, 2008) pois os alinhamentos dos buritis servem como trilha para os animais se alimentarem e reproduzirem. Segundo o mesmo autor tais ambientes não apenas servem de corredor ecológico mas também funcionam como zona de descarga e mantém a perenidade de rios e córregos a elas conectados, uma vez que a água do aquífero exsuda na zona úmida e aflora ou está bem próxima da superfície na zona encharcada, enquanto o topo dos planaltos areníticos funciona como uma área de recarga dos aquíferos.

Outro aspecto importante das veredas, em relação às comunidades locais, é o seu valor econômico devido ao grande potencial do buriti no fornecimento de diversos produtos.

Com relação à legislação ambiental, a Resolução CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002, define vereda como:

“Espaço brejoso ou encharcado, que contém nascentes ou cabeceiras de cursos d`água, onde há ocorrência de solos hidromórficos, caracterizado predominantemente por renques de buritis do brejo (Mauritia flexuosa) e outras formas de vegetação típica.”

A mesma ainda define nascente ou olho d`água como:

“ Local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea.”

Tal resolução também determina como sendo Áreas de Preservação Permanente as áreas situadas:

“(...) ao redor de nascente ou olho d`água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinqüenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte; em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de cinqüenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado; nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias; nos locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçadas de extinção que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal.”

A Lei nº 4771 de 15 de setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal, define área de preservação permanente como:

“Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.”

Esta Lei considera de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

“(...) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d`água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinqüenta) metros de largura.”

No ano de 1986, a Lei estadual nº 9372 declarou de interesse comum e de preservação permanente os ecossistemas das Veredas do Vale do Rio São Francisco. Esta lei declara que nas veredas e em suas faixas de vegetação natural de 800 metros de cada lado do eixo da zona do canal são proibidos drenagem, aterros, desmatamentos, uso de fogo, caça, pesca, atividades agrícolas e industriais, loteamentos e outras formas de ocupação humana que possam causar desequilíbrios aos ecossistema. As atividades de pecuária, uso da água para dessedentação de animais e consumo doméstico, travessia, lazer e pesquisa serão permitidos se não ocasionarem alterações significativas nas condições naturais.

Finalmente, a Lei nº 9682, de 12 de outubro de 1988, declara de interesse comum e de preservação permanente os ecossistemas das veredas no Estado de Minas Gerais e ainda considera como reservas ecológicas as áreas de veredas, estabelecidos os seguintes limites:

- Nas veredas de encosta – toda a sua extensão e até 50 metros além da ocorrência de espécies herbáceas, buritis ou solos hidromórficos;

- Nas veredas de superfície aplainada e nas veredas-várzea – toda a sua extensão e até 80 metros além do limite da ocorrência de espécies herbáceas, buritis ou solos hidromórficos.

Apesar da legislação existente, ainda ocorrem formas de degradação nas veredas como:

- Construção de barragens em regiões de veredas para a edificação de estradas ou como fonte de água para irrigação de projetos agrícolas. Este barramento ocasiona o afogamento permanente dos Buritis levando-os a morte;
- Voçorocamento nas encostas e conseqüente assoreamento da zona encharcada;
- Queimadas, drenagem e aterros nas veredas mais rasas, para fins agrícolas;
- Presença de areais ao redor das veredas, relacionados ao desmatamento e abertura de estradas;
- Plantio de eucalipto nas margens da zona encharcada e provável comprometimento das condições estruturais e de umidade dos solos nas bordas das veredas (Figura 15).



Figura 15: Plantio de eucaliptos à margem da zona encharcada de uma das veredas estudadas na Bacia do Rio do Formoso. Nota-se claramente uma depressão central atrás dos eucaliptos ainda com vegetação preservada (buritis).

- Voçorocamentos perpendiculares e longitudinais à vereda, com degradação completa dos solos. Nesse caso, a vereda é transformada em voçoroca;
- Utilização das regiões de gramíneas como pastagem natural. Esta prática, além de danificar a vegetação, ocasiona a compactação do solo pelo pisoteio do gado (Figura 16).



Figura 16: Vereda descaracterizada por longo período de uso como pastagem de gado. Localizada sobre a unidade geológica do Grupo Bambuí – Formação Três Marias. O anel de buritis indica o local onde há maior quantidade de água no solo.

CAPÍTULO 4

METAIS PESADOS

4.1 - Conceitos Básicos de Geoquímica Ambiental

O termo Metal pesado é o coletivo e aplicado a um grupo de metais e metalóides com uma densidade maior que 6 g/cm^3 . É um termo amplamente reconhecido e frequentemente aplicado a elementos comumente associados a problemas de poluição e toxicidade.

Quantidades traços de alguns desses elementos exercem influências positivas ou negativas aos animais e plantas e podem ter, em pequenas quantidades, um papel fundamental no organismo humano. No entanto, quando em altas concentrações, causam, quase sempre, perturbações e distúrbios diversos. Por outro lado alguns metais, conhecidos como não essenciais, são danosos aos seres vivos independente da quantidade ou concentração. Dentre eles está o mercúrio.

Outra característica importante desses elementos é que não são degradáveis química ou biologicamente, permanecendo no meio por vários anos e, quando apresentam concentrações superiores àquelas permitidas pela Organização Mundial de Saúde, são nocivos à saúde, principalmente quando sofrem bioacumulação e biomagnificação.

Dos 72 elementos classificados como metais, 59 podem ser caracterizados como metais pesados. Somente 17 destes elementos são considerados extremamente tóxicos. Estes elementos pesados têm um grau de toxicidade variado.

4.2 - Fontes de Poluição por Metais Pesados

Existem principalmente duas fontes de poluição por metais pesados: poluição por fontes naturais e por fontes antropogênicas, as quais também são as duas origens dos metais.

Fontes naturais: As rochas da crosta terrestre sofrem processos de intemperismo físico, químico e biológico que acarretam a liberação dos metais pesados para os vários ambientes da superfície terrestre. Outras fontes são a precipitação do material particulado da atmosfera, os vulcões, a fumaça, micrometeoritos, exsolução de material orgânico - plantas e animais (Kabata-Pendias & Pendias, 1984). O transporte do material particulado acontece, normalmente, com a chuva. Os processos de intemperismo dependem muito do pH, da concentração de CO_2 e O_2 , quantidade, composição e velocidade da água de chuva, como também o tipo de fluxo. Esta quantidade de fatores dificulta a avaliação e mensuração da contaminação natural.

Fontes antropogênicas: a descarga direta de vários efluentes em uma bacia hidrográfica, onde as fontes principais são: a agricultura, o tráfego, ocupação urbana e a indústria. Outras fontes

são minerações, queima de combustíveis fósseis e depósitos de lixo. A introdução e o transporte em direção aos rios são também realizados pelos escoamentos superficiais e subterrâneos.

Todas estas fontes precisam ser avaliadas de uma maneira diferente e específica em relação à formação, concentração, composição, etc. Existem várias condições que mantêm os metais pesados em solução. Tais condições (fator de distribuição) controlam o enriquecimento desses metais nos sedimentos. Estes processos determinam se os metais pesados podem ou não entrar na cadeia trófica.

Presentes nas diferentes esferas terrestres e em parte dos ciclos biogeoquímicos que ocorrem naturalmente, os elementos denominados “Metais Pesados” têm sido objeto de pesquisas, tendo em vista a sua crescente presença em ambientes aquáticos, nos sedimentos e nos solos, assim como pelo conhecimento de seus efeitos na saúde animal e vegetal (Fergusson, 1991).

4.3 - Metais Pesados e seus Efeitos e Riscos à Saúde Humana e Ambiental

Os elementos químicos formadores das rochas e dos solos podem representar riscos à saúde dos homens, dos vegetais e dos animais. Os teores desses elementos em nosso ambiente podem estar correlacionados com a deficiência e toxicidade dos mesmos nos organismos dos seres vivos. Alguns elementos que ocorrem naturalmente na crosta terrestre são essenciais para manutenção da nossa saúde, porém outros são tóxicos.

Antes de considerar a necessidade de remediar ou proteger uma área contaminada por atividades antrópicas, é prudente conhecer os níveis de *background* da região para determinar o grau de contaminação. Elementos que ocorrem normalmente em ambientes naturais podem produzir efeitos adversos à saúde quando são ingeridos em altas concentrações. É o caso da ingestão de água provenientes de áreas ricas em ferro (latossolos perférricos).

As rochas são fonte de todos os elementos químicos que ocorrem naturalmente na superfície terrestre. Os metais são onipresentes na litosfera onde são distribuídos heterogeneamente e ocorrem em diferentes formas químicas.

Os elementos que ocorrem naturalmente não são distribuídos igualmente na superfície terrestre e os problemas para a saúde do homem podem surgir quando as concentrações dos elementos são muito baixas (deficiência) ou muito elevadas (toxicidade). A incapacidade do ambiente de prover o balanço químico dos elementos pode levar a sérios problemas de saúde. As interações entre o ambiente e a saúde são particularmente importantes para a sobrevivência das populações que são altamente dependentes do ambiente local para suprir sua alimentação.

Atualmente, aproximadamente 40 dos elementos que ocorrem naturalmente são conhecidos por serem essenciais à vida das plantas e dos animais. Dentre eles podemos citar o cálcio, o magnésio, o ferro, o cobalto, o cobre, o zinco, o fósforo, o nitrogênio, o enxofre, o selênio, o iodo e o molibdênio. Alguns elementos como o arsênio, o cádmio, o chumbo, o mercúrio e o alumínio não possuem função biológica ou a possuem de forma limitada e são geralmente tóxicos para o homem (Silva *et al.*, 2005).

Os elementos essenciais costumam ser divididos em macronutrientes (que necessitam ser absorvidos através da dieta em grandes quantidades) participando da massa corpórea em concentrações maiores que 0,1% (Ca, Cl, P, K, Na, S) e micronutrientes, em concentrações corpóreas abaixo de 0,1% (Mg, Si, Fe, F, Zn, Cu, Mn, Sn, I, Se, Ni, Mo, V e Co) (Silva *et al.*, 2005).

Muitos desses elementos são conhecidos como elementos-traço (concentração menor que 1000 ppm) porque geralmente ocorrem em pequenas concentrações (mg/kg ou ppm) em muitos solos. A deficiência de elementos-traço nas culturas agrícolas e nos animais é comum em grandes áreas em várias regiões do mundo e, por essa razão, programas de suplementação mineral são práticas aplicadas na agricultura.

Além do entendimento sobre as fontes naturais e antropogênicas das substâncias perigosas ao ambiente, é também importante considerar a exposição e a biodisponibilidade delas. Exposição é a descrição qualitativa e/ou quantitativa do total da substância química que entra e é assimilada pelas diversas vias de exposição. Biodisponibilidade é a proporção da substância química disponível para entrar no organismo através de uma determinada via de exposição. A biodisponibilidade influencia diretamente na exposição e, portanto, o efeito e risco em relação à saúde. Grandes quantidades de substâncias potencialmente prejudiciais à saúde podem estar presentes no meio ambiente porém, se não estiverem em forma química biodisponível, o risco para a saúde pode ser mínimo. A biodisponibilidade depende não somente das formas físicas e químicas do elemento mas também de outros fatores ambientais, tais como pH, temperatura e condições de umidade. A biodisponibilidade e a mobilidade de metais como o zinco, chumbo e cádmio são maiores em condições ácidas e tornam-se menos biodisponíveis com o aumento do pH (Silva *et al.*, 2005). O tipo de solo, o seu conteúdo de argila e areia e suas propriedades físicas afetam a migração dos metais através deles. Os organismos presentes nos solos também afetam a solubilidade, o transporte e a biodisponibilidade do metal.

As toxicidades desses elementos se ampliam diante do fenômeno de biomagnificação e, ainda pela capacidade de alguns organismos de bioconcentrar estes elementos, processos que se definem entre os períodos de meia-vida de cada um (Baird, 2002).

Os metais se distribuem nos diferentes níveis tróficos das cadeias alimentares e atingem o homem devido ao seu efeito acumulativo. Nesse sentido, Esteves (2002) enfatiza que as populações mais expostas à contaminação são aquelas que utilizam dos ecossistemas aquáticos, que recebem efluentes de indústrias químicas, de papel e metalúrgicas assim como de áreas agrícolas. Além destas atividades podemos citar o garimpo que expõe as populações ao mercúrio, a indústria de couro com exposições ao cromo, a mineração com geração de drenagem ácida, etc.

As particularidades de tais elementos referem-se principalmente, às origens, aos usos e aos padrões de intoxicação. Para Felleberg (1980), cada um desses metais provoca um conjunto específico de sintomas e um quadro clínico próprio que se baseiam em mecanismos enzimáticos e na ação das membranas celulares, sendo comuns os efeitos cancerígenos e mutagênicos, na sua maioria.

4.4 – Metais Pesados no Meio Ambiente

Segundo Baird (2002), os locais de estacionamento provisório dos metais são os solos e os sedimentos de corrente. Os riscos ambientais dos metais pesados estão ligados ao seu uso intenso, toxicidade e ampla distribuição que se faz principalmente por via aérea ou aquática.

Na água e no ar esses elementos ocorrem dissolvidos e dispersos, respectivamente, caracterizando um ambiente de transição temporário. Segundo Zambetta (2006), os metais que chegam aos corpos d'água têm o potencial de se adsorver com as partículas que compõem o sedimento de corrente, acumulando-se neste, o qual funciona como reservatório de contaminantes de baixa solubilidade e desempenha importante papel nos processos de assimilação, transporte e deposição para essas espécies químicas.

Os sedimentos são, desta forma, uma fonte potencial de contaminação para os organismos e para a coluna d'água. Ainda com relação aos sedimentos, Salomons & Förstner (1984) destacam que é importante considerar que os metais não se distribuem de forma homogênea entre os sedimentos podendo ser encontradas diferenças de concentrações numa mesma localidade. Quanto ao tamanho das partículas, por exemplo, as frações mais finas apresentam maiores concentrações porque retêm mais elementos e, nesse sentido, uma presença maior de grãos de quartzo relaciona-se com menores níveis de acumulação de metais sendo, então, determinante a natureza química e física (Förstner & Müller, 1973a, 1973b e 1975; Förstner, 1989).

De acordo com Macedo (2002), os sedimentos sempre vão conter íons de metais pesados, mas as concentrações irão variar em função da geologia local e das alterações antropogênicas. Dornfeld (2002) ressalta que a diferença entre a presença dos metais no ambiente por processos

naturais ou antrópicos reside na magnitude do impacto, na frequência (ocasional, contínua ou intermitente) e na duração (horas, meses, anos) em que ocorre a distribuição e contaminação pelos metais, ocasionando impactos consideráveis à estrutura e funcionamento dos ecossistemas.

No meio aquático os metais pesados podem passar por transformações químicas que os tornam mais nocivos ao ambiente, já que essas características tóxicas estão relacionadas ao pH, quantidade de carbono dissolvido e em suspensão, permitindo estabelecer reações com capacidade de remover ou potencializar a atividade biológica potencial de alguns metais. Esses conjuntos de processos (adsorção/dessorção, precipitação, complexação, oclusão, sedimentação e difusão) influenciam na disponibilidade dos metais e características geoquímicas as quais definem a capacidade de ligação dos metais nos corpos d'água favorecendo ou não a autodepuração. O acúmulo de metais nos ecossistemas aquáticos tem despertado interesse sob vários aspectos, principalmente em relação ao destino e aos possíveis efeitos contaminantes, sua ciclagem biogeoquímica e seu comportamento e distribuição na cadeia alimentar (Blumer & Brumer, 1991).

4.5 - Descrições dos Elementos Selecionados para Estudo

4.5.1 - Chumbo (Pb)

É considerado um metal tóxico, pesado, macio, maleável e pobre condutor de eletricidade. Apresenta coloração branco-azulada quando recentemente cortado, porém adquire coloração acinzentada quando exposto ao ar.

Por apresentar resistência à corrosão, o chumbo encontra muitas aplicações na indústria de construção e, principalmente, na indústria química. É resistente ao ataque de muitos ácidos, porque forma seu próprio revestimento protetor de óxido. Como consequência desta característica, o chumbo é muito utilizado na fabricação e manejo do ácido sulfúrico, em baterias de ácido, em munição, na proteção contra raios-X e forma parte de ligas metálicas para a produção de soldas, fusíveis, revestimentos de cabos elétricos, materiais antifricção, metais de tipografia, etc.

É classificado como elemento não-essencial.

O mineral de chumbo mais comum é o sulfeto (PbS) denominado de galena (com 86,6% deste metal).

Presente na crosta terrestre, o Chumbo se torna disponível ao homem quando extraído do minério galena. O problema ambiental do chumbo está nas formas dissolvidas (iônica) o que ocorre a partir da reação com oxigênio em meio ácido, um exemplo disto está no uso de soldas em latas de estanho (para alimentos) e em tubulações.

Um dos principais problemas com chumbo resultou do seu uso na gasolina (aditivadas com Pb), principalmente até a década de 70. Presente na atmosfera pela liberação do material particulado da combustão, o Pb foi depositado nas ruas, nos vegetais, em pastagens e contaminou as águas. Ele também pode ser absorvido através da pele na forma gasosa. Observou-se exemplos de contaminação por Pb até 250-500 metros das vias de tráfego. Outras fontes de Pb são desmontes clandestinos de ferro velho e cemitérios (sais de Pb).

4.5.2 - Cádmi

É um metal branco azulado, dúctil e maleável, relativamente pouco abundante. É um dos metais mais tóxicos, apesar de ser um elemento químico essencial, necessário em quantidades muito pequenas, entretanto, sua função biológica não é muito clara.

O mineral mais importante de cádmio é a grinoquita (CdS).

Naturalmente associado a minerais de Zn e Pb e rochas fosfáticas, o Cd é altamente móvel nos ambientes aquáticos e apesar de não ter em destaque uma fonte particular de cádmio, em grande extensão, é um subproduto da fundição e mineração do zinco, chumbo e cobre e também da combustão do carvão.

Das principais emissões destacam-se as baterias “NiCad” - níquel e cádmio (recarregáveis); os pigmentos de plásticos coloridos, monitores de TV e tintas (amarelas). Este metal é emitido a partir da incineração destes materiais. Outra fonte está no aço laminado com cádmio e materiais utilizados na indústria eletrônica.

Baird (2002) salienta que os fumantes estão expostos ao cádmio diante dos níveis de contaminação do solo e água usados para o cultivo das plantas de tabaco e pela fumaça direta do cigarro, o que dobra a ingestão do metal.

4.5.3 - Bário (Ba)

O bário é um elemento químico tóxico, macio, de aspecto prateado, com alto ponto de fusão pertencente à família dos metais alcalinos terrosos. É encontrado no mineral barita ($BaSO_4$), não sendo encontrado livre na natureza, devido a sua elevada reatividade. Seus compostos, que são solúveis em água ou em ácidos, são venenosos.

O Bário é classificado como elemento não-essencial e seus compostos possuem um amplo aspecto de absorção dos raios X, possuem capacidade de absorver radiação tornando-se útil como carreador de rádio (Rd) em usinas nucleares, sendo facilmente oxidável pelo ar.

A toxicidade desse metal se relaciona às formas solúveis (organo-complexos, carbonatos e cloretos) em água ou em ácidos, pois todas essas substâncias são altamente venenosas.

Dentre as formas de dissipação pelo ambiente, tem-se a oxidação pelo ar. A ingestão de bário em doses superiores às permitidas pode causar desde um aumento transitório da pressão sanguínea, por vaso constrição, até sérios efeitos tóxicos sobre o coração.

4.5.4 - Cromo (Cr)

O cromo é um metal de transição, duro, frágil, de coloração cinza semelhante ao aço. É muito resistente à corrosão.

É um elemento essencial para o metabolismo da glicose.

Originário do mineral cromita (FeCr_2O_4), o Cr está presente nas indústrias de tintas e ligas de aço e níquel. O $\text{Cr}^{(\text{III})}$ tem função biológica relacionada aos complexos organo-metálicos envolvidos na síntese de insulina e no controle dos índices de colesterol e de triglicérides no sangue.

O Cromo que ocorre em solução como $\text{Cr}^{(\text{VI})}$ é uma forma não essencial, tóxica em baixas concentrações, podendo ocasionar patologias respiratórias, gastrintestinais, nos rins e fígado, sendo também constatado o potencial carcinógeno.

4.5.5 - Cobalto (Co)

O cobalto é um metal duro, ferromagnético, de coloração branca azulada.

É um elemento essencial, constituinte da vitamina B12 (cianocobalamina) envolvida na manutenção da integridade do sistema nervoso e na produção de glóbulos vermelhos.

O metal não é encontrado em estado nativo, mas em diversos minerais, razão pela qual é extraído normalmente junto com outros produtos, especialmente como subproduto do níquel e do cobre. Quando encontrado junto com o níquel, ambos fazem parte dos meteoritos de ferro.

Este metal é utilizado para a produção de superligas usadas em turbinas de aviões, ligas resistentes a corrosão, aços rápidos, ferramentas de diamante, de corte e furadeiras, ligas especiais para odontologia, ou como matéria-prima na indústria de cerâmica. Um dos principais sais de cobalto é o sulfato CoSO_4 , empregado em processos de galvanoplastia, na preparação de agentes secantes e na fertilização de pastagens.

Os principais danos à saúde humana causados por este metal ocorrem no pulmão, ressaltado o poder cancerígeno (Silva, 2005).

4.5.6 - Cobre (Cu)

De aparência metálica e cor marrom avermelhada, o cobre é um dos poucos metais que ocorrem na natureza em estado puro. A exceção da prata é o metal que melhor conduz eletricidade. Destaca-se também por sua elevada condutividade térmica, o que faz com que, devido a sua resistência à deformação e à ruptura, ele seja matéria-prima preferencial para a fabricação de cabos, fios e lâminas. O cobre é maleável e dúctil, pois pode ser estirado sem quebrar.

É um elemento essencial, constituinte de uma dezena de enzimas importantes para o metabolismo humano como a superoxi-dismutase, envolvida no controle de radicais livres.

Os minérios de cobre aparecem misturados com diversos tipos de materiais rochosos sem valor comercial, como por exemplo, na canga, da qual devem ser separados.

É empregado ainda em muitos pigmentos, em inseticidas ou em fungicidas, pois é considerado um dos micronutrientes do solo essenciais para sua fertilidade quando presentes em quantidades equilibradas. Porém, quando utilizado em inseticidas em grande escala e com manejo inadequado haverá lixiviação e conseqüente acidificação das águas e do solo. Outras fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial, além de precipitação atmosférica de fontes industriais. As principais fontes são a mineração, as fundições, as refinarias de petróleo e a indústria têxtil.

A sua toxicidade se deve a exposição a altas concentrações biodisponíveis, situação na qual a bioacumulação pode ocorrer no corpo humano. O cobre acumula-se principalmente no fígado, nos rins, no coração e no cérebro. O acesso ao cobre é facilitado por sua presença natural nas águas superficiais e subterrâneas em virtude da sua solubilidade. Ocorre associado aos íons cloreto, sulfato e nitrato.

4.5.7 - Níquel (Ni)

É um metal de transição de coloração branca prateado, considerado condutor de eletricidade e calor, dúctil e maleável. Porém, o metal não pode ser laminado, polido ou forjado facilmente, apresentando certo caráter ferromagnético.

É considerado essencial e ligado ao controle do crescimento mas é pouco conhecido quanto aos seus mecanismos de ação no metabolismo. Muitas enzimas hidrogenases, porém não todas, contêm níquel, especialmente aquelas cuja função é oxidarem o hidrogênio. O níquel sofre mudanças no seu estado de oxidação indicando que o núcleo de níquel é a parte ativa da enzima. Também está presente na enzima metil-CoM-redutase e em bactérias metanogênicas. Possui papel biológico parecido com o ferro por serem muito próximos.

O níquel é encontrado em diversos minerais e em meteoritos (formando liga metálica com o ferro). Aproximadamente 65% do níquel consumido são empregados na fabricação de aço inoxidável austênico e, outros 12%, em superligas de níquel. O restante, 23%, é repartido na produção de outras ligas metálicas, baterias recarregáveis, reações de catálise, cunhagens de moedas, revestimentos metálicos, fundição e em refinarias. Sua dispersão é facilitada por participar de diferentes processos industriais.

O maior contato humano com o níquel ocorre pela intensa e crescente utilização deste metal em baterias recarregáveis com alta demanda para celulares. Neste sentido a contaminação é crítica nos processos de produção e descarte destes materiais. Muitas vezes o descarte é realizado juntamente com o lixo urbano.

4.5.8 - Zinco (Zn)

O zinco é um metal, às vezes classificado como metal de transição ainda que estritamente não seja, apresenta semelhanças com o magnésio e o berílio além dos metais do seu grupo. Este elemento é pouco abundante na crosta terrestre, porém pode ser obtido com facilidade. É um metal de coloração branca azulada que arde no ar com chama verde azulada. O ar seco não o ataca, porém, na presença de umidade, forma uma capa superficial de óxido ou carbonato básico que isola o metal e o protege da corrosão.

Ocorre em todos os tecidos, principalmente em ossos, músculos e pele. Atua no sistema imunológico, regula o crescimento corpóreo e oferece proteção ao fígado. Sua deficiência no organismo reduz o crescimento corpóreo (Silva *et al.*, 2006). Ele tem papel essencial na nutrição animal, sua deficiência pode causar sérios problemas de saúde como anorexia, dermatite, depressão e sintomas neuropsiquiátricos e, em contrapartida, a toxidade e excesso podem causar distúrbios gastro-intestinais e anemia.

O Zn está presente naturalmente em minerais sejam eles sulfetos, óxidos ou silicatos disponibilizados pelos processos de mineração do sulfeto de zinco ou pela destruição de carbonatos ricos em Zn. Os minerais dos quais se extrai o zinco são: esfalerita e blenda (ZnS), smithsonita (ZnCO₃), hemimorfita (Zn₄Si₂O₇(OH)₂H₂O) e franklinita (ZnFe³⁺₂O₄).

O zinco é oriundo de processos naturais e antropogênicos, dentre os quais se destacam a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, siderurgias, fábricas de cimento, produção de concreto, produção de cal e gesso, indústrias têxteis, termoelétricas e produção de vapor, além dos efluentes domésticos. Alguns compostos orgânicos de zinco são aplicados como pesticidas. O metal é usado principalmente como revestimento protetor ou galvanizador para o ferro e o aço, e como componente de diferentes ligas, especialmente de latão.

Disposto no meio ambiente aquático principalmente preso ao material em suspensão, a toxicidade do zinco se amplia quando combinado com outros metais nos processos de beneficiamento como extração e concentração de zinco e nos processos de fundição, metalurgia e nos efluentes industriais.

4.6 - Forma e Comportamento dos Metais Pesados nos Solos

A mobilidade dos metais pesados no solo é variável em função da sua natureza e forma química e também das suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Cátions divalentes como Zn⁺², Cu⁺², Pb⁺² e Cd⁺² são altamente hidratáveis e, geralmente, solúveis no solo (Simão & Siqueira, 2001). Em solos ácidos e bem drenados, a mobilidade relativa desses elementos pode variar. De modo geral, Cd, Zn, Mn e Ni, por exemplo, apresentam-se mais móveis do que o Pb, Cu e Cr.

Diversas características do solo influenciam na dinâmica dos metais pesados, destacando-se o pH, o potencial redox, a textura, a composição mineral, a capacidade de troca de cátions (CTC), o teor e a qualidade dos compostos orgânicos na fase sólida e na solução do solo, a competição por sítios de adsorção e a quelatação, além das propriedades específicas de cada metal (Simão & Siqueira, 2001).

Como se sabe, solos arenosos não são capazes de reter os metais e os mesmos percolam pelo seu perfil atingindo as águas subterrâneas tornando-se biodisponíveis às plantas e aos animais, podendo alcançar todos os elos da cadeia alimentar. Os metais tendem a se concentrar nos minerais de argila e naquelas com maior teor de matéria orgânica.

De acordo com Simão & Siqueira (2001), solos com textura mais arenosa, de baixa CTC, tendem a reter menos esses elementos, enquanto a elevação do teor de argila favorece os processos sortivos. Os solos, exceto aqueles muito ricos em areia, têm alta capacidade de reter Pb e Cu devido à forte afinidade dos íons Pb^{+2} e Cu^{+2} por constituintes orgânicos e minerais. Por sua vez, o Cd encontra-se nas formas solúvel e trocável em percentuais relativamente superiores aos demais metais, consistindo num metal pesado com grande potencial tóxico para o ambiente e para o homem (Simão & Siqueira, 2001).

O pH é uma das características que mais determina o comportamento dos metais pesados no solo, sendo que o aumento da acidez favorece a solubilização e a mobilidade de alguns elementos. Em solos com pH variando de neutro a alcalino, alguns metais se tornam menos solúveis e menos disponíveis às plantas por estarem precipitados na forma de hidróxidos e carbonatos. Também em solos com elevados teores de argila, óxidos ou húmus, os metais pesados estão mais fortemente retidos e assim menos disponíveis. Outra consequência do incremento do pH na disponibilidade dos metais no solo é o aumento da CTC, o que favorece a adsorção de cátions, sendo esse efeito mais pronunciado em solos com carga variável (Simão & Siqueira, 2001).

O potencial redox do solo interfere no comportamento desses elementos. Segundo Simão & Siqueira (2001), em ambiente redutores, o Fe e Mn são reduzidos à forma bivalente (+2) solúvel, enquanto que os elementos chalcófilos (a exemplo do Zn, Cu, Pb e Cd) formam sulfetos insolúveis por processo de precipitação química a partir da redução do sulfato. A estabilidade desses sulfetos em sedimentos é verificada mesmo em condições de pH muito baixo.

A matéria orgânica apresenta a capacidade de complexar ou quelatar alguns metais pesados do solo, podendo diminuir sua solubilidade, quando estão envolvidas substâncias orgânicas de elevado peso molecular, ou aumentá-la quando reagem com compostos de baixo peso molecular. Segundo Simão & Siqueira (2001), a maior proporção da matéria orgânica do solo consiste de substâncias húmicas, constituídas de ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina que, sob a denominação húmus, representam os principais agentes orgânicos envolvidos na complexação de metais no solo.

Segundo Ianhez (2003), parte considerável do chumbo se liga fortemente à matriz do solo de modo a não ser lixiviada pelas águas pluviométricas ou absorvida pelas plantas. No entanto, há uma parcela deste metal que permanece disponível e as técnicas extratoras devem priorizar justamente esta fração.

O zinco, cádmio e chumbo apresentam comportamentos bastante diferentes. O zinco e o chumbo são retidos preferencialmente pela matéria orgânica e, em condições de pH elevado, esta capacidade retentora é ampliada (Ianhez, 2003).

Paim (2002) também menciona que o zinco é retido pela matéria orgânica e que o chumbo, no estado de oxidação +2, tem alta afinidade pelos constituintes minerais dos solos.

O cádmio se mostra muito solúvel nos solos por não estabelecer interações fortes o suficiente com os minerais e principalmente com a matéria orgânica (Ianhez, 2003). Diante disto, pode-se dizer que a contaminação por tal metal é problemática independente do solo onde ocorra.

CAPÍTULO 5

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste trabalho efetuou-se a extração da fração biodisponível dos metais pesados selecionados (Pb, Cd, Ba, Cr, Co, Cu, Ni e Zn) em amostras de superfície (20 cm) e ao longo de perfis verticais estratigráficos de três veredas selecionadas na Bacia do Rio do Formoso, município de Buritizeiro. Os teores encontrados foram comparados com os valores orientadores para solos de acordo com a Decisão da Diretoria Nº 195-2005 (Cetesb, 2005) e a Resolução CONAMA 420/2009 (CONAMA, 2009). Com tais resultados também se avaliou a relação da distribuição dos metais com a profundidade (tempo de deposição) e a presença de contaminação de origem antrópica.

Para a realização do trabalho, as atividades foram divididas em etapas de Trabalho de Gabinete, Trabalho de Campo e Trabalho de Laboratório, os quais serão descritos a seguir.

5.1 - Trabalho de Gabinete

No Trabalho de gabinete foram feitas pesquisas literárias e revisão bibliográfica dos estudos sobre o ecossistema veredas, sobre a contaminação de solos por metais pesados e os aspectos físicos, econômicos e socioambientais da Bacia do Rio do Formoso. Também foi realizado o planejamento para os trabalhos de campo e as análises laboratoriais.

Os mapas Geológico, Geomorfológico e Pedológico da Bacia do Rio do Formoso utilizados neste trabalho foram confeccionados com a utilização do *software* Arc Gis (versão 9.3) a partir de mapas elaborados por Baggio (2008) na escala 1:60.000. Os mapas de Hidrografia e de Uso e Ocupação do Solo foram retirados do trabalho do autor anterior. Os mapas das veredas também foram elaborados através do *software* Arc Gis (versão 9.3) e os procedimentos de coleta de dados para suas confecções serão descritos no item Trabalho de Campo.

As informações referentes aos dados obtidos em laboratório para metais pesados (valores de referência), pH, separação granulométrica, teor de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica (CTC), cor e mineralogia das amostras foram dispostas em planilhas desenvolvidas no *software* Microsoft Excel (Pacote Office 2007) e dispostas nos capítulos que tratam de suas respectivas informações.

Em anexo a esta dissertação estão as tabelas com os resultados obtidos neste trabalho.

5.2 - Trabalho de Campo

Durante esta fase, foram realizados seis campanhas de campo. A primeira e a segunda ocorreram nos meses de maio e junho de 2008 e tiveram, além da amostragem inicial, o objetivo de conhecer a área de estudo e selecionar as três veredas a serem estudadas.

Em agosto de 2008 foi realizado um terceiro trabalho de campo no qual foram adquiridos os dados de GPR (Ground Penetration Radar) nas linhas estabelecidas na metodologia para as três veredas.

Em dezembro de 2008 foram realizadas coletas de amostras em perfis estratigráficos na vereda Urbano. Em fevereiro de 2009 realizaram-se coletas de amostras superficiais e em perfis estratigráficos nas três veredas. Também foram coletados dados em campo para as confecções dos mapas das veredas. Por fim, em maio de 2009, realizou-se o último trabalho de campo com coletas de perfis estratigráficos na vereda Laçador.

5.2.1 - Seleção da Área de Estudo

As veredas foram selecionadas usando os seguintes critérios:

- 1- Interferência antrópica nas veredas como, por exemplo, substituição da vegetação original por pastagens para criação de gado;
- 2- Atividades no entorno das veredas, como agricultura que, através do uso de fertilizantes e pesticidas, geraram aporte de metais pesados para o solo;
- 3- Características geológicas e geomorfológicas diferenciadas para cada vereda.

Desta forma, as veredas selecionadas situam-se em três platôs geológicos e geomorfológicos diferentes, com atividades em seu entorno também diferentes.

5.2.2 - Veredas Objetos de Estudo (Denominação e Localização)

As veredas selecionadas foram denominadas de vereda Laçador, localizada na porção montante da Bacia do Rio do Formoso; vereda Jaraguá, localizada na porção central da Bacia e vereda Urbano, localizada na porção jusante da Bacia.

A **vereda Laçador** localiza-se na Fazenda Conquista, BR 365, km 254. As coordenadas UTM SAD 1969 desta vereda são 453366,20 e 8029821,00 e a mesma está sobre rochas da Formação Chapadão. A vegetação em seu entorno é de cerrado, com predomínio de capim vereda e

há plantações de soja, milho e feijão na fazenda na qual se situa. Há presença de água superficial, mesmo na estação seca.

A **vereda Jaraguá** localiza-se na Fazenda Jaraguá, BR 365, km 196. As coordenadas UTM SAD 1969 desta vereda são 481811,12 e 8070286,56 e a mesma está localizada na interface dos Grupos Areado e Mata da Corda. A vegetação em seu entorno é de cerrado com plantações de eucalipto. Há presença de água superficial, mesmo na estação seca.

A **vereda Urbano** está localizada às margens da BR 365, km 178. As coordenadas UTM SAD 1969 desta vereda são 493772,83 e 8075518,63 e a mesma está sobre rochas da Formação Três Marias, Grupo Bambuí. A vegetação em seu entorno é de cerrado com predomínio de capim vereda. Não há presença de água superficial na estação seca porque há evidências de que esta vereda sofreu pressões antrópicas no passado com a substituição de sua vegetação original por pastagens.

5.2.3 - Aplicação do GPR na Pesquisa

Com o uso do GPR (Ground Penetrating Radar) procurou-se verificar a profundidade do nível freático nas veredas, como também eventuais estratos e subdivisões causadas por mudanças de disponibilidade hídrica e estacionalidade climática.

As linhas de levantamento com o GPR foram localizadas na cabeceira a 400 m da linha dos primeiros buritis e em direção a jusante no segmento de ausência dos buritis na vereda Laçador e na cabeceira a 50 m dos primeiros buritis e em direção a jusante no segmento de ausência de buritis da vereda Jaraguá e Urbano.

Foram executados seis radargramas correspondentes aos transectos transversais e longitudinais nas veredas Laçador, Jaraguá e Urbano. Após testes iniciais com as antenas de 200 e de 100 MHz, foi escolhida a antena de 100 MHz, por ter sido esta a que apresentou os resultados mais claros e de melhor definição da subsuperfície. A profundidade de alcance do Georradar foi de 100 metros.

5.2.4 - Coleta de Dados para Confecção de Mapas

Para a realização de um levantamento topográfico simplificado, necessário para a determinação dos pontos de amostragens, execução dos perfis de GPR e georreferenciamento das áreas das veredas estudadas utilizou-se uma metodologia com GPS para a marcação das

coordenadas geográficas dos pontos das áreas das veredas. Estes pontos eram equidistantes e foram marcados a cada 5 metros. Utilizou-se também a bússola para medir o ângulo de inclinação do ponto, bem como sua direção. A cada ponto, tomava-se nota das características de solo, vegetação e drenagem e desenhava-se um croqui em caderneta.

5.2.5 - Coleta de Amostras de Solo

Para as amostras superficiais foram retirados os 20 cm superiores com ajuda de uma cavadeira do tipo boca de lobo pois, conforme os resultados de Ianhez (2003) e conclusões de Lemos (1996), um maior percentual dos cátions metálicos é retido nesta faixa de profundidade. As amostras foram homogeneizadas, acondicionadas em sacos plásticos e devidamente identificados e lacradas.

Para a coleta das amostras em perfis verticais, procedeu-se de maneira diferente. Na vereda Laçador, coletaram-se amostras de solos em seis perfis estratigráficos. Utilizou-se a cavadeira “boca de lobo” em todos eles, com exceção do Perfil 5 no qual utilizou-se um amostrador manual com cápsula coletora na sua extremidade e com hastes estendidas.

Na vereda Jaraguá, coletaram-se as amostras em dois perfis estratigráficos com o auxílio de uma cavadeira “boca de lobo”. Finalmente, na vereda Urbano coletaram-se as amostras em duas trincheiras abertas com o auxílio de ferramentas como pá e enxadão. As amostras foram coletadas com um auxílio de uma pá de plástico.

Todas as amostras coletadas nos perfis verticais foram acondicionadas da mesma forma que as amostras superficiais. Os dados de identificação das amostras são especificados em tabelas apresentadas em anexo (Anexo I) e no capítulo de resultados.

5.3 - Transporte das Amostras

As amostras de solo foram transportadas do campo para o município de Pirapora (base de apoio) em caixas de isopor e lá acondicionadas em uma geladeira. As mesmas foram transferidas em caixas térmicas durante o transporte de Pirapora até o Laboratório de Geoquímica do Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa (CPMTC/IGC) onde foram deixadas sob refrigeração até sua manipulação.

5.4 - Trabalho de Laboratório

O trabalho em laboratório foi dividido em etapas que serão especificadas a seguir.

5.4.1 - Secagem das Amostras

As amostras foram colocadas em bandejas de papel e secas à temperatura ambiente por um período de 15 a 20 dias.

5.4.2 - Separação Granulométrica

Após a secagem, as amostras de solo foram submetidas à separação granulométrica conforme a ABNT/NBR 7181/1982. Pesou-se uma alíquota de 500 g de cada amostra e procedeu-se ao peneiramento com uma série de três malhas (0,250 mm, 0,125 mm e 0,074 mm). As amostras foram levadas a um vibrador com as peneiras onde permaneceram por um tempo de vinte minutos e, em seguida, determinou-se o peso retido e/ou passante em cada peneira. Os resultados encontram-se nas Tabelas 1.1, 1.2. e 1.3. do Anexo I.

5.4.3 - Análise de Metais

Para a realização da análise dos elementos selecionados utilizou-se a fração mais fina das amostras peneiradas ($< 0,074$ mm) porque esta tende a concentrar mais estes elementos.

A metodologia de abertura utilizada foi a da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América - USEPA 3051-16.

Pesou-se 0,5 grama de amostra em balança analítica e colocou-se em tubos de ensaio de teflon, adicionou-se 10 mL de ácido nítrico concentrado e levou-se ao forno de microondas MarsXpress da CEM por 25 minutos. Deixou-se as amostras em repouso por 30 minutos para resfriamento e procedeu-se a transferência das mesmas para um balão volumétrico de 50 mL, completando-se com água deionizada o volume dos mesmos. Em seguida, as amostras foram filtradas em micropore 0,45 μm . As soluções filtradas foram analisadas em aparelho de Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma de Acoplamento Indutivo (ICP-OES) modelo M

4165 – Epectroflame para a determinação dos teores de metais pesados Pb, Cd, Ba, Cr, Co, Cu, Ni e Zn. Os dados analíticos com os resultados estão anexados (Tabelas 1.7,1.8 e 1.9, Anexo I)

5.4.4 - Determinação do pH em Água

Para a determinação do pH das amostras de solo utilizou-se a metodologia de pH em água segundo Embrapa (1997) que tem como princípio a medição do potencial hidrogeniônico eletronicamente por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:líquido. A leitura do pH foi feita em triplicatas.

Para realizar o procedimento, ligou-se o potenciômetro 30 minutos antes de começar a ser usado e aferiu-se o mesmo com as soluções padrão pH 4,00 e 7,00. Em seguida, colocou-se 10 mL de solo em copo plástico de 100 mL numerado. Adicionou-se 25 mL de água. Agitou-se a amostra com bastão de vidro individual e deixou em repouso por uma hora. A seguir, agitou-se cada amostra com bastão de vidro, mergulhou os eletrodos na suspensão homogeneizada e procedeu-se a leitura de pH.

5.4.5 - Teor de Matéria Orgânica

A determinação do teor de matéria orgânica foi realizada pelo Laboratório de Química Agropecuária do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA). Para tal, foi utilizado o Método Colorimétrico por combustão úmida descrito Frattini e Kalckman (1965) que consiste em pesar 1,5 g de solo em um Erlenmeyer de 50 mL, adicionar 10 mL de solução digestora que contenha dicromato de sódio 3 N e ácido sulfúrico 10 N. Colocar a suspensão em estufa a 90° C por uma hora e meia, retirar, adicionar 25 mL de água destilada, misturar completamente e deixar em repouso por três horas. Tomar uma alíquota de 10 mL retirada do líquido sobrenadante, passar para tubo colorimétrico e deixar em repouso durante toda uma noite. A intensidade da cor é lida em um colorímetro Klett-Summerson com filtro 660 µm.

5.4.6 - Capacidade de Troca Catiônica (CTC)

A Capacidade de Troca Catiônica (CTC) do solo é definida como sendo a soma total dos cátions que o solo pode reter na superfície coloidal prontamente disponível à assimilação pelas

plantas. Estes cátions adsorvidos são removidos por soluções salinas de amônio, cálcio, bário e soluções de ácidos diluídas e posteriormente determinados por métodos volumétricos, de emissão ou absorção atômica.

A metodologia utilizada para extração da CTC neste trabalho é descrita pela Embrapa (1997). A CTC foi medida em laboratório do Departamento de Solos da UFV. Inicialmente mediu-se os teores de bases trocáveis (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) e do alumínio trocável (Al^{3+}) e H^+ . As amostras foram pré-destorroadas, secas e novamente destorroadas e passadas em peneira de 2 mm para a obtenção da TFSA.

Para a obtenção do sódio e potássio colocou-se 10 mL de TFSA num frasco de 50 mL e adicionou-se 25 mL de H_2O . Agitou-se por 1 min e deixou-se em repouso por 30 a 60 min. Pipetou-se 10 mL em béquer e fez-se a leitura em espectrofotômetro de chama.

Para a quantificação do cálcio e magnésio, mediu-se 10 mL de TFSA em erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 100 mL de extrator KCl 1,0 mol/L. Agitou-se por 5 min em agitador circular horizontal a 200 rpm e deixou-se em repouso por aproximadamente 16 h. Retirou-se uma alíquota de 0,5 mL para um tubo de ensaio, adicionou-se 10 mL da solução de $SrCl_2$ contendo 1.680 mg/L de Sr, agitou-se e fez-se a leitura em espectrofotômetro de absorção atômica.

Para o alumínio e H^+ mediu-se 5,0 mL de TFSA em erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 75,0 mL de acetato de cálcio 0,5 mol/L a pH 7,0, agitou-se durante 10 min e deixou-se em repouso por aproximadamente 16 h. Pipetou-se 25,0 mL do extrato em um erlenmeyer de 125 mL, adicionou-se 2 gotas de fenolftaleína e titulou-se com solução padronizada de NaOH 0,025 mol/L até a mudança de cor (incolor para róseo).

A CTC (total) é obtida pela soma das bases trocáveis com o alumínio e H^+ .

5.4.7 - Cor do Solo

A leitura das cores foi feita com amostras de solo a seco utilizando-se a “Soil Color Charts” (Munsell, 1975).

5.4.8 - Mineralogia

A análise mineralógica qualitativa foi realizada no laboratório do CPMT/IGC/UFMG, o método utilizado foi Difração de Raios-X (método do pó), por ser de uso mais amplo na determinação da estrutura cristalina. Utilizou-se amostras com frações menores do que 0,074 mm e

empregou-se um difratômetro de Raios-X de fabricação XPERT-PRO. As condições de operação do difratômetro de raios-X foram: constante de tempo (0,5 s), intensidade de corrente (45 mA) e tensão (40 KV).

A identificação das fases cristalinas (minerais) foi obtida por comparação dos difratogramas de Raios-X das amostras com o banco de dados do ICDD – International Center for Diffraction Data/Joint Committee on Powder Diffraction Standards – JCPDS. Para as análises das fases cristalinas (minerais), levou-se em consideração a intensidade da principal reflexão e a comparação entre as mesmas, avaliando-se as quantidades relativas de seus teores.

CAPÍTULO 6

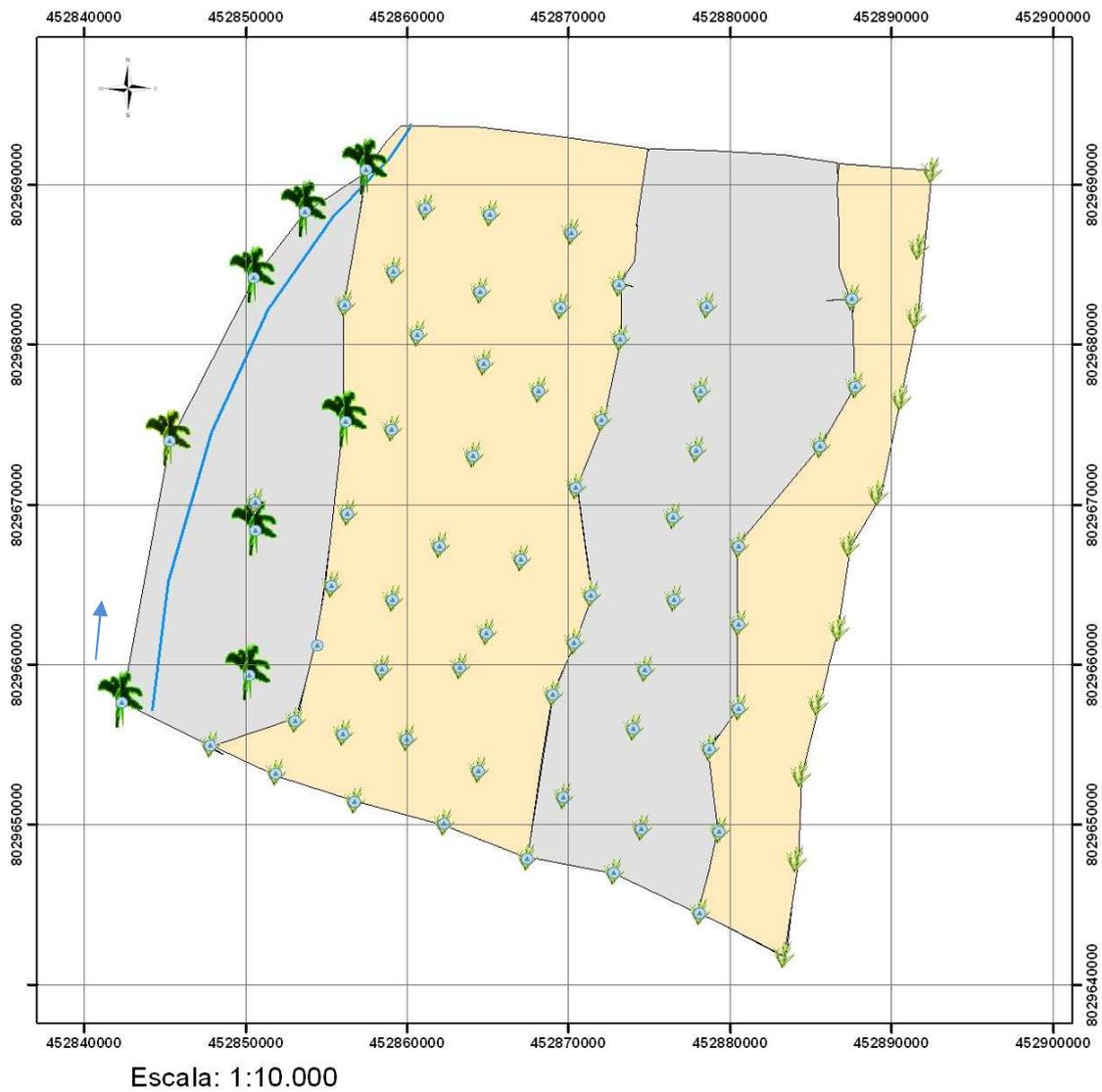
RESULTADOS

6.1 - Mapas das Veredas

Usando a metodologia descrita no capítulo 5, mapeou-se as três veredas e suas margens, importantes para a avaliação, em escala 1:10.000, gerando assim mapas fisiográficos (coloração do solo, vegetação e drenagem) das áreas das três veredas, os quais foram utilizados para o planejamento dos perfis de GPR e da amostragem.

6.1.1 - Vereda Laçador

A figura 17 representa o mapa fisiográfico da área amostrada da vereda Laçador.



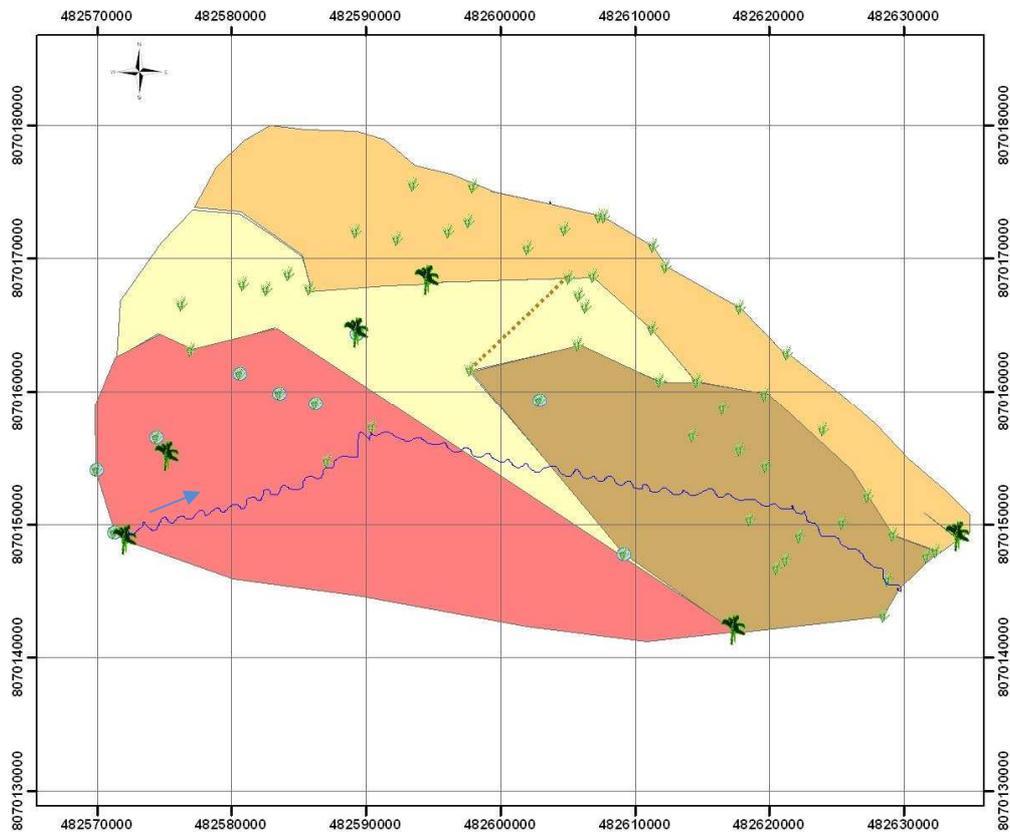
Legenda

- Zona encharcada
- Curso d'água
- Solo amarelo-claro- acinzentado
- Solo cinzento
- Buriti
- gramínea

Figura 17: Mapa da área amostrada da vereda Laçador. Observa-se a vegetação herbácea e os buritis, assim como a diferenciação da cor do solo.

6.1.2 - Vereda Jaraguá

A figura 18 representa o mapa fisiográfico da área amostrada da Vereda Jaraguá.



Escala 1:10.000

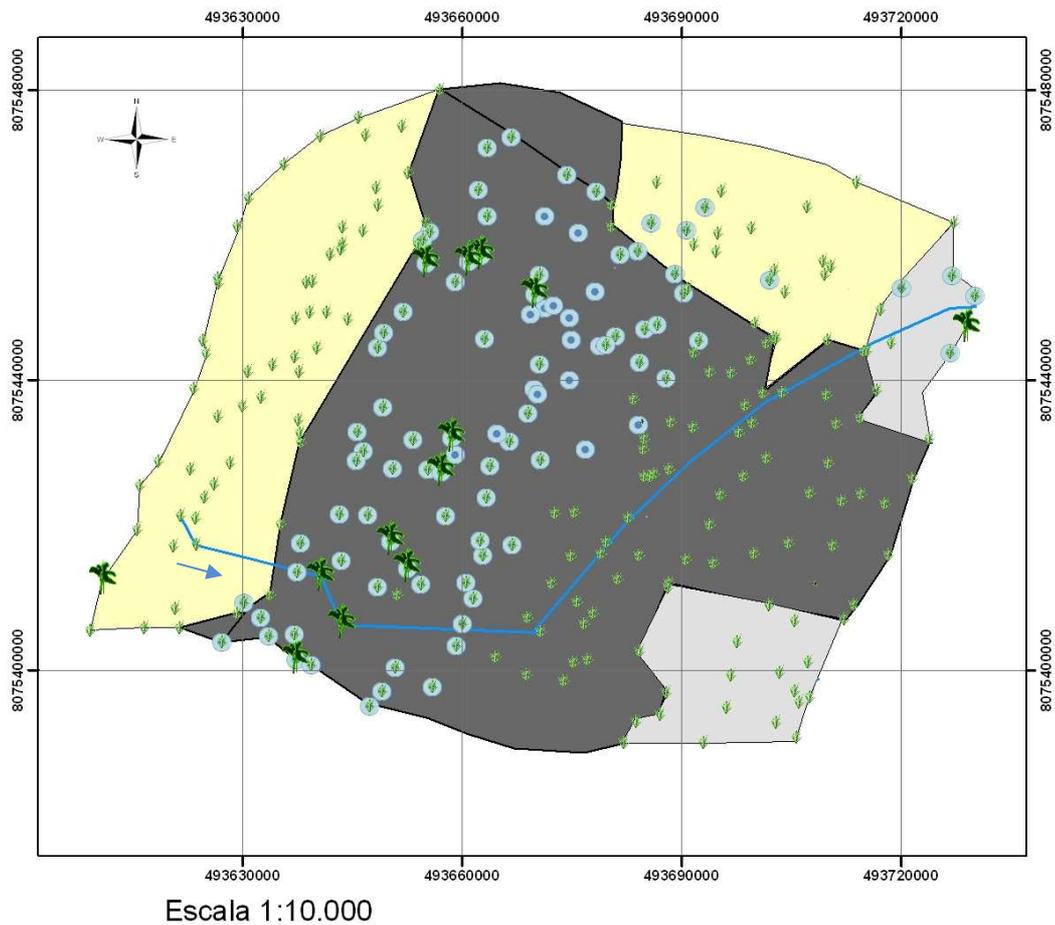
Legenda



Figura 18: Mapa da área amostrada da vereda Jaraguá. Os pontos em azul indicam a zona encharcada. Observa-se a vegetação herbácea e os buritis, assim como a diferenciação da cor do solo.

6.1.3 - Vereda Urbano

A figura 19 representa o mapa fisiográfico da área amostrada da Vereda Urbano.



Legenda

- Zona encharcada
- Curso d'água
- Solo cinzento
- Solo preto
- Solo amarelo-claro
- Buriti
- gramínea

Figura 19: Mapa da área amostrada da vereda Urbano. Os pontos em azul indicam a zona encharcada. Observa-se a vegetação herbácea e os buritis, assim como a diferenciação da cor do solo.

6.2 - Perfis de Ground Penetration Radar - GPR

Foram executados, em seis perfis, radargramas correspondentes aos transectos transversais e longitudinais nas veredas selecionadas. Estes, assim como suas interpretações, serão mostradas a seguir.

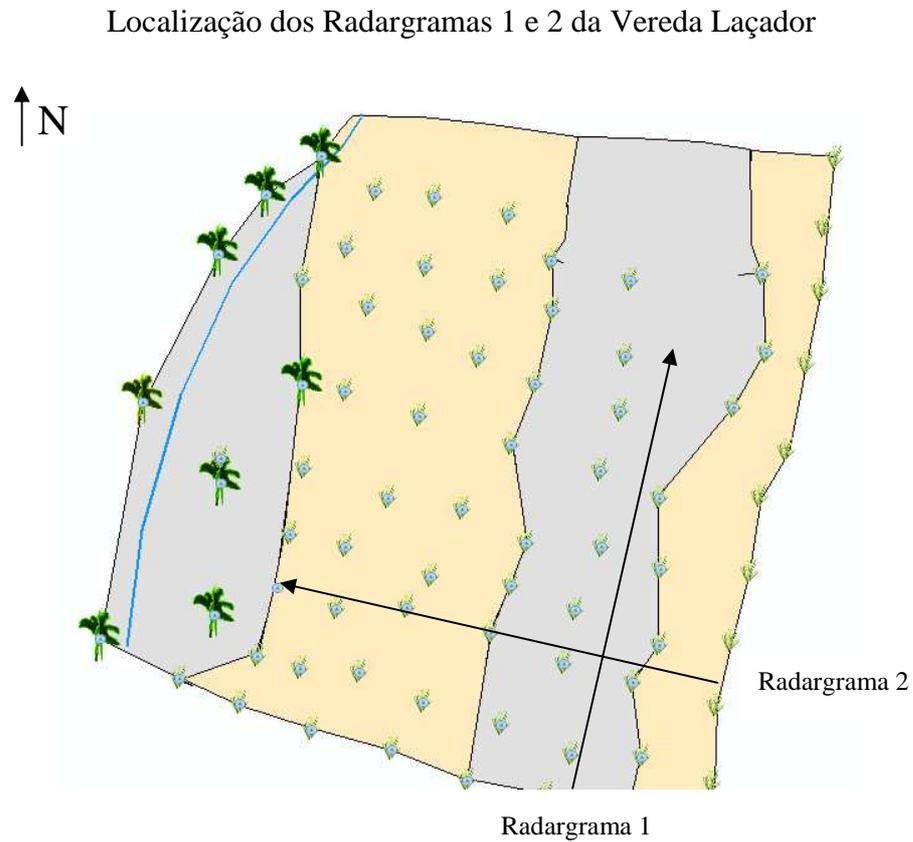


Figura 20: Localização dos radargramas 1 e 2 na vereda Laçador.

As figuras 21 e 22 mostram os radargramas 1 e 2 da vereda Laçador.

SW

NE

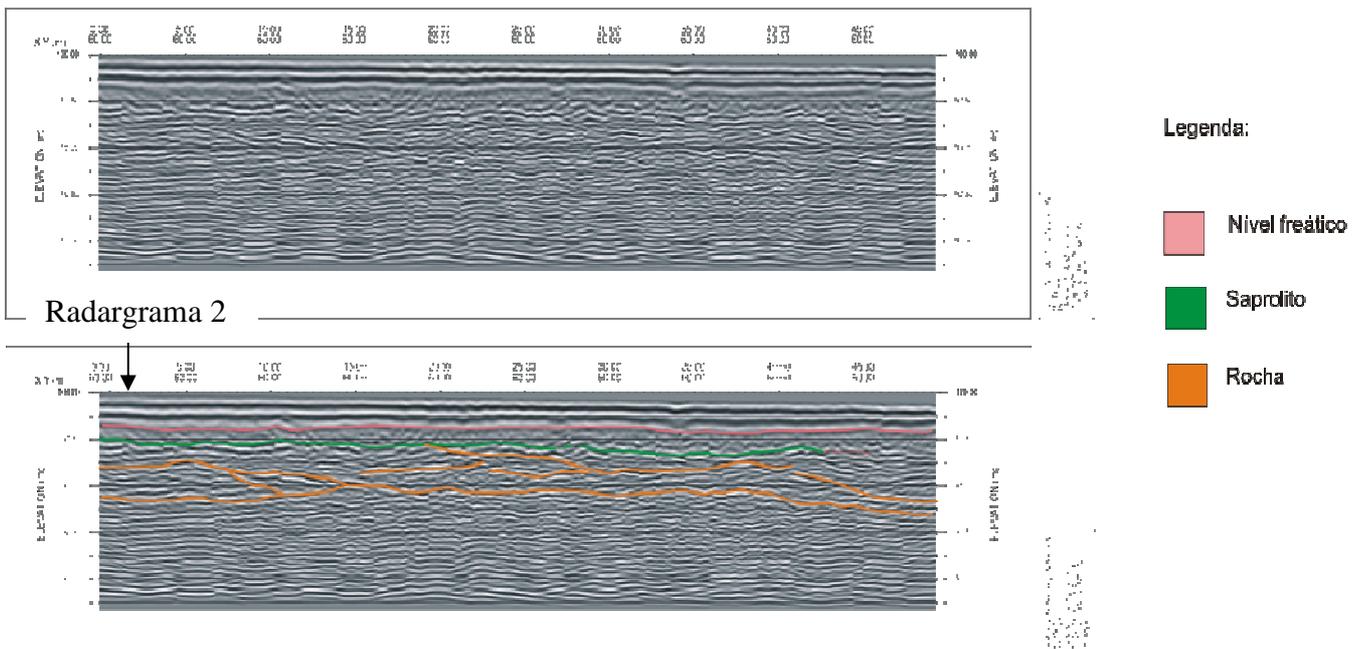


Figura 21: Radargrama 1 da vereda Laçador. Este radargrama foi levantado através de um furo de 3 m, confirmando-se as principais camadas diferenciadas. As linhas coloridas mostram a interpretação em relação à sedimentação e efeitos estruturais.

SW

NE

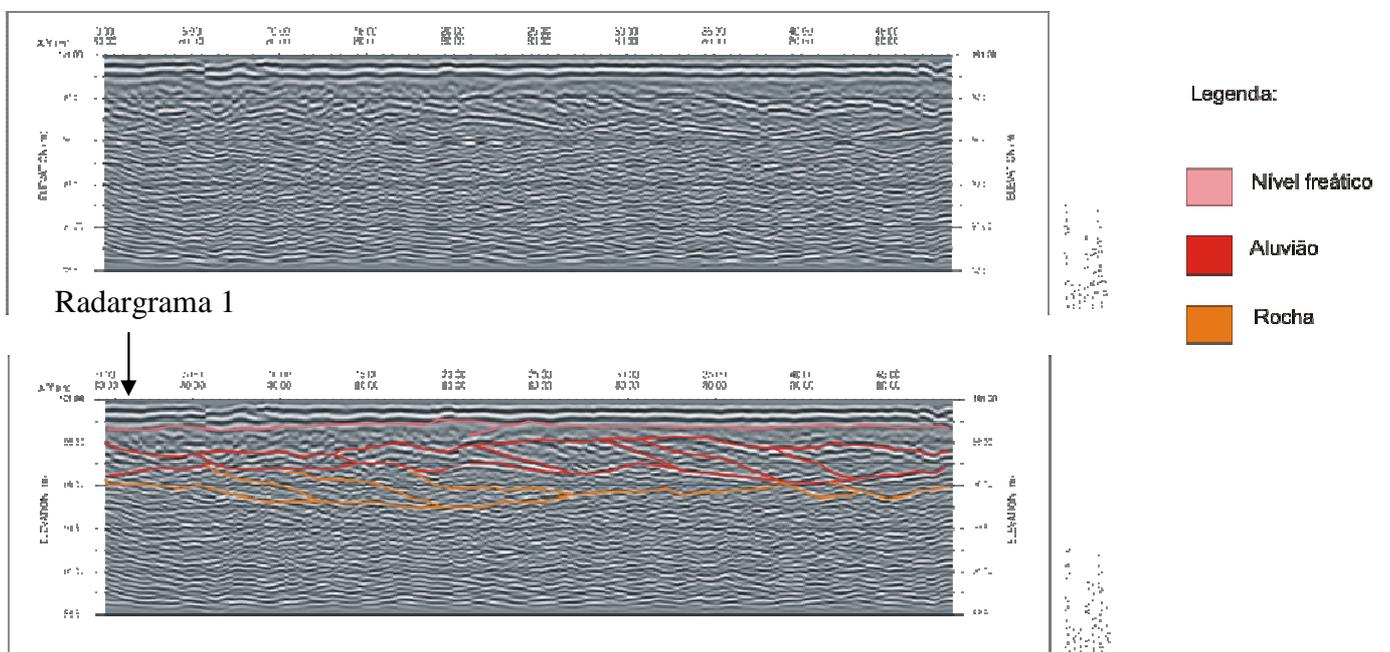


Figura 22: Radargrama 2 da vereda Laçador. Este radargrama foi levantado através de um furo de 3 m, confirmando-se as principais camadas diferenciadas. As linhas coloridas mostram a interpretação em relação à sedimentação e efeitos estruturais.

Localização dos Radargramas 3 e 4 da Vereda Jaraguá

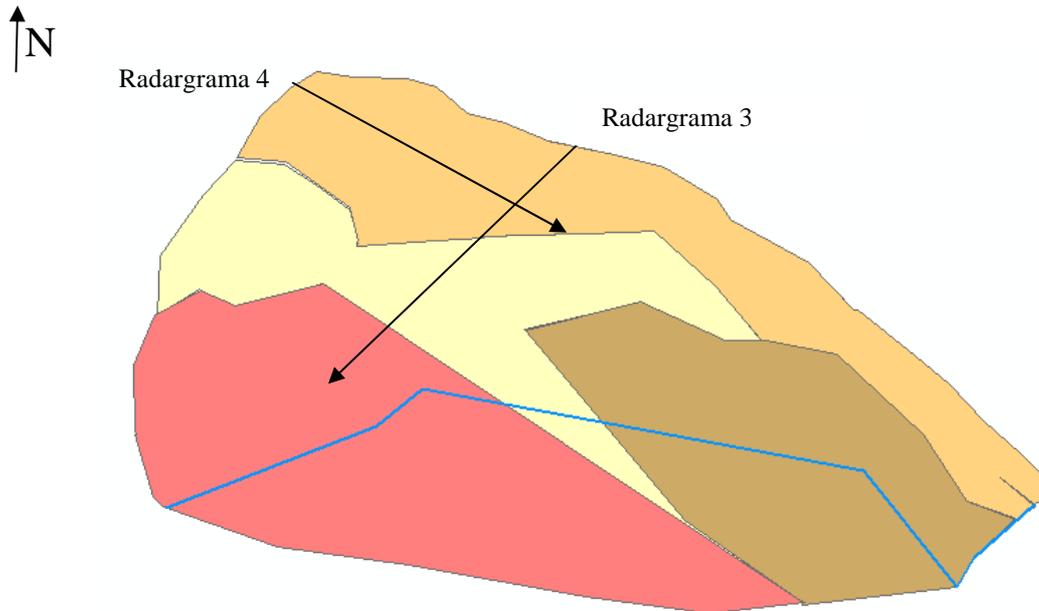


Figura 23: Localização dos radargramas 3 e 4 na vereda Jaraguá.

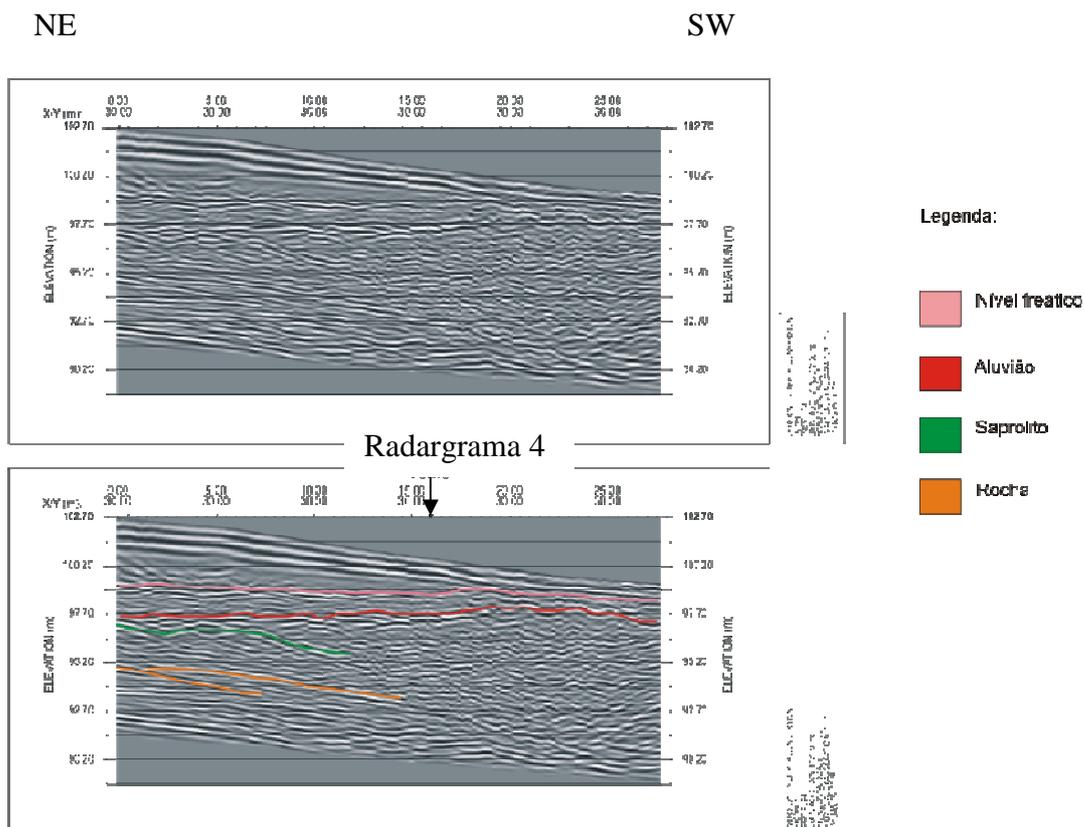


Figura 24: Radargrama 3 da vereda Jaraguá. Este radargrama foi levantado através de um furo de 3 m, confirmando-se as principais camadas diferenciadas. As linhas coloridas mostram a interpretação em relação à sedimentação e efeitos estruturais.

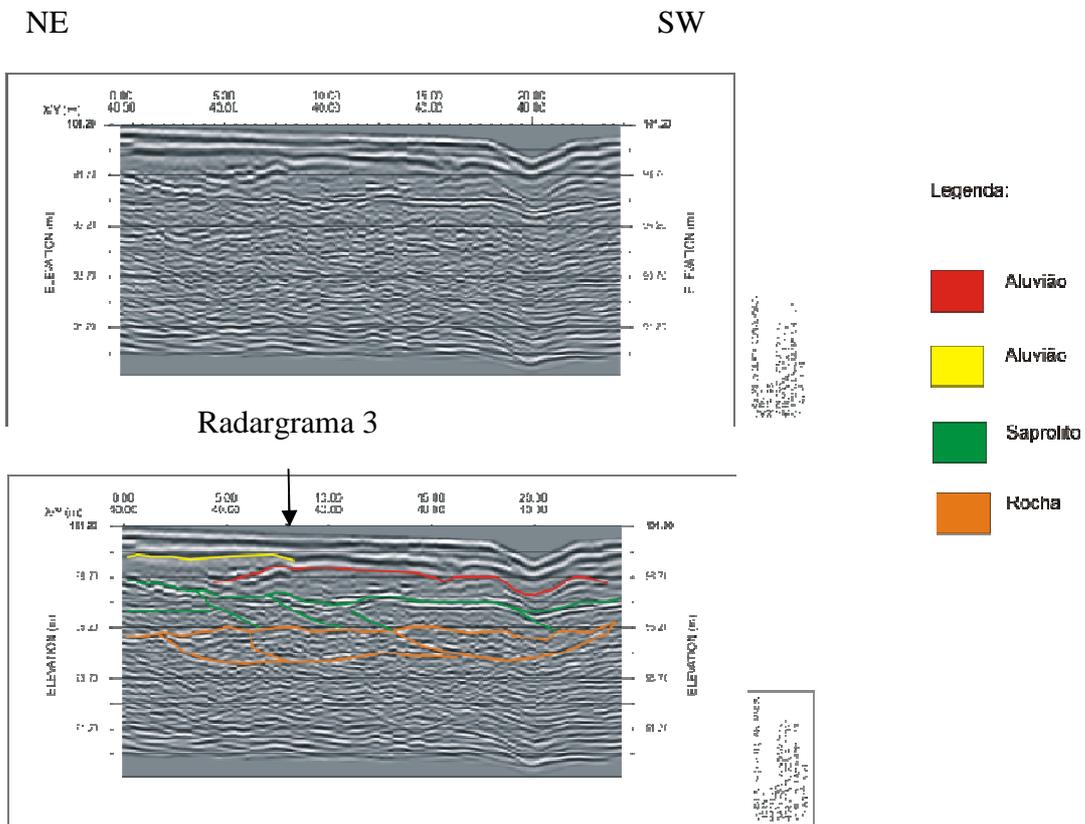


Figura 25: Radargrama 4 da vereda Jaraguá. Radargrama foi levantado através de um furo de 3 m, confirmando-se as principais camadas diferenciadas. As linhas coloridas mostram a interpretação em relação à sedimentação e efeitos estruturais.

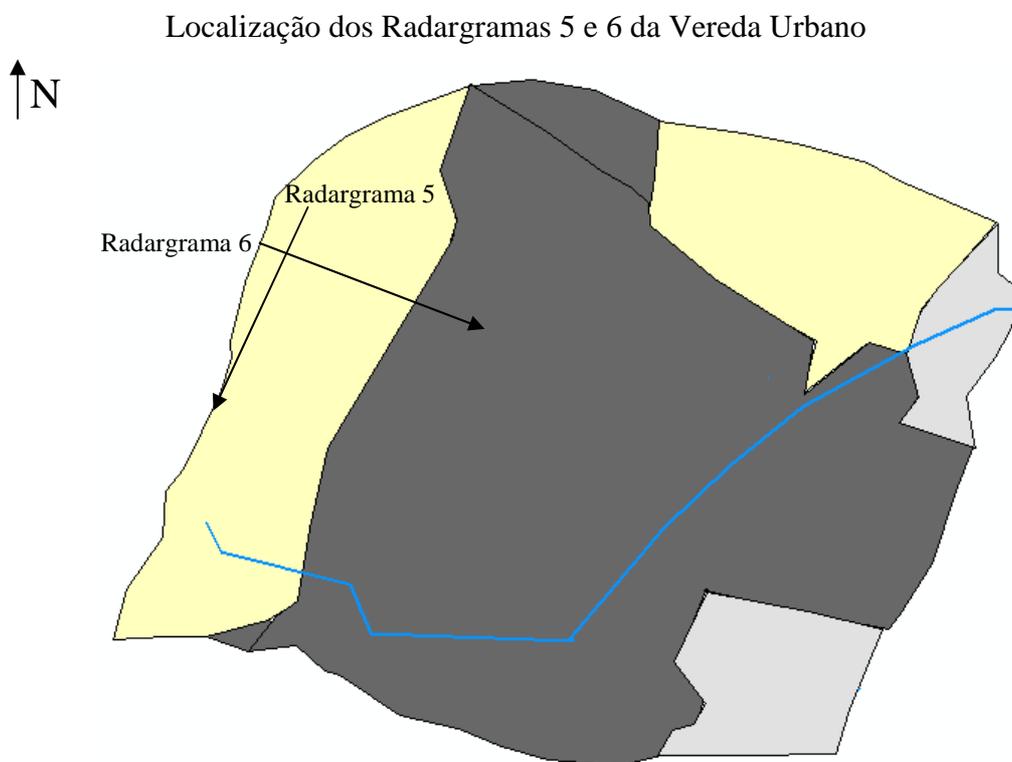


Figura 26: Localização dos radargramas 5 e 6 na vereda Urbano.

As figuras 27 e 28 mostram os radargramas 5 e 6 da vereda Urbano.

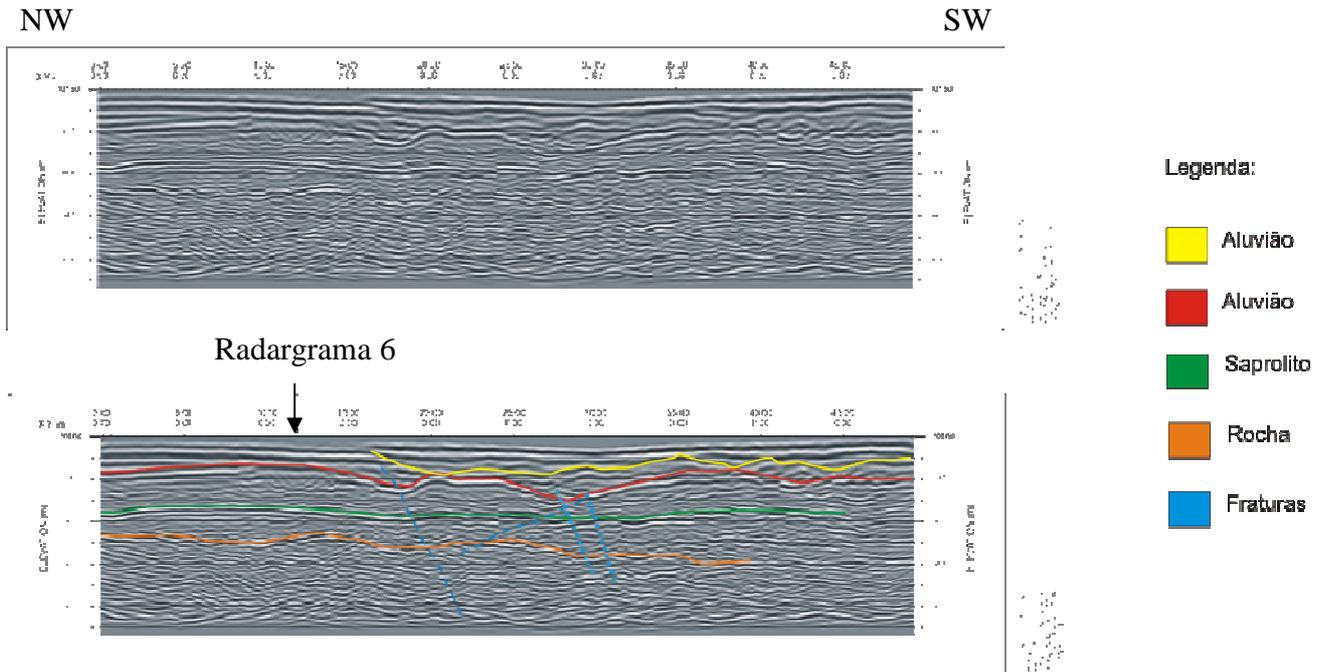


Figura 27: Radargrama 5 da vereda Urbano. Radargrama levantado através de um furo de 3 m, confirmando-se as principais camadas diferenciadas. As linhas coloridas mostram a interpretação em relação à sedimentação e efeitos estruturais.

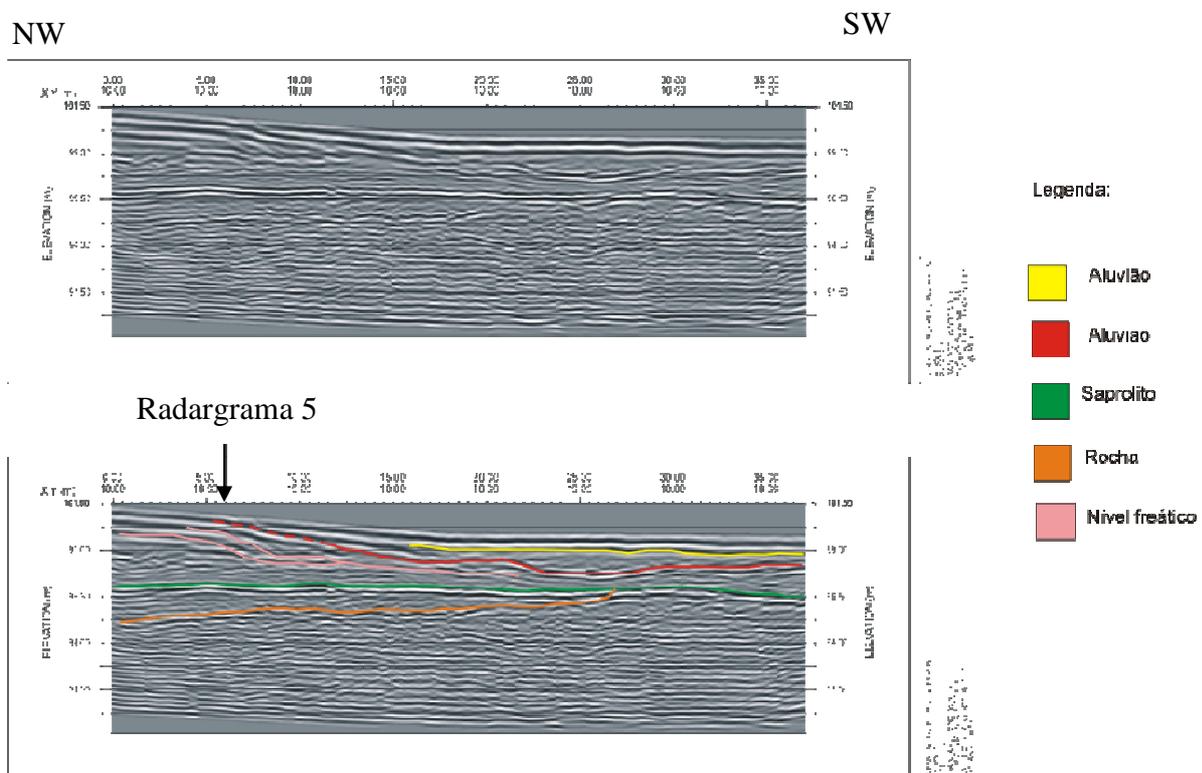


Figura 28: Radargrama 6 da vereda Urbano. Levantado através de um furo de 3 m, confirmando-se as principais camadas diferenciadas. As linhas coloridas mostram a interpretação em relação à sedimentação e efeitos estruturais.

Foram feitas trincheiras cavadas com cavadeira boca de lobo até uma profundidade de 3 m confirmando as principais camadas diferenciadas nos radargramas, além de paralelização com afloramentos da região.

Ressalta-se a boa estruturação dos radargramas, que mostraram pela primeira vez a estruturação destas veredas e assim pode-se, futuramente, concluir mais sobre o desenvolvimento morfológico e a dinâmica desta Bacia.

6.3 - Separação Granulométrica

Os valores da distribuição da granulometria, assim como as coordenadas UTM SAD 1969 dos pontos de coleta das amostras, são mostrados nas tabelas 1.1, 1.2 e 1.3 (Anexo I) para as veredas Laçador, Jaraguá e Urbano, respectivamente. Um resumo importante para a interpretação e discussão está nas tabelas 1 e 2 e nas figuras 29, 30 e 31 abaixo.

Tabela 1: Denominação das amostras de acordo com a vereda pertencente.

Denominação da Amostra	Vereda
V1...	Laçador
V2...	Jaraguá
V3...	Urbano

As amostras com iniciais V1S, V2S e V3S foram coletadas superficialmente, numa profundidade de 0-20 cm.

As amostras com iniciais V1P, V2P e V3P foram coletadas em perfis a profundidades diferentes como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Distribuição das amostras com a profundidade de coleta.

Amostra	Profundidade de coleta (cm)	Amostra	Profundidade de coleta (cm)
V1P01	0-20	V1P31	53-76
V1P02	20-40	V1P32	76-100
V1P03	40-60	V2P01	0-5
V1P04	60-80	V2P02	5-10
V1P05	80-100	V2P03	10-15
V1P06	100-127	V2P04	15-20
V1P07	0-17	V2P05	20-25
V1P08	17-34	V2P06	25-30
V1P09	34-51	V2P07	30-35
V1P11	68-85	V2P08	35-40
V1P12	85-103	V2P09	40-45
V1P13	0-20	V2P10	45-50
V1P14	20-40	V2P11	50-55
V1P15	40-60	V2P12	55-60
V1P16	60-80	V2P13	60-65
V1P17	80-100	V2P16	0-5
V1P18	0-19	V2P17	5-10
V1P19	19-38	V2P18	10-15
V1P20	38-57	V2P20	15-20
V1P21	57-76	V2P21	20-25
V1P22	76-95	V3P01	39-52
V1P23	95-114	V3P02	29-35
V1P29	10-30	V3P03	9-23
V1P28	40-60	V3P04	0-20
V1P27	70-90	V3P05	20-40
V1P26	100-120	V3P06	48-65
V1P25	128-148	V3P07	76-96
V1P24	160-180	Amostra Base	180-193
V1P30	30-53		

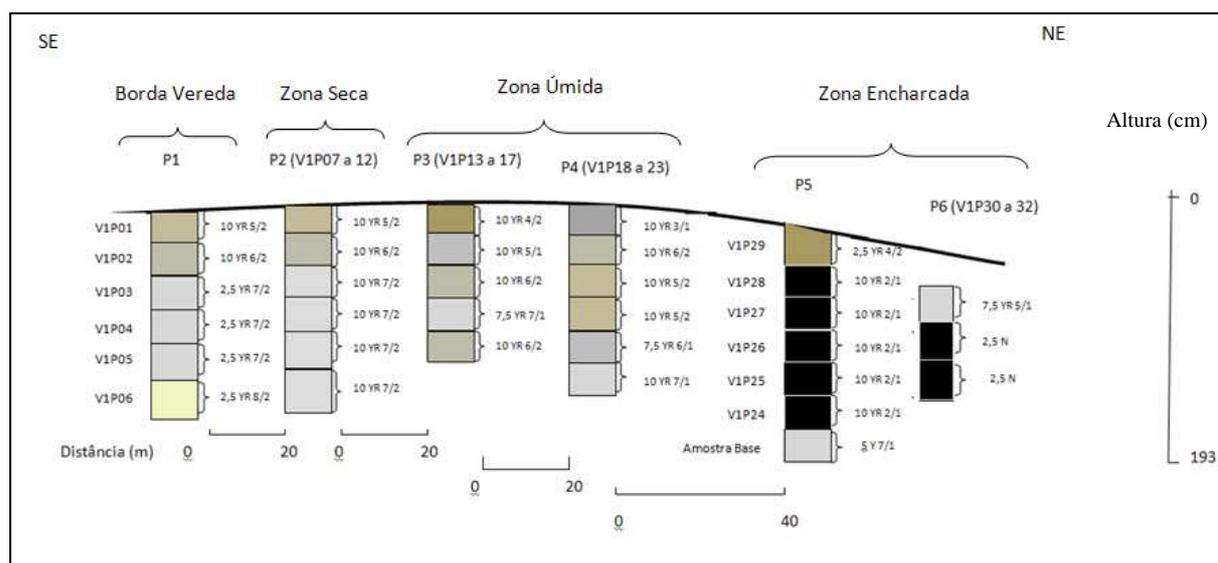


Figura 29: Detalhamento dos perfis 1 a 6 da vereda Laçador

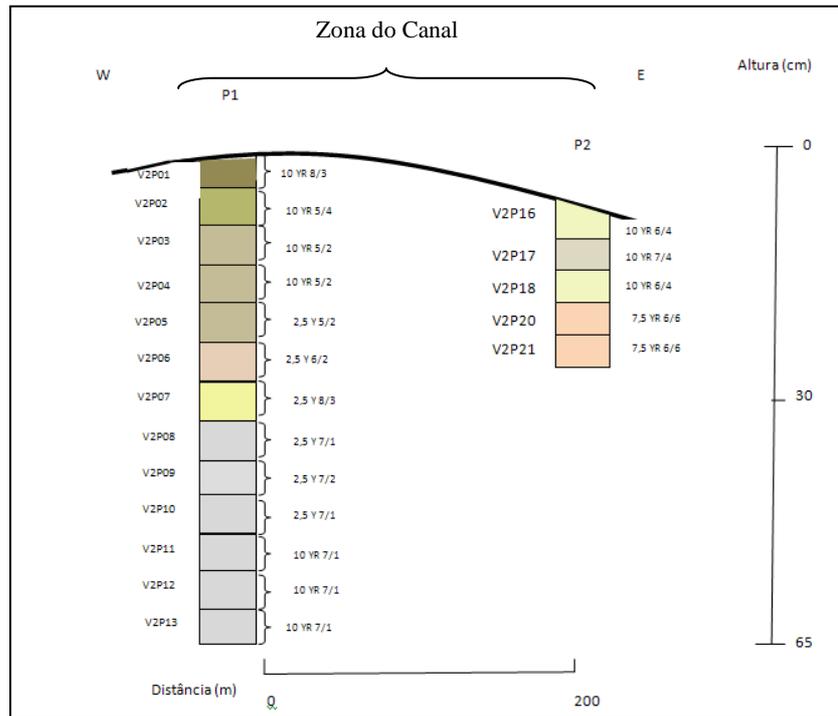


Figura 30: Detalhamento dos perfis 1 e 2 da vereda Jaraguá.

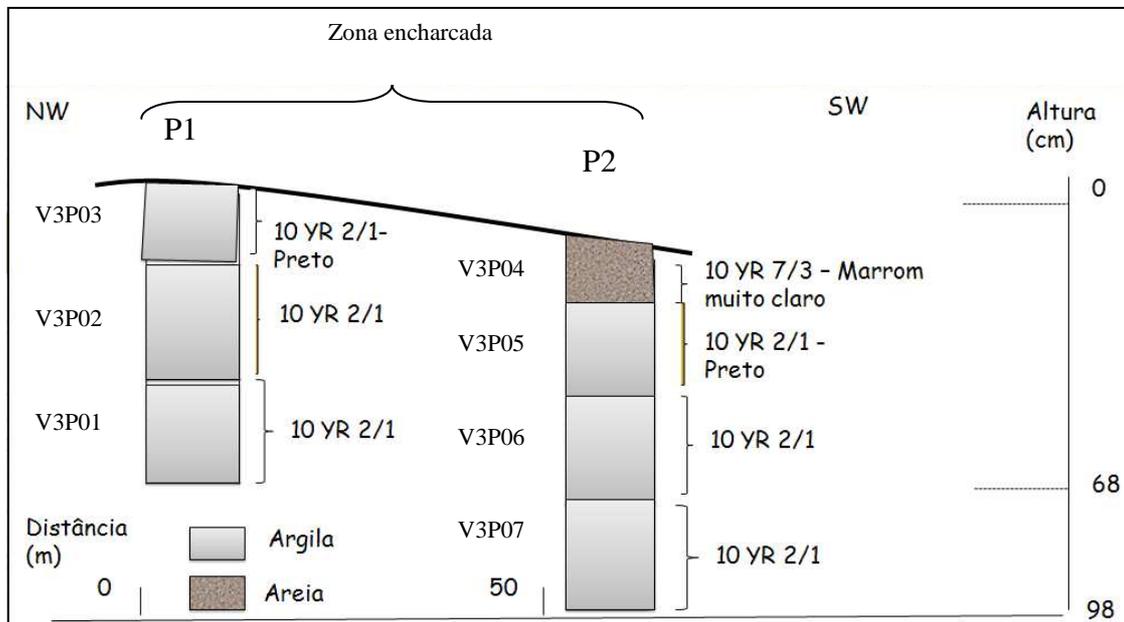


Figura 31: Detalhamento dos perfis 1 e 2 da vereda Urbano.

6.4 - Valores de pH em Água

Os valores de pH em água das amostras de solo das veredas Laçador, Jaraguá e Urbano são apresentados nas tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3: Valores de pH em água das amostras de solo da vereda Laçador.

Amostra	Profundidade (cm)	pH	Amostra	Profundidade (cm)	pH
V1S01	0-20	6,51	V1P01	0-20	6,67
V1S02	0-20	6,16	V1P02	20-40	6,49
V1S03	0-20	4,36	V1P03	40-60	6,79
V1S05	0-20	6,59	V1P04	60-80	6,15
V1S06	0-20	4,72	V1P05	80-100	4,50
V1S07	0-20	5,81	V1P06	100-127	4,57
V1S08	0-20	4,41	V1P07	0-17	5,77
V1S08B	0-20	6,07	V1P08	17-34	5,92
V1S09	0-20	6,52	V1P09	34-51	4,44
V1S10	0-20	4,68	V1P10	51- 68	5,58
V1S11	0-20	4,73	V1P11	68-85	3,45
V1S12	0-20	5,66	V1P12	85-103	3,04
V1S13	0-20	4,57	V1P13	0-20	6,67
V1S14	0-20	5,38	V1P14	20-40	6,97
V1S15	0-20	5,27	V1P15	40-60	6,64
V1S16	0-20	5,06	V1P16	60-80	6,41
V1S17	0-20	5,18	V1P17	80-100	6,32
V1S18	0-20	4,1	V1P18	0-19	3,48
V1S19	0-20	2,87	V1P19	19-38	2,79
V1S20	0-20	4,54	V1P20	38-57	4,03
V1S21	0-20	5,25	V1P21	57-76	3,87
V1S22	0-20	5,05	V1P22	76-95	3,88
V1S23	0-20	4,98	V1P23	95-114	3,18
V1S24	0-20	4,34	V1P24	160-180	2,49
V1S24A	0-20	3,99	V1P25	128-148	2,47
V1S25	0-20	4,12	V1P26	100-120	3,13
V1S26	0-20	5,09	V1P27	70-90	2,44
V1S27	0-20	5,08	V1P28	40-60	2,52
V1S28	0-20	3,40	V1P29	10-30	3,42
V1S29	0-20	5,37	Amostra Base	180-193	2,65
V1S30	0-20	3,71	V1P30	30-53	2,75
V1S31	0-20	4,25	V1P31	53-76	2,02
V1S32	0-20	4,81	V1P32	76-100	1,41
Valor máximo		6,97			
Valor mínimo		1,41			

As figuras 32 e 33 mostram os gráficos de pH das amostras superficiais e dos perfis da vereda Laçador.

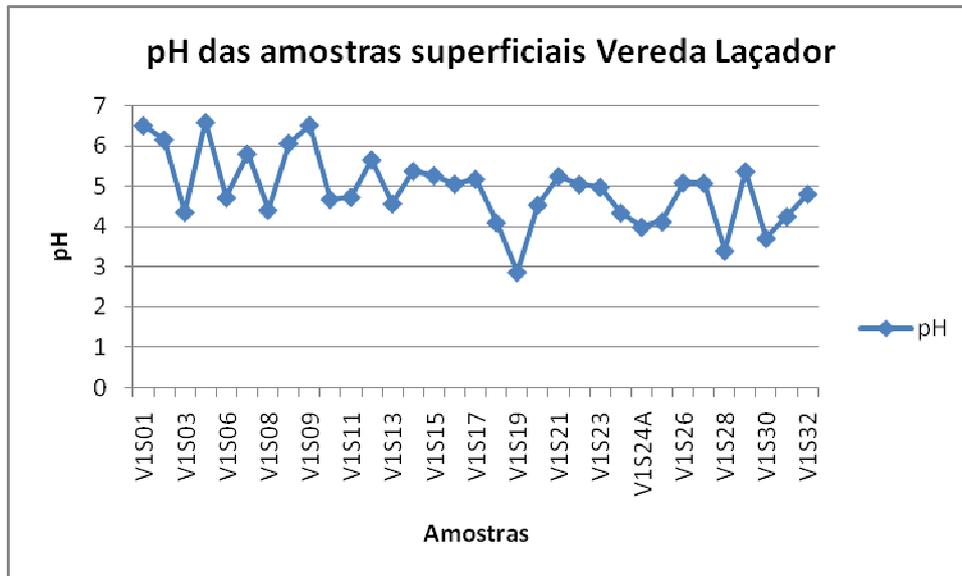


Figura 32: Gráfico de pH das amostras superficiais da vereda Laçador.

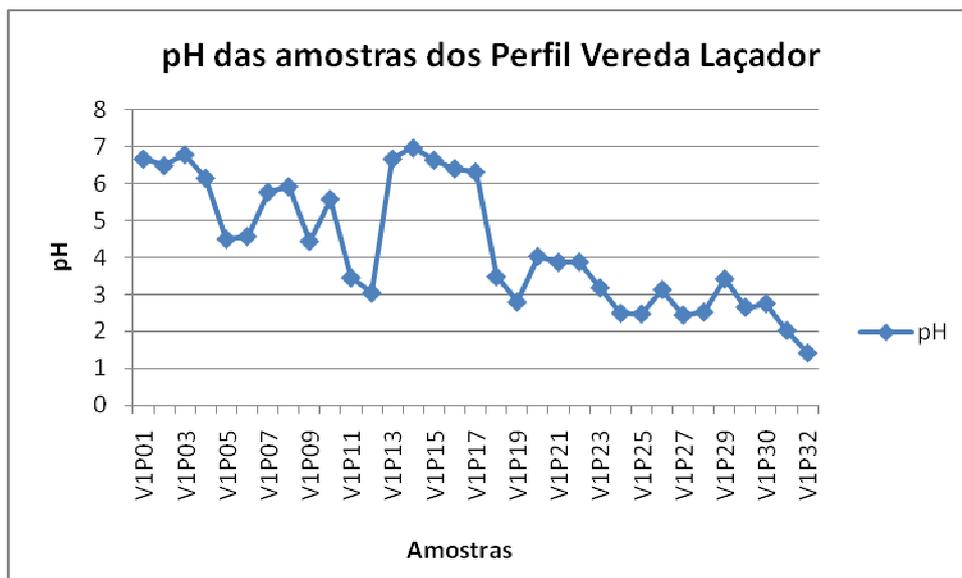


Figura 33: Gráfico de pH das amostras dos perfis 1 a 6 da vereda Laçador.

Na vereda Laçador, os valores de pH variaram de 1,41 a 6,97. As amostras superficiais (profundidade até 20 cm) apresentaram pH entre 3,34 e 6,59 e as amostras dos perfis indicaram valores de pH entre 1,41 e 6,97. Pela observação da figura 34, nota-se um declínio nos valores de pH das amostras dos perfis, isto ocorre porque foi realizado um transecto de perfis que iniciou-se na borda da vereda até a zona encharcada (Figura 29), de forma que os perfis 5 e 6 continham amostras

com um teor maior de matéria orgânica e, devido aos ácidos húmicos e fúlvicos, valores mais baixos de pH.

Tabela 4: Valores de pH em água das amostras de solo da vereda Jaraguá.

Amostra	Profundidade (cm)	pH	Amostra	Profundidade (cm)	pH
V2S01	0-20	4,57	V2S24	0-20	6,03
V2S02	0-20	4,5	V2S25	0-20	3,78
V2S03	0-20	4,38	V2P01	0-5	3,41
V2S04	0-20	3,08	V2P02	5-10	5,29
V2S05	0-20	4,7	V2P03	10-15	4,22
V2S06	0-20	4,46	V2P04	15-20	3,08
V2S07	0-20	3,99	V2P05	20-25	4,27
V2S08	0-20	5,23	V2P06	25-30	4,48
V2S09	0-20	5,38	V2P07	30-35	4,31
V2S10	0-20	4,72	V2P08	35-40	5,57
V2S11	0-20	5,78	V2P09	40-45	4,88
V2S12	0-20	5,12	V2P10	45-50	4,33
V2S13	0-20	4,73	V2P11	50-55	5,75
V2S14	0-20	4,89	V2P12	55-60	4,43
V2S15	0-20	5,42	V2P13	60-65	4,32
V2S16	0-20	4,17	V2P16	0-5	4,08
V2S18	0-20	5,31	V2P17	5-10	4,14
V2S19	0-20	5,31	V2P18	10-15	4,77
V2S22	0-20	6,26	V2P20	15-20	5,03
V2S23	0-20	6,04	V2P21	20-25	4,25
Valor máximo			6,26		
Valor mínimo			3,08		

As figuras 34 e 35 mostram os gráficos de pH das amostras superficiais e dos perfis, respectivamente, da vereda Jaraguá.

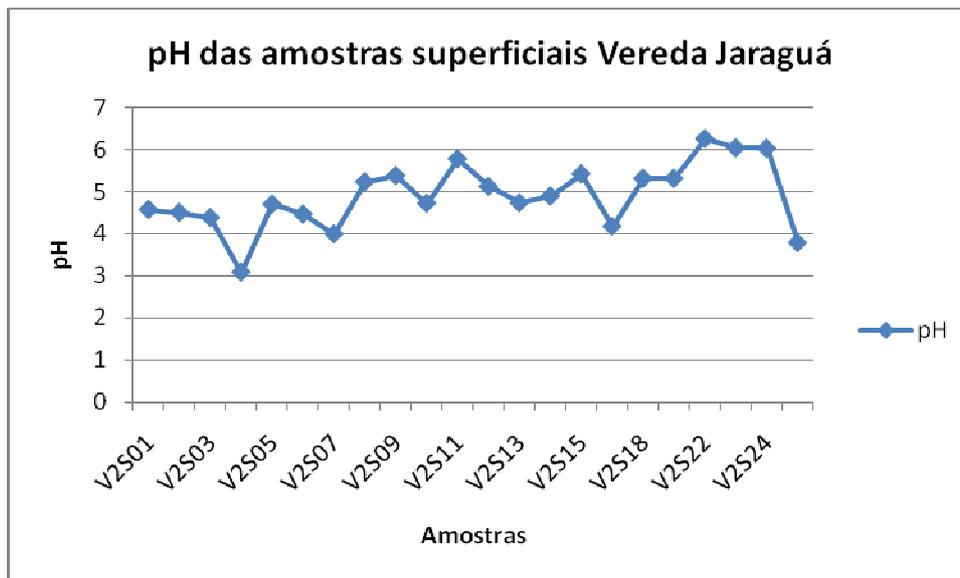


Figura 34: Gráfico de pH das amostras superficiais da vereda Jaraguá.

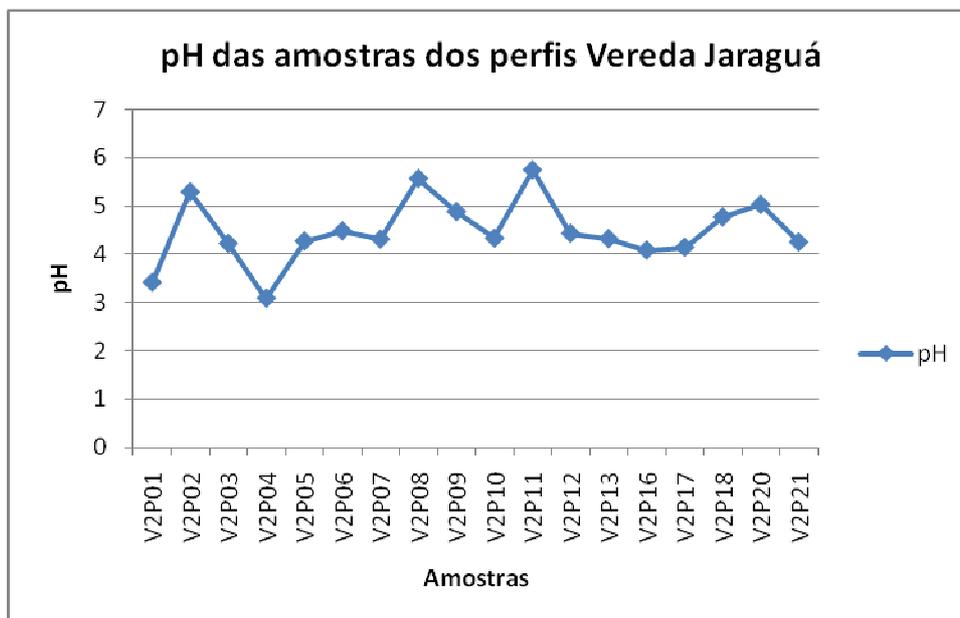


Figura 35: Gráfico de pH das amostras dos perfis 1 e 2 da vereda Jaraguá.

Na vereda Jaraguá, os valores de pH variaram de 3,08 a 6,26. As amostras superficiais (profundidade até 20 cm) indicaram valores de pH entre 3,08 e 6,26 e as amostras dos perfis indicaram valores de pH entre 3,08 e 5,75. Nota-se que na vereda Jaraguá, os valores de pH foram maiores que os da vereda Laçador uma vez que as amostras da primeira continham menor teor de matéria orgânica.

Tabela 5: Valores de pH em água das amostras de solo da vereda Urbano.

Amostra	Profundidade (cm)	pH	Amostra	Profundidade (cm)	pH
V3P01	39-52	2,59	V3S12	0-20	1,88
V3P02	29-35	1,68	V3S13	0-20	1,21
V3P03	9-23	2,40	V3S14	0-20	5,04
V3P04	0-20	3,28	V3S15	0-20	4,53
V3P05	20-40	5,15	V3S16	0-20	4,87
V3P06	48-65	4,00	V3S17	0-20	4,48
V3P07	76-96	5,34	V3S18	0-20	5,36
V3S01	0-20	4,76	V3S19	0-20	5,7
V3S02	0-20	4,8	V3S20	0-20	1,53
V3S03	0-20	4,07	V3S21	0-20	3,03
V3S04	0-20	4,97	V3S22	0-20	1,69
V3S05	0-20	4,71	V3S23	0-20	1,69
V3S06	0-20	5,73	V3S24	0-20	3,03
V3S07	0-20	2,65	V3S25	0-20	3,06
V3S08	0-20	1,22	V3S26	0-20	4,18
V3S09	0-20	3,10	V3S27	0-20	3,83
V3S10	0-20	2,45	V3S28	0-20	3,04
V3S11	0-20	0,75	V3S29	0-20	3,38
			V3S30	0-20	3,14
Valor máximo			5,73		
Valor mínimo			1,21		

As figuras 36 e 37 mostram os gráficos de pH das amostras superficiais e em perfil, respectivamente, da vereda Urbano.

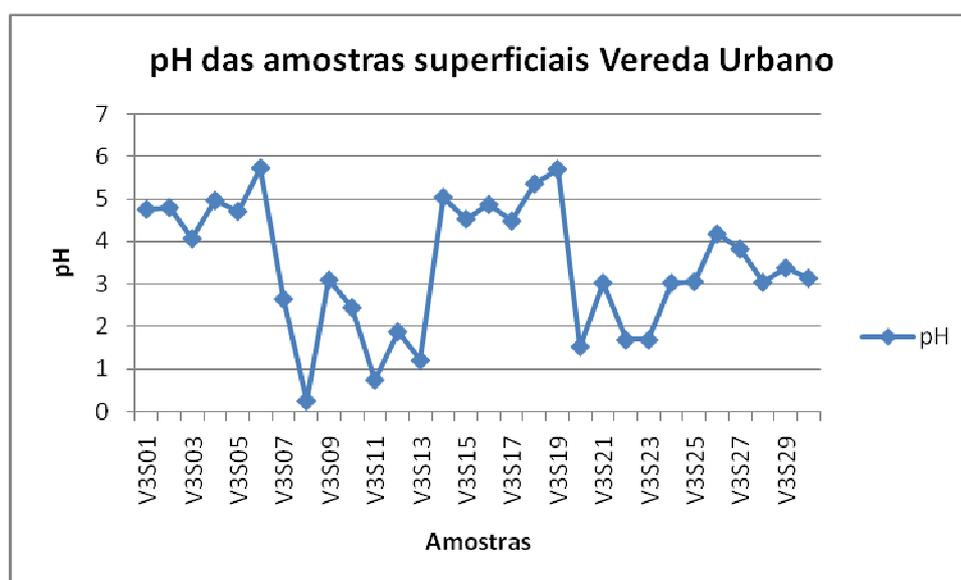


Figura 36: Gráfico de pH das amostras superficiais da vereda Urbano.

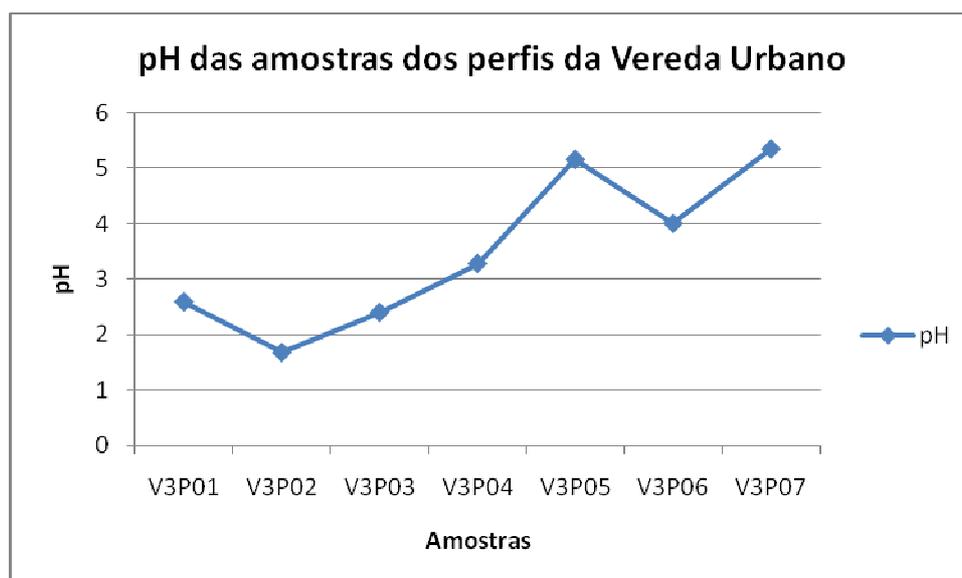


Figura 37: Gráfico de pH das amostras dos perfis 1 e 2 da vereda Urbano.

Na vereda Urbano, os valores de pH variaram entre 1,21 a 5,73. As amostras superficiais indicaram valores de pH entre 1,21 e 5,73. As amostras dos perfis indicaram valores entre 1,68 e 5,34.

As amostras de solos nas veredas Laçador, Jatobá e Urbano indicaram valores de pH entre 1,21 e 6,97. Em sua maioria, os valores determinados são típicos de solos ácidos ou fortemente ácidos. Tais condições, de modo geral, favorecem a solubilização e mobilização de metais pesados na solução do solo, e por extensão, as perdas desses elementos por lixiviação.

Os valores de pH abaixo de 2,5-3,0 (solos fortemente ácidos) são devidos aos ácidos húmicos e fúlvicos presentes na matéria orgânica das amostras.

6.5 - Parâmetros Físico-Químicos das Amostras

6.5.1 - Teor de Matéria Orgânica

A matéria orgânica influencia na retenção dos metais pesados no solo, de forma que quanto maior o teor de matéria orgânica, principalmente na forma de húmus, maior será a retenção desses elementos pelo processo de quelatação.

A tabela 6 apresenta os valores de matéria orgânica que foram medidas nas amostras representativas da área de estudo. Foram escolhidas amostras que representassem o Teor de Matéria Orgânica - TMO em cada horizonte dos perfis de solos.

Tabela 6: Valores de matéria orgânica nas amostras de solos representativas da área de estudo.

Amostras	Teor de Matéria orgânica (%)	Amostras	Teor de Matéria orgânica (%)
V1P01	4,00	V2P06	3,21
V1P02	2,72	V2P07	1,80
V1P04	1,48	V2P08	4,71
V1P07	4,00	V2P09	2,48
V1P12	1,37	V2P10	3,60
V1P15	2,36	V2P11	2,84
V1P16	1,80	V2P12	3,86
V1P18	11,34	V2P13	2,96
V1P19	1,91	V2P16	2,25
V1P22	1,69	V2P17	2,02
V1P23	1,58	V2P18	2,48
V1P27	14,69	V2P21	2,84
V1P30	2,60	V3P01	11,34
Amostra Base	2,72	V3P02	15,97
V2P01	3,21	V3P03	22,89
V2P02	2,84	V3P04	2,60
V2P03	2,84	V3P05	12,87
V2P04	3,60	V3P06	13,21
		V3P07	7,38
Valor máximo		22,89	
Valor mínimo		1,37	

As figuras 38, 39 e 40 mostram os gráficos de Teor de matéria orgânica para as amostras das veredas Laçador, Jaraguá e Urbano, respectivamente.

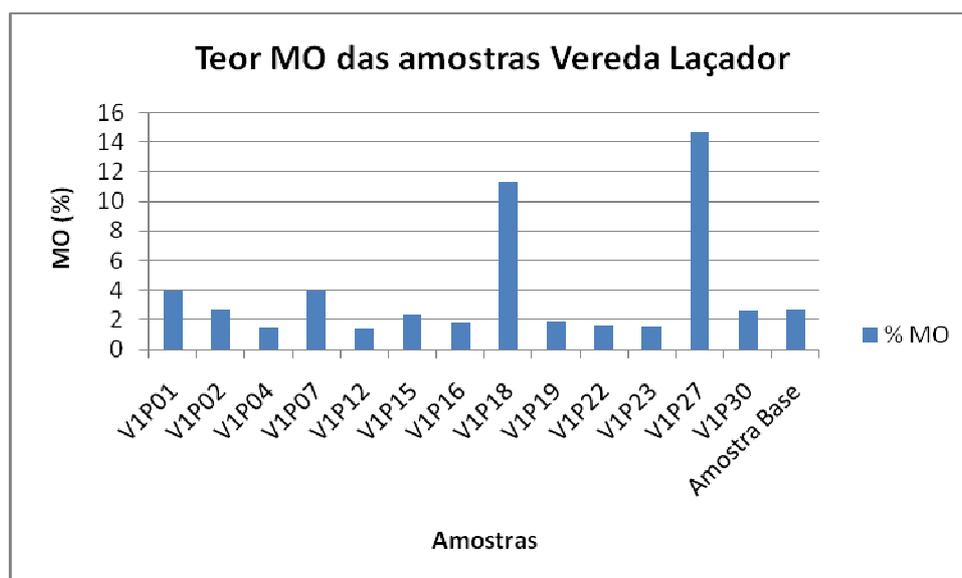


Figura 38: Gráfico com o Teor de Matéria Orgânica das amostras da vereda Laçador.

Nota-se que as amostras V1P18 (perfil 4) e V1P27 (perfil 5) são as que apresentam maior TMO para esta vereda, pois situam-se nas zonas úmida e encharcada, respectivamente, e estes ambientes favorecem o acúmulo de matéria orgânica, pois são anaeróbios. No ambiente no qual há excesso de água, haverá escassez de oxigênio. Não havendo oxigênio para degradar a matéria orgânica esta se acumula no solo.

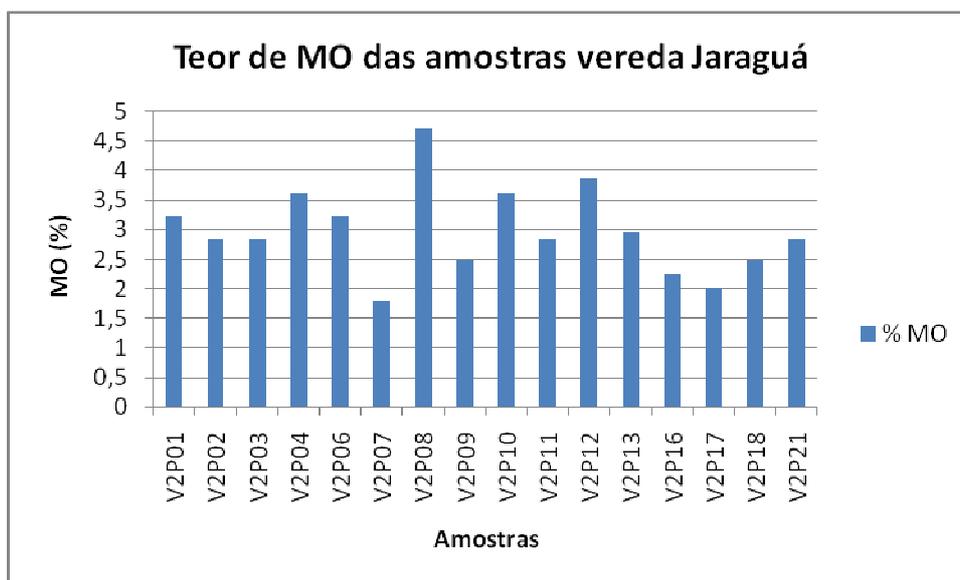


Figura 39: Gráfico de Teor de Matéria Orgânica das amostras da vereda Jaraguá.

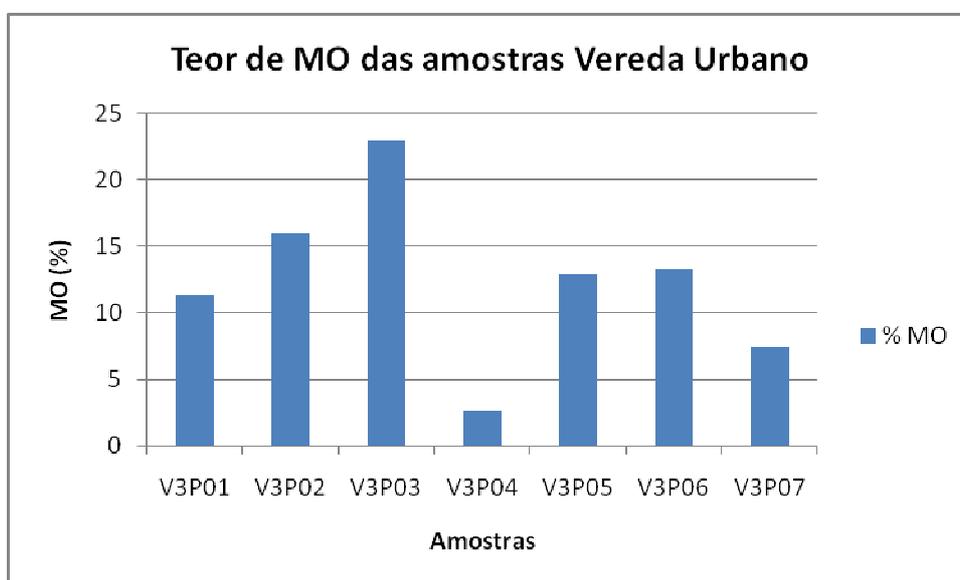


Figura 40: Gráfico de Teor de Matéria Orgânica (TMO) das amostras da vereda Urbano.

Os TMO nas amostras da vereda Urbano, em sua maioria, foram elevados pois os perfis nos quais foram coletadas as amostras estão situados na zona encharcada da vereda, favorecendo o acúmulo de matéria orgânica.

6.5.2 - Capacidade de Troca Catiônica - CTC

As amostras analisadas foram selecionadas em perfis das veredas e são constituídas de amostras compostas como mostra a tabela 7. Ela apresenta os valores da CTC que foram medidas nas amostras representativas da área de estudo. Foram escolhidas amostras que representassem a CTC em cada horizonte dos perfis de solos.

Tabela 7: Valores de CTC nas amostras representativas da área de estudo.

Amostra	Amostras componentes	T (cmol_e/dm³)
CTC 01	V3P01 + V3P02 + V3P03	5,33
CTC 02	V3P04	1,42
CTC 03	V3P05 + V3P06 + V3P07	4,34
CTC 04	V2P01 + V2P02 + V2P03 + V2P04	1,50
CTC 05	V2P06 + V2P07 + V2P08 + V2P09	0,79
CTC 06	V2P10 + V2P11 + V2P12 + V2P13	1,34
CTC 07	V2P16 + V2P17 + V2P18 + V2P21	1,24
CTC 08	V1P01 + V1P02 + V1P04 + V1P05	5,24
CTC 09	V1P07 + V1P12	2,04
CTC 10	V1P13 + V1P14 + V1P15 + V1P16	5,57
CTC 11	V1P18 + V1P19 + V1P22 + V1P23	2,53
CTC 12	V1P30 + V1P31 + V1P32	3,23

A CTC reflete a capacidade de troca de cátions no pH natural do solo, é a quantidade de cátions que os componentes do solo da fração argila podem adsorver devido às suas cargas negativas superficiais. Quanto menor o teor de matéria orgânica e menor o valor da CTC, menor será a capacidade de retenção de metais pesados no solo. Os valores de CTC variaram de 0,79 (vereda Jaraguá) a 5,33 (vereda Urbano).

6.5.3 – Cor dos Solos

As tabelas 1.4, 1.5 e 1.6 (Anexo I) apresentam as caracterizações de cor das amostras de solo das veredas Laçador, Jaraguá e Urbano, respectivamente, de acordo com o *Munsell Soil Colors Charts*.

Na vereda Laçador, as caracterizações da cor variaram de 5Y (cinzento claro) a 2,5 N (preto). Na vereda Jaraguá, variaram de 2,5 Y (cinzento claro) a 2,5 YR (bruno acinzentado). Na vereda Urbano, variaram de 10 YR 7/3 (bruno muito claro-acinzentado) a 10 YR 2/1 (preto). Ou seja, trata-se de colorações típicas de solos mal drenados.

6.5.4 - Composição Mineralógica

Foram selecionadas sete amostras para a determinação mineral da vereda Urbano. A distribuição dos minerais encontra-se na tabela 8.

Tabela 8: Distribuição de minerais em amostras selecionadas da vereda Urbano obtida por Difração de Raios-X.

Amostra	Minerais componentes
V3P01	Quartzo, caulinita, anatásio e gibbsita.
V3P02	Quartzo, caulinita, anatásio e gibbsita.
V3P03	Quartzo, caulinita, anatásio e gibbsita.
V3P04	Quartzo, caulinita, anatásio e rutilo.
V3P05	Quartzo, caulinita e nacrita.
V3P06	Quartzo e caulinita.
V3P07	Quartzo, caulinita, muscovita e anatásio.

Os resultados obtidos na Difração de Raios-X indicam predominância de quartzo (SiO_2), caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$) e subordinado de muscovita vanadífera ($\text{K}(\text{Al},\text{V})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) como minerais constituintes das amostras.

A ocorrência do quartzo e minerais de Al deve estar associada ao intemperismo dos arenitos do Grupo Bambuí – Formação Três Marias. Os teores elevados de argilominerais são um indicativo de contribuição fluvial periódica na matriz de material orgânico (turfa) da formação da vereda.

6.6 - Teores dos Metais nos Solos das Veredas

Os teores de metais pesados medidos são apresentados nas tabelas 1.7, 1.8 e 1.9 (Anexo I) para as amostras de solo das veredas Laçador, Jaraguá e Urbano, respectivamente. Como referencial de análise fez-se uso dos valores orientadores da CETESB (CETESB, 2005) para os limites de referência de qualidade e da Resolução CONAMA 420/2009 (CONAMA, 2009) para os valores de prevenção e intervenção. Os valores de qualidade podem ser entendidos como um indicativo da não contaminação da área. A ultrapassagem dos valores de prevenção pode indicar a existência de contaminação. Os valores de intervenção indicam que se faz necessário interferência na área tendo em vista que os níveis dos poluentes presentes nos solos possuem potencial para causar danos à fauna, à flora e ao homem caso seja estabelecido um nível de contato suficiente entre os metais e estes receptores.

Entretanto, deve ser levada em questão a concentrações de “*background*”, muito importantes no aspecto da atribuição das causas e das responsabilidades pela presença de metais pesados nos solos ou nas águas subterrâneas. As concentrações de “*background*” estão relacionadas com o material ou rocha de origem. Caso sejam ricos em determinado metal, será grande a possibilidade de os solos dele formados serem ricos no referido metal assim como os demais compartimentos (águas, sedimentos, vegetação, etc). Assim, certos solos – mesmo sem influência antrópica - podem possuir valores de poluentes que os classifique, sob o ponto de vista único dos valores orientadores, como sendo áreas que possam demandar interferência de investigação e remediação mesmo não havendo nelas receptores expostos.

Os teores de metais pesados nos perfis dos solos podem tanto aumentar quanto diminuir com a profundidade. Também são inversamente proporcionais a distância da fonte de tais metais, seja ela antrópica ou natural. Caso seja natural como uma rocha de origem rica num determinado metal, quanto mais próximo da rocha, ou seja, mais profundo o perfil dos solos, maior será a concentração do metal.

Por outro lado, caso a fonte do metal seja apenas antrópica (agrotóxicos por exemplo) o seu teor será maior nas camadas superficiais dos solos uma vez que elas estão a uma distância menor da fonte (agrotóxico aplicado sobre o solo por exemplo). Tais teores serão ainda maiores caso haja nas

camadas superficiais componentes retentores do metal e numa granulometria mais fina como a matéria orgânica, argilas e óxidos.

As concentrações de metais nos perfis em função de sua profundidade, apresentadas a seguir, tiveram comportamento diversificados. Na maioria delas o teor dos metais diminuiu com a profundidade e em algumas o teor dos metais aumentou com a profundidade. Acredita-se que, no primeiro caso, a origem dos contaminantes é antrópica e que no último a origem é natural.

6.6.1 - Teores dos Metais nos Solos da Vereda Laçador

Para a vereda Laçador foram coletadas amostras em seis perfis. Nas figuras 41 a 46 são apresentadas os resultados dos teores de metais pesados medidos.

A figura 41 apresenta os gráficos dos teores dos metais analisados ao longo do Perfil 1 da vereda Laçador.

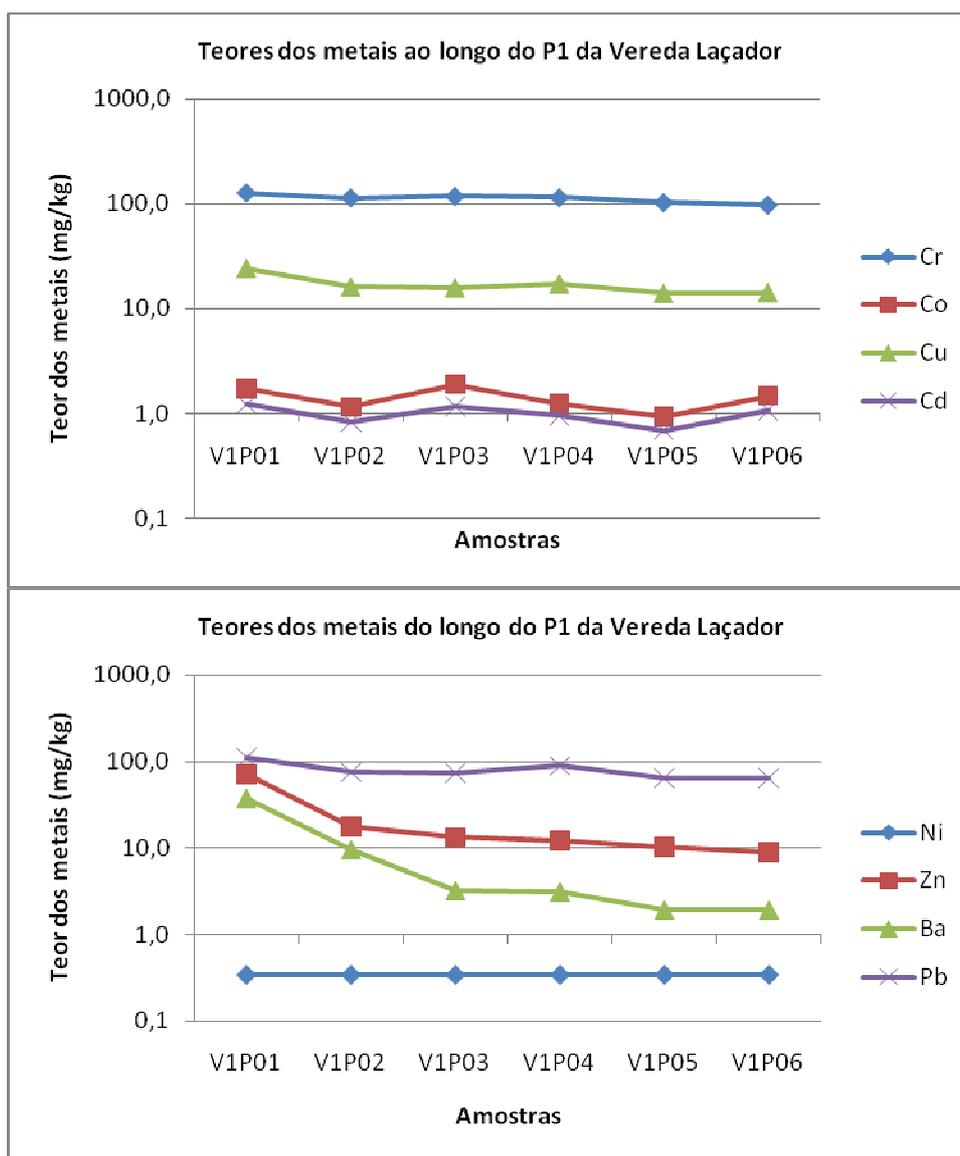


Figura 41: Gráficos dos teores dos metais analisados ao longo do Perfil 1 da vereda Laçador. A profundidade do perfil 1 aumenta da amostra V1P01 para a amostra V1P06.

A figura 42 mostra os gráficos dos teores dos metais analisados ao longo do Perfil 2 da vereda Laçador.

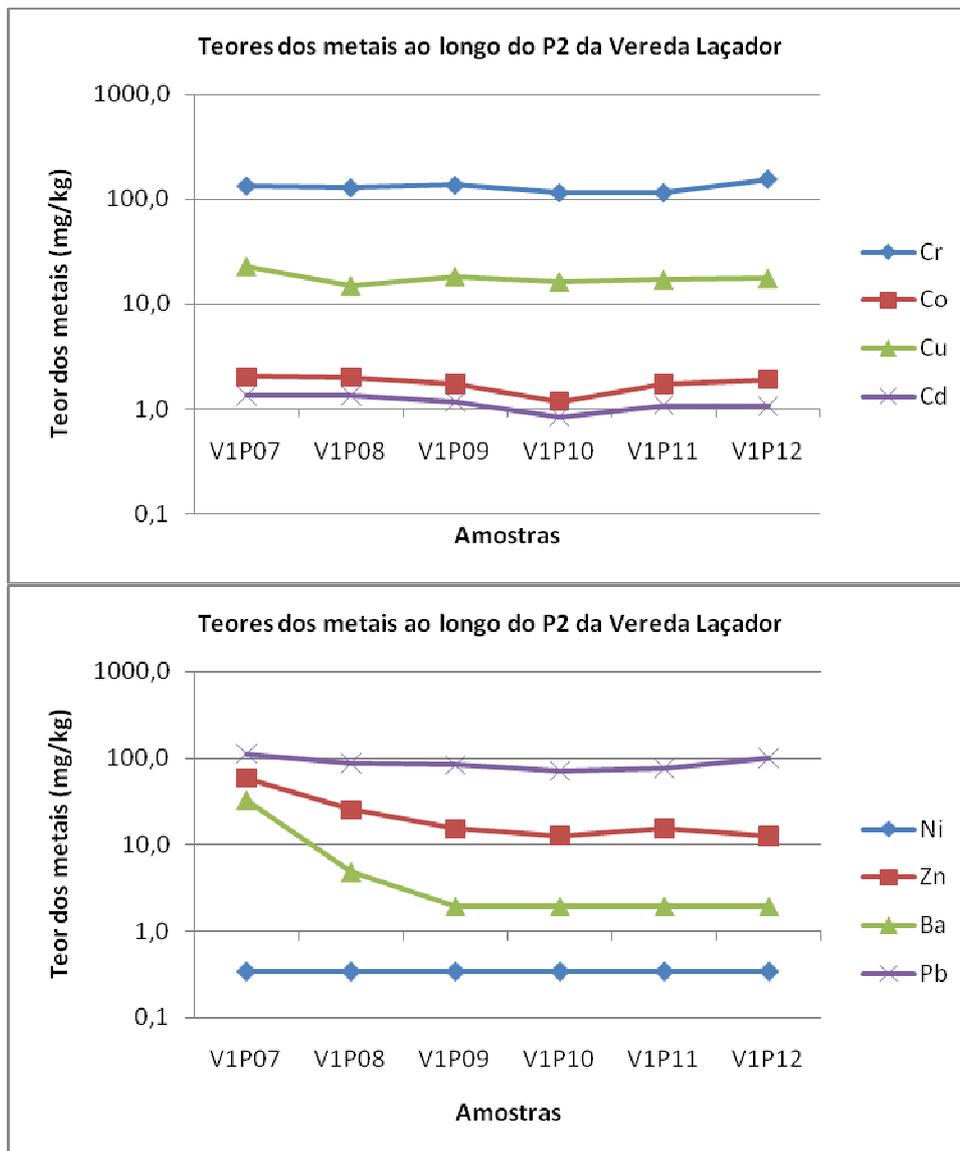


Figura 42: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 2 da vereda Laçador. A profundidade do perfil 2 aumenta da amostra V1P07 para a amostra V1P12.

A figura 43 mostra os gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 3 da vereda Laçador.

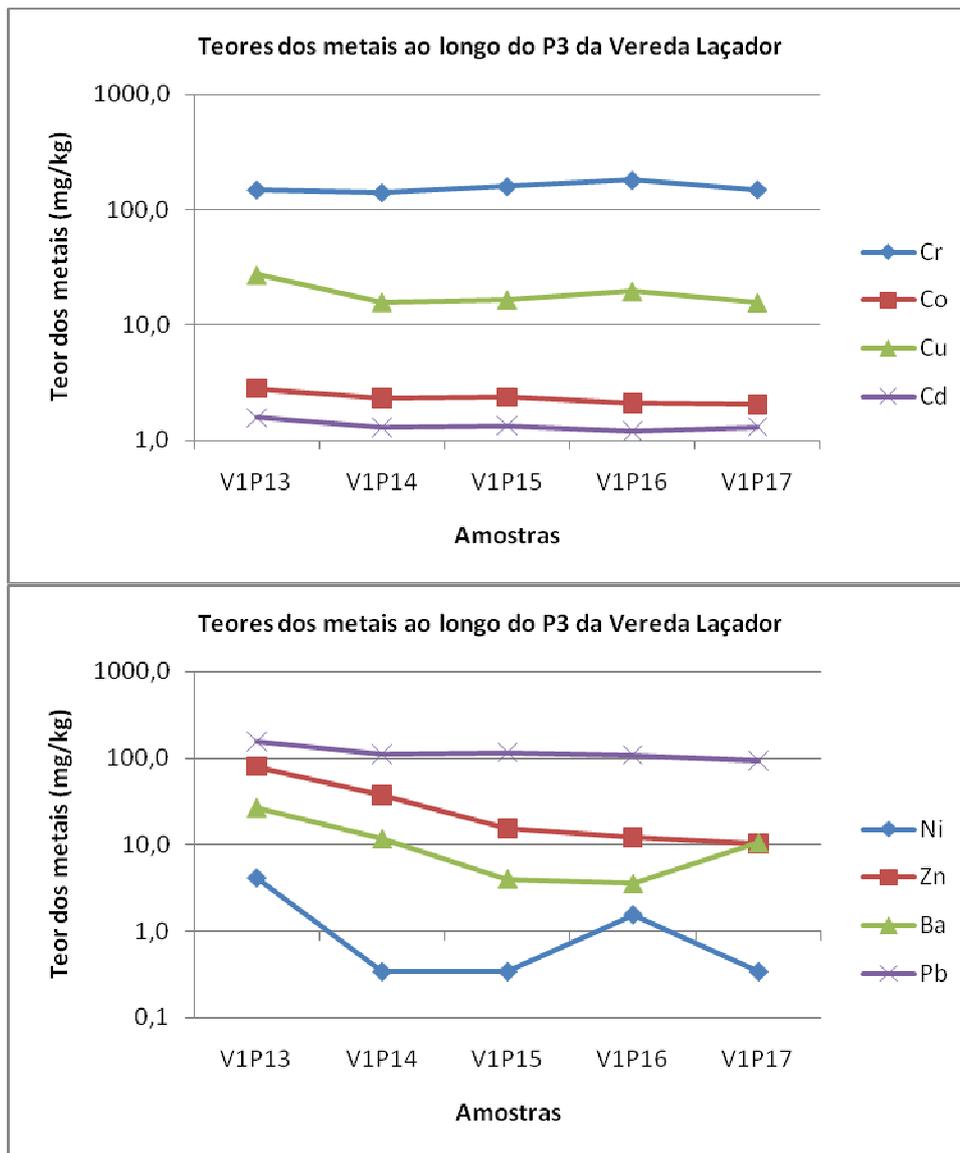


Figura 43: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 3 da vereda Laçador. A profundidade do perfil 3 aumenta da amostra V1P13 para a amostra V1P17.

A figura 44 mostra os gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 4 da vereda Laçador.

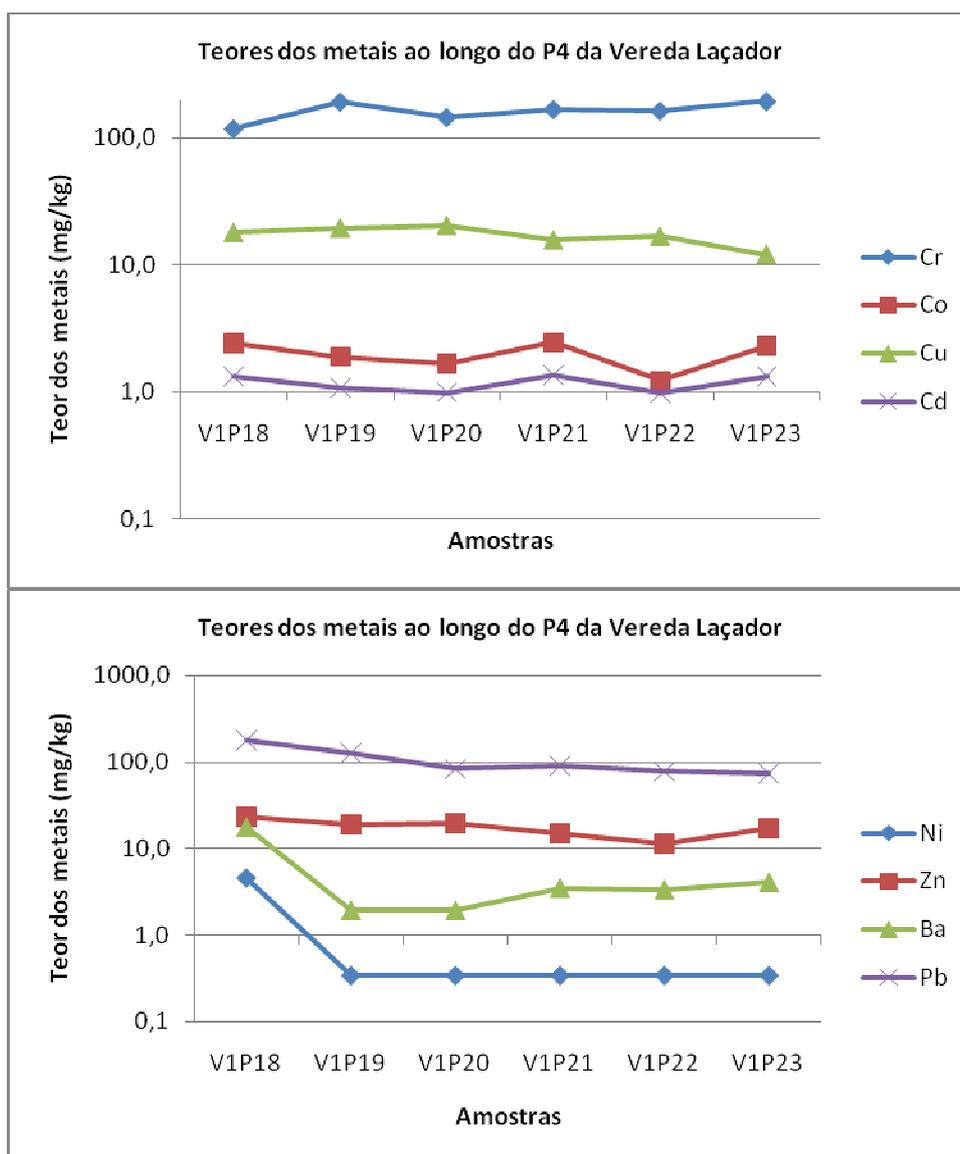


Figura 44: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 4 da vereda Laçador. A profundidade do perfil 4 aumenta da amostra V1P18 para a amostra V1P24.

A figura 45 mostra os gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 5 da vereda Laçador.

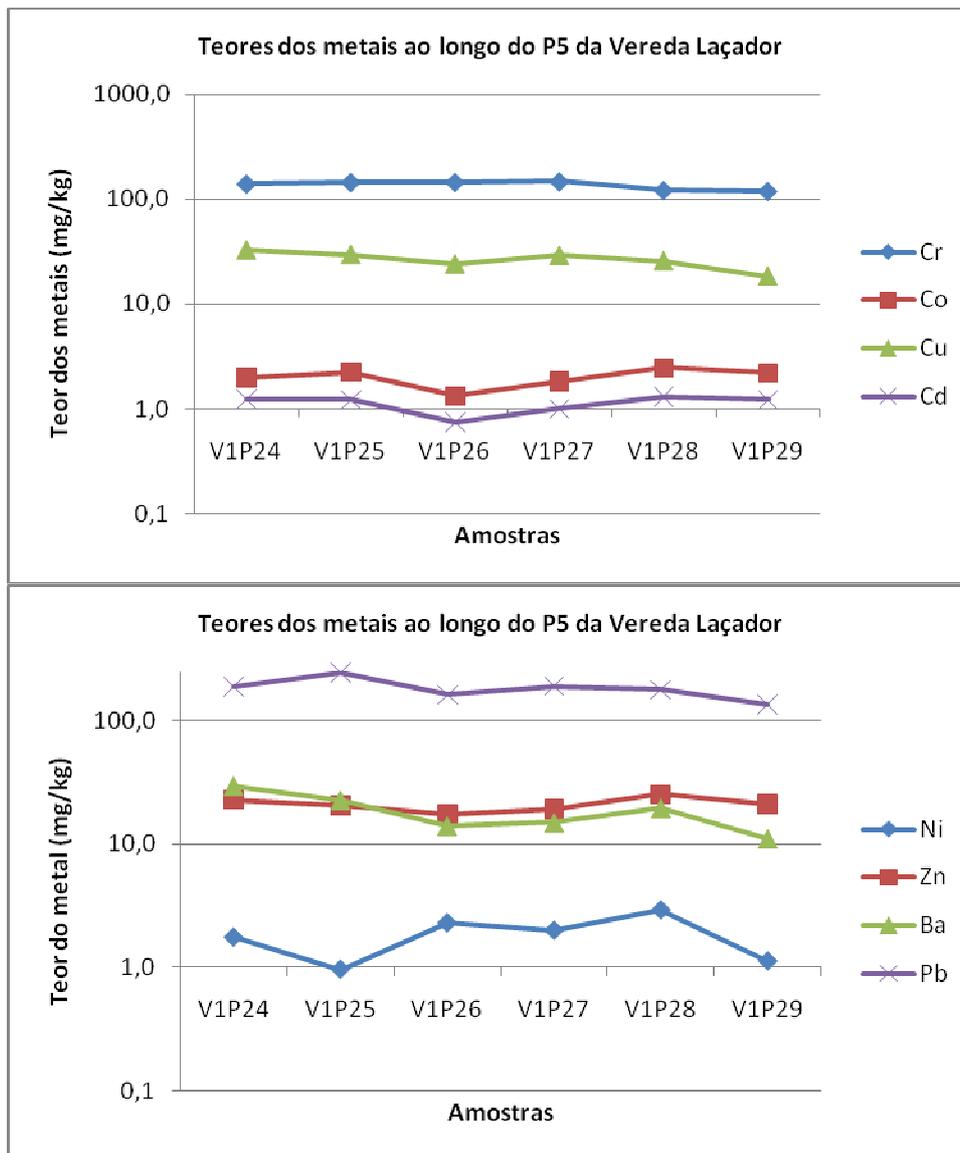


Figura 45: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 5 da vereda Laçador. A profundidade do perfil 5 diminui da amostra V1P24 para a amostra V1P29.

A figura 46 mostra os gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 6 da vereda Laçador.

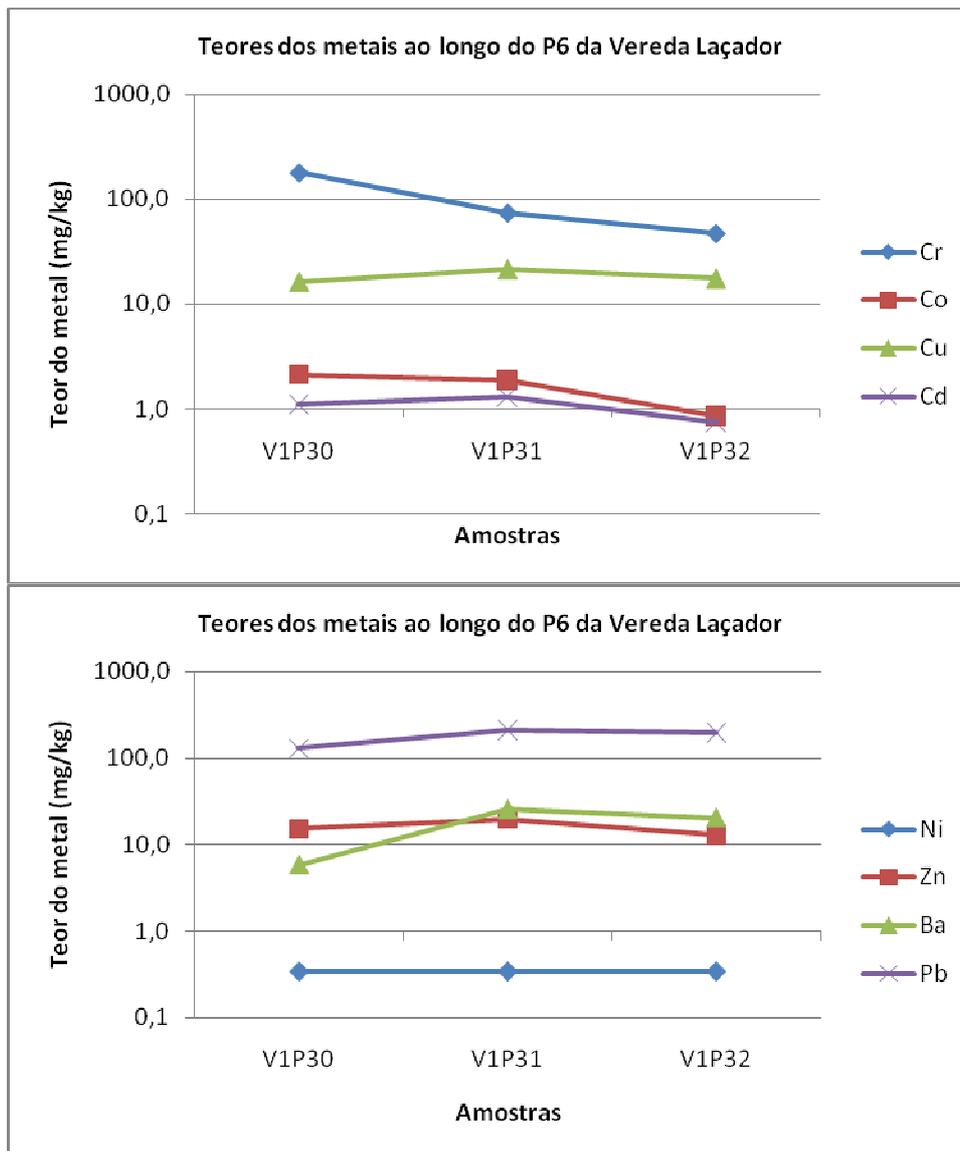


Figura 46: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 6 da vereda Laçador. A profundidade do perfil 6 aumenta da amostra V1P30 para a amostra V1P32.

Na vereda Laçador chama a atenção os valores encontrados para os elementos cromo, cádmio e chumbo, pois ultrapassaram, em todas as amostras os valores de referência de qualidade, tendo em algumas amostras ultrapassados os valores de prevenção e intervenção. O zinco também ultrapassou o valor de qualidade em duas amostras.

Através da observação da figura 41, que mostra os gráficos de teores dos metais analisados ao longo do Perfil 1 da vereda Laçador, nota-se que os teores dos metais tendem a diminuir com o aumento da profundidade. Já no Perfil 2 (Figura 42), essa situação não se repete, pois a amostra mais profunda apresenta teores mais elevados para o cromo. No Perfil 3 (Figura 43), os teores de cromo tendem a aumentar com o aumento da profundidade, enquanto que para os demais elementos, os teores diminuem com o aumento da profundidade. No Perfil 4 (Figura 44), os teores

dos elementos cobalto, cádmio, zinco e níquel tendem a não variar com o aumento da profundidade. Os teores de cromo são mais baixos na amostra mais superficial (0-20 cm) e na mais profunda (160-180 cm) e, ao contrário, para os elementos chumbo e bário, os teores apresentam picos nas mesmas amostras. Os teores de cobre permanecem estáveis até penúltima amostra e na última nota-se uma diminuição de valor. No Perfil 5 (Figura 45), os teores de cobalto, cádmio, zinco e níquel apresentam poucas variações ao longo do perfil. Os teores de cromo, cobre, chumbo e bário tendem a aumentar com o aumento da profundidade. No perfil 6 (Figura 46), os teores de cromo diminuem com o aumento da profundidade, os teores de bário e chumbo aumentam com o aumento da profundidade e os teores para os demais elementos não apresentam muitas alterações ao longo do perfil.

6.6.2 - Teores dos Metais nos Solos da Vereda Jaraguá.

Na vereda Jaraguá, os teores de cromo ultrapassaram o limite de referência de qualidade na maioria das amostras, tendo ultrapassado o limite de prevenção em algumas delas e o limite de intervenção em uma amostra. Os teores de cádmio e chumbo ultrapassaram o valor de referência de qualidade na totalidade das amostras, sendo que para o chumbo, o valor de prevenção foi ultrapassado em três delas. Os teores de bário ultrapassaram o valor de referência de qualidade em apenas três amostras.

A figura 47 mostra os gráficos de teores dos metais analisados ao longo do Perfil 1 da vereda Jaraguá.

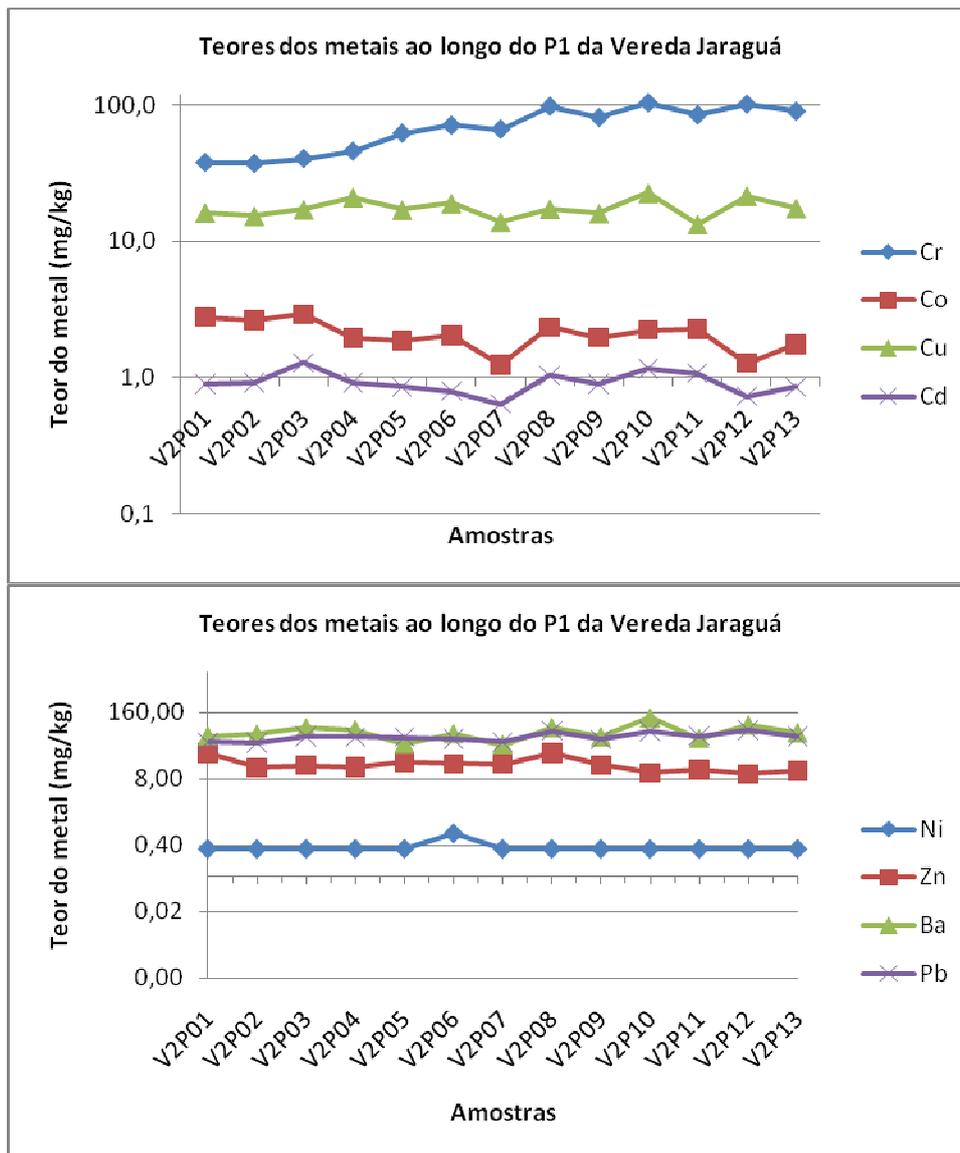


Figura 47: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do perfil 1 da vereda Jaraguá. A profundidade do perfil 1 aumenta da amostra V2P01 para a amostra V2P13.

A figura 48 mostra os gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 2 da vereda Jaraguá.

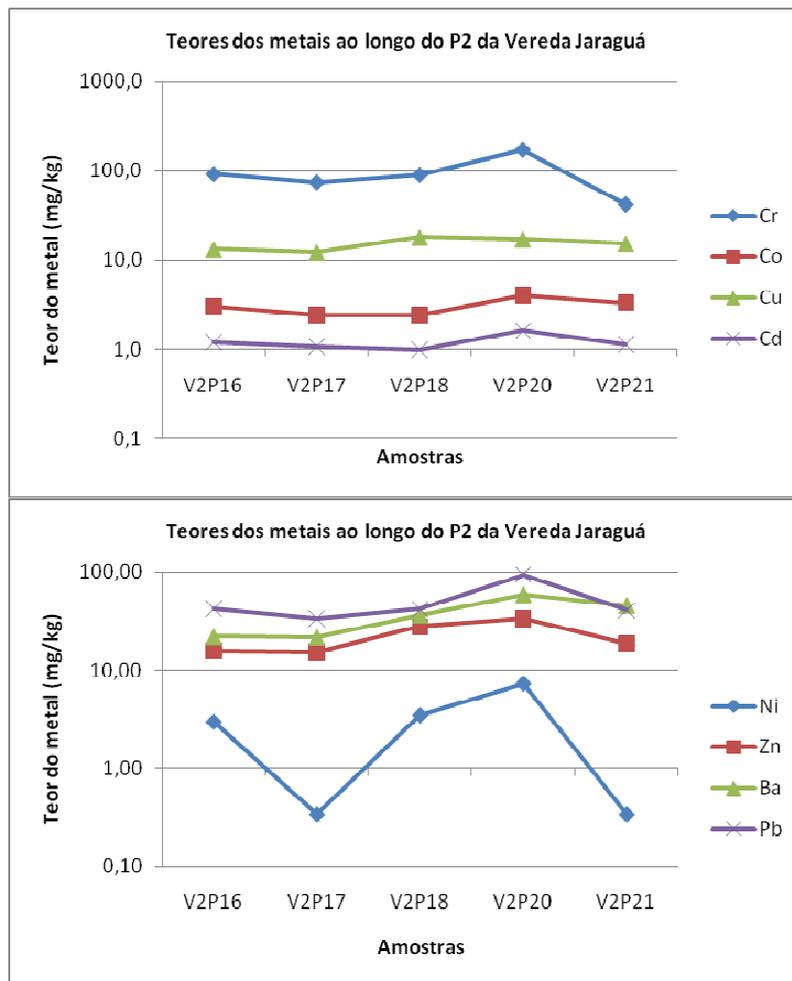


Figura 48: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 2 da vereda Jaraguá. A profundidade do perfil 2 aumenta da amostra V2P16 para a amostra V2P21.

Com relação aos teores dos elementos analisados ao longo dos Perfis 1 e 2 da vereda Jaraguá, observa-se que no Perfil 1 (Figura 47), os teores de cromo e chumbo aumentaram com o aumento da profundidade. Os teores dos elementos cobre, cobalto, cádmio e níquel não tiveram muitas alterações ao longo do perfil. Os teores dos elementos bário e zinco permaneceram instáveis ao longo do perfil. No Perfil 2 (Figura 48), os teores de cobre, bário, zinco e chumbo tenderam ao aumento com o aumento da profundidade. Os teores de cromo tenderam ao declínio com o aumento da profundidade, tendo um pico na amostra V2P20 e os teores de cobalto, cádmio e níquel não tiveram muitas alterações ao longo do perfil.

6.6.3 - Teores dos Metais nos Solos da Vereda Urbano

Com relação aos teores dos elementos analisados na vereda Urbano, chama a atenção os teores de cromo que ultrapassaram o limite de referência de qualidade na quase totalidade das

amostras, tendo ultrapassado o valor de prevenção em duas amostras e de intervenção em uma amostra. Os teores de cobre ultrapassaram o limite de referência de qualidade em três amostras e o limite de prevenção em duas amostras. Os teores de cádmio e chumbo ultrapassaram os limites de referência de qualidade na totalidade das amostras, sendo que para o chumbo o limite de prevenção também foi ultrapassado em algumas das amostras. Os teores de zinco ultrapassaram o limite de referência de qualidade em apenas duas amostras. Os teores de bário ultrapassaram o limite de referência de qualidade na maioria das amostras, tendo, em algumas delas, ultrapassado o limite de prevenção.

A figura 49 mostra os gráficos de teores dos metais analisados ao longo do Perfil 1 da vereda Urbano.

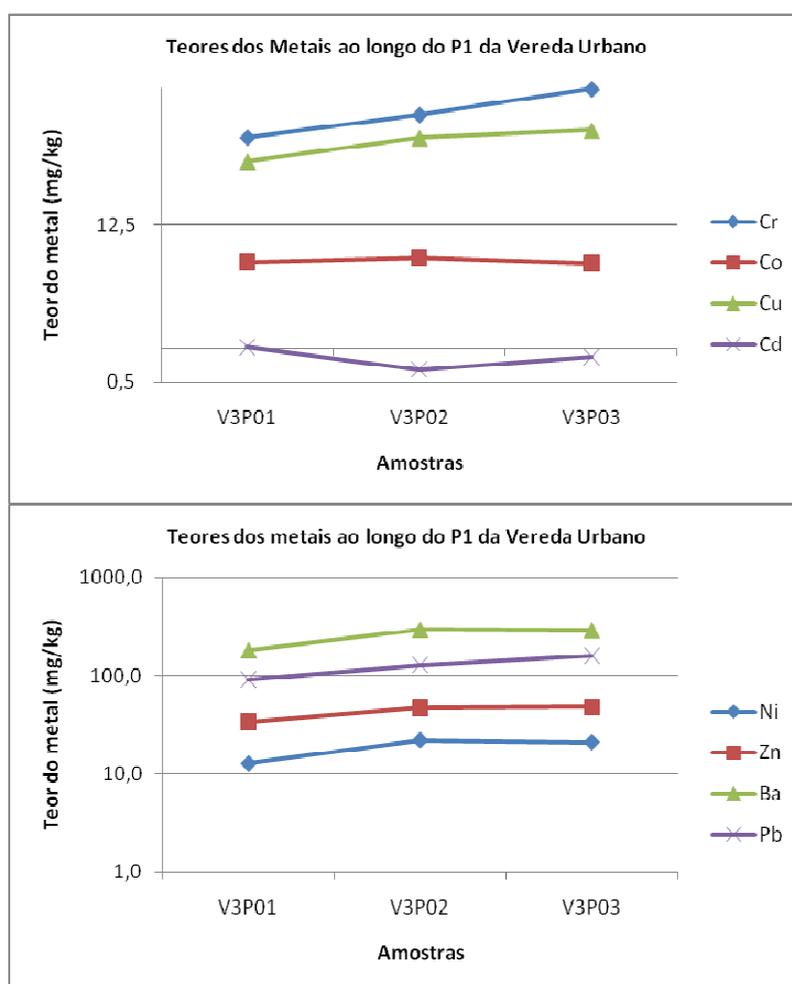


Figura 49: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do perfil 1 da vereda Urbano. A profundidade do perfil 1 diminui da amostra V3P01 para a amostra V3P03.

A figura 50 mostra os gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do Perfil 2 da vereda Urbano.

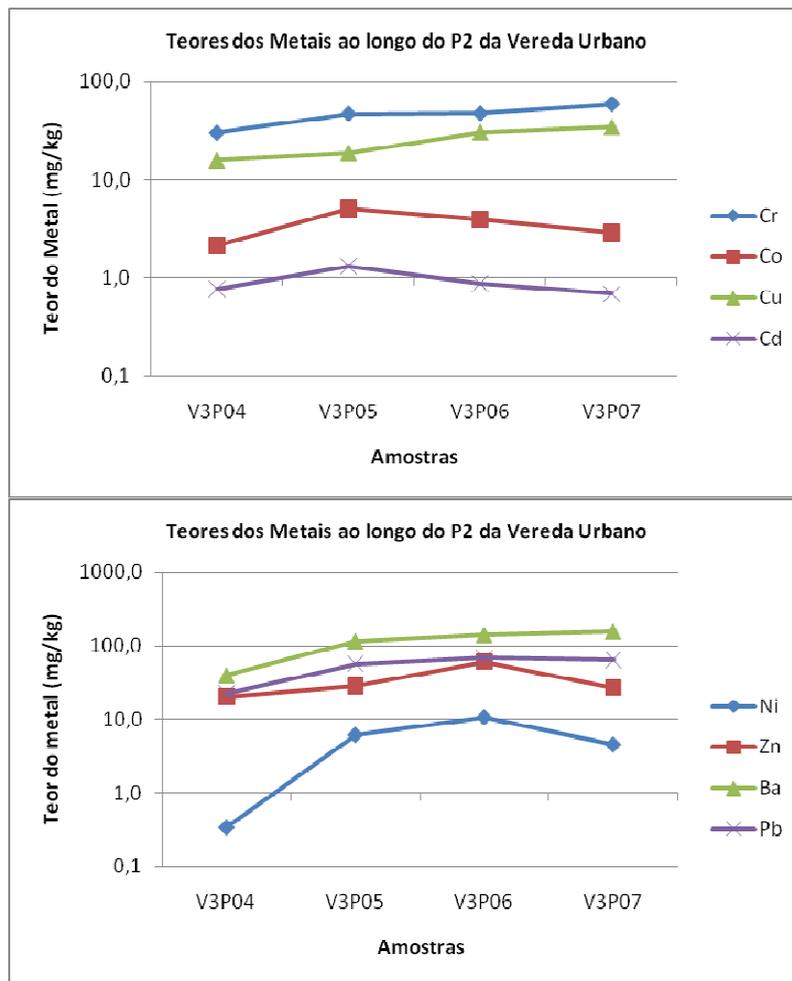


Figura 50: Gráficos de Teores dos metais analisados ao longo do perfil 2 da vereda Urbano. A profundidade do perfil 2 aumenta da amostra V3P04 para a amostra V3P07.

Com relação à variação dos teores dos elementos analisados ao longo do Perfil 1 da vereda Urbano (Figura 49), observou-se que os teores dos elementos analisados tendem a ser mais elevados na amostra de menor profundidade (V3P03) e no Perfil 2 (Figura 50) os teores dos elementos analisados tenderam ao aumento com o aumento da profundidade.

6.7 - Análise Palinológica, Datações Radiocarbônicas e Relação com Dados Geoquímicos

Paralelamente a este trabalho de mestrado, ocorreu outro estudo de cunho palinológico nas veredas Urbano e Laçador e os resultados destas análises e das datações radiocarbônicas são apresentados por Lorente (2010). As tabelas 8 e 9 mostram os resultados destas datações radiocarbônicas.

Tabela 9: Datações radiocarbônicas e resultados dos metais pesados na vereda Urbano

Amostra palinológica	Idade Convencional (anos A.P.)	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$	Taxa de sedimentação (cm/100a)	Profundidade (cm)	Amostra geoquímica	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
						mg/kg							
FZU 1a	1.500 ± 40	- 18.7	0,15	0-6	V3P03	205,4 ¹	5,7	87,7 ^P	0,8 ^Q	21,1	47,9	291,1 ^P	161,8 ^P
FZU 1c	11.640 ± 60	- 15.4	3,7	17-21	V3P04	30,1 ^Q	2,1	15,9	0,8 ^Q	<0,3	20,1	40,0	22,3 ^Q
FZU 1e	12.230 ± 60	- 16.6	2,9	34-39	V3P05	47,4 ^Q	5,1	18,8	1,3 ^Q	6,2	28,6	115,1 ^Q	56,9 ^Q
FZU 1g	13.120 ± 60	- 16.4		54-60	V3P06	47,9 ^Q	4,0	30,7	0,9 ^Q	10,8	60,7 ^Q	141,6 ^Q	68,1 ^Q

Fonte: adaptado de Lorente (2010).

* Valores orientadores da CETESB (CETESB, 2005) e do CONAMA (CONAMA, 2009). ^QAcima dos valores de referência de qualidade. ^PAcima do valor de prevenção. ¹Acima do valor de intervenção agrícola.

Lorente (2010) concluiu que os resultados da análise palinológica da vereda Urbano, associados às datações radiocarbônicas e ao significado ambiental dos palinomorfos identificados, possibilitaram estabelecer as condições paleoambientais e paleoclimáticas a partir do final do Pleistoceno na região de Buritizeiro (MG). As análises qualitativa e quantitativa deste perfil sedimentar permitiram o estabelecimento de duas palinozonas denominadas da base para o topo de FZU 1 e FZU 2. Estas palinozonas mostraram que a umidade atmosférica aumentou gradativamente desde o final do Pleistoceno (13.120 ± 60 anos A.P) ao Holoceno (1.500 ± 40 anos A.P), refletindo na mudança da vegetação da região. Os principais fatores para esta mudança devem ter sido aumento de pluviosidade e a estacionalidade climática.

A Palinozona FZU 1, que representa o intervalo de tempo entre 13.120 ± 60 e 11.640 ± 60 anos A.P, é caracterizada pelo predomínio de grãos de pólen de condições climáticas mais secas que as atuais, condições estas semelhantes ao clima semi-árido identificado nas áreas de interface entre o Cerrado e a Caatinga, hoje geograficamente mais ao norte, que é caracterizado por índice pluviométrico inferior a 1.000 mm anuais e por déficit hídrico na estação seca com duração de sete a oito meses.

A Palinozona FZU 2, depositada entre aproximadamente 6.000 e 1.500 ± 40 anos A.P, é caracterizada pelo aumento da quantidade de grãos de pólen de elementos arbóreos e pela presença de novos *taxa* arbustivos, herbáceos e arbóreos.

A presença de pólenes de *Mauritia flexuosa* sugere o estabelecimento da vereda Urbano como reflexo de condições climáticas mais úmidas do que as anteriores e mostra que o clima deveria ter sido igual ou semelhante ao semi-úmido, com índice pluviométrico acima de 1.000 mm anuais e com a estação seca com duração de cinco a seis meses, como ocorre atualmente em Buritizeiro (MG).

O estudo palinológico da vereda Laçador ainda está em andamento devido a um atraso na determinação no laboratório de datação. Mas já existem resultados relativos à datação radiocarbônica da base desta vereda, retirada de uma profundidade de 1,90 m, que indicou uma idade convencional de 11.370 ± 70 anos A.P (Tabela 10).

Tabela 10: Datação radiocarbônica da base da vereda Laçador

Amostra	Idade Convencional (anos A.P.)	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$	Profundidade (cm)
Amostra Base	11.370 ± 70	- 16.3	180-190

Os resultados parecem indicar que a vereda Laçador iniciou a sua formação de vereda posterior à vereda Urbano.

Comparando-se os resultados palinológicos com os teores de metais encontrados nos perfis estudados da vereda Urbano (Tabela 9), nota-se que a palinozona FZU 1 (profundidade de 17 a 60 cm) está correlacionada, sob o ponto de vista geoquímico, com o perfil 2 (V3P04 a V3P06) desta vereda que apresenta teores de metais mais baixos em comparação com o perfil 1 (V3P03), amostra de menor profundidade como a palinozona FZU 2.

CAPÍTULO 7

TRATAMENTO DOS DADOS OBTIDOS

A concentração de *background* pode ser determinada de maneiras diferentes. Alguns autores utilizam concentrações já determinadas na região de estudo e tabeladas na literatura (Yongming *et al.*, 2005). Porém, não há na literatura dados disponíveis para serem utilizados no trabalho em questão. Outros autores lançam mão da concentração mínima determinada no estudo (Loska & Wiechula, 2003) e outros usaram a média da concentração de oito amostras da região de estudo que não se encontravam contaminadas (Yu *et al.*, 2001). Neste trabalho optou-se por utilizar a concentração mínima determinada para cada elemento dentre as amostras de cada vereda.

O índice de geoacumulação (I_{geo}) e o fator de contaminação (FC) podem ser utilizados para diferenciar entre a origem dos metais devido a processos naturais daquela das atividades humanas, indicando assim o grau de influência da ação antropogênica no meio.

7.1 - Índice de Geoacumulação

O índice de geoacumulação (I_{geo}) foi determinado pela primeira vez através da equação de Müller (1979):

$$I_{geo} = \log_2 C_n / (1,5 C_b)$$

onde: C_n é a concentração do metal (mg/kg) no sedimento da região e C_b é a concentração de *background* (mg/kg) do metal e o fator 1,5 é utilizado para compensar possíveis variações de *background* devido a efeitos litogênicos. O Índice de Geoacumulação (I_{geo}) possui sete graus de intensidade de contaminação, onde I_{geo} próximo a zero significa sedimento não-contaminado e deficiente do metal indo até $I_{geo} = 6$ que significa que o sedimento se encontra fortemente contaminado, como mostra a tabela 11.

Tabela 11: Índice de geoacumulação (I_{geo}) de metais pesados no solo

Intensidade de poluição	Acúmulo no solo (I_{geo})	Classe I_{geo}
Muito fortemente poluído	>5	6
Forte a muito fortemente poluído	4-5	5
Fortemente poluído	3-4	4
Moderado a fortemente poluído	2-3	3
Moderadamente poluído	1-2	2
Pouco a moderadamente poluído	0-1	1
Praticamente não poluído	<0	0

Fonte: Modificado de Müller (1979).

Utilizando-se a concentração mínima determinada para cada elemento dentre as amostras de cada vereda, fez-se o cálculo do I_{geo} , conforme apresentado nas tabelas 1.10, 1.11 e 1.12 (Anexo I), para as veredas Laçador, Jaraguá e Urbano, respectivamente.

Através da tabela 1.10, que apresenta o Índice de Geoacumulação dos metais pesados nas amostras da vereda Laçador, nota-se que para os elementos cobalto, cobre, cádmio e chumbo, a classe variou de 0 (praticamente não poluído) a 1 (pouco a moderadamente poluído). Para o cromo a classe de contaminação variou de 0 a 2 (moderadamente poluído). Para o zinco a classe de contaminação variou de 0 a 3 (moderado a fortemente poluído). Finalmente, os elementos níquel e bário apresentaram classes de contaminação mais elevadas, variando de 0 a 4 (fortemente poluído).

A figura 51 apresenta a variação das classes de contaminação pelos elementos analisados em cada um dos 6 perfis da vereda Laçador.

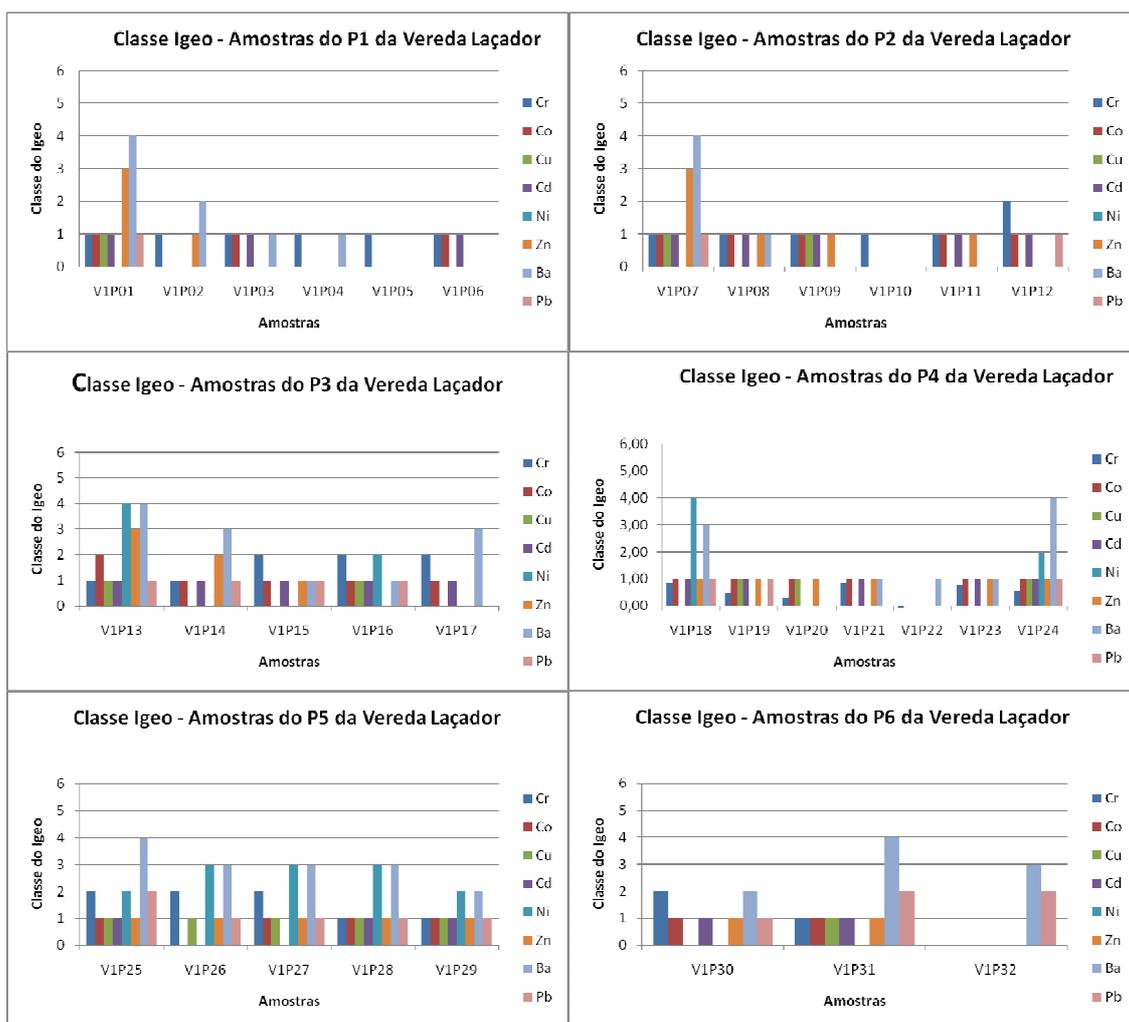


Figura 51: Gráfico com as classes I_{geo} para a concentração dos elementos nas amostras analisadas dos Perfis P1 a P6 da vereda Laçador.

Nota-se que no Perfil 1, apenas os elementos zinco e bário atingem classes de contaminação acima de 1, tendo atingido classes 3 e 4, respectivamente, na amostra V1P01. No perfil 2, novamente esses elementos atingem essas classes de contaminação, além do cromo que atinge classe 2 na amostra V1P12. No perfil 3, os elementos cobalto e cromo atingem classe 2, o zinco atinge classe 3 e o níquel e bário, classe 4, atingindo também esta classe no perfil 4. No perfil 5, o cromo atinge classe 2, o níquel atinge classe 3 e o bário, classe 4. No perfil 6, o cromo atinge classe 2 e o bário, classe 4.

Portanto, os elementos bário e níquel obtiveram, na vereda Laçador, os maiores fatores de enriquecimento, atingindo classe I_{geo} 4 (fortemente poluído).

Com relação à vereda Jaraguá, pela observação da tabela 1.11, nota-se que, para os elementos cobre e cádmio, a classe de contaminação variou de 0 a 1. Para o cobalto, zinco e

chumbo, variou de 0 a 2 e para o cromo e bário variou de 0 a 3. Para o níquel, a classe de contaminação (0 a 5) atinge o valor mais preocupante – forte a muito fortemente poluído.

A figura 52 apresenta o gráfico com as classes I_{geo} para os elementos analisados nas amostras do Perfil 1 da vereda Jaraguá.

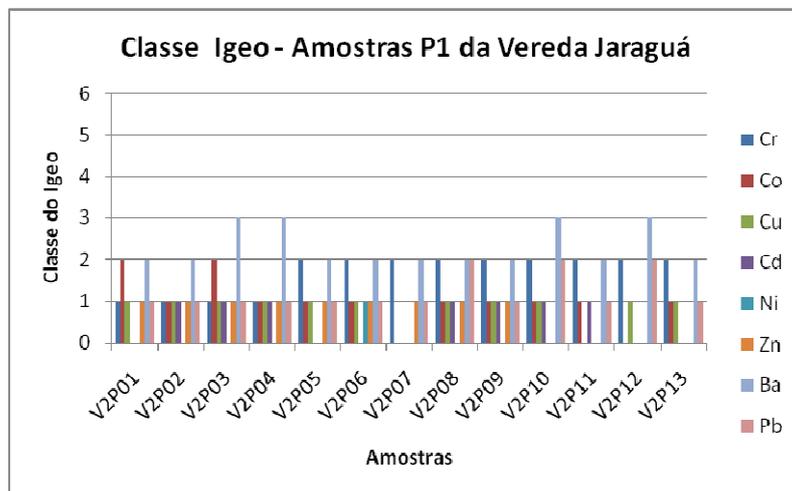


Figura 52: Gráfico com as classes I_{geo} para a concentração dos elementos nas amostras analisadas do Perfil 1 da vereda Jaraguá.

Através desta figura, observa-se que no Perfil 1, os elementos cobalto, cromo e chumbo atingem classe 2 e o bário, classe 3.

A figura 53 apresenta o gráfico com as classes I_{geo} dos elementos analisados nas amostras do Perfil 2 da vereda Jaraguá.

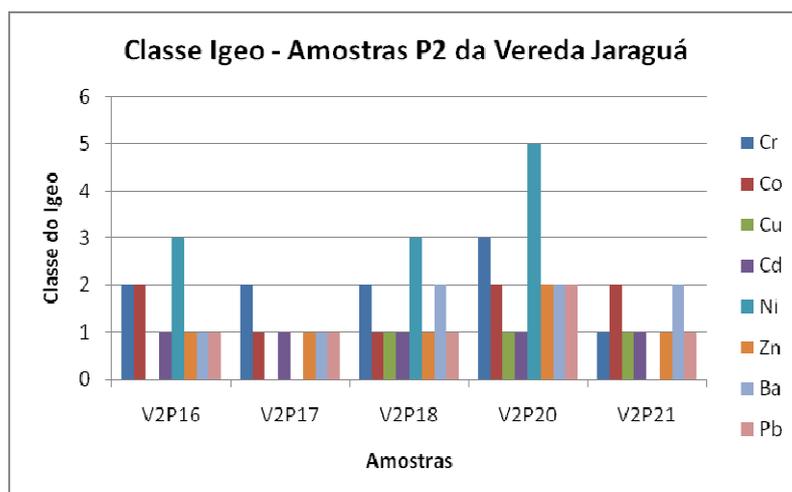


Figura 53: Gráfico com as classes I_{geo} para a concentração dos elementos nas amostras analisadas do Perfil 2 da vereda Jaraguá.

Na vereda Jaraguá o elemento níquel apresenta maior fator de enriquecimento, atingindo classe I_{geo} 5 (forte a muito fortemente poluído).

Nota-se pela tabela 1.12 que, na vereda Urbano, o elemento cádmio apresentou classes de contaminação variando de 0 a 1; os elementos cromo, cobalto, cobre e zinco variaram de 0 a 2 e o bário e chumbo variaram de 0 a 3. O níquel novamente atinge os valores mais elevados para classe de contaminação, variando de 0 a 6 (muito fortemente poluído).

A figura 54 apresenta o gráfico com as classes I_{geo} dos elementos analisados nas amostras do Perfil 1 da vereda Urbano.

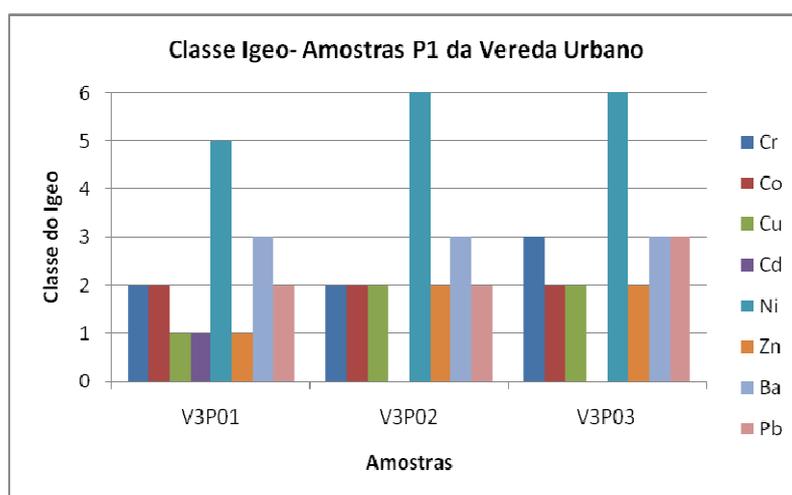


Figura 54: Gráfico com as classes I_{geo} dos elementos analisados nas amostras do Perfil 1 da vereda Urbano.

Observa-se pela figura 54 que somente o elemento cádmio não apresentou classe de contaminação maior do que 1 no Perfil 1 da vereda Urbano.

A figura 55 apresenta o gráfico com as classes I_{geo} dos elementos analisados nas amostras do Perfil 2 da vereda Urbano.

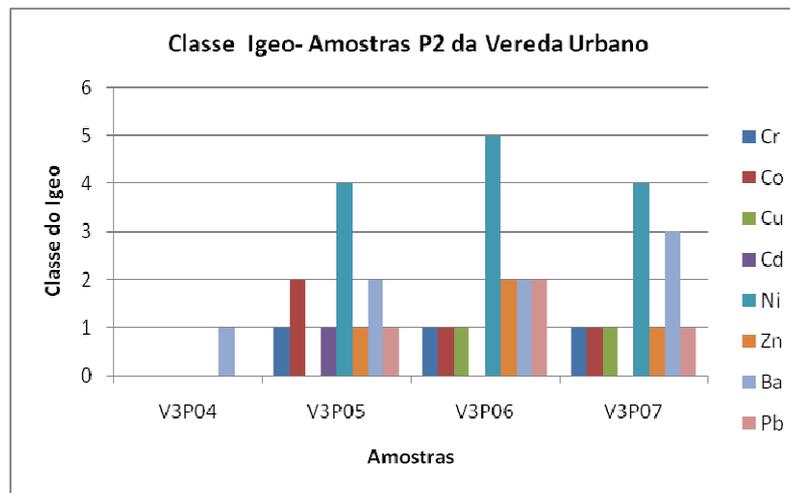


Figura 55: Gráfico com as classes I_{geo} dos elementos analisados nas amostras do Perfil 2 da vereda Urbano.

No Perfil 2, os elementos cobalto, níquel, bário, zinco e chumbo apresentaram classes de contaminação maior do que 1.

A vereda Urbano apresenta a pior situação sob o ponto de vista de enriquecimento de teor de metal níquel, pois o elemento níquel atinge classe de I_{geo} 6 (muito fortemente poluído).

7.2 - Fator de Contaminação

O Fator de Contaminação de Hakanson (1980) é utilizado para estimar a contribuição antrópica dos metais pesados e estabelecer onde a contaminação do solo é significativa. O FC dos solos é calculado através da razão entre a concentração do elemento na amostra de solo e a concentração do seu nível de base natural (NBN) ou *background* (Hakanson, 1980). Essa metodologia permite verificar em que ordem de grandeza o nível natural dos metais foi excedido, indicando o enriquecimento ou, caso contrário, o empobrecimento do elemento no solo. A classificação de Hakanson propõe que valores de FC menores do que 1 indicam baixa contaminação, valores entre 1 e 3 contaminação moderada, valores entre 3 e 6 contaminação considerável e valores maiores que 6 alta contaminação, como mostra a tabela 12.

Tabela 12: Fator de contaminação (FC) de solos

Fator de Contaminação	Nível de contaminação
<1	Baixa contaminação
1 - 3	Contaminação moderada
3 - 6	Contaminação considerável
>6	Alta contaminação

Fonte: Modificado de Hakanson (1980)

Utilizando-se a concentração mínima determinada para cada elemento dentre as amostras de cada vereda, fez-se o cálculo do FC, conforme apresentado pelas tabelas 1.13, 1.14 e 1.15 (Anexo I), para as veredas Laçador, Jaraguá e Urbano, respectivamente.

Conforme mostra a tabela 1.13, a vereda Laçador apresentou, para os elementos cromo e chumbo, contaminação moderada a considerável; para o elemento cobalto, contaminação baixa a considerável. O cobre apresentou contaminação moderada, o cádmio baixa a moderada e os elementos níquel, zinco e bário apresentaram contaminação moderada a alta.

A figura 56 apresenta os gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 1 da vereda Laçador.

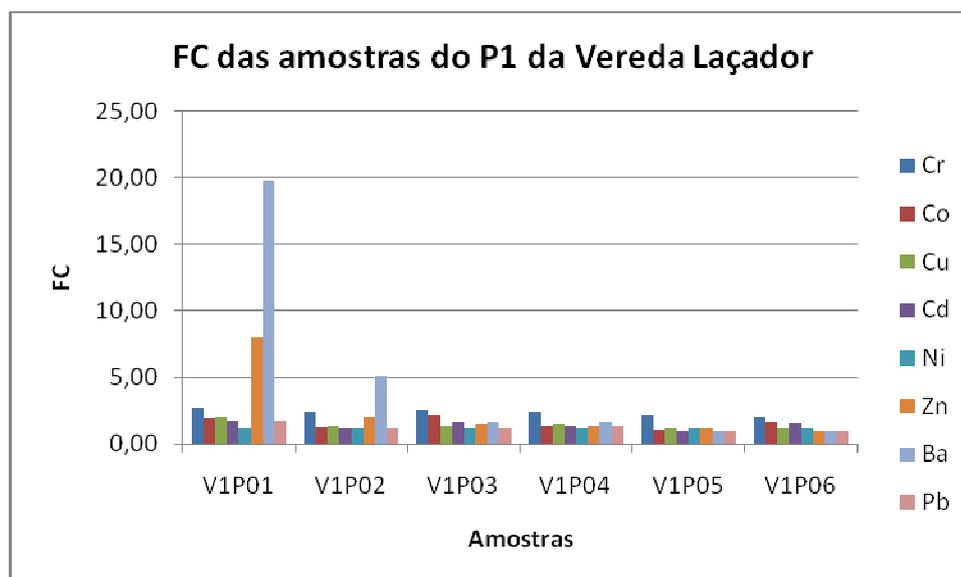


Figura 56: Gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 1 da vereda Laçador.

Através da análise da figura 56, nota-se que no Perfil 1 da vereda Laçador, o elemento que apresentou maior fator de contaminação foi o bário, atingindo FC próximo a 20, valor muito acima do limite para que a contaminação seja considerada alta. O zinco também apresentou contaminação alta neste perfil.

A figura 57 apresenta os gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 2 da vereda Laçador.

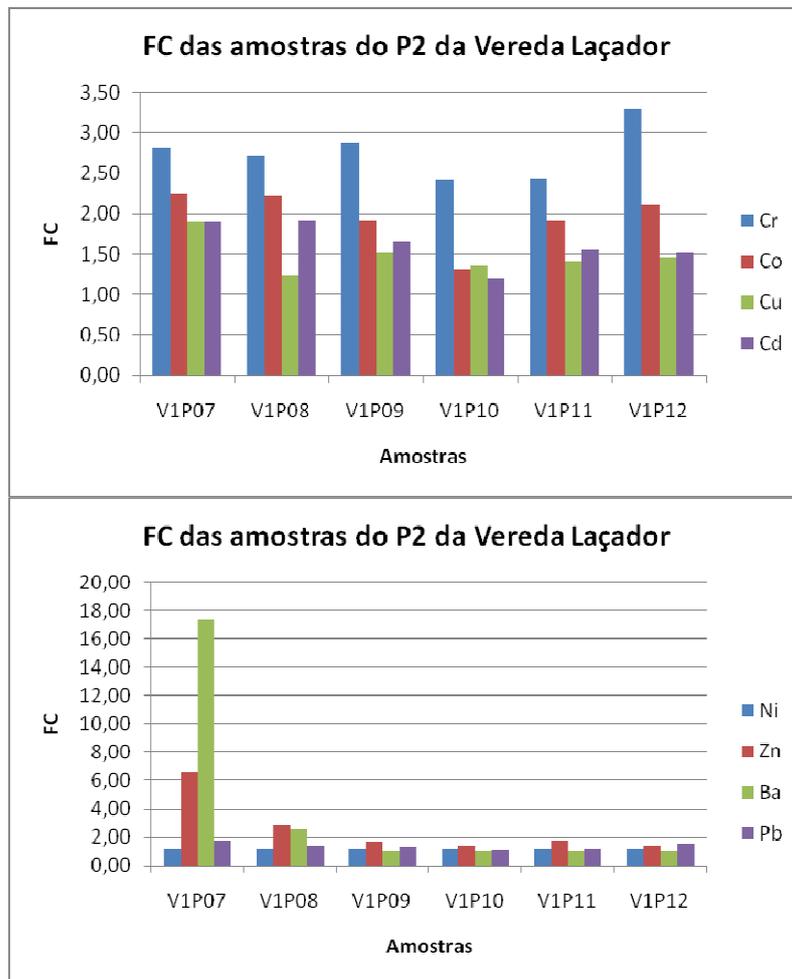


Figura 57: Gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 2 da vereda Laçador.

No Perfil 2, novamente o bário apresenta alta contaminação (FC = 17,38).

A figura 58 apresenta os gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 3 da vereda Laçador.

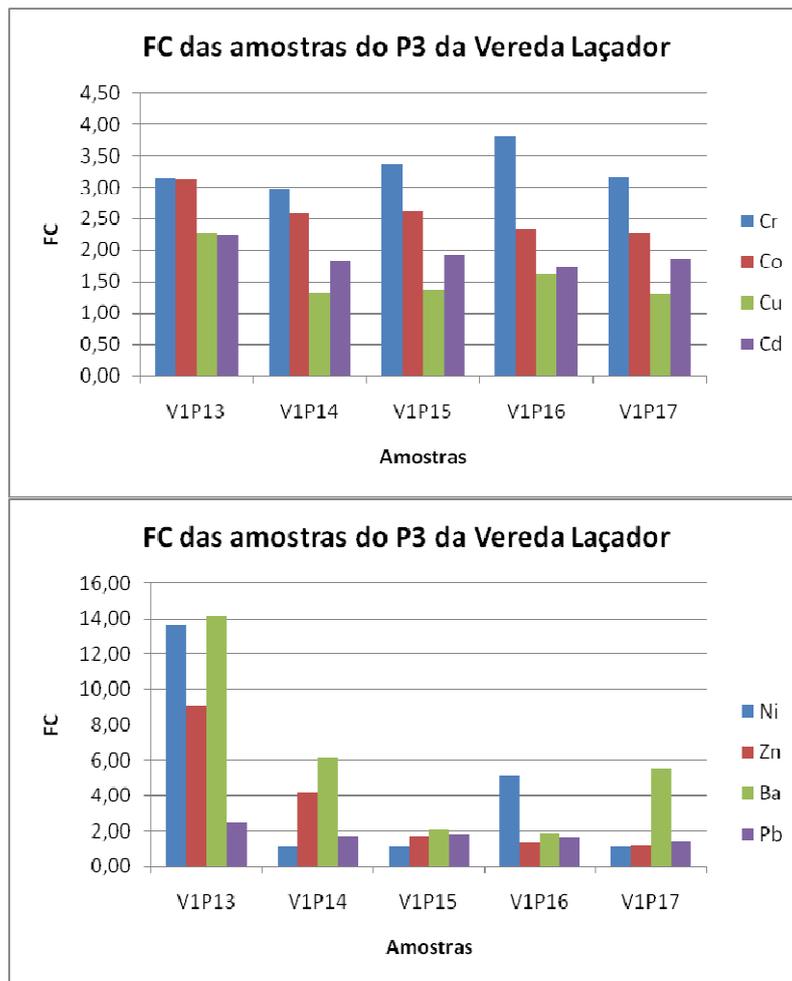


Figura 58: Gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 3 da vereda Laçador.

No perfil 3, os elementos níquel, zinco e bário apresentaram alta contaminação. Esta situação se repete no perfil 5, como se nota pela figura 60.

A figura 59 apresenta os gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 4 da vereda Laçador.

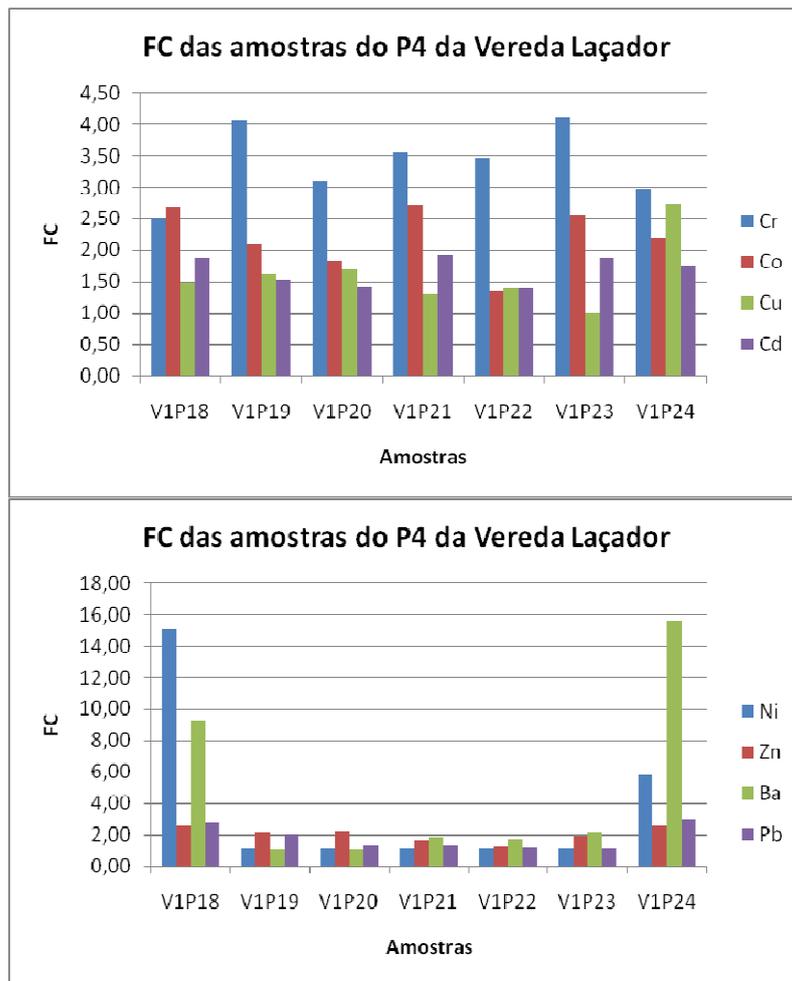


Figura 59: Gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 4 da vereda Laçador.

No perfil 4, níquel e bário apresentam alta contaminação.

A figura 60 apresenta os gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 5 da vereda Laçador.

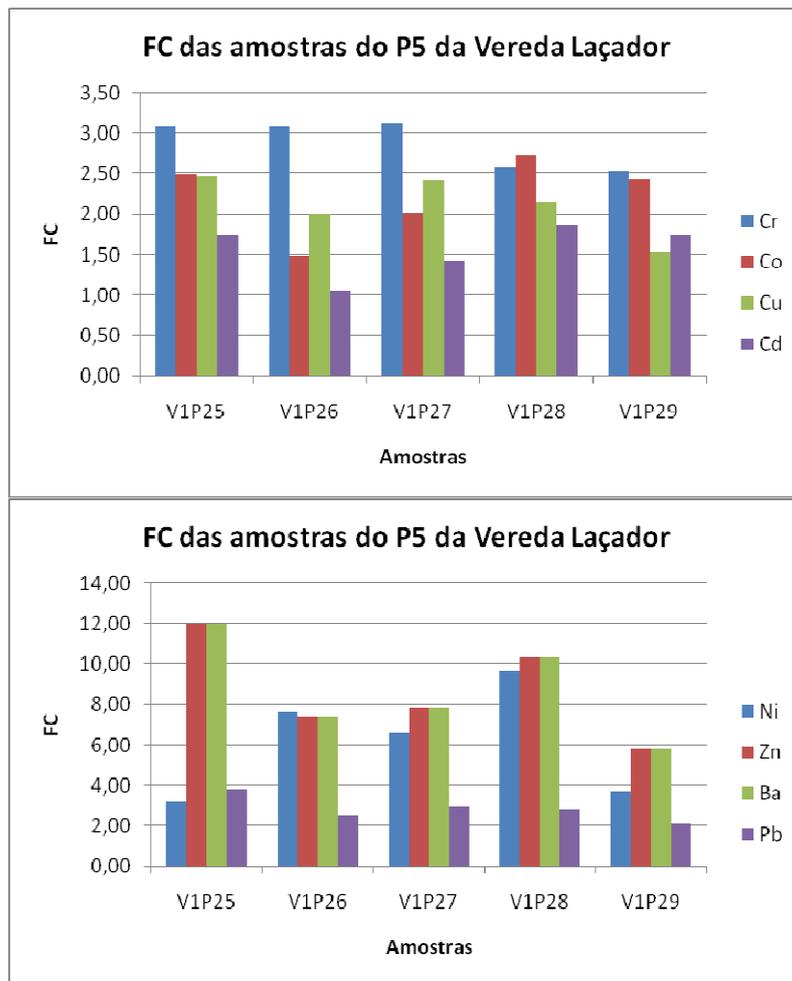


Figura 60: Gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 5 da vereda Laçador.

A figura 61 apresenta o gráfico de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 6 da vereda Laçador.

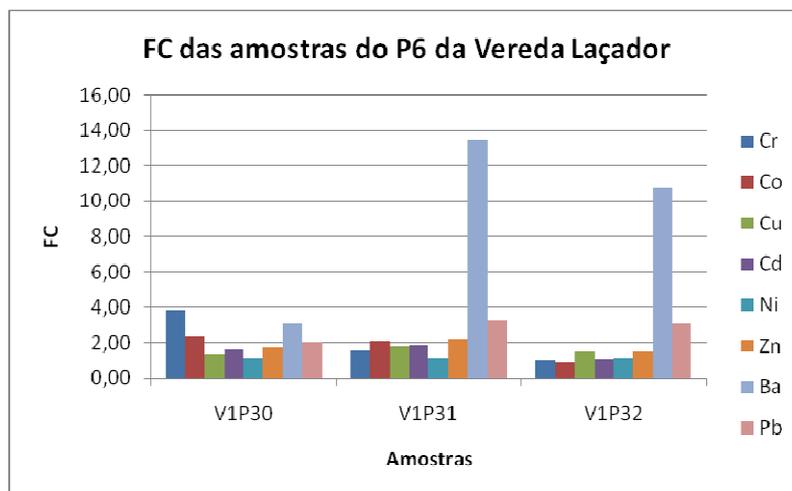


Figura 61: Gráfico de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 6 da vereda Laçador.

No perfil 6, apenas o bário apresenta alta contaminação. Portanto, na vereda Laçador, utilizando-se a metodologia do cálculo de FC, o elemento que apresenta maior grau de enriquecimento de teor é o bário, com alta contaminação.

A vereda Jaraguá apresentou, para o elemento cromo, contaminação moderada a alta; para o cobalto, contaminação moderada a considerável; para o cobre e cádmio, contaminação moderada; para o níquel, contaminação baixa a alta; para o zinco, contaminação moderada a considerável; para o bário, contaminação moderada a alta e para o chumbo, contaminação moderada a considerável.

A figura 62 apresenta os gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 1 da vereda Jaraguá.

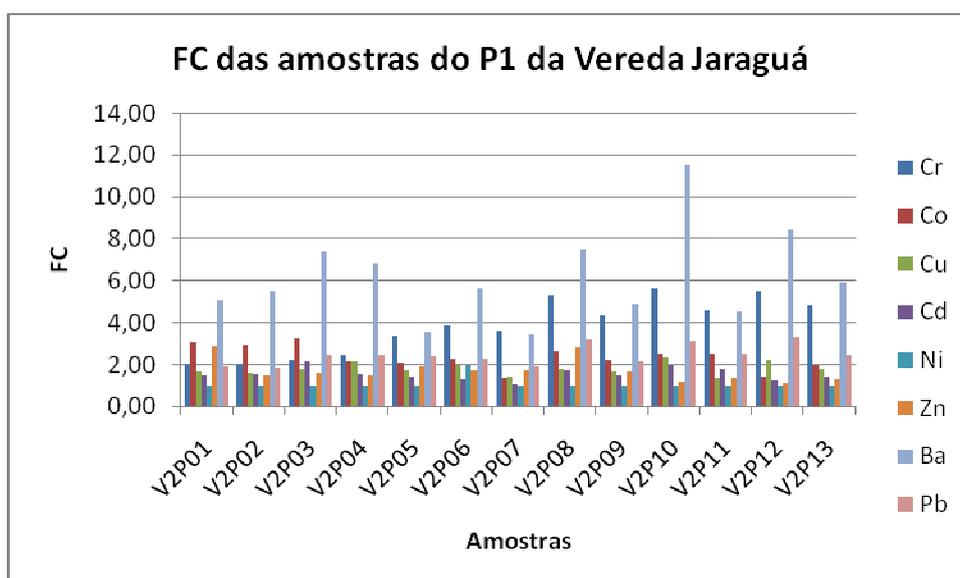


Figura 62: Gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 1 da vereda Jaraguá.

Os elementos que chamaram mais a atenção no Perfil 1 da vereda Jaraguá, como mostra a figura 62, foram o cromo - que atingiu valores de FC próximo a 6 - e o bário que apresentou alta contaminação (FC = 11,52).

A figura 63 apresenta os gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 2 da vereda Jaraguá.

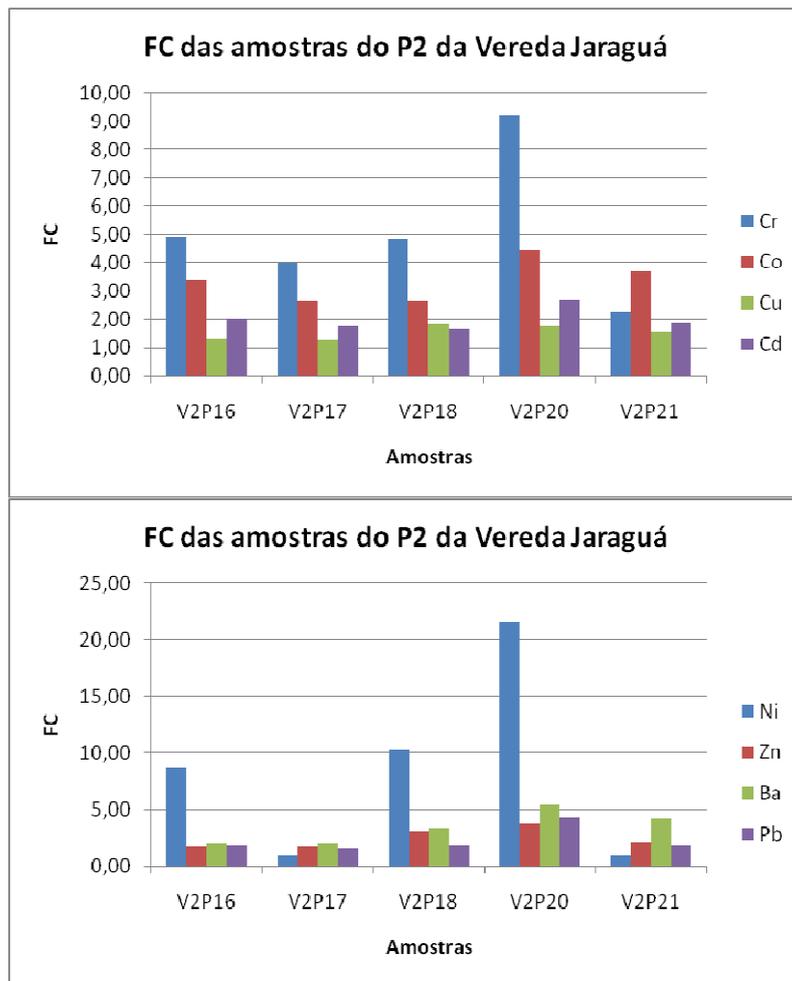


Figura 63: Gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 2 da vereda Jaraguá.

No perfil 2, os elementos cromo, níquel e bário apresentaram alta contaminação, tendo o níquel atingido $FC=21,59$. Assim, o níquel, na vereda Jaraguá, utilizando-se a metodologia do cálculo de FC, apresenta maior grau de enriquecimento de teor, com alta contaminação.

Na vereda Urbano, os elementos cromo, níquel, bário e chumbo apresentaram contaminação moderada a alta; o cobalto apresentou contaminação baixa a considerável; o cobre e zinco apresentaram contaminação moderada a considerável e o cádmio apresentou contaminação moderada.

A figura 64 apresenta os gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 1 da vereda Urbano.

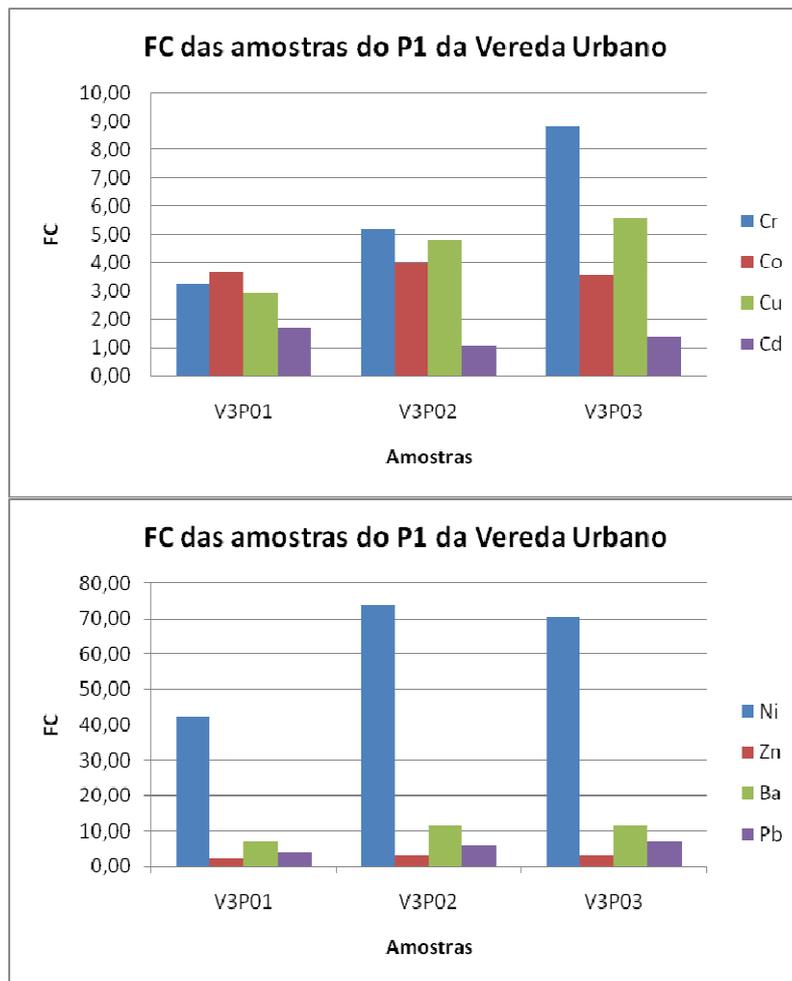


Figura 64: Gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do perfil 1 da vereda Urbano.

No Perfil 1 da vereda Urbano, como se nota pela figura 64, os elementos que apresentaram maior Fator de contaminação ($FC > 6$) foram o cromo, o níquel, o bário e o chumbo. O fator de contaminação do níquel chama a atenção pois atinge o valor de 73,59.

A figura 65 apresenta os gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 2 da vereda Urbano.

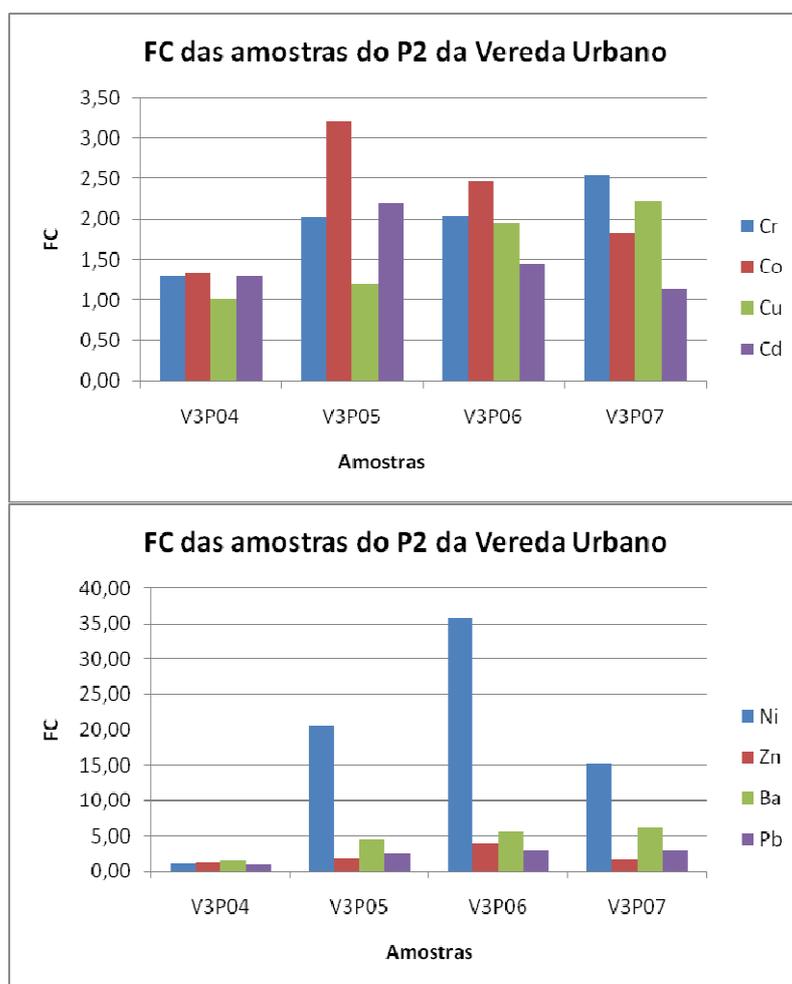


Figura 65: Gráficos de FC dos metais analisados nas amostras do Perfil 2 da vereda Urbano.

A figura 65 mostra que no Perfil 2, os elementos bário e níquel apresentam alta contaminação e, para este atinge $FC=35,85$. O elemento que apresenta maior grau de enriquecimento de teor é o níquel, com alta contaminação.

Ressalta-se que os poluentes medidos tendem a ser, na sua maioria, de origem antrópica tendo em vista que apresentaram teores mais elevados nas amostras de solos coletadas em camadas superficiais (de 0 a 20 cm).

A concentração em si é bastante preocupante e sugere a necessidade de investigações ambientais a ponto de verificar a real necessidade de interferência na área.

Moraes (2007) afirma que a existência de risco à saúde humana depende da presença de três fatores: fonte de contaminação (solo superficial contaminado), das vias de exposição (ingestão, inalação ou contato dermal) e do agente receptor. Esta abordagem enfatiza a presença humana (moradia, trabalho, recreação e etc). Por outro lado, pode não existir risco à saúde humana e existir risco ecológico caso o agente receptor seja um animal, vegetal ou o próprio meio físico. Também podem ocorrer os mecanismos de transporte que levem contaminantes para outras localidades de

forma que nelas haja tanto risco ecológico quanto humano, sem que haja risco à saúde humana na localidade inicial.

CAPÍTULO 8

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

8.1 - Vereda Laçador

Na vereda Laçador, os elementos que apresentaram teores mais elevados foram o zinco, cádmio, chumbo e cromo.

8.1.1 - Zinco

O zinco ultrapassou o limite de referência de qualidade em uma amostra do perfil 1 (V1P01) e uma amostra do perfil 3 (V1P13) na camada superficial dos perfis (0-20 cm).

Esta vereda está localizada à montante da Bacia em área destinada ao plantio comercial de grãos; onde se faz o uso intensivo de fertilizantes, inseticidas e herbicidas fosfatados, como também de corretivos de solos e agrotóxicos, cujo componente ativo contém sais de Zn (Kiekens, 1995). Portanto, o teor elevado deste metal reflete uma contribuição antropogênica.

8.1.2 - Cádmio

O cádmio ultrapassou o limite de prevenção em seis amostras superficiais (0-20 cm) e uma amostra do perfil 3 (V1P13). O teor de cádmio indica contribuição antropogênica porque apresentou-se mais elevado em amostras superficiais (0-20 cm) e Baggio (2008) observou teores elevados desse elemento nos sedimentos de fundo/corrente no alto curso do Rio do Formoso, porção montante da Bacia, na qual se localiza esta vereda e onde o uso agrícola do solo se faz de maneira intensiva.

8.1.3 - Chumbo

O chumbo ultrapassou valores de intervenção (CONAMA, 2009) em quatro amostras superficiais, três amostras do perfil 5 e duas amostras do perfil 6.

Os teores do elemento Pb presentes nos litotipos Arenitos e Argilitos analisados na Bacia do Rio do Formoso por Baggio (2008) demonstram que esses encontram-se muito próximos dos valores de referência para Arenito Médio extraído de Bowen (1979) e Krauskopf (1976), indicando

que há enriquecimento natural deste metal nos solos da Bacia. Além disso, há contribuição antropogênica, ocasionada pelos resíduos metalo-orgânicos gerados pela agricultura comercial. Os componentes ativos de alguns agrotóxicos contendo sais de arsenatos de chumbo enriquecem os solos com esse metal.

Nota-se também que as amostras dos perfis que apresentaram os teores mais elevados deste metal são aquelas que possuem elevado teor de matéria orgânica confirmando a existência de correlação entre o teor de matéria orgânica e o teor de chumbo devido à complexação e consequente retenção deste metal pela matéria orgânica.

8.1.4 - Cromo

O cromo ultrapassou o limite de intervenção em vinte e uma amostras superficiais, uma amostra do perfil 2 (VIP12), duas amostras do perfil 3, quatro amostras do perfil 4 e uma amostra do perfil 6.

O teor de cromo também indica contribuição antropogênica pois Baggio (2008) não constatou enriquecimento deste elemento nos arenitos e folhelhos da Bacia e também o mesmo autor encontrou teores elevados em amostras de sedimento de fundo/corrente no alto curso do Rio do Formoso. O aumento apresentado nos teores de Cr pode estar associado à sua utilização como agente ativo das tintas, que são utilizadas na preservação do madeirame, empregado na construção de cercas, galpões e nas casas. Além disso, a intensa utilização de agroquímicos contendo anidrido crômico, ácido crômico, óxido crômico e trióxido de cromo; utilizados no plantio de grãos também podem contribuir com a presença de tal metal. Os resíduos metalo-orgânicos secos e/ou pulverizados são transportados pelo ar e pela água de irrigação e depositados nos solos.

8.1.5 - Índice de Geoacumulação e Fator de Contaminação

O cálculo do Índice de Geoacumulação, visando avaliar a intensidade de contaminação por metais pesados na vereda Laçador revelaram que os solos desta estão moderadamente a fortemente poluídos por zinco e fortemente poluídos por níquel e bário. Porém, aplicando-se o cálculo do Fator de Contaminação, os solos apresentaram-se enriquecidos por cromo, chumbo e cobalto, indicando contaminação considerável e por níquel, zinco e bário, indicando alta contaminação. Os elementos zinco, cromo e chumbo podem estar associadas ao intenso uso e ocupação do solo por atividades de agricultura nessa porção da bacia.

Os teores do elemento Ni presentes nos litotipos Arenitos e Argilitos analisados na Bacia do Rio do Formoso por Baggio (2008) demonstram que esses se encontram acima dos valores de referência para Arenito Médio extraído de Bowen (1979) e Krauskopf (1976), indicando que há enriquecimento deste metal nos solos da Bacia. Essa contaminação extremamente alta do elemento níquel sustenta a afirmativa sobre a contribuição natural de origem litológica no enriquecimento dos solos.

Além disso o zinco e o níquel possuem como fontes a queima de combustíveis fósseis e, estando essa vereda próxima a uma via de tráfego, esses elementos podem ser transportados pelo vento e depositados no solo.

O enriquecimento dos solos por cobalto pode estar relacionado ao emprego de um dos principais sais de cobalto, o sulfato (CoSO_4) na fertilização de pastagens. O enriquecimento dos solos por bário está associado à sua utilização na fabricação de praguicidas.

8.2 - Vereda Jaraguá

Na vereda Jaraguá, os elementos que apresentaram teores mais elevados foram cromo, cádmio, chumbo e bário.

8.2.1 - Cromo

O cromo ultrapassou o limite de prevenção em uma amostra superficial (0-20 cm), seis amostras do perfil 1 e duas amostras do perfil 2. Ultrapassou também o limite de intervenção (CONAMA, 2009) em uma amostra do perfil 2.

O elevado teor de cromo na vereda Jaraguá dever ser proveniente de contribuição antropogênica e suas fontes são as mesmas descritas no item anterior (vereda Laçador).

8.2.2 - Cádmio

O cádmio ultrapassou o limite de referência de qualidade em todas as amostras da vereda Jaraguá. Os elevados teores de cádmio nos solos desta vereda indicam contribuição antropogênica devido ao uso agrícola desses solos para o plantio de eucaliptos.

8.2.3 - Chumbo

O chumbo ultrapassou o limite de referência de qualidade em todas as amostras, tendo ultrapassado também o limite de prevenção em duas amostras superficiais (0-20 cm) e uma amostra do perfil 2. O enriquecimento de chumbo tem uma forte correlação com a presença dos litotipos arenitos do Grupo Areado e do Grupo Mata da Corda, que formam o substrato rochoso da área desta vereda. As fontes antropogênicas deste elemento nesta vereda são as mesmas da vereda Laçador.

8.2.4 - Bário

O bário ultrapassou o limite de referência de qualidade em duas amostras superficiais e duas amostras do perfil 1 na vereda Jaraguá e seu teor elevado nos solos é devido à utilização de praguicidas que possuem esse elemento em sua composição.

8.2.5 - Índice de Geoacumulação e Fator de Contaminação

O cálculo do Índice de Geoacumulação, visando avaliar a intensidade de contaminação por metais pesados na vereda Jaraguá revelou que os solos desta vereda estão moderadamente a fortemente poluídos por cromo e bário e forte a muito fortemente poluídos por níquel.

Porém, aplicando o cálculo do Fator de Contaminação, os solos apresentaram-se enriquecidos por cobalto, zinco e chumbo, indicando contaminação considerável e por cromo, níquel e bário, indicando alta contaminação.

O enriquecimento dos solos desta vereda por níquel é de origem litológica como explicado para a vereda Laçador e de origem natural, como também o é para o zinco e cobalto, com fontes já citadas anteriormente.

8.3 - Vereda Urbano

Na vereda Urbano, os elementos que apresentaram teores mais elevados foram o cromo, o cobre, o cádmio, o chumbo, o zinco e o bário.

8.3.1 - Cromo

O cromo ultrapassou o limite de referência de qualidade na maioria das amostras da vereda Urbano, tendo ultrapassado o limite de prevenção em duas amostras e o limite de intervenção em uma amostra do perfil 1.

O elevado teor de cromo na vereda Urbano é possivelmente proveniente de contribuição antropogênica e suas fontes são as que foram mostradas nas demais veredas.

8.3.2 - Cobre

O cobre ultrapassou o limite de referência de qualidade em duas amostras superficiais e uma amostra do perfil 1, tendo ultrapassado o limite de prevenção em duas amostras deste mesmo perfil.

O aumento nos teores de cobre estão associados ao uso intenso de fungicidas contendo principalmente oxiclreto de cobre, bactericida contendo óxido cuproso, além de resíduos orgânicos.

8.3.3 - Cádmio

O cádmio ultrapassou o limite de referência de qualidade em todas as amostras da vereda Urbano, tendo ultrapassado o limite de prevenção em uma amostra superficial (0-20 cm). A presença de cádmio nos solos desta vereda está relacionada à contribuição antropogênica pelo uso de fertilizantes que contém este elemento em sua composição.

8.3.4 - Chumbo

O chumbo ultrapassou o limite de referência de qualidade em todas as amostras desta vereda, tendo ultrapassado o limite de prevenção em todas as amostras do perfil 1 e quinze amostras superficiais. As fontes natural e antropogênicas deste elemento estão descritas anteriormente.

8.3.5 - Zinco

O zinco ultrapassou o limite de referência de qualidade em uma amostra do perfil 2 e uma amostra superficial.

Os teores do elemento zinco presentes nos litotipos Arenitos e Argilitos analisados na Formação Três Marias, na Bacia do Rio do Formoso, por Baggio (2008) demonstram que esses se encontram acima dos valores de referência para Arenito Médio extraído de Bowen (1979) e Krauskopf (1976), indicando que há enriquecimento deste metal nos solos da Bacia.

Essa alteração nos teores de zinco pode estar associada também ao uso e ocupação do solo que acontece na porção jusante da Bacia, área destinada à agricultura comercial, pastagens, agroindústria e bovinocultura intensiva.

8.3.6 - Bário

O bário ultrapassou o limite de referência de qualidade na maioria das amostras da vereda Urbano e ultrapassou o limite de prevenção em três amostras do perfil 1, uma amostra do perfil 2 e oito amostras superficiais (0-20 cm).

O enriquecimento dos solos por bário está associado à presença deste elemento nos arcóseos da Formação Três Marias do Grupo Bambuí, como fonte natural e pode também estar associado à sua utilização na fabricação de praguicidas, como fonte antropogênica.

8.3.7 - Índice de Geoacumulação e Fator de Contaminação

O I_{geo} na vereda Urbano revelou que os solos estão moderadamente a fortemente poluídos por bário e chumbo, e muito fortemente poluídos por níquel. Porém, aplicando o FC, os solos apresentaram-se enriquecidos por cromo, níquel, bário e chumbo, indicando alta contaminação. O enriquecimento dos solos desta vereda por níquel é de origem litológica e natural como explicado para as veredas anteriores.

CAPÍTULO 9

CONCLUSÕES

Os resultados das análises de metais, assim como os cálculos do Índice de Geoacumulação e do Fator de Contaminação dos solos permitiram estabelecer as condições ambientais das veredas Laçador, Jaraguá e Urbano na Bacia do Rio do Formoso. As conclusões obtidas a partir destas análises são as seguintes:

- O Índice de Geoacumulação na vereda Laçador revelou que os solos desta estão moderadamente a fortemente poluídos por zinco e fortemente poluídos por níquel e bário. O Fator de Contaminação demonstra que os solos apresentam-se enriquecidos por cromo, chumbo e cobalto, indicando contaminação considerável e por níquel, zinco e bário, indicando alta contaminação;

- O Índice de Geoacumulação na vereda Jaraguá revelou que os solos estão moderadamente a fortemente poluídos por cromo e bário e forte a muito fortemente poluídos por níquel. O Fator de Contaminação demonstra que os solos apresentam-se enriquecidos por cobalto, zinco e chumbo, indicando contaminação considerável e por cromo, níquel e bário, indicando alta contaminação;

- O Índice de Geoacumulação na vereda Urbano revelou que os solos estão moderadamente a fortemente poluídos por bário e chumbo, e muito fortemente poluídos por níquel. O Fator de Contaminação demonstra que os solos apresentam-se enriquecidos por cromo, níquel, bário e chumbo, indicando alta contaminação;

- A vereda Urbano apresentou o pior nível de contaminação (fortemente poluído por níquel, FC = 73,59);

Os teores de metais pesados encontrados nos solos das veredas demandam atenção tendo em vista que boa parte deles supera os limites de prevenção estabelecidos pela CETESB e os limites de intervenção descritos pela Resolução CONAMA 420/2009.

A proximidade destas veredas com áreas que são intensamente utilizadas por atividades agrossilvopastoris sugerem que a origem dos metais analisados pode ser de tais atividades.

Como mecanismo de proteção das veredas, ambientes de valor ambiental (descarga hídrica, presença de espécies vegetais endêmicas) e valor sócio-cultural (palmeira buriti), sugere-se que as mesmas sejam protegidas por Unidades de Conservação da modalidade Uso Sustentável, especificamente por Áreas de Relevante Interesse Ecológico – ARIE com controle das atividades limítrofes às mesmas e fiscalização do cumprimento de tal proteção.

CAPÍTULO 10

PROPOSTA DE PROTEÇÃO DAS VEREDAS

Conforme visto neste trabalho, as veredas possuem importâncias variadas:

- Valor ambiental (descarga hídrica – afloramento do aquífero: mantém a perenidade de rios e córregos a elas conectados);
- Presença de espécies vegetais endêmicas;
- Valor sócio-cultural e econômico devido ao grande potencial da palmeira buriti no fornecimento de diversos produtos e demais significados para a população local;
- Refúgio de espécies da fauna local;
- Corredor ecológico natural no domínio do Cerrado;
- Há leis que zelam pela preservação das veredas (Lei Estadual nº 9372/1986, Resolução CONAMA nº 04/1985 e Lei nº 9682/1988).

Por estes sugere-se que as mesmas sejam protegidas por unidades de conservação de uso sustentável da modalidade Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE (prevista no Sistema Nacional de Unidades de Conservação) com controle das atividades limítrofes às mesmas e fiscalização do cumprimento de tal proteção (Brasil, 2000).

A ARIE é uma área, em geral, de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional, e tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza.

A abrangência da ARIE deve ser a área ocupada pela palmeira buriti, as áreas úmidas e encharcadas e as reentrâncias entre áreas úmidas e áreas secas. Após o limite da ARIE deverá haver uma zona de amortecimento – ZA de 800 m, onde as atividades humanas estarão sujeitas à normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade. Após a ZA deverá haver uma faixa de 200 m com controle de uso do solo sendo permitido apenas a silvicultura sem uso de agrotóxicos ou outras substâncias químicas que contenham metais pesados ou componentes orgânicos tóxicos ou não biodegradáveis.

Para efetivação desta proteção deve ocorrer fiscalização pelo poder público com apoio da sociedade local organizada.

Tal proposta é considerada ideal e suficiente para pôr fim à degradação das veredas. Todavia há muitas dificuldades para implementá-la. Assim, qualquer ação no sentido de se proteger as veredas é válida e quanto mais se aproximar a esta que é proposta, mais adequada será.

CAPÍTULO 11

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim, F. F.; Brito Neves, B. B. & Alves, J. A. C. 1993. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco – uma Revisão. In: J. M. Dominguez & A. Misi (eds.) *O Cráton do São Francisco. Reunião Preparatória do II Simpósio sobre o Cráton do São Francisco*. Salvador, SBG/Núcleo BA/SE/SGM/CNPq, p. 45-62.
- Almeida, J. R.; Baruqui, F. M.; Baruqui, A. M. & Mota, P. E. F. 1983. Principais solos de várzeas do Estado de Minas Gerais e suas potencialidades agrícolas. Informe agropecuário. **9**:70-78. In: Araújo, G. M.; Barbosa, A. A. A.; Arantes, A. A. & Amaral, A. F. 2002. Composição florística de veredas no município de Uberlândia, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, **4**:475-493.
- Alloway, B. J. 1990. Heavy metals in soils. John Wiley & sons. New York. p.19-29.
- Alloway, B. J. & Ayres, D. C. 1994. Chemical Principles of Environmental Pollution. Blackie Academic & Professional. London, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, 279 p.
- Alloway, B. J. & Ayres, D. C. 1997. Chemical Principles of Environmental Pollution. 2nd ed. New York: Ed. Chapman & Hall. 395 p.
- ANA. **Série histórica de precipitação do município de Buritizeiro – MG. Agência Nacional de Águas**. Disponível em: <www.ana.gov.br> Acesso em jan. de 2010.
- Araújo, G. M.; Barbosa, A. A. A.; Arantes, A. A. & Amaral, A. F. 2002. Composição florística de veredas do município de Uberlândia, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, **4**:475-493.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181. Solo-Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984. 13 p.
- Baggio, H. F. 2002. *Alterações na paisagem natural e agrícola do município de Buritizeiro – MG: implicações do plantio generalizado de pinus e eucaliptos no meio ambiente físico, biológico e socioeconômico*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 149 p.

- Baggio, H. F.; Horn, A. H.; Trindade, W. M. & Ribeiro, E. V. 2006. O Grupo Mata da Corda na Bacia Hidrográfica do Rio do Formoso e suas Feições Morfológicas Correlata. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia Regional - Conference on Geomorphology.
- Baggio, H. F. 2008. *Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em água superficial e sedimento de corrente na Bacia do Rio do Formoso, município de Buritizeiro, MG*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 249 p.
- Baird, C. 2002. Química Ambiental. 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman. 622 p.
- Barbosa, G. V. 1967. Relevô. Diagnóstico da economia mineira: o espaço natural. Belo Horizonte: BDMG. **2**: 69-108. *In*: Melo, D. R. 1992. *As veredas nos planaltos do noroeste mineiro; caracterização pedológica e os aspectos morfológicos e evolutivos*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 218 p.
- Blumer, P. & Brumer, G. 1991. Prediction of heavy metal behaviour in soil by means of simple field tests. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **22**:166-174.
- Boaventura, R. S. 1978. Contribuição aos estudos sobre a evolução das veredas. *In*: Encontro Nacional de Geógrafos, Fortaleza, 3, *Anais, cd-rom*.
- Boaventura, R. S. 1981. Características geomorfológicas. *In*: Melo, D. R. 1992. *As veredas nos planaltos do noroeste mineiro; caracterização pedológica e os aspectos morfológicos e evolutivos*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 218 p.
- Boaventura, R. S. 1988. Preservação das veredas - síntese. 2º encontro latino-americano: relação ser humano ambiente, *Anais*, 122 p. *In*: Silva, T. A. 2007. *Proposta Metodológica para Delimitação e Classificação do Ambiente de Vereda Utilizando Imagens Orbitais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 108 p.
- Bowen, J. M. H. 1979. Environmental Chemistry of the Elements. London: Academic Press, 273 p.

- Branco, J. J. R. 1961. In: Melo, D. R. 1992. *As veredas nos planaltos do noroeste mineiro; caracterização pedológica e os aspectos morfológicos e evolutivos*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 218 p.
- Brandão, M.; Carvalho, P. G. & Baruqui, F. M. 1991. Veredas: uma abordagem integrada. Belo Horizonte: Daphne, **3**: 5-8.
- Brasil. Lei n. 9985, de 18 de julho de 2000. Distrito Federal, Brasília, 2000.
- Carvalho, P. G. S. 1991. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados. Informe Agropecuário, **15**: 54-56.
- CETESB. Decisão de diretoria Nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005. São Paulo, CETESB. 2005. 4 p.
- Chiavegatto, J. R. S. 1992. *Análise estratigráfica das seqüências tempestística da Formação Três Marias (Proterozóico Superior), na porção meridional da Bacia do São Francisco*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 216 p.
- Christofolletti, A. 1977. A mecânica do transporte fluvial. Geomorfologia, **51**: 1- 42.
- CONAMA, 2002. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002.
- CONAMA, 2004. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004.
- CONAMA, 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.
- CONAMA, 2009. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009.
- Couto, E. G.; Resende, M. B. & Rezende, S. B. 1985. Terra ardendo. Ciência hoje, **4**: 48-57.

- CPRM-Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. 2003. Projeto São Francisco, 455 p.
- Dardenne, M. A. 2000. The Brasília Fold Belt. *In*: Cordani, U.G.; Milani, E. J.; Thomaz Filho, A. & Campos, D. A. (ed). Tectonic evolution of South America. SBG, p. 231-263.
- Dornfeld, C. B. 2002. *Utilização de análises limnológicas, bioensaios de toxicidade e macroinvertebrados bentônicos para diagnóstico ambiental no reservatório de Salto Grande (Americana – SP)*. Dissertação de Mestrado, Departamento da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 211 p.
- EMBRAPA. 1982. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (RJ). Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do triângulo Mineiro. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, EPAMIG-DRNR. 526 p.
- EMBRAPA. 1997. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Rio de Janeiro, RJ. Manual de Métodos de Análise de Solo, 2 ed. rev. atual, Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 212 p.
- EMBRAPA. 1999. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Rio de Janeiro, RJ. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA, Produção de Informação, 412 p.
- Egreja Filho, F. B. 1997. *Extração seqüencial de metais pesados em solos altamente intemperizados: utilização de componentes-modelo e planejamentos com misturas ternárias na otimização do método*. Tese de Doutorado, Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, 287 p.
- Esteves, F. A. 2002. Fundamentos de Liminologia. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Interciência. 570 p.
- Felleberg, G. 1980. Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental. Pedagógica e Universitária Ltda. 191 p.

- Fergusson, J. E. 1991. The heavy elements. Pergamon Press. Oxford, New York, Seoul, Tokyo. 641p.
- Förstner, U. 1989. Contaminated Sediments. Lecture Notes in Earth Sciences. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, **21**: 158 p.
- Förstner, U. & Müller, G. 1973a. Heavy metal accumulation in River sediments: A response to environmental pollution. *Geoforum*, **14**:53-61.
- Förstner, U. & Müller, G. 1973b. Anorganische Schadstoffe im Neckar. *Ruperto Carola. Jahresschrift der Universitätschrift Heidelberg*, **51**: 67-71.
- Förstner, U. & Müller, G. 1975. Schwermetalle in Flüssen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg , New York, 220 p.
- Frattini, C. T. A. & Kalckman, R. E. 1965. Correlação de alguns métodos de determinação de carbono. XI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Piracicaba.
- Freyberg, B. von. 1932. Ergebnisse Forschungen in Minas Gerais (Brasilien). *In*: Melo, D. R. 1992. *As veredas nos planaltos do noroeste mineiro; caracterização pedológica e os aspectos morfológicos e evolutivos*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 218 p.
- Hakanson, L. 1980. An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control: a sedimentological approach. *WaterResearch*, **14**: 975 – 1001.
- Ianhez, R. 2003. *Fracionamento Químico de Metais Pesados em Solos Contaminados por Resíduos Industriais e Otimização Quimiométrica de Misturas para a Descontaminação por Lixiviação Química*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, 158 p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2007. Censo Demográfico (Buritizeiro – MG). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: nov. de 2009.

- IEF - Instituto Estadual de Floresta 2005. Mapeamento da Cobertura Vegetal e Uso do Solo do Estado de Minas Gerais. 147 p.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. 1984. Trace elements in soil and plants. Boca Raton: CRC, 315 p.
- King, L. C. 1956. A Geomorfologia do Brasil Oriental. Revista Brasileira de Geografia, ano XVIII – abr/jun. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia. p. 3-265.
- Kiekens, L. Z. 1995. Heavy metals in soils. *In*: Alloway, B. J. 1990. (Ed). Glasgow: Black and Son, 261-277 p.
- Krauskopf, K. B. 1976. Introduction to geochemistry. New York: McGraw-Hill. 721 p.
- Ladeira, E. A. & Brito, O. E. A. 1968. Contribuição à Geologia do Planalto do Mata da Corda. *In*: SBG, Congresso Brasileiro Geologia, 22, *Anais*, p. 181-199.
- Lemos, R. C. 1996. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3ª ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 84 p.
- Lima, S. C. 1996. *As veredas do Ribeirão Panga no Triângulo Mineiro e a evolução da paisagem*. Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 260 p.
- Lorente, F. L. 2010. *Análise palinológica da vereda da Fazenda Urbano, município de Buritizeiro, Minas Gerais, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. 203 p.
- Loska, K. & Wiechula, D. 2003. Application of principal component for the estimation of source of heavy metals contamination in surface sediments from the Rybnik Reservoir. *Chemosph*, **51**: 723-733.
- Macedo, J. A. B. 2002. Introdução à Química Ambiental: Química, Ambiente e Sociedade. Juiz de Fora: Jorge Macedo. 487 p.

- Melo, D. R. 1978. *Contribuição ao estudo geomorfológico de veredas: região de Pirapora, MG*. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. 48 p. In: MELO, D. R. 2008. *Evolução das Veredas sob Impactos Ambientais nos Geossistemas Planaltos de Buritizeiro/MG*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. 341 p.
- Melo, D. R. 1992. *As veredas nos planaltos do noroeste mineiro; caracterização pedológica e os aspectos morfológicos e evolutivos*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 218 p.
- Melo, D. R. 2008. *Evolução das Veredas sob Impactos Ambientais nos Geossistemas Planaltos de Buritizeiro/MG*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. 341 p.
- Moraes, A. F. 2007. *Abordagem da vulnerabilidade química e risco de contaminação dos solos por metais pesados em área dos municípios de Paíns, Arcos e Córrego Fundo – MG*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. 116 p.
- Müller, G. 1979. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins. Veränderungen seit, Umschau, **79**: 778-783.
- Munsell Soil Color Charts. 1975. Little Britain Road, New Windsor, NY. Washable Edition New York. 117 p.
- Paim, L. A. 2002. Contaminação do solo por metais pesados: silício e fósforo como agentes amenizadores. Universidade Federal de Lavras, 67 p.
- Penha, U. C. 2001. *Geologia dos Conglomerados da Serra da água Fria e dos depósitos diamantíferos de Jequitaiá, MG*. Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, Universidade Estadual Paulista, 148 p.
- Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T. 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: MELO, D. R. 2008. *Evolução das Veredas sob Impactos Ambientais nos Geossistemas Planaltos de Buritizeiro/MG*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. 341 p.

- Salomons, W. & Förstner, U. 1984. *Metals in the hydrocycle*. Berlin: Springer-Verlag, 349 p.
- Schobbenhaus, C. 1975. Carta geológica do Brasil ao Milionésimo; Folha Goiás (SD. 22). Brasília-DF, MME/DGM/DNPM. 114 p. *In: Baggio, H. F. 2008. Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em água superficial e sedimento de corrente na Bacia do Rio do Formoso, município de Buritizeiro, MG*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 249 p.
- Seer, H. J.; Moraes, L. C. & Fogaça, A. C. C. 1989. Roteiro Geológico para a Região de Lagoa Formosa-Chumbo-Carmo do Paraíba-MG. Boletim SBG-MG, n°. 9. 58 p.
- Sgarbi, G. N. C. 1989. *Geologia da Formação Areado, Cretáceo Médio a Inferior da Bacia do São Francisco, oeste do Estado de Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 324 p.
- Sgarbi, G. N. C. 1991. Arenitos Eólicos da Formação Areado (Bacia Cretácea do São Francisco): Caracterização diagênese e aspectos. *Revista Brasileira de Geociências*. **21(4)**: 342-354.
- Sgarbi, G. N. C. & Ladeira, E. A. 1995. Ventifactos of cretaceous Proterozoic unconformity in the Alto do Paranaíba region, west of Minas Gerais state, Brazil. *Geociências*, **14(1)**: 119-151.
- Sgarbi, G. N. C. 2001. Bacia Sanfranciscana: o registro do fanerozóico da bacia do São Francisco. *In: Pinto, C. P. & Martins-Neto, M. Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais*. SBG-MG. 93-138 p.
- Silva, C. R.; Figueiredo, B. R.; Capitani, E. M. & Cunha, F. G. 2005. *Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente*. Rio de Janeiro: CPRM- Serviço Geológico do Brasil. 220 p.
- Silva, T. A. 2007. *Proposta Metodológica para Delimitação e Classificação do Ambiente de Vereda Utilizando Imagens Orbitais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 108 p.

- Simão, J. B. P. & Siqueira, J. O. 2001. Solos Contaminados por Metais Pesados: Características, implicações e Remediação. Informe Agropecuário. **22 (210)**: 18 – 265.
- Templeton, D. M.; Ariese, F.; Danielsson, L. G.; Muntau, H. & Lobínsk, R. 2000. Guidelines for terms related to chemical speciation and fractionation of elements. Definitions, structural aspects, and methodological approaches. IUPAC, Pure and Applied Chemistry, **72**:1453-1470.
- UFLA - Universidade Federal de Lavras. 2005. Inventário Florestal de Minas Gerais. Setor de Geoprocessamento e Análises de Imagens – LEMAC. 344 p.
- Uhlein, A.; Fantinel, L. M.; Batista, M. C. & Lima, O. N. B. 2003. Contribuição à estratigrafia do Grupo Bambuí em Minas Gerais. *In*: SBG/Núcleo MG, Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 12, *Anais*, CD rom (1 vol).
- Valadão, R. C. 1998. *Evolução de Longo-Termo do Relevo do Brasil Oriental (Denudação, Superfícies de Aplanamento e Soerguimento Crustais)*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 242 p.
- Viana, V. M. F. C. 2006. *Estudo Hidrogeoquímico das Veredas do Rio do Formoso no Município de Buritizeiros, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 107 p.
- Yongming, H.; Peixuan, D.; Junji, C. & Posmentier, E. S. 2005. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China. Science of the total environment, **355**:176-186.
- Yu, K. C.; Tsai, L. J.; Chen, S. H. & Ho, S. T. 2001. Correlation analyses on binding behavior of heavy metals with sediment matrice. Wat. Res, **35**: 2417-2428.
- Zambetta, P. M. A. 2006. *Espécies químicas inorgânicas (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb e Sn) no sedimento e nos sólidos em suspensão do rio Corumbataí, SP*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo. 74 p.

ANEXO I
Tabelas de Dados

Tabela 1.1: Valores da separação granulométrica das amostras pertencentes à vereda Laçador.

Amostra	Profundidade de coleta (cm)	Longitude	Latitude	Peso das Frações (g)				Peso total
				>0,250 mm	>0,125 mm	>0,074 mm	<0,074 mm	
V1S01	0-20	452836	8029658	405,88	58,27	29,20	6,66	500
V1S02	0-20	452840	452840	406,10	55,86	22,34	15,69	500
V1S03	0-20	452842	8029666	372,02	84,65	34,22	9,11	500
V1S05	0-20	452841	8029667	334,81	99,18	51,56	14,45	500
V1S06	0-20	452842	8029679	330,07	99,81	36,16	33,96	500
V1S07	0-20	452847	8029681	416,18	58,58	17,99	7,25	500
V1S08	0-20	452849	8029683	391,08	72,27	26,99	9,66	500
V1S08B	0-20	452848	8029691	410,60	54,39	23,68	11,33	500
V1S09	0-20	452850	8029691	413,85	57,00	23,77	5,38	500
V1S10	0-20	452852	8029707	439,88	40,77	15,06	4,30	500
V1S11	0-20	452855	8029710	407,84	64,18	19,93	8,05	500
V1S12	0-20	452855	8029723	425,37	46,41	18,76	9,46	500
V1S13	0-20	452855	8029717	426,62	41,86	16,72	14,80	500
V1S14	0-20	452859	8029729	375,87	70,44	28,83	24,86	500
V1S15	0-20	452863	8029737	437,09	36,10	17,61	9,20	500
V1S16	0-20	452858	8029742	364,05	82,35	30,78	22,82	500
V1S17	0-20	452862	8029751	323,00	96,18	43,64	37,18	500
V1S18	0-20	452866	8029757	366,29	77,67	34,66	21,38	500
V1S19	0-20	452869	8029764	399,53	56,85	24,24	19,38	500
V1S20	0-20	452869	8029775	407,62	50,94	21,64	19,80	500

continua

Amostra	Profundidade de coleta (cm)	Longitude	Latitude	Peso das Frações (g)				Peso total
				>0,250 mm	>0,125 mm	>0,074 mm	<0, 074 mm	
V1S21	0-20	452871	8029778	346,19	85,51	34,44	33,87	500
V1S22	0-20	452873	8029785	360,18	69,18	36,02	34,62	500
V1S23	0-20	452872	8029793	315,24	87,97	45,06	51,73	500
V1S24	0-20	452875	8029799	374,97	81,79	30,89	12,35	500
V1S24A	0-20	452875	8029799	354,11	77,01	34,63	34,25	500
V1S25	0-20	452900	452900	329,68	104,33	38,15	27,84	500
V1S26	0-20	452889	8029756	366,51	88,43	29,26	15,80	500
V1S27	0-20	452885	8029759	354,69	80,69	38,17	26,46	500
V1S28	0-20	452879	8029759	387,59	69,68	25,11	17,62	500
V1S29	0-20	452871	8029761	397,48	56,59	32,95	12,98	500
V1S30	0-20	452873	8029762	385,26	68,34	32,93	13,46	500
V1S31	0-20	452852	8029764	392,49	66,27	31,08	10,16	500
V1S32	0-20	452848	8029765	402,00	79,83	16,65	1,52	500
V1P01	0-20	453402	8029860	356,15	114,18	22,10	7,57	500
V1P02	20-40	453402	8029860	335,09	116,74	31,13	17,04	500
V1P03	40-60	453402	8029860	443,17	46,89	7,48	2,46	500
V1P04	60-80	453402	8029860	321,17	139,54	33,06	6,24	500
V1P05	80-100	453402	8029860	383,78	90,93	19,13	6,17	500
V1P06	100-127	453402	8029860	410,73	72,87	13,71	2,69	500
V1P07	0-17	453385	8029861	405,80	71,57	17,15	5,48	500
V1P08	17-34	453385	8029861	433,73	53,37	10,67	2,23	500
V1P09	34-51	453385	8029861	426,43	55,86	13,79	3,92	500
V1P10	51- 68	453385	8029861	442,35	50,80	5,91	0,94	500

Continua

Amostra	Profundidade de coleta (cm)	Longitude	Latitude	Peso das Frações (g)				Peso total
				>0,250 mm	>0,125 mm	>0,074 mm	<0, 074 mm	
V1P11	68-85	453385	8029861	461,16	32,42	5,62	0,79	500
V1P12	85-103	453385	8029861	329,49	109,78	33,19	27,54	500
V1P13	0-20	453370	8029867	447,73	37,48	10,06	4,73	500
V1P14	20-40	453370	8029867	403,40	79,52	13,06	4,02	500
V1P15	40-60	453370	8029867	409,01	71,50	14,18	5,31	500
V1P16	60-80	453370	8029867	365,50	96,00	24,01	14,48	500
V1P17	80-100	453370	8029867	442,04	49,74	7,07	1,16	500
V1P18	0-19	453327	8029904	351,97	66,82	37,07	44,15	500
V1P19	19-38	453327	8029904	371,35	103,99	18,36	6,30	500
V1P20	38-57	453327	8029904	445,03	47,71	6,48	0,77	500
V1P21	57-76	453327	8029904	391,40	94,13	11,54	2,93	500
V1P22	76-95	453327	8029904	372,54	99,38	20,34	7,74	500
V1P23	95-114	453327	8029904	388,53	86,16	20,22	5,08	500
V1P29	10-30	453317	8029899	227,47	163,86	65,72	42,95	500
V1P28	40-60	453317	8029899	294,41	125,81	38,26	41,51	500
V1P27	70-90	453317	8029899	303,04	106,75	42,70	47,52	500
V1P26	100-120	453317	8029899	320,46	93,89	62,09	23,56	500
V1P25	128-148	453317	8029899	362,40	60,38	33,14	44,08	500
V1P24	160-180	453317	8029899	368,79	73,21	27,19	30,81	500
Amostra Base	180-193	453317	8029899	197,44	224,59	55,49	22,49	500
V1P30	30-53	453317	8029899	374,05	82,74	26,29	16,92	500
V1P31	53-76	453317	8029899	389,96	77,09	14,61	18,33	500
V1P32	76-100	453317	8029899	434,27	25,28	19,75	20,70	500

Tabela 1.2: Valores da separação granulométrica pertencentes à vereda Jaraguá .

Amostra	Profundidade de coleta (cm)	Longitude	Latitude	Peso das Frações (g)				Peso total
				>0,250 mm	>0,125 mm	>0,074 mm	<0, 074 mm	
V2S01	0-20	482584	8070165	158,29	276,69	57,65	7,37	500,00
V2S02	0-20	482585	8070163	124,16	299,22	67,74	8,89	500,00
V2S03	0-20	482589	8070162	136,27	314,16	42,82	6,75	500,00
V2S04	0-20	482583	8070162	133,76	255,83	90,74	19,67	500,00
V2S05	0-20	482584	8070155	157,36	242,63	85,78	14,22	500,00
V2S06	0-20	482587	8070152	107,29	279,34	99,39	13,98	500,00
V2S07	0-20	482583	8070149	98,62	303,31	84,16	13,92	500,00
V2S08	0-20	482584	8070147	189,23	261,65	39,77	9,35	500,00
V2S09	0-20	482572	8070160	199,91	275,19	22,51	2,39	500,00
V2S10	0-20	482587	8070157	145,54	318,02	31,20	5,25	500,00
V2S11	0-20	482577	8070159	105,29	356,03	35,50	3,18	500,00
V2S12	0-20	482580	8070161	181,44	301,09	15,63	1,83	500,00
V2S13	0-20	482582	8070160	118,32	280,73	85,09	15,85	500,00
V2S14	0-20	482584	8070165	197,38	236,57	56,87	9,19	500,00
V2S15	0-20	482591	8070162	172,60	222,76	86,77	17,88	500,00
V2S16	0-20	482595	8070161	439,61	44,99	9,81	5,59	500,00
V2S18	0-20	482330	8070070	411,66	57,30	28,46	2,58	500,00
V2S19	0-20	482330	8070070	439,61	44,99	9,81	5,59	500,00

Continua

Amostra	Profundidade de coleta (cm)	Longitude	Latitude	Peso das Frações (g)				Peso total
				>0,250 mm	>0,125 mm	>0,074 mm	<0, 074 mm	
V2S22	0-20	482330	8070070	295,57	134,02	52,46	17,95	500,00
V2S23	0-20	482330	8070070	107,11	284,11	90,28	18,50	500,00
V2S24	0-20	482330	8070070	421,91	65,57	9,72	2,79	500,00
V2S25	0-20	482330	8070070	365,11	106,13	20,70	8,06	500,00
V2P01	0-5	482582	8070148	120,95	262,15	97,21	19,69	500,00
V2P02	5-10	482582	8070148	108,44	286,63	87,35	17,58	500,00
V2P03	10-15	482582	8070148	172,27	202,60	101,60	23,52	500,00
V2P04	15-20	482582	8070148	173,78	261,21	54,69	10,32	500,00
V2P05	20-25	482582	8070148	156,78	308,18	30,79	4,25	500,00
V2P06	25-30	482582	8070148	105,75	257,25	107,84	29,17	500,00
V2P07	30-35	482582	8070148	39,35	330,48	110,26	19,92	500,00
V2P08	35-40	482582	8070148	121,87	284,24	74,23	19,66	500,00
V2P09	40-45	482582	8070148	36,08	339,75	100,66	23,50	500,00
V2P10	45-50	482582	8070148	48,50	319,49	104,46	27,55	500,00
V2P11	50-55	482582	8070148	65,92	335,18	82,44	16,46	500,00
V2P12	55-60	482582	8070148	58,36	301,18	114,69	25,78	500,00
V2P13	60-65	482582	8070148	74,31	294,19	105,32	26,18	500,00
V2P16	0-5	482330	8070070	160,65	281,23	49,11	9,01	500,00
V2P17	5-10	482330	8070070	241,90	191,34	52,94	13,81	500,00
V2P18	10-15	482330	8070070	319,37	140,65	31,47	8,51	500,00
V2P20	15-20	482330	8070070	469,67	20,88	6,29	3,16	500,00
V2P21	20-25	482330	8070070	168,13	154,20	148,31	29,36	500,00

Tabela 1.3: Valores da separação granulométrica das amostras pertencentes à vereda Urbano.

Amostra	Profundidade de coleta (cm)	Longitude	Latitude	Peso das Frações (g)				Peso total
				>0,250 mm	>0,125 mm	>0,074 mm	<0,074 mm	
V3P01	39-52	493654	8075443	368,38	61,86	36,99	32,76	500
V3P02	29-35	493654	8075443	375,32	71,72	28,63	24,33	500
V3P03	9-23	493654	8075443	334,81	70,47	55,74	38,98	500
V3P04	0-20	493723	8075443	70,11	194,23	181,54	54,13	500
V3P05	20-40	493723	8075443	282,35	86,71	77,18	53,76	500
V3P06	48-65	493723	8075443	336,73	55,94	45,70	61,63	500
V3P07	76-96	493723	8075443	230,06	130,33	83,12	56,50	500
V3S01	0-20	493631	8075460	170,23	192,34	105,81	31,62	500
V3S02	0-20	493647	8075457	305,42	92,27	73,12	29,19	500
V3S03	0-20	493650	8075449	380,29	58,44	36,53	24,74	500
V3S04	0-20	493653	8075447	392,07	49,29	31,86	26,77	500
V3S05	0-20	493658	8075446	366,27	52,96	40,36	40,41	500
V3S06	0-20	493661	8075446	394,04	45,54	31,08	29,34	500
V3S07	0-20	493662	8075446	385,37	52,08	29,83	32,73	500
V3S08	0-20	493667	8075440	379,54	55,26	35,46	29,75	500
V3S09	0-20	493669	8075441	405,91	42,10	29,82	22,18	500
V3S10	0-20	493674	8075442	287,93	93,01	61,80	57,27	500
V3S11	0-20	493682	8075440	326,57	72,02	59,05	42,36	500

Continua

Amostra	Profundidade de coleta (cm)	Longitude	Latitude	Peso das Frações (g)				
				>0,250 mm	>0,125 mm	>0,074 mm	<0, 074 mm	Peso total
V3S12	0-20	493687	8075439	370,44	61,16	56,56	11,84	500
V3S13	0-20	493685	8075438	420,24	35,18	31,28	13,30	500
V3S14	0-20	493690	8075434	394,15	62,10	22,51	21,24	500
V3S15	0-20	493693	8075430	416,59	34,49	37,19	11,74	500
V3S16	0-20	493656	8075465	119,94	189,05	146,28	44,73	500
V3S17	0-20	493661	8075465	129,04	168,37	124,68	77,91	500
V3S18	0-20	493656	8075454	301,17	102,13	56,29	40,41	500
V3S19	0-20	493657	8075457	330,82	75,36	53,21	40,62	500
V3S20	0-20	493655	8075453	431,39	35,66	21,37	11,57	500
V3S21	0-20	493654	8075451	402,19	48,66	28,48	20,67	500
V3S22	0-20	493650	8075446	308,64	90,12	66,09	35,14	500
V3S23	0-20	493648	8075443	295,73	119,46	55,52	29,29	500
V3S24	0-20	493646	8075441	401,12	46,16	30,60	22,12	500
V3S25	0-20	493645	8075436	394,36	49,65	34,10	21,89	500
V3S26	0-20	493644	8075433	288,30	94,85	75,95	40,90	500
V3S27	0-20	493642	8075427	353,80	75,23	44,55	26,42	500
V3S28	0-20	493641	8075425	387,54	62,01	31,94	18,50	500
V3S29	0-20	493641	8075421	378,41	67,05	34,61	19,94	500
V3S30	0-20	493639	8075418	371,56	68,01	33,32	27,12	500

Tabela 1.4.: Caracterização de cor das amostras de solo da vereda Laçador.

AMOSTRA	COR	Denominação	AMOSTRA	COR	Denominação
V1S01	10 YR 5/2	bruno-acinzentado	V1P01	10 YR 5/2	bruno-acinzentado
V1S02	7,5 YR 5/1	cinzento	V1P02	10 YR 6/2	cinzento-brunado-claro
V1S03	7,5 YR 5/1	cinzento	V1P03	2,5 YR 7/2	cinzento-claro
V1S05	10 YR 5/2	bruno-acinzentado	V1P04	2,5 YR 7/2	cinzento-claro
V1S06	10 YR 5/2	bruno-acinzentado	V1P05	2,5 YR 7/2	cinzento-claro
V1S07	10 YR 5/2	bruno-acinzentado	V1P06	2,5 YR 8/2	amarelo-claro-acinzentado
V1S08	10 YR 5/2	bruno-acinzentado	V1P07	10 YR 5/2	bruno-acinzentado
V1S08B	10 YR 4/2	Bruno-acinzentado-escuro	V1P08	10 YR 6/2	Cinzento-brunado-claro
V1S09	10 YR 4/2	Bruno-acinzentado-escuro	V1P09	10 YR 7/2	cinzento-claro
V1S10	10 YR 5/2	bruno-acinzentado	V1P10	10 YR 7/2	cinzento-claro
V1S11	10 YR 5/2	bruno-acinzentado	V1P11	10 YR 7/2	cinzento-claro
V1S12	2,5 Y 5/2	bruno-acinzentado	V1P12	10 YR 7/2	cinzento-claro
V1S13	2,5 Y 5/2	bruno-acinzentado	V1P13	10 YR 4/2	Bruno-acinzentado-escuro
V1S14	10 YR 5/2	bruno-acinzentado	V1P14	10 YR 5/1	cinzento
V1S15	10 YR 5/2	bruno-acinzentado	V1P15	10 YR 6/2	Cinzento-brunado-claro
V1S16	2,5 Y 5/2	bruno-acinzentado	V1P16	7,5 YR 7/1	cinzento-claro
V1S17	10 YR 5/2	bruno-acinzentado	V1P17	10 YR 6/2	Cinzento-brunado-claro
V1S18	10 YR 4/1	Cinzento escuro	V1P18	10 YR 3/1	Cinzento muito escuro
V1S19	10 YR 4/2	Cinzento-escuro	V1P19	10 YR 6/2	Cinzento-brunado-claro
V1S20	10 YR 4/1	Cinzento-escuro	V1P20	10 YR 5/2	bruno-acinzentado
V1S21	10 YR 4/1	Cinzento-escuro	V1P21	10 YR 5/2	bruno-acinzentado
V1S22	10 YR 4/1	Cinzento-escuro	V1P22	7,5 YR 6/1	cinzento
V1S23	10 YR 4/1	Cinzento escuro	V1P23	10 YR 7/1	Cinzento-claro
V1S24	10 YR 4/1	Cinzento escuro	V1P24	10 YR 2/1	preto

Continua

AMOSTRA	COR	Denominação	AMOSTRA	COR	Denominação
V1S24A	10 YR 4/1	Cinzeno escuro	V1P25	10 YR 2/1	preto
V1S25	10 YR 6/3	Bruno-claro-acinzentado	V1P26	10 YR 2/1	preto
V1S26	10 YR 5/3	bruno	V1P27	10 YR 2/1	preto
V1S27	10 YR 5/2	Bruno-acinzentado	V1P28	10 YR 2/1	preto
V1S28	10 YR 5/2	Bruno-acinzentado	V1P29	2,5 YR 4/2	Bruno-acinzentado-escuro
V1S29	10 YR 4/2	Bruno-acinzentado-escuro	Amostra Base	5 Y 7/1	Cinzeno-claro
V1S30	10 YR 4/1	Cinzeno escuro	V1P30	7,5 YR 5/1	cinzeno
V1S31	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro	V1P31	2,5/ N	Preto
V1S32	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro	V1P32	2,5/ N	Preto

Tabela 1.5: Caracterização de cor das amostras de solo da vereda Jaraguá.

AMOSTRA	COR	Denominação	AMOSTRA	COR	Denominação
V2S01	10 YR 6/3	Bruno-claro-acinzentado	V2S24	7,5 YR 6/6	Amarelo-avermelhado
V2S02	7,5 YR 6/6	Amarelo-avermelhado	V2S25	10 YR 2/2	Bruno muito escuro
V2S03	5 YR 5/6	Vermelho-amarelado	V2P01	10 YR 5/3	Bruno
V2S04	7,5 YR 6/4	Bruno-claro	V2P02	10 YR 5/4	Bruno-amarelado
V2S05	10 YR 6/3	Bruno-claro-acinzentado	V2P03	10 YR 5/2	Bruno-acinzentado
V2S06	10 YR 6/2	Cinzeno-brunado-claro	V2P04	10 YR 5/2	Bruno-acinzentado
V2S07	10 YR 6/3	Bruno-claro-acinzentado	V2P05	2,5 Y 5/2	Bruno-acinzentado
V2S08	7,5 YR 5/6	Bruno-forte	V2P06	2,5 Y 6/2	Bruno-claro
V2S09	5 YR 5/6	Bruno-forte	V2P07	2,5 Y 8/3	Amarelo-claro-acinzentado
V2S10	2,5 YR 8/1	branco	V2P08	2,5 Y 7/1	Cinzeno-claro
V2S11	10 YR 6/2	Cinzeno-brunado-claro	V2P09	2,5 Y 7/2	Cinzeno-claro
V2S12	10 YR 6/2	Cinzeno-brunado-claro	V2P10	2,5 Y 7/1	Cinzeno-claro
V2S13	10 YR 7/2	Cinzeno-claro	V2P11	10 YR 7/1	Cinzeno-claro
V2S14	10 YR 7/3	Bruno muito claro-acinzentado	V2P12	10 YR 7/1	Cinzeno-claro
V2S15	2,5 YR 5/2	Bruno-acinzentado	V2P13	10 YR 7/1	Cinzeno-claro
V2S16	7,5 YR 6/6	Amarelo-avermelhado	V2P16	10 YR 6/4	Bruno-amarelado-claro
V2S18	10 YR 7/3	Bruno muito claro-acinzentado	V2P17	10 YR 7/4	Bruno muito claro-acinzentado
V2S19	7,5 YR 5/1	cinzeno	V2P18	10 YR 6/4	Bruno-amarelado-claro
V2S22	10 YR 6/2	Cinzeno-brunado-claro	V2P20	7,5 YR 6/6	Amarelo-avermelhado
V2S23	7,5 YR 6/6	Amarelo-avermelhado	V2P21	7,5 YR 6/6	Amarelo-avermelhado

Tabela 1.6: Caracterização de cor das amostras de solo da vereda Urbano.

AMOSTRA	COR	Denominação	AMOSTRA	COR	Denominação
V3S01	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro	V3S19	10 YR 2/1	preto
V3S02	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro	V3S20	10 YR 2/1	preto
V3S03	10 YR 2/1	preto	V3S21	10 YR 2/1	preto
V3S04	10 YR 2/1	preto	V3S22	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro
V3S05	10 YR 2/1	preto	V3S23	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro
V3S06	10 YR 2/1	preto	V3S24	10 YR 2/1	preto
V3S07	10 YR 2/1	preto	V3S25	10 YR 2/1	preto
V3S08	10 YR 2/1	preto	V3S26	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro
V3S09	10 YR 2/1	preto	V3S27	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro
V3S10	10 YR 2/1	preto	V3S28	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro
V3S11	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro	V3S29	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro
V3S12	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro	V3S30	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro
V3S13	10 YR 2/1	preto	V3P01	10 YR 2/1	preto
V3S14	10 YR 2/1	preto	V3P02	10 YR 2/1	preto
V3S15	10 YR 2/1	preto	V3P03	10 YR 2/1	preto
V3S16	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro	V3P04	10 YR 7/3	Bruno muito claro-acinzentado
V3S17	10 YR 3/1	Cinzeno muito escuro	V3P05	10 YR 2/1	preto
V3S18	10 YR 2/1	preto	V3P06	10 YR 2/1	preto
			V3P07	10 YR 2/1	preto

Tabela 1.7: Teores dos metais pesados nas amostras de solo da vereda Laçador.

Amostra	Uso do solo	Profundidade (cm)	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
			mg/kg							
V1S01	Agricultura	0-20	136,4 ^P	1,5	28,0	1,2 ^Q	1,0	40,8	34,0	120,2 ^P
V1S02	Agricultura	0-20	121,9 ^P	1,4	22,0	0,9 ^Q	0,3	18,9	5,6	100,4 ^P
V1S03	Agricultura	0-20	145,3 ^P	1,8	22,5	1,2 ^Q	0,9	21,1	9,1	117,6 ^P
V1S05	Agricultura	0-20	138,7 ^P	1,3	21,2	1,1 ^Q	0,3	38,4	15,9	123,8 ^P
V1S06	Agricultura	0-20	140,3 ^P	1,2	22,2	0,9 ^Q	0,3	18,1	10,3	119,9 ^P
V1S07	Agricultura	0-20	147,5 ^P	1,6	21,0	1,1 ^Q	0,3	21,1	6,0	108,0 ^P
V1S08	Agricultura	0-20	157,3 ^I	1,8	32,4	1,0 ^Q	0,3	21,6	11,7	125,3 ^P
V1S08B	Agricultura	0-20	142,2 ^P	1,2	25,5	0,9 ^Q	0,3	28,1	9,3	119,4 ^P
V1S09	Agricultura	0-20	145,4 ^P	1,2	28,1	1,0 ^Q	0,3	28,7	14,5	121,5 ^P
V1S10	Agricultura	0-20	163,9 ^I	1,3	30,5	1,0 ^Q	0,3	21,0	9,1	134,3 ^P
V1S11	Agricultura	0-20	157,0 ^I	1,8	25,5	1,2 ^Q	0,3	15,5	9,0	129,8 ^P
V1S12	Agricultura	0-20	164,9 ^I	1,6	27,6	1,0 ^Q	0,3	16,9	9,8	139,2 ^P
V1S13	Agricultura	0-20	166,2 ^I	2,6	22,9	1,6 ^P	0,3	18,5	12,5	150,6 ^P
V1S14	Agricultura	0-20	164,8 ^I	1,4	27,2	1,0 ^Q	0,3	15,3	14,6	142,2 ^P
V1S15	Agricultura	0-20	172,6 ^I	1,4	29,2	1,0 ^Q	0,3	17,0	12,3	151,4 ^P
V1S16	Agricultura	0-20	157,4 ^I	1,3	25,5	0,9 ^Q	0,3	17,5	19,8	143,8 ^P
V1S17	Agricultura	0-20	180,1 ^I	1,4	26,5	1,0 ^Q	0,3	15,2	17,3	162,6 ^P
V1S18	Agricultura	0-20	162,3 ^I	1,4	25,4	0,9 ^Q	0,3	16,8	18,1	165,3 ^P
V1S19	Agricultura	0-20	158,1 ^I	1,2	23,1	0,8 ^Q	0,3	20,6	11,9	143,6 ^P
V1S20	Agricultura	0-20	155,1 ^I	1,6	28,1	1,2 ^Q	0,3	22,9	22,0	157,8 ^P

Continua

Amostra	Uso do solo	Profundidade (cm)	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
			mg/kg							
V1S21	Agricultura	0-20	158,8 ^I	2,1	22,5	1,4 ^P	0,4	17,2	20,8	187,6 ^I
V1S22	Agricultura	0-20	170,9 ^I	2,6	19,7	1,5 ^P	0,3	17,2	15,1	166,8 ^P
V1S23	Agricultura	0-20	149,6 ^P	1,7	23,2	1,1 ^Q	0,3	14,2	23,6	181,9 ^I
V1S24	Agricultura	0-20	172,6 ^I	2,1	22,5	1,3 ^Q	0,3	20,0	12,7	161,9 ^P
V1S24A	Agricultura	0-20	152,8 ^I	1,7	23,3	1,1 ^Q	0,3	17,9	19,0	179,2 ^P
V1S25	Agricultura	0-20	154,1 ^I	1,5	20,8	1,0 ^Q	0,3	14,6	8,5	118,0 ^P
V1S26	Agricultura	0-20	162,6 ^I	1,6	21,1	1,0 ^Q	0,9	20,7	18,6	123,1 ^P
V1S27	Agricultura	0-20	186,1 ^I	2,2	24,2	1,4 ^P	2,0	20,1	11,6	134,7 ^P
V1S28	Agricultura	0-20	164,2 ^I	1,7	33,9	1,1 ^Q	0,3	18,7	10,1	124,5 ^P
V1S29	Agricultura	0-20	166,9 ^I	2,1	19,5	1,4 ^P	0,3	21,2	9,8	140,0 ^P
V1S30	Agricultura	0-20	144,0 ^P	1,4	22,3	1,0 ^Q	0,3	18,0	18,7	155,2 ^P
V1S31	Agricultura	0-20	146,0 ^P	2,8	21,1	1,6 ^P	0,3	22,0	19,4	184,9 ^I
V1S32	Agricultura	0-20	110,3 ^P	1,3	26,9	1,0 ^Q	0,3	22,4	22,3	205,7 ^I
V1P01	Agricultura	0-20	127,8 ^P	1,7	24,4	1,2 ^Q	0,3	70,8 ^Q	37,6	111,3 ^P
V1P02	Agricultura	20-40	114,3 ^P	1,2	16,2	0,8 ^Q	0,3	17,7	9,6	75,3 ^P
V1P03	Agricultura	40-60	118,1 ^P	1,9	15,9	1,2 ^Q	0,3	13,3	3,2	74,3 ^P
V1P04	Agricultura	60-80	114,9 ^P	1,2	17,3	1,0 ^Q	0,3	12,1	3,1	89,2 ^P
V1P05	Agricultura	80-100	102,7 ^P	0,9	14,0	0,7 ^Q	0,3	10,2	1,9	64,8 ^Q
V1P06	Agricultura	100-127	97,3 ^P	1,5	14,2	1,1 ^Q	0,3	8,9	1,9	64,2 ^Q
V1P07	Agricultura	0-17	133,7 ^P	2,0	22,7	1,3 ^Q	0,3	58,8	33,0	112,1 ^P
V1P08	Agricultura	17-34	128,2 ^P	2,0	14,9	1,3 ^Q	0,3	25,3	4,8	87,9 ^P

Continua

Amostra	Uso do solo	Profundidade (cm)	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
			mg/kg							
V1P09	Agricultura	34-51	135,9 ^P	1,7	18,3	1,2 ^Q	0,3	15,2	1,9	83,0 ^P
V1P10	Agricultura	51- 68	114,7 ^P	1,2	16,2	0,8 ^Q	0,3	12,7	1,9	70,6 ^Q
V1P11	Agricultura	68-85	114,9 ^P	1,7	17,0	1,1 ^Q	0,3	15,5	1,9	75,6 ^P
V1P12	Agricultura	85-103	155,6 ^I	1,9	17,5	1,1 ^Q	0,3	12,6	1,9	100,3 ^P
V1P13	Agricultura	0-20	148,7 ^P	2,8	27,3	1,6 ^P	4,1	80,1 ^Q	26,8	156,8 ^P
V1P14	Agricultura	20-40	140,2 ^P	2,3	15,8	1,3 ^Q	0,3	37,0	11,7	111,0 ^P
V1P15	Agricultura	40-60	159,0 ^I	2,4	16,6	1,3 ^Q	0,3	15,4	4,0	116,0 ^P
V1P16	Agricultura	60-80	180,8 ^I	2,1	19,6	1,2 ^Q	1,5	12,1	3,5	108,3 ^P
V1P17	Agricultura	80-100	149,6 ^P	2,1	15,7	1,3 ^Q	0,3	10,2	10,5	93,1 ^P
V1P18	Agricultura	0-19	118,5 ^P	2,4	17,9	1,3 ^Q	4,5	23,0	17,7	177,9 ^P
V1P19	Agricultura	19-38	192,9 ^I	1,9	19,5	1,1 ^Q	0,3	19,0	1,9	127,6 ^P
V1P20	Agricultura	38-57	145,9 ^P	1,7	20,4	1,0 ^Q	0,3	19,5	1,9	83,2 ^P
V1P21	Agricultura	57-76	168,6 ^I	2,4	15,7	1,3 ^Q	0,3	14,9	3,5	89,8 ^P
V1P22	Agricultura	76-95	163,8 ^I	1,2	16,8	1,0 ^Q	0,3	11,4	3,4	77,9 ^P
V1P23	Agricultura	95-114	194,6 ^I	2,3	12,0	1,3 ^Q	0,3	17,2	4,1	73,3 ^P
V1P29	Agricultura	10-30	119,4 ^P	2,2	18,4	1,2 ^Q	1,1	21,2	11,1	134,6 ^P
V1P28	Agricultura	40-60	122,0 ^P	2,5	25,8	1,3 ^Q	2,9	25,3	19,6	179,1 ^P
V1P27	Agricultura	70-90	147,5 ^P	1,8	29,0	1,0 ^Q	2,0	19,1	15,0	191,3 ^I
V1P26	Agricultura	100-120	145,6 ^P	1,3	24,0	0,7 ^Q	2,3	17,5	14,1	162,8 ^P
V1P25	Agricultura	128-148	145,4 ^P	2,2	29,6	1,2 ^Q	1,0	20,7	22,8	247,0 ^I
V1P24	Agricultura	160-180	140,4 ^P	2,0	32,8	1,2 ^Q	1,8	22,9	29,7	190,1 ^I

Continua

Amostra	Uso do solo	Profundidade (cm)	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
			mg/kg							
Amostra Base	Agricultura	180-193	67,6 ^Q	2,3	12,1	1,3 ^Q	0,3	15,9	5,9	70,2 ^P
V1P30	Agricultura	30-53	179,8 ^I	2,1	16,3	1,1 ^Q	0,3	15,2	5,8	130,0 ^P
V1P31	Agricultura	53-76	74,3 ^Q	1,9	21,4	1,3 ^Q	0,3	19,9	25,6	209,9 ^I
V1P32	Agricultura	76-100	47,3 ^Q	0,9	17,5	0,7 ^Q	0,3	13,0	20,5	196,4 ^I
Valor máximo			194,6	2,8	33,9	1,6	4,5	80,1	37,6	247,0
Valor mínimo			47,3	0,9	12	0,7	0,3	8,9	1,9	64,2
Referência de qualidade*			40	13	35	<0,5	13	60	75	17
Prevenção*			45	25	60	1,3	30	300	150	72
Intervenção agrícola*			150	35	200	3	70	450	300	180

* Valores orientadores da CETESB (CETESB, 2005) e CONAMA (BRASIL, 2009). ^QAcima dos valores de referência de qualidade. ^PAcima do valor de prevenção. ^IAcima do valor de intervenção agrícola.

Tabela 1.8: Teores dos metais pesados nas amostras de solo da vereda Jaraguá.

Amostra	Uso do solo	Profundidade (cm)	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
			mg/kg							
V2S01	Cultura de eucalipto	0-20	23,7	1,6	13,5	0,81 ^Q	0,34	18,9	26,3	35,4 ^Q
V2S02	Cultura de eucalipto	0-20	25,8	2,1	14,3	0,84 ^Q	0,34	16,4	32,7	33,2 ^Q
V2S03	Cultura de eucalipto	0-20	67,1 ^Q	3,4	17,0	1,26 ^Q	0,34	31,3	45,8	43,4 ^Q
V2S04	Cultura de eucalipto	0-20	46,0 ^Q	1,8	15,5	0,85 ^Q	0,34	17,4	37,8	40,8 ^Q
V2S05	Cultura de eucalipto	0-20	35,8	2,9	16,8	1,03 ^Q	1,31	21,7	63,5	44,5 ^Q
V2S06	Cultura de eucalipto	0-20	23,0	1,6	13,0	0,81 ^Q	0,34	12,5	30,4	31,0 ^Q
V2S07	Cultura de eucalipto	0-20	35,6	2,8	15,8	1,04 ^Q	0,34	29,0	60,9	43,2 ^Q
V2S08	Cultura de eucalipto	0-20	70,0 ^Q	4,1	13,9	1,01 ^Q	0,34	16,3	33,8	39,0 ^Q
V2S09	Cultura de eucalipto	0-20	37,0	3,6	18,3	1,16 ^Q	0,87	24,9	62,7	58,3 ^Q
V2S10	Cultura de eucalipto	0-20	39,6	1,3	15,6	0,73 ^Q	0,34	25,3	18,0	37,6 ^Q
V2S11	Cultura de eucalipto	0-20	22,7	1,1	14,4	0,70 ^Q	0,34	14,4	47,1	32,6 ^Q
V2S12	Cultura de eucalipto	0-20	18,6	0,9	13,6	0,61 ^Q	0,34	13,1	22,7	21,8 ^Q
V2S13	Cultura de eucalipto	0-20	40,4 ^Q	2,4	14,3	1,12 ^Q	0,34	15,0	30,4	57,6 ^Q
V2S14	Cultura de eucalipto	0-20	37,3	2,4	16,1	0,84 ^Q	0,34	18,3	57,1	42,2 ^Q
V2S15	Cultura de eucalipto	0-20	33,7	1,3	16,9	0,76 ^Q	0,34	13,9	30,1	46,0 ^Q
V2S16	Cultura de eucalipto	0-20	53,3 ^Q	2,5	18,1	1,05 ^Q	1,07	17,9	34,1	53,2 ^Q
V2S18	Cultura de eucalipto	0-20	54,3 ^Q	1,6	19,0	0,93 ^Q	0,34	15,5	24,2	47,9 ^Q
V2S19	Cultura de eucalipto	0-20	146,0 ^P	3,4	20,0	1,29 ^Q	4,63	27,2	60,6	80,0 ^P
V2S22	Cultura de eucalipto	0-20	22,2	2,0	9,8	1,01 ^Q	0,34	12,0	10,8	23,8 ^Q
V2S23	Cultura de eucalipto	0-20	35,9	1,5	15,7	0,77 ^Q	0,34	9,0	67,3	55,4 ^Q

Continua

Amostra	Uso do solo	Profundidade (cm)	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
			mg/kg							
V2S24	Cultura de eucalipto	0-20	50,5 ^Q	1,4	12,4	0,77 ^Q	0,34	11,8	14,5	38,7 ^Q
V2S25	Cultura de eucalipto	0-20	26,2	1,5	26,1	0,95 ^Q	0,34	26,4	89,8 ^Q	91,7 ^P
V2P01	Cultura de eucalipto	0-5	37,8	2,8	16,3	0,89 ^Q	0,34	25,7	55,1	41,9 ^Q
V2P02	Cultura de eucalipto	5-10	37,2	2,6	15,4	0,92 ^Q	0,34	13,2	59,2	40,0 ^Q
V2P03	Cultura de eucalipto	10-15	40,5 ^Q	2,9	17,2	1,28 ^Q	0,34	14,6	79,9 ^Q	53,7 ^Q
V2P04	Cultura de eucalipto	15-20	45,9 ^Q	1,9	21,2	0,92 ^Q	0,34	13,5	73,7	52,9 ^Q
V2P05	Cultura de eucalipto	20-25	62,3 ^Q	1,9	17,1	0,85 ^Q	0,34	17,1	38,3	52,2 ^Q
V2P06	Cultura de eucalipto	25-30	71,2 ^Q	2,0	19,1	0,79 ^Q	0,67	15,7	60,8	48,9 ^Q
V2P07	Cultura de eucalipto	30-35	66,6 ^Q	1,2	13,9	0,64 ^Q	0,34	15,6	36,8	41,8 ^Q
V2P08	Cultura de eucalipto	35-40	98,3 ^P	2,4	17,4	1,03 ^Q	0,34	25,4	80,9	69,3 ^Q
V2P09	Cultura de eucalipto	40-45	81,2 ^P	2,0	16,1	0,90 ^Q	0,34	14,9	52,9	46,9 ^Q
V2P10	Cultura de eucalipto	45-50	104,1 ^P	2,2	22,7	1,16 ^Q	0,34	10,5	124,5 ^Q	67,4 ^Q
V2P11	Cultura de eucalipto	50-55	84,9 ^P	2,3	13,4	1,07 ^Q	0,34	12,1	48,8	55,0 ^Q
V2P12	Cultura de eucalipto	55-60	101,8 ^P	1,3	21,7	0,73 ^Q	0,34	9,9	90,8 ^Q	72,0 ^Q
V2P13	Cultura de eucalipto	60-65	90,3 ^P	1,7	17,6	0,85 ^Q	0,34	11,4	63,7	53,3 ^Q
V2P16	Cultura de eucalipto	0-5	91,6 ^P	3,0	13,3	1,21 ^Q	2,99	15,8	22,2	42,2 ^Q
V2P17	Cultura de eucalipto	5-10	74,1 ^Q	2,4	12,3	1,07 ^Q	0,34	15,3	21,8	33,9 ^Q
V2P18	Cultura de eucalipto	10-15	89,8 ^P	2,4	18,0	0,99 ^Q	3,49	27,9	36,6	41,9 ^Q
V2P20	Cultura de eucalipto	15-20	171,3 ^I	4,0	17,2	1,61 ^Q	7,34	33,4	59,4	94,4 ^P
V2P21	Cultura de eucalipto	20-25	42,1 ^Q	3,3	15,4	1,14 ^Q	0,34	18,9	46,1	40,8 ^Q

Continua

Amostra	Uso do solo	Profundidade (cm)	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
			mg/kg							
			171,3	2,8	33,9	1,61	4,5	80,1	37,6	94,4,0
			18,6	0,9	9,8	0,6	0,3	9,0	10,8	21,8
			40	13	35	<0,5	13	60	75	17
			45	25	60	1,3	30	300	150	72
			150	35	200	3	70	450	300	180

* Valores orientadores CETESB (CETESB, 2005) e CONAMA (BRASIL, 2009). ^QAcima dos valores de referência de qualidade. ^PAcima do valor de prevenção. ^IAcima do valor de intervenção agrícola.

Tabela 1.9: Teores dos metais pesados nas amostras de solo da vereda Urbano.

Amostra	Uso do solo	Profundidade (cm)	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
			mg/kg							
V3P01	Pastagem	39-52	76,1 ^P	5,9	46,1 ^Q	1,0 ^Q	12,7	33,7	183,0 ^P	92,2 ^P
V3P02	Pastagem	29-35	121,2 ^P	6,4	75,2 ^P	0,6 ^Q	22,1	47,0	295,3 ^P	128,7 ^P
V3P03	Pastagem	9-23	205,4 ^I	5,7	87,7 ^P	0,8 ^Q	21,1	47,9	291,1 ^P	161,8 ^P
V3P04	Pastagem	0-20	30,1 ^Q	2,1	15,9	0,8 ^Q	<0,3	20,1	40,0	22,3 ^Q
V3P05	Pastagem	20-40	47,4 ^Q	5,1	18,8	1,3 ^Q	6,2	28,6	115,1 ^Q	56,9 ^Q
V3P06	Pastagem	48-65	47,9 ^Q	4,0	30,7	0,9 ^Q	10,8	60,7 ^Q	141,6 ^Q	68,1 ^Q
V3P07	Pastagem	76-96	59,7 ^Q	2,9	34,8	0,7 ^Q	4,6	27,0	157,5 ^P	64,9 ^Q
V3S01	Pastagem	0-20	38,9	2,2	21,9	0,7 ^Q	2,8	17,7	42,3	47,9 ^Q
V3S02	Pastagem	0-20	39,3	2,8	19,8	0,9 ^Q	1,1	30,8	46,8	60,6 ^Q
V3S03	Pastagem	0-20	59,7 ^Q	4,9	25,8	1,0 ^Q	10,8	36,6	91,2 ^Q	89,4 ^P
V3S04	Pastagem	0-20	65,3 ^Q	5,3	32,6	0,9 ^Q	15,6	40,5	148,8 ^Q	103,9 ^P
V3S05	Pastagem	0-20	48,5 ^Q	6,1	31,0	0,8 ^Q	14,2	40,6	228,1 ^P	67,1 ^Q
V3S06	Pastagem	0-20	50,6 ^Q	3,9	32,9	0,6 ^Q	8,5	33,9	154,6 ^P	66,6 ^Q
V3S07	Pastagem	0-20	53,6 ^Q	5,4	34,1	0,7 ^Q	15,5	48,4	134,5 ^Q	63,9 ^Q
V3S08	Pastagem	0-20	58,5 ^Q	5,9	33,6	1,0 ^Q	15,3	44,8	131,6 ^Q	71,3 ^Q
V3S09	Pastagem	0-20	60,5 ^Q	7,5	35,2 ^Q	1,1 ^Q	18,5	52,5	179,6 ^P	62,6 ^Q
V3S10	Pastagem	0-20	45,6 ^Q	3,9	22,2	1,0 ^Q	6,9	21,4	130,6 ^Q	48,6 ^Q
V3S11	Pastagem	0-20	61,0 ^Q	6,2	26,0	1,0 ^Q	15,2	31,6	183,4 ^P	54,3 ^Q
V3S12	Pastagem	0-20	64,5 ^Q	4,2	24,6	0,9 ^Q	11,4	34,7	163,7 ^P	51,6 ^Q
V3S13	Pastagem	0-20	54,1 ^Q	5,1	32,5	0,7 ^Q	14,5	63,4 ^Q	158,3 ^P	48,0 ^Q
V3S14	Pastagem	0-20	52,0 ^Q	5,2	28,5	0,8 ^Q	15,0	35,8	180,4 ^P	60,5 ^Q

Continua

Amostra	Uso do solo	Profundidade (cm)	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
			mg/kg							
V3S15	Pastagem	0-20	62,1 ^Q	6,5	34,4	0,9 ^Q	17,5	42,9	207,2 ^P	59,7 ^Q
V3S16	Pastagem	0-20	23,4	1,6	15,7	0,7 ^Q	<0,3	15,4	25,7	29,1 ^Q
V3S17	Pastagem	0-20	33,4	2,2	19,9	0,7 ^Q	1,5	21,9	48,4	47,9 ^Q
V3S18	Pastagem	0-20	48,6 ^Q	3,3	28,6	0,8 ^Q	9,6	24,6	77,7 ^Q	75,0 ^P
V3S19	Pastagem	0-20	49,9 ^Q	4,0	28,7	1,0 ^Q	12,6	28,1	75,6 ^Q	91,2 ^P
V3S20	Pastagem	0-20	69,0 ^Q	6,3	32,9	1,4 ^P	13,4	45,7	85,5 ^Q	113,0 ^P
V3S21	Pastagem	0-20	56,4 ^Q	5,3	32,1	1,0 ^Q	15,8	30,3	100,2 ^Q	93,4 ^P
V3S22	Pastagem	0-20	46,4 ^Q	4,7	27,2	0,9 ^Q	15,7	25,2	79,6 ^Q	74,8 ^P
V3S23	Pastagem	0-20	45,4 ^Q	4,0	24,4	0,8 ^Q	12,3	23,7	73,9	123,5 ^P
V3S24	Pastagem	0-20	58,7 ^Q	4,5	34,3	0,9 ^Q	13,6	27,6	85,8 ^Q	95,9 ^P
V3S25	Pastagem	0-20	60,8 ^Q	4,9	37,3 ^Q	0,9 ^Q	16,9	31,4	101,4 ^Q	103,8 ^P
V3S26	Pastagem	0-20	42,5 ^Q	3,7	26,3	0,9 ^Q	9,9	27,2	71,5	73,9 ^P
V3S27	Pastagem	0-20	45,6 ^Q	4,5	28,5	0,9 ^Q	13,8	27,3	85,2 ^Q	93,0 ^P
V3S28	Pastagem	0-20	49,7 ^Q	6,0	31,8	1,1 ^Q	19,7	36,0	92,5 ^Q	94,4 ^P
V3S29	Pastagem	0-20	46,7 ^Q	4,8	25,3	1,1 ^Q	12,0	26,2	94,2 ^Q	81,1 ^P
V3S30	Pastagem	0-20	42,6 ^Q	4,1	23,9	0,8 ^Q	14,6	30,3	88,6 ^Q	68,6 ^P
Valor máximo		mg/kg	205,4	7,5	87,7	1,4	22,1	63,4	295,3	161,8
Valor mínimo			23,4	1,6	15,7	0,6	0,3	15,4	25,7	22,3
Referência de qualidade			40	13	35	<0,5	13	60	75	17
Prevenção			45	25	60	1,3	30	300	150	72
Intervenção agrícola			150	35	200	3	70	450	300	180

* Valores orientadores CETESB (CETESB, 2005) e CONAMA (BRASIL, 2009). ^QAcima dos valores de referência de qualidade. ^PAcima do valor de prevenção. ^IAcima do valor de intervenção agrícola.

Tabela 1.10: Índice de Geoacumulação (I_{geo}) dos metais pesados para as amostras da vereda Laçador.

Amostra	Cr			Co			Cu			Cd			Ni			Zn			Ba			Pb		
	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo
	mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg		
V1S01	136,4	47,3	0,94 (1)	1,5	0,9	0,16 (1)	28,0	12,0	0,64 (1)	1,2	0,7	0,25 (1)	1,0	0,3	1,19 (2)	40,8	8,9	1,61 (2)	34,0	1,9	3,57 (4)	120,2	64,2	0,32 (1)
V1S02	121,9	47,3	0,78 (1)	1,4	0,9	0,01 (1)	22,0	12,0	0,29 (1)	0,9	0,7	-0,18 (0)	0,3	0,3	-0,40 (0)	18,9	8,9	0,50 (1)	5,6	1,9	0,98 (1)	100,4	64,2	0,06 (1)
V1S03	145,3	47,3	1,03 (2)	1,8	0,9	0,42 (1)	22,5	12,0	0,32 (1)	1,2	0,7	0,16 (1)	0,9	0,3	1,03 (2)	21,1	8,9	0,66 (1)	9,1	1,9	1,67 (2)	117,6	64,2	0,29 (1)
V1S05	138,7	47,3	0,97 (1)	1,3	0,9	-0,02 (0)	21,2	12,0	0,24 (1)	1,1	0,7	0,02 (1)	0,3	0,3	-0,41 (0)	38,4	8,9	1,52 (2)	15,9	1,9	2,48 (3)	123,8	64,2	0,36 (1)
V1S06	140,3	47,3	0,98 (1)	1,2	0,9	-0,14 (0)	22,2	12,0	0,30 (1)	0,9	0,7	-0,15 (0)	0,3	0,3	-0,41 (0)	18,1	8,9	0,44 (1)	10,3	1,9	1,85 (2)	119,9	64,2	0,32 (1)
V1S07	147,5	47,3	1,06 (2)	1,6	0,9	0,24 (1)	21,0	12,0	0,22 (1)	1,1	0,7	0,09 (1)	0,3	0,3	-0,41 (0)	21,1	8,9	0,66 (1)	6,0	1,9	1,07 (2)	108,0	64,2	0,16 (1)
V1S08	157,3	47,3	1,15 (2)	1,8	0,9	0,41 (1)	32,4	12,0	0,85 (1)	1,0	0,7	0,00 (1)	0,3	0,3	-0,41 (0)	21,6	8,9	0,70 (1)	11,7	1,9	2,03 (3)	125,3	64,2	0,38 (1)
V1S08B	142,2	47,3	1,00 (2)	1,2	0,9	-0,18 (0)	25,5	12,0	0,50 (1)	0,9	0,7	-0,23 (0)	0,3	0,3	-0,41 (0)	28,1	8,9	1,08 (2)	9,3	1,9	1,70 (2)	119,4	64,2	0,31 (1)
V1S09	145,4	47,3	1,04 (2)	1,2	0,9	-0,16 (0)	28,1	12,0	0,64 (1)	1,0	0,7	-0,13 (0)	0,3	0,3	-0,40 (0)	28,7	8,9	1,11 (2)	14,5	1,9	2,35 (3)	121,5	64,2	0,34 (1)
V1S10	163,9	47,3	1,21 (2)	1,3	0,9	-0,01 (0)	30,5	12,0	0,76 (1)	1,0	0,7	-0,12 (0)	0,3	0,3	-0,41 (0)	21,0	8,9	0,65 (1)	9,1	1,9	1,67 (2)	134,3	64,2	0,48 (1)
V1S11	157,0	47,3	1,15 (2)	1,8	0,9	0,44 (1)	25,5	12,0	0,50 (1)	1,2	0,7	0,17 (1)	0,3	0,3	-0,41 (0)	15,5	8,9	0,22 (1)	9,0	1,9	1,66 (2)	129,8	64,2	0,43 (1)
V1S12	164,9	47,3	1,22 (2)	1,6	0,9	0,26 (1)	27,6	12,0	0,62 (1)	1,0	0,7	-0,13 (0)	0,3	0,3	-0,41 (0)	16,9	8,9	0,34 (1)	9,8	1,9	1,78 (2)	139,2	64,2	0,53 (1)
V1S13	166,2	47,3	1,23 (2)	2,6	0,9	0,96 (1)	22,9	12,0	0,35 (1)	1,6	0,7	0,57 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	18,5	8,9	0,47 (1)	12,5	1,9	2,13 (3)	150,6	64,2	0,65 (1)
V1S14	164,8	47,3	1,22 (2)	1,4	0,9	0,06 (1)	27,2	12,0	0,59 (1)	1,0	0,7	-0,11 (0)	0,3	0,3	-0,40 (0)	15,3	8,9	0,19 (1)	14,6	1,9	2,36 (3)	142,2	64,2	0,56 (1)
V1S15	172,6	47,3	1,28 (2)	1,4	0,9	0,09 (1)	29,2	12,0	0,70 (1)	1,0	0,7	-0,02 (0)	0,3	0,3	-0,41 (0)	17,0	8,9	0,35 (1)	12,3	1,9	2,11 (3)	151,4	64,2	0,65 (1)
V1S16	157,4	47,3	1,15 (2)	1,3	0,9	-0,04 (0)	25,5	12,0	0,51 (1)	0,9	0,7	-0,20 (0)	0,3	0,3	-0,41 (0)	17,5	8,9	0,39 (1)	19,8	1,9	2,79 (3)	143,8	64,2	0,58 (1)
V1S17	180,1	47,3	1,34 (2)	1,4	0,9	0,09 (1)	26,5	12,0	0,56 (1)	1,0	0,7	0,00 (1)	0,3	0,3	-0,41 (0)	15,2	8,9	0,19 (1)	17,3	1,9	2,60 (3)	162,6	64,2	0,76 (1)

Continua

Amostra	Cr			Co			Cu			Cd			Ni			Zn			Ba			Pb		
	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo
	mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg		
V1S18	162,3	47,3	1,19 (2)	1,4	0,9	0,07 (1)	25,4	12,0	0,50 (1)	0,9	0,7	-0,17 (0)	0,3	0,3	-0,41 (0)	16,8	8,9	0,33 (1)	18,1	1,9	2,66 (3)	165,3	64,2	0,78 (1)
V1S19	158,1	47,3	1,16 (2)	1,2	0,9	-0,22 (0)	23,1	12,0	0,36 (1)	0,8	0,7	-0,36 (0)	0,3	0,3	-0,40 (0)	20,6	8,9	0,63 (1)	11,9	1,9	2,06 (3)	143,6	64,2	0,58 (1)
V1S20	155,1	47,3	1,13 (2)	1,6	0,9	0,23 (1)	28,1	12,0	0,64 (1)	1,2	0,7	0,13 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	22,9	8,9	0,78 (1)	22,0	1,9	2,95 (3)	157,8	64,2	0,71 (1)
V1S21	158,8	47,3	1,16 (2)	2,1	0,9	0,64 (1)	22,5	12,0	0,32 (1)	1,4	0,7	0,40 (1)	0,4	0,3	0,00 (1)	17,2	8,9	0,37 (1)	20,8	1,9	2,87 (3)	187,6	64,2	0,96 (1)
V1S22	170,9	47,3	1,27 (2)	2,6	0,9	0,96 (1)	19,7	12,0	0,13 (1)	1,5	0,7	0,47 (1)	0,3	0,3	-0,41 (0)	17,2	8,9	0,37 (1)	15,1	1,9	2,41 (3)	166,8	64,2	0,79 (1)
V1S23	149,6	47,3	1,08 (2)	1,7	0,9	0,30 (1)	23,2	12,0	0,37 (1)	1,1	0,7	0,04 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	14,2	8,9	0,09 (1)	23,6	1,9	3,05 (4)	181,9	64,2	0,92 (1)
V1S24	172,6	47,3	1,28 (2)	2,1	0,9	0,62 (1)	22,5	12,0	0,32 (1)	1,3	0,7	0,29 (1)	0,3	0,3	-0,41 (0)	20,0	8,9	0,58 (1)	12,7	1,9	2,15 (3)	161,9	64,2	0,75 (1)
V1S24A	152,8	47,3	1,11 (2)	1,7	0,9	0,32 (1)	23,3	12,0	0,37 (1)	1,1	0,7	0,04 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	17,9	8,9	0,42 (1)	19,0	1,9	2,73 (3)	179,2	64,2	0,90 (1)
V1S25	154,1	47,3	1,12 (2)	1,5	0,9	0,16 (1)	20,8	12,0	0,21 (1)	1,0	0,7	-0,10 (0)	0,3	0,3	-0,41 (0)	14,6	8,9	0,13 (1)	8,5	1,9	1,58 (2)	118,0	64,2	0,29 (1)
V1S26	162,6	47,3	1,20 (2)	1,6	0,9	0,22 (1)	21,1	12,0	0,23 (1)	1,0	0,7	-0,03 (0)	0,9	0,3	0,93 (1)	20,7	8,9	0,63 (1)	18,6	1,9	2,71 (3)	123,1	64,2	0,35 (1)
V1S27	186,1	47,3	1,39 (2)	2,2	0,9	0,68 (1)	24,2	12,0	0,42 (1)	1,4	0,7	0,36 (1)	2,0	0,3	2,12 (2)	20,1	8,9	0,59 (1)	11,6	1,9	2,03 (3)	134,7	64,2	0,48 (1)
V1S28	164,2	47,3	1,21 (2)	1,7	0,9	0,34 (1)	33,9	12,0	0,91 (1)	1,1	0,7	0,01 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	18,7	8,9	0,48 (1)	10,1	1,9	1,83 (2)	124,5	64,2	0,37 (1)
V1S29	166,9	47,3	1,23 (2)	2,1	0,9	0,65 (1)	19,5	12,0	0,12 (1)	1,4	0,7	0,36 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	21,2	8,9	0,67 (1)	9,8	1,9	1,78 (2)	140,0	64,2	0,54 (1)
V1S30	144,0	47,3	1,02 (2)	1,4	0,9	0,02 (1)	22,3	12,0	0,31 (1)	1,0	0,7	-0,11 (0)	0,3	0,3	-0,40 (0)	18,0	8,9	0,43 (1)	18,7	1,9	2,71 (3)	155,2	64,2	0,69 (1)
V1S31	146,0	47,3	1,04 (2)	2,8	0,9	1,07 (1)	21,1	12,0	0,23 (1)	1,6	0,7	0,58 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	22,0	8,9	0,72 (1)	19,4	1,9	2,76 (3)	184,9	64,2	0,94 (1)
V1S32	110,3	47,3	0,64 (1)	1,3	0,9	-0,07 (0)	26,9	12,0	0,58 (1)	1,0	0,7	-0,08 (0)	0,3	0,3	-0,40 (0)	22,4	8,9	0,74 (1)	22,3	1,9	2,97 (3)	205,7	64,2	1,09 (1)
V1P01	127,8	47,3	0,85 (1)	1,7	0,9	0,35 (1)	24,4	12,0	0,44 (1)	1,2	0,7	0,21 (1)	0,3	0,3	-0,41 (0)	70,8	8,9	2,41 (3)	37,6	1,9	3,72 (4)	111,3	64,2	0,21 (1)
V1P02	114,3	47,3	0,69 (1)	1,2	0,9	-0,23 (0)	16,2	12,0	-0,15 (0)	0,8	0,7	-0,34 (0)	0,3	0,3	-0,40 (0)	17,7	8,9	0,41 (1)	9,6	1,9	1,75 (2)	75,3	64,2	-0,35 (0)
V1P03	118,1	47,3	0,73 (1)	1,9	0,9	0,49 (1)	15,9	12,0	-0,18 (0)	1,2	0,7	0,15 (1)	0,3	0,3	-0,41 (0)	13,3	8,9	-0,01 (0)	3,2	1,9	0,17 (1)	74,3	64,2	-0,38 (0)

Continua

Amostra	Cr			Co			Cu			Cd			Ni			Zn			Ba			Pb		
	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo
	mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg		
V1P04	114,9	47,3	0,70 (1)	1,2	0,9	-0,12 (0)	17,3	12,0	-0,06 (0)	1,0	0,7	-0,13 (0)	0,3	0,3	-0,40 (0)	12,1	8,9	-0,15 (0)	3,1	1,9	0,13 (1)	89,2	64,2	-0,11 (0)
V1P05	102,7	47,3	0,53 (1)	0,9	0,9	-0,54 (0)	14,0	12,0	-0,37 (0)	0,7	0,7	-0,61 (0)	0,3	0,3	-0,40 (0)	10,2	8,9	-0,38 (0)	1,9	1,9	-0,56 (0)	64,8	64,2	-0,57 (0)
V1P06	97,3	47,3	0,46 (1)	1,5	0,9	0,12 (1)	14,2	12,0	-0,34 (0)	1,1	0,7	0,03 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	8,9	8,9	-0,58 (0)	1,9	1,9	-0,56 (0)	64,2	64,2	-0,58 (0)
V1P07	133,7	47,3	0,91 (1)	2,0	0,9	0,58 (1)	22,7	12,0	0,34 (0)	1,3	0,7	0,34 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	58,8	8,9	2,14 (3)	33,0	1,9	3,53 (4)	112,1	64,2	0,22 (1)
V1P08	128,2	47,3	0,85 (1)	2,0	0,9	0,57 (1)	14,9	12,0	-0,28 (0)	1,3	0,7	0,35 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	25,3	8,9	0,92 (1)	4,8	1,9	0,76 (1)	87,9	64,2	-0,13 (0)
V1P09	135,9	47,3	0,94 (1)	1,7	0,9	0,35 (1)	18,3	12,0	0,02 (0)	1,2	0,7	0,14 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	15,2	8,9	0,18 (1)	1,9	1,9	-0,56 (0)	83,0	64,2	-0,21 (0)
V1P10	114,7	47,3	0,69 (1)	1,2	0,9	-0,20 (0)	16,2	12,0	-0,15 (0)	0,8	0,7	-0,32 (0)	0,3	0,3	-0,41 (0)	12,7	8,9	-0,07 (0)	1,9	1,9	-0,57 (0)	70,6	64,2	-0,45 (0)
V1P11	114,9	47,3	0,70 (1)	1,7	0,9	0,35 (1)	17,0	12,0	-0,08 (0)	1,1	0,7	0,04 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	15,5	8,9	0,21 (1)	1,9	1,9	-0,56 (0)	75,6	64,2	-0,35 (0)
V1P12	155,6	47,3	1,13 (2)	1,9	0,9	0,49 (1)	17,5	12,0	-0,04 (0)	1,1	0,7	0,01 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	12,6	8,9	-0,08 (0)	1,9	1,9	-0,56 (0)	100,3	64,2	0,06 (1)
V1P13	148,7	47,3	1,07 (2)	2,8	0,9	1,06 (2)	27,3	12,0	0,60 (0)	1,6	0,7	0,59 (1)	4,1	0,3	3,18 (4)	80,1	8,9	2,59 (3)	26,8	1,9	3,23 (4)	156,8	64,2	0,70 (1)
V1P14	140,2	47,3	0,98 (1)	2,3	0,9	0,78 (1)	15,8	12,0	-0,18 (0)	1,3	0,7	0,29 (1)	0,3	0,3	-0,41 (0)	37,0	8,9	1,47 (2)	11,7	1,9	2,04 (3)	111,0	64,2	0,20 (1)
V1P15	159,0	47,3	1,16 (2)	2,4	0,9	0,81 (1)	16,6	12,0	-0,12 (0)	1,3	0,7	0,35 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	15,4	8,9	0,20 (1)	4,0	1,9	0,50 (1)	116,0	64,2	0,27 (1)
V1P16	180,8	47,3	1,35 (2)	2,1	0,9	0,64 (1)	19,6	12,0	0,12 (1)	1,2	0,7	0,20 (1)	1,5	0,3	1,77 (2)	12,1	8,9	-0,14 (0)	3,5	1,9	0,31 (1)	108,3	64,2	0,17 (1)
V1P17	149,6	47,3	1,08 (2)	2,1	0,9	0,60 (1)	15,7	12,0	-0,20 (0)	1,3	0,7	0,32 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	10,2	8,9	-0,38 (0)	10,5	1,9	1,88 (2)	93,1	64,2	-0,05 (0)
V1P18	118,5	47,3	0,74 (1)	2,4	0,9	0,84 (1)	17,9	12,0	-0,01 (0)	1,3	0,7	0,33 (1)	4,5	0,3	3,33 (4)	23,0	8,9	0,78 (1)	17,7	1,9	2,63 (3)	177,9	64,2	0,89 (1)
V1P19	192,9	47,3	1,44 (2)	1,9	0,9	0,49 (1)	19,5	12,0	0,12 (1)	1,1	0,7	0,03 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	19,0	8,9	0,51 (1)	1,9	1,9	-0,56 (0)	127,6	64,2	0,41 (1)
V1P20	145,9	47,3	1,04 (2)	1,7	0,9	0,30 (1)	20,4	12,0	0,18 (1)	1,0	0,7	-0,09 (0)	0,3	0,3	-0,41 (0)	19,5	8,9	0,54 (1)	1,9	1,9	-0,57 (0)	83,2	64,2	-0,21 (0)
V1P21	168,6	47,3	1,25 (2)	2,4	0,9	0,86 (1)	15,7	12,0	-0,20 (0)	1,3	0,7	0,36 (1)	0,3	0,3	-0,41 (0)	14,9	8,9	0,16 (1)	3,5	1,9	0,30 (1)	89,8	64,2	-0,10 (0)
V1P22	163,8	47,3	1,21 (2)	1,2	0,9	-0,15 (0)	16,8	12,0	-0,10 (0)	1,0	0,7	-0,10 (0)	0,3	0,3	-0,40 (0)	11,4	8,9	-0,23 (0)	3,4	1,9	0,23 (1)	77,9	64,2	-0,31 (0)

Continua

Amostra	Cr			Co			Cu			Cd			Ni			Zn			Ba			Pb		
	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo
	mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg		
V1P23	194,6	47,3	1,46 (2)	2,3	0,9	0,77 (1)	12,0	12,0	-0,58 (0)	1,3	0,7	0,33 (1)	0,3	0,3	-0,41 (0)	17,2	8,9	0,37 (1)	4,1	1,9	0,51 (1)	73,3	64,2	-0,39 (0)
V1P29	119,4	47,3	0,75 (1)	2,2	0,9	0,70 (1)	18,4	12,0	0,03 (1)	1,2	0,7	0,22 (1)	1,1	0,3	1,32 (2)	21,2	8,9	0,67 (1)	11,1	1,9	1,96 (2)	134,6	64,2	0,48 (1)
V1P28	122,0	47,3	0,78 (1)	2,5	0,9	0,87 (1)	25,8	12,0	0,52 (1)	1,3	0,7	0,32 (1)	2,9	0,3	2,69 (3)	25,3	8,9	0,92 (1)	19,6	1,9	2,78 (3)	179,1	64,2	0,90 (1)
V1P27	147,5	47,3	1,06 (2)	1,8	0,9	0,42 (1)	29,0	12,0	0,69 (1)	1,0	0,7	-0,07 (0)	2,0	0,3	2,14 (3)	19,1	8,9	0,51 (1)	15,0	1,9	2,39 (3)	191,3	64,2	0,99 (1)
V1P26	145,6	47,3	1,04 (2)	1,3	0,9	-0,02 (0)	24,0	12,0	0,42 (1)	0,7	0,7	-0,51 (0)	2,3	0,3	2,34 (3)	17,5	8,9	0,39 (1)	14,1	1,9	2,30 (3)	162,8	64,2	0,76 (1)
V1P25	145,4	47,3	1,04 (2)	2,2	0,9	0,73 (1)	29,6	12,0	0,72 (1)	1,2	0,7	0,22 (1)	1,0	0,3	1,09 (2)	20,7	8,9	0,63 (1)	22,8	1,9	3,00 (4)	247,0	64,2	1,36 (1)
V1P24	140,4	47,3	0,98 (1)	2,0	0,9	0,55 (1)	32,8	12,0	0,87 (1)	1,2	0,7	0,23 (1)	1,8	0,3	1,96 (2)	22,9	8,9	0,78 (1)	29,7	1,9	3,38 (4)	190,1	64,2	0,98 (1)
Amostra Base	67,6	47,3	-0,07 (0)	2,3	0,9	0,76 (1)	12,1	12,0	-0,57 (0)	1,3	0,7	0,29 (1)	0,3	0,3	-0,41 (0)	15,9	8,9	0,25 (1)	5,9	1,9	1,06 (2)	70,2	64,2	-0,46 (0)
V1P30	179,8	47,3	1,34 (2)	2,1	0,9	0,66 (1)	16,3	12,0	-0,14 (0)	1,1	0,7	0,08 (1)	0,3	0,3	-0,41 (0)	15,2	8,9	0,19 (1)	5,8	1,9	1,03 (2)	130,0	64,2	0,43 (1)
V1P31	74,3	47,3	0,07 (1)	1,9	0,9	0,47 (1)	21,4	12,0	0,25 (1)	1,3	0,7	0,32 (1)	0,3	0,3	-0,40 (0)	19,9	8,9	0,58 (1)	25,6	1,9	3,17 (4)	209,9	64,2	1,12 (1)
V1P32	47,3	47,3	-0,58 (0)	0,9	0,9	-0,65 (0)	17,5	12,0	-0,04 (0)	0,7	0,7	-0,50 (0)	0,3	0,3	-0,40 (0)	13,0	8,9	-0,03 (0)	20,5	1,9	2,84 (3)	196,4	64,2	1,03 (1)

*Classe: (0) Praticamente não poluído; (1) Pouco a moderadamente poluído; (2) Moderadamente poluído; (3) Moderado a fortemente poluído; (4) Fortemente poluído; (5) Forte a muito fortemente poluído; (6) Muito fortemente poluído.

Tabela 1.11: Índice de Geoacumulação (I_{geo}) dos metais pesados para as amostras da vereda Jaraguá.

Amostra	Cr			Co			Cu			Cd			Ni			Zn			Ba			Pb		
	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo
	mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg		
V2S01	23,7	18,6	-0,23 (0)	1,6	0,9	0,25 (1)	13,5	9,8	-0,12 (0)	0,81	0,6	-0,16 (0)	0,34	0,3	-0,41 (0)	18,9	9,0	0,5 (1)	26,3	10,8	0,7 (1)	35,4	21,8	0,12 (1)
V2S02	25,8	18,6	-0,11 (0)	2,1	0,9	0,64 (1)	14,3	9,8	-0,04 (0)	0,84	0,6	-0,10 (0)	0,34	0,3	-0,41 (0)	16,4	9,0	0,3 (1)	32,7	10,8	1,0 (2)	33,2	21,8	0,02 (1)
V2S03	67,1	18,6	1,27 (2)	3,4	0,9	1,34 (2)	17,0	9,8	0,21 (1)	1,26	0,6	0,49 (1)	0,34	0,3	-0,40 (0)	31,3	9,0	1,2 (2)	45,8	10,8	1,5 (2)	43,4	21,8	0,41 (1)
V2S04	46,0	18,6	0,72 (1)	1,8	0,9	0,41 (1)	15,5	9,8	0,08 (1)	0,85	0,6	-0,09 (0)	0,34	0,3	-0,41 (0)	17,4	9,0	0,4 (1)	37,8	10,8	1,2 (2)	40,8	21,8	0,32 (1)
V2S05	35,8	18,6	0,36 (1)	2,9	0,9	1,12 (1)	16,8	9,8	0,19 (1)	1,03	0,6	0,19 (1)	1,31	0,3	1,55 (2)	21,7	9,0	0,7 (1)	63,5	10,8	2,0 (3)	44,5	21,8	0,44 (1)
V2S06	23,0	18,6	-0,28 (0)	1,6	0,9	0,27 (1)	13,0	9,8	-0,18 (0)	0,81	0,6	-0,16 (0)	0,34	0,3	-0,41 (0)	12,5	9,0	-0,1 (0)	30,4	10,8	0,9 (1)	31,0	21,8	-0,08 (0)
V2S07	35,6	18,6	0,35 (1)	2,8	0,9	1,08 (2)	15,8	9,8	0,11 (1)	1,04	0,6	0,21 (1)	0,34	0,3	-0,41 (0)	29,0	9,0	1,1 (2)	60,9	10,8	1,9 (2)	43,2	21,8	0,40 (1)
V2S08	70,0	18,6	1,33 (2)	4,1	0,9	1,61 (2)	13,9	9,8	-0,08 (0)	1,01	0,6	0,17 (1)	0,34	0,3	-0,40 (0)	16,3	9,0	0,3 (1)	33,8	10,8	1,1 (2)	39,0	21,8	0,26 (1)
V2S09	37,0	18,6	0,41 (1)	3,6	0,9	1,41 (2)	18,3	9,8	0,31 (1)	1,16	0,6	0,37 (1)	0,87	0,3	0,95 (1)	24,9	9,0	0,9 (1)	62,7	10,8	2,0 (3)	58,3	21,8	0,83 (1)
V2S10	39,6	18,6	0,51 (1)	1,3	0,9	-0,03 (0)	15,6	9,8	0,08 (1)	0,73	0,6	-0,30 (0)	0,34	0,3	-0,40 (0)	25,3	9,0	0,9 (1)	18,0	10,8	0,1 (1)	37,6	21,8	0,20 (1)
V2S11	22,7	18,6	-0,30 (0)	1,1	0,9	-0,31 (0)	14,4	9,8	-0,03 (0)	0,70	0,6	-0,37 (0)	0,34	0,3	-0,41 (0)	14,4	9,0	0,1 (1)	47,1	10,8	1,5 (2)	32,6	21,8	0,00 (1)
V2S12	18,6	18,6	-0,58 (0)	0,9	0,9	-0,53 (0)	13,6	9,8	-0,11 (0)	0,61	0,6	-0,57 (0)	0,34	0,3	-0,41 (0)	13,1	9,0	0,0 (1)	22,7	10,8	0,5 (1)	21,8	21,8	-0,58 (0)
V2S13	40,4	18,6	0,53 (1)	2,4	0,9	0,80 (1)	14,3	9,8	-0,04 (0)	1,12	0,6	0,31 (1)	0,34	0,3	-0,41 (0)	15,0	9,0	0,2 (1)	30,4	10,8	0,9 (1)	57,6	21,8	0,82 (1)
V2S14	37,3	18,6	0,42 (1)	2,4	0,9	0,82 (1)	16,1	9,8	0,13 (1)	0,84	0,6	-0,10 (0)	0,34	0,3	-0,41 (0)	18,3	9,0	0,4 (1)	57,1	10,8	1,8 (2)	42,2	21,8	0,37 (1)
V2S15	33,7	18,6	0,27 (1)	1,3	0,9	-0,08 (0)	16,9	9,8	0,20 (1)	0,76	0,6	-0,25 (0)	0,34	0,3	-0,41 (0)	13,9	9,0	0,0 (1)	30,1	10,8	0,9 (1)	46,0	21,8	0,49 (1)
V2S16	53,3	18,6	0,93 (1)	2,5	0,9	0,87 (1)	18,1	9,8	0,30 (1)	1,05	0,6	0,22 (1)	1,07	0,3	1,24 (2)	17,9	9,0	0,4 (1)	34,1	10,8	1,1 (2)	53,2	21,8	0,70 (1)
V2S18	54,3	18,6	0,96 (1)	1,6	0,9	0,25 (1)	19,0	9,8	0,37 (1)	0,93	0,6	0,05 (1)	0,34	0,3	-0,40 (0)	15,5	9,0	0,2 (1)	24,2	10,8	0,6 (1)	47,9	21,8	0,55 (1)
V2S19	146,0	18,6	2,39 (3)	3,4	0,9	1,34 (2)	20,0	9,8	0,44 (1)	1,29	0,6	0,52 (1)	4,63	0,3	3,36 (4)	27,2	9,0	1,0 (1)	60,6	10,8	1,9 (2)	80,0	21,8	1,29 (2)

Continua.

Amostra	Cr			Co			Cu			Cd			Ni			Zn			Ba			Pb		
	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo
	mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg		
V2S22	22,2	18,6	-0,33 (0)	2,0	0,9	0,54 (1)	9,8	9,8	-0,58 (0)	1,01	0,6	0,16 (1)	0,34	0,3	-0,41 (0)	12,0	9,0	-0,2 (0)	10,8	10,8	-0,6 (0)	23,8	21,8	-0,46 (0)
V2S23	35,9	18,6	0,36 (1)	1,5	0,9	0,12 (1)	15,7	9,8	0,10 (1)	0,77	0,6	-0,23 (0)	0,34	0,3	-0,41 (0)	9,0	9,0	-0,6 (0)	67,3	10,8	2,1 (3)	55,4	21,8	0,76 (1)
V2S24	50,5	18,6	0,86 (1)	1,4	0,9	0,00 (1)	12,4	9,8	-0,24 (0)	0,77	0,6	-0,23 (0)	0,34	0,3	-0,41 (0)	11,8	9,0	-0,2 (0)	14,5	10,8	-0,2 (0)	38,7	21,8	0,24 (1)
V2S25	26,2	18,6	-0,09 (0)	1,5	0,9	0,12 (1)	26,1	9,8	0,83 (1)	0,95	0,6	0,08 (1)	0,34	0,3	-0,41 (0)	26,4	9,0	1,0 (2)	89,8	10,8	2,5 (3)	91,7	21,8	1,49 (2)
V2P01	37,8	18,6	0,44 (1)	2,8	0,9	1,04 (2)	16,3	9,8	0,15 (1)	0,89	0,6	-0,02 (0)	0,34	0,3	-0,40 (0)	25,7	9,0	0,9 (1)	55,1	10,8	1,8 (2)	41,9	21,8	0,36 (1)
V2P02	37,2	18,6	0,42 (1)	2,6	0,9	0,97 (1)	15,4	9,8	0,07 (1)	0,92	0,6	0,03 (1)	0,34	0,3	-0,41 (0)	13,2	9,0	0,0 (1)	59,2	10,8	1,9 (2)	40,0	21,8	0,29 (1)
V2P03	40,5	18,6	0,54 (1)	2,9	0,9	1,11 (2)	17,2	9,8	0,22 (1)	1,28	0,6	0,51 (1)	0,34	0,3	-0,40 (0)	14,6	9,0	0,1 (1)	79,9	10,8	2,3 (3)	53,7	21,8	0,72 (1)
V2P04	45,9	18,6	0,72 (1)	1,9	0,9	0,52 (1)	21,2	9,8	0,53 (1)	0,92	0,6	0,03 (1)	0,34	0,3	-0,41 (0)	13,5	9,0	0,0 (1)	73,7	10,8	2,2 (3)	52,9	21,8	0,69 (1)
V2P05	62,3	18,6	1,16 (2)	1,9	0,9	0,47 (1)	17,1	9,8	0,22 (1)	0,85	0,6	-0,08 (0)	0,34	0,3	-0,40 (0)	17,1	9,0	0,3 (1)	38,3	10,8	1,2 (2)	52,2	21,8	0,67 (1)
V2P06	71,2	18,6	1,35 (2)	2,0	0,9	0,60 (1)	19,1	9,8	0,38 (1)	0,79	0,6	-0,18 (0)	0,67	0,3	0,58 (1)	15,7	9,0	0,2 (1)	60,8	10,8	1,9 (2)	48,9	21,8	0,58 (1)
V2P07	66,6	18,6	1,26 (2)	1,2	0,9	-0,12 (0)	13,9	9,8	-0,08 (0)	0,64	0,6	-0,49 (0)	0,34	0,3	-0,40 (0)	15,6	9,0	0,2 (1)	36,8	10,8	1,2 (2)	41,8	21,8	0,35 (1)
V2P08	98,3	18,6	1,82 (2)	2,4	0,9	0,80 (1)	17,4	9,8	0,24 (1)	1,03	0,6	0,19 (1)	0,34	0,3	-0,40 (0)	25,4	9,0	0,9 (1)	80,9	10,8	2,3 (3)	69,3	21,8	1,08 (2)
V2P09	81,2	18,6	1,54 (2)	2,0	0,9	0,54 (1)	16,1	9,8	0,13 (1)	0,90	0,6	0,00 (1)	0,34	0,3	-0,41 (0)	14,9	9,0	0,1 (1)	52,9	10,8	1,7 (2)	46,9	21,8	0,52 (1)
V2P10	104,1	18,6	1,90 (2)	2,2	0,9	0,73 (1)	22,7	9,8	0,63 (1)	1,16	0,6	0,37 (1)	0,34	0,3	-0,41 (0)	10,5	9,0	-0,4 (0)	124,5	10,8	2,9 (3)	67,4	21,8	1,04 (2)
V2P11	84,9	18,6	1,61 (2)	2,3	0,9	0,74 (1)	13,4	9,8	-0,14 (0)	1,07	0,6	0,25 (1)	0,34	0,3	-0,41 (0)	12,1	9,0	-0,2 (0)	48,8	10,8	1,6 (2)	55,0	21,8	0,75 (1)
V2P12	101,8	18,6	1,87 (2)	1,3	0,9	-0,08 (0)	21,7	9,8	0,56 (1)	0,73	0,6	-0,31 (0)	0,34	0,3	-0,41 (0)	9,9	9,0	-0,4 (0)	90,8	10,8	2,5 (3)	72,0	21,8	1,14 (2)
V2P13	90,3	18,6	1,69 (2)	1,7	0,9	0,37 (1)	17,6	9,8	0,26 (1)	0,85	0,6	-0,09 (0)	0,34	0,3	-0,41 (0)	11,4	9,0	-0,2 (0)	63,7	10,8	2,0 (3)	53,3	21,8	0,70 (1)
V2P16	91,6	18,6	1,72 (2)	3,0	0,9	1,17 (1)	13,3	9,8	-0,15 (0)	1,21	0,6	0,42 (1)	2,99	0,3	2,73 (3)	15,8	9,0	0,2 (1)	22,2	10,8	0,5 (1)	42,2	21,8	0,37 (1)

Continua

Amostra	Cr			Co			Cu			Cd			Ni			Zn			Ba			Pb		
	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo
	mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg		
V2P17	74,1	18,6	1,41 (2)	2,4	0,9	0,83 (1)	12,3	9,8	-0,26 (0)	1,07	0,6	0,25 (1)	0,34	0,3	-0,40 (0)	15,3	9,0	0,2 (1)	21,8	10,8	0,4 (1)	33,9	21,8	0,05 (1)
V2P18	89,8	18,6	1,69 (2)	2,4	0,9	0,83 (1)	18,0	9,8	0,29 (1)	0,99	0,6	0,13 (1)	3,49	0,3	2,96 (3)	27,9	9,0	1,0 (2)	36,6	10,8	1,2 (2)	41,0	21,8	0,36 (1)
V2P20	171,3	18,6	2,62 (3)	4,0	0,9	1,58 (2)	17,2	9,8	0,23 (1)	1,61	0,6	0,84 (1)	7,34	0,3	4,03 (5)	33,4	9,0	1,3 (2)	59,4	10,8	1,9 (2)	94,4	21,8	1,53 (2)
V2P21	42,1	18,6	0,59 (1)	3,3	0,9	1,30 (2)	15,4	9,8	0,06 (1)	1,14	0,6	0,34 (1)	0,34	0,3	-0,40 (0)	18,9	9,0	0,5 (1)	46,1	10,8	1,5 (2)	40,8	21,8	0,32 (1)

*Classe: (0) Praticamente não poluído; (1) Pouco a moderadamente poluído; (2) Moderadamente poluído; (3) Moderado a fortemente poluído; (4) Fortemente poluído; (5) Forte a muito fortemente poluído; (6) Muito fortemente poluído.

Tabela 1.12: Índice de Geoacumulação (I_{geo}) dos metais pesados para as amostras da vereda Urbano.

Amostra	Cr			Co			Cu			Cd			Ni			Zn			Ba			Pb		
	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo
	mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg		
V3P01	76,1	23,4	1,1 2 (2)	5,9	1,6	1,29 (2)	46,1	15,70	0,97 (1)	1,0	0,60	0,18 (1)	12,7	0,3	4,82 (5)	33,7	15,4	0,54 (1)	183,0	25,7	2,25 (3)	92,2	22,3	1,46 (2)
V3P02	121,2	23,4	1,7 9 (2)	6,4	1,6	1,42 (2)	75,2	15,70	1,68 (2)	0,6	0,60	-3,8 (0)	22,1	0,3	5,62 (6)	47,0	15,4	1,02 (2)	295,3	25,7	2,94 (3)	128,7	22,3	1,94 (2)
V3P03	205,4	23,4	2,5 5 (3)	5,7	1,6	1,25 (2)	87,7	15,70	1,90 (2)	0,8	0,60	-0,10 (0)	21,1	0,3	5,55 (6)	47,9	15,4	1,05 (2)	291,1	25,7	2,92 (3)	161,8	22,3	2,27 (3)
V3P04	30,1	23,4	-0,22 (0)	2,1	1,6	-0,17 (0)	15,9	15,70	-0,57 (0)	0,8	0,60	-3,54 (0)	0,3	0,3	-0,41 (0)	20,1	15,4	-0,2 (0)	40,0	25,7	0,05 (1)	22,3	22,3	-0,59 (0)
V3P05	47,4	23,4	0,4 3 (1)	5,1	1,6	1,10 (2)	18,8	15,70	-0,32 (0)	1,3	0,60	0,55 (1)	6,2	0,3	3,78 (4)	28,6	15,4	0,31 (1)	115,1	25,7	1,58 (2)	56,9	22,3	0,77 (1)
V3P06	47,9	23,4	0,4 5 (1)	4,0	1,6	0,72 (1)	30,7	15,70	0,38 (1)	0,9	0,60	-3,36 (0)	10,8	0,3	4,58 (5)	60,7	15,4	1,39 (2)	141,6	25,7	1,88 (2)	68,1	22,3	1,03 (2)
V3P07	59,7	23,4	0,7 7 (1)	2,9	1,6	0,28 (1)	34,8	15,70	0,57 (1)	0,7	0,60	-0,38 (0)	4,6	0,3	3,34 (4)	27,0	15,4	0,22 (1)	157,5	25,7	2,03 (3)	64,9	22,3	0,96 (1)
V3S01	38,9	23,4	0,1 5 (1)	2,2	1,6	-0,16 (0)	21,9	15,70	-0,10 (0)	0,7	0,60	-3,76 (0)	2,8	0,3	2,63 (3)	17,7	15,4	-0,38 (0)	42,3	25,7	0,13 (1)	47,9	22,3	0,52 (1)
V3S02	39,3	23,4	0,1 6 (1)	2,8	1,6	0,23 (1)	19,8	15,70	-0,25 (0)	0,9	0,60	0,003 (0)	1,1	0,3	1,30 (2)	30,8	15,4	0,42 (1)	46,8	25,7	0,28 (1)	60,6	22,3	0,86 (1)
V3S03	59,7	23,4	0,7 7 (1)	4,9	1,6	1,02 (2)	25,8	15,70	0,13 (1)	1,0	0,60	-3,13 (0)	10,8	0,3	4,59 (5)	36,6	15,4	0,66 (1)	91,2	25,7	1,24 (2)	89,4	22,3	1,42 (2)
V3S04	65,3	23,4	0,9 0 (1)	5,3	1,6	1,14 (2)	32,6	15,70	0,47 (1)	0,9	0,60	0,00 (1)	15,6	0,3	5,12 (6)	40,5	15,4	0,81 (1)	148,8	25,7	1,95 (2)	103,9	22,3	1,63 (2)
V3S05	48,5	23,4	0,4 7 (1)	6,1	1,6	1,34 (2)	31,0	15,70	0,40 (1)	0,8	0,60	-3,56 (0)	14,2	0,3	4,98 (5)	40,6	15,4	0,81 (1)	228,1	25,7	2,56 (3)	67,1	22,3	1,00 (2)
V3S06	50,6	23,4	0,5 3 (1)	3,9	1,6	0,70 (1)	32,9	15,70	0,48 (1)	0,6	0,60	-0,5 (0)	8,5	0,3	4,23 (5)	33,9	15,4	0,56 (1)	154,6	25,7	2,00 (3)	66,6	22,3	0,99 (1)
V3S07	53,6	23,4	0,6 1 (1)	5,4	1,6	1,17 (2)	34,1	15,70	0,53 (1)	0,7	0,60	-3,64 (0)	15,5	0,3	5,11 (6)	48,4	15,4	1,07 (2)	134,5	25,7	1,80 (2)	63,9	22,3	0,93 (1)
V3S08	58,5	23,4	0,7 4 (1)	5,9	1,6	1,29 (2)	33,6	15,70	0,51 (1)	1,0	0,60	0,22 (1)	15,3	0,3	5,09 (6)	44,8	15,4	0,96 (1)	131,6	25,7	1,77 (2)	71,3	22,3	1,09 (2)
V3S09	60,5	23,4	0,7 9 (1)	7,5	1,6	1,64 (2)	35,2	15,70	0,58 (1)	1,1	0,60	-3,04 (0)	18,5	0,3	5,36 (6)	52,5	15,4	1,18 (2)	179,6	25,7	2,22 (3)	62,6	22,3	0,90 (1)
V3S10	45,6	23,4	0,3 8 (1)	3,9	1,6	0,70 (1)	22,2	15,70	-0,09 (0)	1,0	0,60	0,09 (1)	6,9	0,3	3,94 (4)	21,4	15,4	-0,10 (0)	130,6	25,7	1,76 (2)	48,6	22,3	0,54 (1)

Continua

Amostra	Cr			Co			Cu			Cd			Ni			Zn			Ba			Pb		
	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo
	mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg		
V3S11	61,0	23,4	0,80 (1)	6,2	1,6	1,37 (2)	26,0	15,70	0,14 (1)	1,0	0,60	-3,12 (0)	15,2	0,3	5,08 (6)	31,6	15,4	0,45 (1)	183,4	25,7	2,25 (3)	54,3	22,3	0,70 (1)
V3S12	64,5	23,4	0,88 (1)	4,2	1,6	0,82 (1)	24,6	15,70	0,06 (1)	0,9	0,60	-0,07 (0)	11,4	0,3	4,66 (5)	34,7	15,4	0,59 (1)	163,7	25,7	2,09 (3)	51,6	22,3	0,63 (1)
V3S13	54,1	23,4	0,62 (1)	5,1	1,6	1,08 (2)	32,5	15,70	0,47 (1)	0,7	0,60	-3,76 (0)	14,5	0,3	5,01 (6)	63,4	15,4	1,46 (2)	158,3	25,7	2,04 (3)	48,0	22,3	0,52 (1)
V3S14	52,0	23,4	0,57 (1)	5,2	1,6	1,11 (2)	28,5	15,70	0,28 (1)	0,8	0,60	-0,09 (0)	15,0	0,3	5,06 (6)	35,8	15,4	0,63 (1)	180,4	25,7	2,23 (3)	60,5	22,3	0,85 (1)
V3S15	62,1	23,4	0,82 (1)	6,5	1,6	1,44 (2)	34,4	15,70	0,54 (1)	0,9	0,60	-3,37 (0)	17,5	0,3	5,28 (6)	42,9	15,4	0,89 (1)	207,2	25,7	2,43 (3)	59,7	22,3	0,84 (1)
V3S16	23,4	23,4	-0,58 (0)	1,6	1,6	-0,62 (0)	15,7	15,70	-0,59 (0)	0,7	0,60	-0,45 (0)	0,3	0,3	-0,41 (0)	15,4	15,4	-0,58 (0)	25,7	25,7	-0,58 (0)	29,1	22,3	-0,20 (0)
V3S17	33,4	23,4	-0,07 (0)	2,2	1,6	-0,12 (0)	19,9	15,70	-0,24 (0)	0,7	0,60	-3,69 (0)	1,5	0,3	1,72 (2)	21,9	15,4	-0,08 (0)	48,4	25,7	0,33 (1)	47,9	22,3	0,52 (1)
V3S18	48,6	23,4	0,47 (1)	3,3	1,6	0,48 (1)	28,6	15,70	0,28 (1)	0,8	0,60	-0,17 (0)	9,6	0,3	4,41 (5)	24,6	15,4	0,09 (1)	77,7	25,7	1,01 (2)	75,0	22,3	1,16 (2)
V3S19	49,9	23,4	0,51 (1)	4,0	1,6	0,75 (1)	28,7	15,70	0,28 (1)	1,0	0,60	-3,15 (0)	12,6	0,3	4,81 (5)	28,1	15,4	0,28 (1)	75,6	25,7	0,97 (1)	91,2	22,3	1,45 (2)
V3S20	69,0	23,4	0,98 (1)	6,3	1,6	1,40 (2)	32,9	15,70	0,48 (1)	1,4	0,60	0,64 (1)	13,4	0,3	4,89 (5)	45,7	15,4	0,98 (1)	85,5	25,7	1,15 (2)	113,0	22,3	1,76 (2)
V3S21	56,4	23,4	0,69 (1)	5,3	1,6	1,15 (2)	32,1	15,70	0,45 (1)	1,0	0,60	-3,11 (0)	15,8	0,3	5,13 (6)	30,3	15,4	0,39 (1)	100,2	25,7	1,38 (2)	93,4	22,3	1,48 (2)
V3S22	46,4	23,4	0,40 (1)	4,7	1,6	0,96 (1)	27,2	15,70	0,21 (1)	0,9	0,60	-0,02 (0)	15,7	0,3	5,13 (6)	25,2	15,4	0,13 (1)	79,6	25,7	1,05 (2)	74,8	22,3	1,16 (2)
V3S23	45,4	23,4	0,37 (1)	4,0	1,6	0,75 (1)	24,4	15,70	0,05 (1)	0,8	0,60	-3,43 (0)	12,3	0,3	4,77 (5)	23,7	15,4	0,04 (1)	73,9	25,7	0,94 (1)	123,5	22,3	1,88 (2)
V3S24	58,7	23,4	0,74 (1)	4,5	1,6	0,92 (1)	34,3	15,70	0,54 (1)	0,9	0,60	-0,07 (0)	13,6	0,3	4,92 (5)	27,6	15,4	0,26 (1)	85,8	25,7	1,15 (2)	95,9	22,3	1,52 (2)
V3S25	60,8	23,4	0,79 (1)	4,9	1,6	1,03 (2)	37,3	15,70	0,66 (1)	0,9	0,60	-3,31 (0)	16,9	0,3	5,23 (6)	31,4	15,4	0,44 (1)	101,4	25,7	1,40 (2)	103,8	22,3	1,63 (2)
V3S26	42,5	23,4	0,28 (1)	3,7	1,6	0,63 (1)	26,3	15,70	0,16 (1)	0,9	0,60	-0,05 (0)	9,9	0,3	4,46 (5)	27,2	15,4	0,24 (1)	71,5	25,7	0,89 (1)	73,9	22,3	1,14 (2)

Continua

Amostra	Cr			Co			Cu			Cd			Ni			Zn			Ba			Pb		
	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo	Cn	Cb	Igeo
	mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg			mg/kg		
V3S27	45,6	23,4	0,38 (1)	4,5	1,6	0,91 (1)	28,5	15,70	0,27 (1)	0,9	0,60	-3,38 (0)	13,8	0,3	4,94 (5)	27,3	15,4	0,24 (1)	85,2	25,7	1,14 (2)	93,0	22,3	1,48 (2)
V3S28	49,7	23,4	0,50 (1)	6,0	1,6	1,32 (2)	31,8	15,70	0,43 (1)	1,1	0,60	0,35 (1)	19,7	0,3	5,45 (6)	36,0	15,4	0,64 (1)	92,5	25,7	1,26 (2)	94,4	22,3	1,50 (2)
V3S29	46,7	23,4	0,41 (1)	4,8	1,6	1,01 (2)	25,3	15,70	0,10 (1)	1,1	0,60	-3,09 (0)	12,0	0,3	4,74 (5)	26,2	15,4	0,18 (1)	94,2	25,7	1,29 (2)	81,1	22,3	1,28 (2)
V3S30	42,6	23,4	0,28 (1)	4,1	1,6	0,77 (1)	23,9	15,70	0,02 (1)	0,8	0,60	-0,17 (0)	14,6	0,3	5,02 (6)	30,3	15,4	0,39 (1)	88,6	25,7	1,20 (2)	68,6	22,3	1,04 (2)

Classe: (0) Praticamente não poluído; (1) Pouco a moderadamente poluído; (2) Moderadamente poluído; (3) Moderado a fortemente poluído; (4)

Fortemente poluído; (5) Forte a muito fortemente poluído; (6) Muito fortemente poluído.

Tabela 1.13: Fator de Contaminação (FC) para metais pesados no solo da vereda Laçador.

Amostra	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
V1S01	2,88 ^M	1,67 ^M	2,33 ^M	1,78 ^M	3,43 ^C	4,58 ^C	17,87 ^A	1,87 ^M
V1S02	2,58 ^M	1,51 ^M	1,84 ^M	1,33 ^M	1,13 ^M	2,12 ^M	2,97 ^M	1,56 ^M
V1S03	3,07 ^C	2,00 ^M	1,88 ^M	1,67 ^M	3,07 ^C	2,37 ^M	4,77 ^C	1,83 ^M
V1S05	2,93 ^M	1,47 ^M	1,77 ^M	1,53 ^M	1,13 ^M	4,32 ^C	8,37 ^A	1,93 ^M
V1S06	2,97 ^M	1,36 ^M	1,85 ^M	1,35 ^M	1,13 ^M	2,03 ^M	5,42 ^C	1,87 ^M
V1S07	3,12 ^C	1,77 ^M	1,75 ^M	1,59 ^M	1,13 ^M	2,37 ^M	3,15 ^C	1,68 ^M
V1S08	3,33 ^C	2,00 ^M	2,70 ^M	1,50 ^M	1,13 ^M	2,43 ^M	6,14 ^A	1,95 ^M
V1S08B	3,01 ^C	1,33 ^M	2,12 ^M	1,28 ^M	1,13 ^M	3,16 ^C	4,88 ^C	1,86 ^M
V1S09	3,07 ^C	1,34 ^M	2,34 ^M	1,37 ^M	1,13 ^M	3,23 ^C	7,64 ^A	1,89 ^M
V1S10	3,46 ^C	1,49 ^M	2,54 ^M	1,38 ^M	1,13 ^M	2,36 ^M	4,77 ^C	2,09 ^M
V1S11	3,32 ^C	2,04 ^M	2,12 ^M	1,68 ^M	1,13 ^M	1,74 ^M	4,73 ^C	2,02 ^M
V1S12	3,49 ^C	1,80 ^M	2,30 ^M	1,37 ^M	1,13 ^M	1,89 ^M	5,16 ^C	2,17 ^M
V1S13	3,51 ^C	2,92 ^M	1,91 ^M	2,23 ^M	1,13 ^M	2,07 ^M	6,55 ^A	2,35 ^M
V1S14	3,48 ^C	1,57 ^M	2,27 ^M	1,39 ^M	1,13 ^M	1,71 ^M	7,69 ^A	2,21 ^M
V1S15	3,65 ^C	1,60 ^M	2,43 ^M	1,48 ^M	1,13 ^M	1,91 ^M	6,47 ^A	2,36 ^M
V1S16	3,33 ^C	1,46 ^M	2,13 ^M	1,31 ^M	1,13 ^M	1,97 ^M	10,40 ^A	2,24 ^M
V1S17	3,81 ^C	1,60 ^M	2,21 ^M	1,50 ^M	1,13 ^M	1,71 ^M	9,12 ^A	2,53 ^M
V1S18	3,43 ^C	1,57 ^M	2,12 ^M	1,34 ^M	1,13 ^M	1,89 ^M	9,51 ^A	2,58 ^M
V1S19	3,34 ^C	1,29 ^M	1,93 ^M	1,17 ^M	1,13 ^M	2,32 ^M	6,26 ^A	2,24 ^M
V1S20	3,28 ^C	1,76 ^M	2,34 ^M	1,64 ^M	1,13 ^M	2,57 ^M	11,60 ^A	2,46 ^M
V1S21	3,36 ^C	2,34 ^M	1,88 ^M	1,98 ^M	1,50 ^M	1,93 ^M	10,93 ^A	2,92 ^M
V1S22	3,61 ^C	2,92 ^M	1,64 ^M	2,08 ^M	1,13 ^M	1,94 ^M	7,95 ^A	2,60 ^M
V1S23	3,16 ^C	1,84 ^M	1,93 ^M	1,54 ^M	1,13 ^M	1,60 ^M	12,43 ^A	2,83 ^M
V1S24	3,65 ^C	2,31 ^M	1,87 ^M	1,84 ^M	1,13 ^M	2,24 ^M	6,67 ^A	2,52 ^M
V1S24A	3,23 ^C	1,88 ^M	1,94 ^M	1,54 ^M	1,13 ^M	2,01 ^M	9,97 ^A	2,79 ^M
V1S25	3,26 ^C	1,67 ^M	1,73 ^M	1,40 ^M	1,13 ^M	1,64 ^M	4,48 ^C	1,84 ^M
V1S26	3,44 ^C	1,74 ^M	1,76 ^M	1,47 ^M	2,87 ^M	2,32 ^M	9,79 ^A	1,92 ^M
V1S27	3,93 ^C	2,41 ^M	2,01 ^M	1,93 ^M	6,50 ^A	2,26 ^M	6,12 ^A	2,10 ^M
V1S28	3,47 ^C	1,90 ^M	2,82 ^M	1,51 ^M	1,13 ^M	2,10 ^M	5,32 ^C	1,94 ^M
V1S29	3,53 ^C	2,36 ^M	1,63 ^M	1,93 ^M	1,13 ^M	2,38 ^M	5,16 ^C	2,18 ^M
V1S30	3,04 ^C	1,52 ^M	1,86 ^M	1,39 ^M	1,13 ^M	2,02 ^M	9,83 ^A	2,42 ^M
V1S31	3,09 ^C	3,14 ^C	1,76 ^M	2,24 ^M	1,13 ^M	2,47 ^M	10,19 ^A	2,88 ^M
V1S32	2,33 ^M	1,43 ^M	2,24 ^M	1,41 ^M	1,13 ^M	2,51 ^M	11,76 ^A	3,20 ^C
V1P01	2,70 ^M	1,91 ^M	2,04 ^M	1,74 ^M	1,13 ^M	7,95 ^A	19,78 ^A	1,73 ^M
V1P02	2,42 ^M	1,28 ^M	1,35 ^M	1,19 ^M	1,13 ^M	1,99 ^M	5,06 ^C	1,17 ^M
V1P03	2,50 ^M	2,11 ^M	1,32 ^M	1,67 ^M	1,13 ^M	1,49 ^M	1,69 ^M	1,16 ^M
V1P04	2,43 ^M	1,38 ^M	1,44 ^M	1,37 ^M	1,13 ^M	1,36 ^M	1,64 ^M	1,39 ^M

Continua

Amostra	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
V1P05	2,17 ^M	1,03 ^M	1,16 ^M	1,00 ^B	1,13 ^M	1,15 ^M	1,02 ^M	1,01 ^M
V1P06	2,06 ^M	1,63 ^M	1,19 ^M	1,53 ^M	1,13 ^M	1,00 ^M	1,02 ^M	1,00 ^M
V1P07	2,83 ^M	2,24 ^M	1,90 ^M	1,90 ^M	1,13 ^M	6,61 ^A	17,38 ^A	1,75 ^M
V1P08	2,71 ^M	2,23 ^M	1,24 ^M	1,91 ^M	1,13 ^M	2,84 ^M	2,54 ^M	1,37 ^M
V1P09	2,87 ^M	1,91 ^M	1,52 ^M	1,66 ^M	1,13 ^M	1,70 ^M	1,02 ^M	1,29 ^M
V1P10	2,42 ^M	1,31 ^M	1,35 ^M	1,20 ^M	1,13 ^M	1,43 ^M	1,01 ^M	1,10 ^M
V1P11	2,43 ^M	1,91 ^M	1,42 ^M	1,54 ^M	1,13 ^M	1,74 ^M	1,02 ^M	1,18 ^M
V1P12	3,29 ^C	2,11 ^M	1,46 ^M	1,51 ^M	1,13 ^M	1,42 ^M	1,02 ^M	1,56 ^M
V1P13	3,14 ^C	3,13 ^C	2,28 ^M	2,25 ^M	13,64 ^A	9,00 ^A	14,11 ^A	2,44 ^M
V1P14	2,96 ^M	2,58 ^M	1,32 ^M	1,84 ^M	1,13 ^M	4,16 ^C	6,18 ^A	1,73 ^M
V1P15	3,36 ^C	2,63 ^M	1,38 ^M	1,91 ^M	1,13 ^M	1,73 ^M	2,12 ^M	1,81 ^M
V1P16	3,82 ^C	2,34 ^M	1,63 ^M	1,73 ^M	5,12 ^C	1,36 ^M	1,86 ^M	1,69 ^M
V1P17	3,16 ^C	2,28 ^M	1,31 ^M	1,87 ^M	1,13 ^M	1,15 ^M	5,51 ^C	1,45 ^M
V1P18	2,51 ^M	2,68 ^M	1,49 ^M	1,89 ^M	15,07 ^A	2,58 ^M	9,29 ^A	2,77 ^M
V1P19	4,08 ^C	2,10 ^M	1,63 ^M	1,53 ^M	1,13 ^M	2,13 ^M	1,02 ^M	1,99 ^M
V1P20	3,08 ^C	1,84 ^M	1,70 ^M	1,41 ^M	1,13 ^M	2,19 ^M	1,01 ^M	1,30 ^M
V1P21	3,56 ^C	2,72 ^M	1,30 ^M	1,92 ^M	1,13 ^M	1,68 ^M	1,84 ^M	1,40 ^M
V1P22	3,46 ^C	1,36 ^M	1,40 ^M	1,40 ^M	1,13 ^M	1,28 ^M	1,76 ^M	1,21 ^M
V1P23	4,11 ^C	2,55 ^M	1,00 ^M	1,88 ^M	1,13 ^M	1,94 ^M	2,14 ^M	1,14 ^M
V1P29	2,52 ^M	2,43 ^M	1,54 ^M	1,74 ^M	3,73 ^C	2,38 ^M	5,83 ^C	2,10 ^M
V1P28	2,58 ^M	2,73 ^M	2,15 ^M	1,87 ^M	9,70 ^A	2,84 ^M	10,31 ^A	2,79 ^M
V1P27	3,12 ^C	2,01 ^M	2,42 ^M	1,43 ^M	6,63 ^A	2,14 ^M	7,87 ^A	2,98 ^M
V1P26	3,08 ^C	1,47 ^M	2,00 ^M	1,06 ^M	7,62 ^A	1,97 ^M	7,40 ^A	2,54 ^M
V1P25	3,07 ^C	2,49 ^M	2,47 ^M	1,74 ^M	3,20 ^C	2,33 ^M	11,97 ^A	3,85 ^C
V1P24	2,97 ^M	2,20 ^M	2,74 ^M	1,76 ^M	5,83 ^C	2,58 ^M	15,61 ^A	2,96 ^M
Amostra Base	1,43 ^M	2,54 ^M	1,01 ^M	1,84 ^M	1,13 ^M	1,78 ^M	3,13 ^C	1,09 ^M
V1P30	3,80 ^C	2,36 ^M	1,36 ^M	1,58 ^M	1,13 ^M	1,71 ^M	3,06 ^C	2,03 ^M
V1P31	1,57 ^M	2,08 ^M	1,78 ^M	1,87 ^M	1,13 ^M	2,23 ^M	13,47 ^A	3,27 ^C
V1P32	1,00 ^M	0,96 ^B	1,46 ^M	1,06 ^M	1,13 ^M	1,47 ^M	10,77 ^A	3,06 ^C

*Fator de Contaminação: (B) Baixa Contaminação; (M) Contaminação Moderada; (C) Contaminação Considerável; (A) Alta contaminação.

Tabela 1.14: Fator de Contaminação (FC) para metais pesados no solo da vereda Jaraguá.

Amostra	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
V2S01	1,27 ^M	1,79 ^M	1,38 ^M	1,34 ^M	1,00 ^B	2,10 ^M	2,43 ^M	1,62 ^M
V2S02	1,39 ^M	2,34 ^M	1,46 ^M	1,40 ^M	1,00 ^M	1,82 ^M	3,03 ^C	1,52 ^M
V2S03	3,61 ^C	3,79 ^C	1,74 ^M	2,10 ^M	1,00 ^M	3,48 ^C	4,24 ^C	1,99 ^M
V2S04	2,47 ^M	2,00 ^M	1,59 ^M	1,41 ^M	1,00 ^M	1,93 ^M	3,50 ^C	1,87 ^M
V2S05	1,92 ^M	3,26 ^C	1,71 ^M	1,71 ^M	3,87 ^C	2,42 ^M	5,88 ^C	2,04 ^M
V2S06	1,23 ^M	1,81 ^M	1,32 ^M	1,34 ^M	1,00 ^M	1,39 ^M	2,81 ^M	1,42 ^M
V2S07	1,91 ^M	3,16 ^C	1,62 ^M	1,73 ^M	1,00 ^M	3,22 ^C	5,64 ^C	1,98 ^M
V2S08	3,76 ^C	4,58 ^C	1,42 ^M	1,68 ^M	1,00 ^M	1,81 ^M	3,13 ^C	1,79 ^M
V2S09	1,99 ^M	3,98 ^C	1,86 ^M	1,93 ^M	2,56 ^M	2,77 ^M	5,81 ^C	2,67 ^M
V2S10	2,13 ^M	1,47 ^M	1,59 ^M	1,22 ^M	1,00 ^M	2,81 ^M	1,66 ^M	1,72 ^M
V2S11	1,22 ^M	1,21 ^M	1,47 ^M	1,16 ^M	1,00 ^M	1,60 ^M	4,36 ^C	1,50 ^M
V2S12	1,00 ^M	1,04 ^M	1,39 ^M	1,01 ^M	1,00 ^M	1,46 ^M	2,11 ^M	1,00 ^M
V2S13	2,17 ^M	2,62 ^M	1,46 ^M	1,86 ^M	1,00 ^M	1,67 ^M	2,81 ^M	2,64 ^M
V2S14	2,01 ^M	2,65 ^M	1,64 ^M	1,40 ^M	1,00 ^M	2,03 ^M	5,29 ^C	1,94 ^M
V2S15	1,81 ^M	1,42 ^M	1,73 ^M	1,26 ^M	1,00 ^M	1,55 ^M	2,79 ^M	2,11 ^M
V2S16	2,86 ^M	2,73 ^M	1,84 ^M	1,74 ^M	3,13 ^C	1,99 ^M	3,16 ^C	2,44 ^M
V2S18	2,92 ^M	1,78 ^M	1,93 ^M	1,55 ^M	1,00 ^M	1,72 ^M	2,24 ^M	2,20 ^M
V2S19	7,85 ^A	3,80 ^C	2,04 ^M	2,16 ^M	13,62 ^A	3,03 ^C	5,61 ^C	3,67 ^C
V2S22	1,20 ^M	2,17 ^M	1,00 ^M	1,68 ^M	1,00 ^M	1,33 ^M	1,00 ^M	1,09 ^M
V2S23	1,93 ^M	1,63 ^M	1,60 ^M	1,28 ^M	1,00 ^M	1,00 ^M	6,23 ^C	2,54 ^M
V2S24	2,71 ^M	1,50 ^M	1,27 ^M	1,28 ^M	1,00 ^B	1,31 ^M	1,34 ^M	1,77 ^M
V2S25	1,41 ^M	1,63 ^M	2,67 ^M	1,58 ^M	1,00 ^M	2,93 ^M	8,32 ^A	4,21 ^C
V2P01	2,03 ^M	3,08 ^C	1,66 ^M	1,48 ^M	1,00 ^M	2,86 ^M	5,10 ^C	1,92 ^M
V2P02	2,00 ^M	2,93 ^M	1,57 ^M	1,53 ^M	1,00 ^M	1,47 ^M	5,48 ^C	1,84 ^M
V2P03	2,18 ^M	3,23 ^C	1,75 ^M	2,13 ^M	1,00 ^M	1,62 ^M	7,40 ^A	2,46 ^M
V2P04	2,47 ^M	2,15 ^M	2,16 ^M	1,53 ^M	1,00 ^M	1,49 ^M	6,82 ^A	2,43 ^M
V2P05	3,35 ^C	2,08 ^M	1,75 ^M	1,42 ^M	1,00 ^M	1,90 ^M	3,55 ^C	2,39 ^M
V2P06	3,83 ^C	2,27 ^M	1,95 ^M	1,32 ^M	1,98 ^M	1,74 ^M	5,63 ^C	2,24 ^M
V2P07	3,58 ^C	1,38 ^M	1,42 ^M	1,07 ^M	1,00 ^M	1,74 ^M	3,41 ^C	1,92 ^M
V2P08	5,28 ^C	2,61 ^M	1,78 ^M	1,72 ^M	1,00 ^M	2,82 ^M	7,49 ^A	3,18 ^C
V2P09	4,37 ^C	2,18 ^M	1,64 ^M	1,50 ^M	1,00 ^M	1,65 ^M	4,90 ^C	2,15 ^M
V2P10	5,60 ^C	2,49 ^M	2,32 ^M	1,94 ^M	1,00 ^A	1,17 ^M	11,52 ^A	3,09 ^C
V2P11	4,56 ^C	2,51 ^M	1,36 ^M	1,79 ^M	1,00 ^A	1,35 ^M	4,52 ^C	2,52 ^M
V2P12	5,47 ^C	1,42 ^M	2,21 ^M	1,21 ^M	1,00 ^M	1,10 ^M	8,41 ^A	3,30 ^C
V2P13	4,86 ^C	1,94 ^M	1,79 ^M	1,41 ^M	1,00 ^M	1,26 ^M	5,90 ^C	2,44 ^M
V2P16	4,93 ^C	3,39 ^C	1,36 ^M	2,01 ^M	8,79 ^A	1,76 ^M	2,05 ^M	1,94 ^M
V2P17	3,98 ^C	2,67 ^M	1,25 ^M	1,78 ^M	1,00 ^M	1,70 ^M	2,02 ^M	1,55 ^M

Continua

Amostra	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
V2P18	4,83 ^C	2,66 ^M	1,84 ^M	1,65 ^M	10,27 ^A	3,10 ^C	3,39 ^C	1,92 ^M
V2P20	9,21 ^A	4,47 ^C	1,75 ^M	2,69 ^M	21,59 ^A	3,71 ^C	5,50 ^C	4,33 ^C
V2P21	2,27 ^M	3,70 ^C	1,57 ^M	1,90 ^M	1,00 ^M	2,10 ^M	4,27 ^C	1,87 ^M

*Fator de Contaminação: (B) Baixa Contaminação; (M) Contaminação Moderada; (C) Contaminação Considerável; (A) Alta contaminação.

Tabela 1.15: Fator de Contaminação (FC) para metais pesados no solo da vereda Urbano.

Amostra	Cr	Co	Cu	Cd	Ni	Zn	Ba	Pb
V3P01	3,25 ^C	3,66 ^C	2,94 ^M	1,70 ^M	42,36 ^A	2,19 ^M	7,12 ^A	4,13 ^C
V3P02	5,18 ^C	4,01 ^C	4,79 ^C	1,08 ^M	73,59 ^A	3,05 ^C	11,49 ^A	5,77 ^C
V3P03	8,78 ^A	3,56 ^C	5,59 ^C	1,40 ^M	70,43 ^A	3,11 ^C	11,33 ^A	7,25 ^A
V3P04	1,29 ^M	1,33 ^M	1,01 ^M	1,29 ^M	1,13 ^M	1,31 ^M	1,55 ^M	1,00 ^M
V3P05	2,03 ^M	3,21 ^C	1,20 ^M	2,19 ^M	20,59 ^A	1,86 ^M	4,48 ^C	2,55 ^M
V3P06	2,05 ^M	2,47 ^M	1,95 ^M	1,46 ^M	35,85 ^A	3,94 ^C	5,51 ^C	3,05 ^C
V3P07	2,55 ^M	1,83 ^M	2,22 ^M	1,15 ^M	15,20 ^A	1,75 ^M	6,13 ^A	2,91 ^M
V3S01	1,66 ^M	1,35 ^M	1,39 ^M	1,11 ^M	9,26 ^A	1,15 ^M	1,64 ^M	2,15 ^M
V3S02	1,68 ^M	1,77 ^M	1,26 ^M	1,50 ^M	3,69 ^C	2,00 ^M	1,82 ^M	2,72 ^M
V3S03	2,55 ^M	3,04 ^C	1,65 ^M	1,71 ^M	36,09 ^A	2,38 ^M	3,55 ^C	4,01 ^C
V3S04	2,79 ^M	3,30 ^C	2,07 ^M	1,50 ^M	52,05 ^A	2,63 ^M	5,79 ^C	4,66 ^C
V3S05	2,07 ^M	3,80 ^C	1,98 ^M	1,27 ^M	47,49 ^A	2,64 ^M	8,88 ^A	3,01 ^C
V3S06	2,16 ^M	2,44 ^M	2,09 ^M	1,06 ^M	28,23 ^A	2,20 ^M	6,01 ^A	2,99 ^M
V3S07	2,29 ^M	3,39 ^C	2,17 ^M	1,21 ^M	51,82 ^A	3,14 ^C	5,23 ^C	2,86 ^M
V3S08	2,50 ^M	3,67 ^C	2,14 ^M	1,75 ^M	50,93 ^A	2,91 ^M	5,12 ^C	3,20 ^C
V3S09	2,59 ^M	4,66 ^C	2,24 ^M	1,82 ^M	61,63 ^A	3,41 ^C	6,99 ^A	2,81 ^M
V3S10	1,95 ^M	2,43 ^M	1,41 ^M	1,60 ^M	23,07 ^A	1,39 ^M	5,08 ^C	2,18 ^M
V3S11	2,61 ^M	3,88 ^C	1,66 ^M	1,72 ^M	50,63 ^A	2,05 ^M	7,14 ^A	2,43 ^M
V3S12	2,76 ^M	2,65 ^M	1,57 ^M	1,43 ^M	37,85 ^A	2,26 ^M	6,37 ^A	2,31 ^M
V3S13	2,31 ^M	3,17 ^C	2,07 ^M	1,11 ^M	48,28 ^A	4,11 ^C	6,16 ^A	2,15 ^M
V3S14	2,22 ^M	3,23 ^C	1,82 ^M	1,41 ^M	49,97 ^A	2,32 ^M	7,02 ^A	2,71 ^M
V3S15	2,65 ^M	4,07 ^C	2,19 ^M	1,45 ^M	58,18 ^A	2,79 ^M	8,06 ^A	2,68 ^M
V3S16	1,00 ^M	0,97 ^B	1,00 ^M	1,10 ^M	1,13 ^M	1,00 ^M	1,00 ^M	1,30 ^M
V3S17	1,43 ^M	1,37 ^M	1,27 ^M	1,16 ^M	4,96 ^C	1,42 ^M	1,88 ^M	2,15 ^M
V3S18	2,08 ^M	2,09 ^M	1,82 ^M	1,33 ^M	31,97 ^A	1,60 ^M	3,03 ^C	3,36 ^C
V3S19	2,13 ^M	2,52 ^M	1,83 ^M	1,69 ^M	42,15 ^A	1,82 ^M	2,94 ^M	4,09 ^C
V3S20	2,95 ^M	3,96 ^C	2,09 ^M	2,33 ^M	44,50 ^A	2,96 ^M	3,33 ^C	5,07 ^C
V3S21	2,41 ^M	3,34 ^C	2,05 ^M	1,73 ^M	52,67 ^A	1,97 ^M	3,90 ^C	4,19 ^C
V3S22	1,98 ^M	2,92 ^M	1,73 ^M	1,48 ^M	52,36 ^A	1,64 ^M	3,10 ^C	3,35 ^C
V3S23	1,94 ^M	2,52 ^M	1,56 ^M	1,39 ^M	40,84 ^A	1,54 ^M	2,88 ^M	5,54 ^C
V3S24	2,51 ^M	2,83 ^M	2,18 ^M	1,42 ^M	45,29 ^A	1,79 ^M	3,34 ^C	4,30 ^C
V3S25	2,60 ^M	3,06 ^C	2,37 ^M	1,51 ^M	56,34 ^A	2,04 ^M	3,95 ^C	4,65 ^C
V3S26	1,82 ^M	2,33 ^M	1,68 ^M	1,44 ^M	32,93 ^A	1,77 ^M	2,78 ^M	3,31 ^C
V3S27	1,95 ^M	2,83 ^M	1,81 ^M	1,44 ^M	46,02 ^A	1,77 ^M	3,31 ^C	4,17 ^C
V3S28	2,13 ^M	3,74 ^C	2,02 ^M	1,91 ^M	65,67 ^A	2,33 ^M	3,60 ^C	4,23 ^C
V3S29	2,00 ^M	3,02 ^C	1,61 ^M	1,76 ^M	40,01 ^A	1,70 ^M	3,67 ^C	3,64 ^C
V3S30	1,82 ^M	2,55 ^M	1,52 ^M	1,33 ^M	48,60 ^A	1,97 ^M	3,45 ^C	3,07 ^C

*Fator de Contaminação: (B) Baixa Contaminação; (M) Contaminação Moderada; (C) Contaminação Considerável; (A) Alta contaminação.

ANEXO II
Artigo submetido à Revista Geonomos

TEORES DOS METAIS PESADOS Cr, Cd e Zn EM PERFIS DE SOLOS DE VEREDAS DA BACIA DO RIO DO FORMOSO, MUNICÍPIO DE BURITIZEIRO, MINAS GERAIS

Autores: MORAES¹, P. P. F. & HORN², A. H.

¹Pós-graduação em Geologia IGC/UFMG

²Instituto de Geociências/UFMG

Resumo

As concentrações dos elementos Cr, Cd e Zn em amostras de solo (fração < 0,074 mm) de três veredas selecionadas na Bacia do Rio do Formoso, município de Buritizeiro, Minas Gerais, foram determinadas para obter informações com relação à qualidade ambiental destas áreas. As amostras foram coletadas em perfis verticais e preparadas para as análises físico-químicas. As leituras das concentrações dos metais foram determinadas por ICP-OES e apresentaram níveis acima do permitido pela legislação, principalmente para os elementos Cr e Cd.

PALAVRAS-CHAVE: metais pesados, solos, veredas, contaminação.

Abstract

The concentrations of Cr, Cd and Zn in soil samples (fraction <0.074 mm) of three selected veredas in the basin of the Formoso River, Buritizeiro municipality, Minas Gerais, were determined to obtain information regarding the environmental quality of these areas. The samples were collected in vertical profiles and prepared for the physical-chemical analysis. The readings of concentrations of metals were determined by ICP-OES and showed levels above those permitted by law, particularly for elements Cr and Cd.

KEYWORDS: heavy metals, soils, veredas, contamination.

INTRODUÇÃO

Segundo Melo (1992), vereda constitui um tipo de ecossistema, que se desenvolve sob condições definidas de umidade em regiões de cerrados, sendo identificadas, em geral, como cabeceiras ou nascentes de rios. Boaventura (1978), por sua vez, conceitua vereda como uma depressão aberta, rasa e alongada, com vertentes suaves e fundo plano, com solos turfosos, permanentemente saturados por água de exsudação do lençol freático. A palmeira buriti (*Mauritia flexuosa*) é um elemento característico, ocorrendo tanto em alinhamentos que acompanham os pontos de maior umidade, como em formações mais densas que se destacam no meio dos cerrados

adjacentes. A Bacia do Rio do Formoso possui inúmeras veredas e, por serem áreas úmidas, localizadas dentro do Bioma Cerrado, sofrem interferência antrópica devido a atividades agrosilvopastoris.

Viana (2006) estudou as águas e o grau de contaminação e alteração das veredas da Bacia do Rio do Formoso e detectou contaminações por metais pesados em áreas de plantações e silvicultura, devido ao uso de agro-corretivos e agrotóxicos. Baggio (2008), estudando toda a Bacia do Rio Formoso, confirmou esta contaminação antrópica de metais pesados em águas e sedimentos de corrente, principalmente na porção montante desta que possui áreas de atividade agrícola intensa.

O presente trabalho apresenta dados da distribuição geoquímica dos metais pesados Cr, Cd e Zn em perfis de solos de três veredas localizadas no município de Buritizeiro, com o objetivo de avaliar a situação atual destes ambientes. Tendo em vista que se trata de áreas próximas a atividades de fins agropecuários e silviculturas esses elementos foram selecionados por estarem presentes nos agroquímicos e fertilizantes, principais fontes de contaminação.

A Bacia do Rio do Formoso localiza-se na porção sudoeste do município de Buritizeiro (Figura 1) e é delimitada pelas coordenadas 16°30' – 18°00' S e 45° 40' – W, possuindo uma área de aproximadamente 826 km².

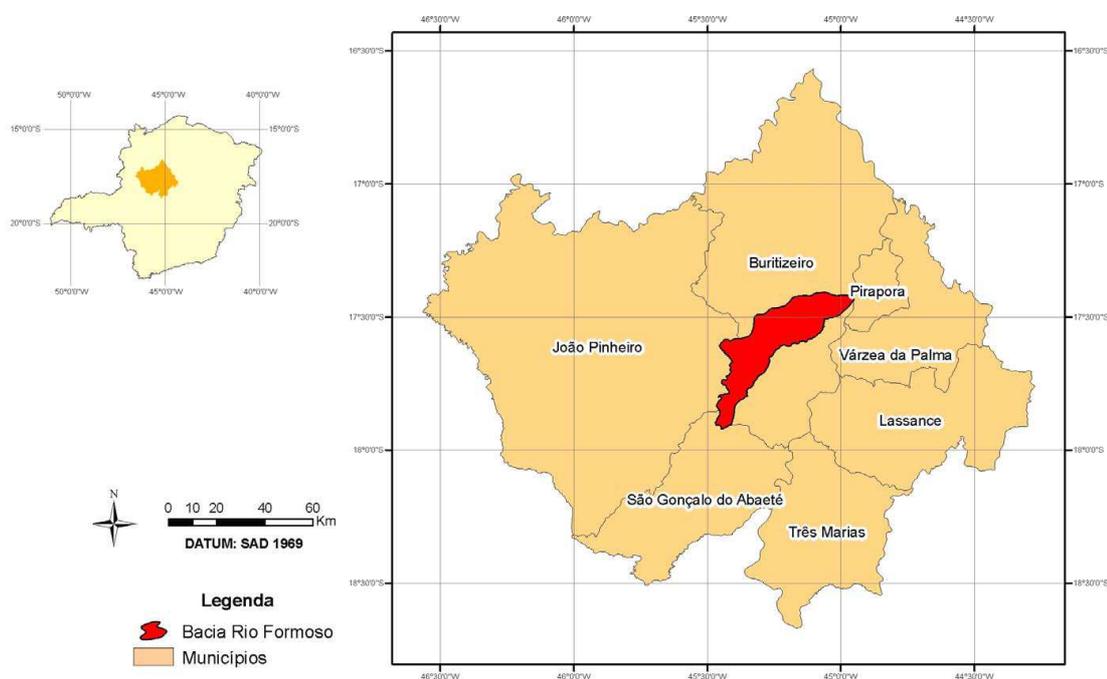


Figura 1: Localização da área de estudo da Bacia do Rio Formoso, situada no município de Buritizeiro no Estado de Minas Gerais (Fonte: Viana, 2006).

As veredas selecionadas foram denominadas de Vereda Laçador, localizada na porção montante da Bacia; Vereda Jaraguá, localizada na porção central da Bacia e Vereda Urbano, localizada na porção jusante da Bacia (Figura 2).

A **vereda Laçador** localiza-se na Fazenda Conquista, BR 365, km 254. As coordenadas geográficas em UTM desta vereda são 453366,20 e 8029821,00. A vegetação em seu entorno é de cerrado, com predomínio de capim vereda e há plantações de soja, milho e feijão na fazenda na qual se situa. A vereda se desenvolveu sobre rochas da Formação Chapadão, formado principalmente por coberturas elúvio-colúviais. Com relação à compartimentação geomorfológica, encontra-se dentro das unidades de chapadas do Terciário (Baggio, 2008).

A **vereda Jaraguá** localiza-se na Fazenda Jaraguá, BR 365, km 196. As coordenadas geográficas em UTM desta vereda são 481811,12 e 8070286,56. A vegetação em seu entorno é de cerrado com plantações de eucalipto (figura 3). A vereda se desenvolveu sobre rochas na interface dos Grupos Areado e Mata da Corda, formados principalmente por conglomerados fluviais e por arenitos eólicos e fluvio-deltáicos. Com relação à compartimentação geomorfológica, encontra-se dentro das unidades de colinas do Cretáceo Inferior (Baggio, 2008).

Mapa Geológico da Bacia do Rio do Formoso

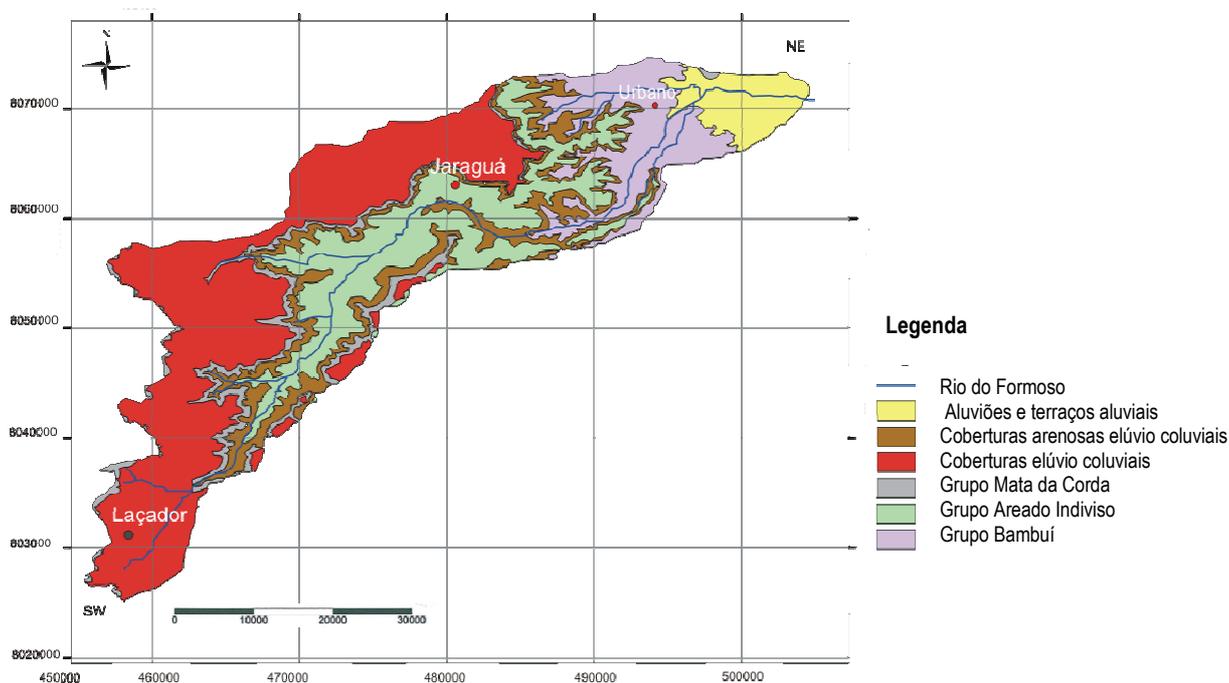


Figura 2: Localização das três veredas estudadas no mapa geológico da Bacia do Rio do Formoso. (Fonte: Modificado de Baggio, 2008).

A **vereda Urbano** está localizada às margens da BR 365, km 178. As coordenadas geográficas em UTM desta vereda são 493772,83 e 8075518,63. A vegetação em seu entorno é de cerrado com predomínio de capim vereda. A mesma encontra-se descaracterizada fisicamente, devido à substituição de parte de sua vegetação original por pastagens (Figura 4). A vereda se desenvolveu sobre rochas do Grupo Bambuí do Neoproterozóico, formado principalmente pelos litotipos arcóseos, siltitos e argilitos de coloração violácea ou verde. Com relação à compartimentação geomorfológica, encontra-se dentro das unidades de colinas neoproterozóicas, rampas convexas com flancos ravinados e vales encaixados (Baggio, 2008).



Figura 3: Plantio de eucaliptos à margem da zona encharcada da vereda Jaraguá. Nota-se claramente uma depressão central atrás dos eucaliptos com ainda vegetação preservada (buritis).



Figura 4: Vereda descaracterizada por longo período de uso como pastagem de gado. Localizada sobre a unidade geológica do Grupo Bambuí – Formação Três Marias. O anel de buritis indica o local onde há maior quantidade de água no solo.

A amostragem na Vereda Laçador foi realizada em maio de 2009, na Vereda Jaraguá, em fevereiro de 2009 e na vereda Urbano, em dezembro de 2008. Os resultados das análises geoquímicas foram comparados com os valores orientados da CETESB (2005) e CONAMA (2009).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Campo

Na vereda Laçador, coletaram-se amostras de solos em seis perfis estratigráficos. Utilizou-se a cavadeira “boca de lobo” em todos eles, com exceção do Perfil 5 no qual utilizou-se um amostrador manual com cápsula coletora na sua extremidade e com hastes estendidas.

Na vereda Jaraguá, coletaram-se amostras em dois perfis estratigráficos com o auxílio de uma cavadeira “boca de lobo”.

Finalmente, na vereda Urbano retirou-se em duas trincheiras abertas, sete amostras em um perfil vertical, sendo as amostras coletadas com o auxílio de uma pá de plástico.

As amostras continham, aproximadamente, 0,5 a 1 kg de solo. O material foi acondicionado adequadamente e enviado para o laboratório NGqA do CPMTC-IGC, em Belo Horizonte, MG.

Laboratório

Em laboratório, as amostras foram secas à temperatura ambiente e, em seguida, destorroadas com a utilização de um martelo de borracha. As amostras foram peneiradas para determinar a distribuição granulométrica e obter a fração mais fina ($< 0,074\text{mm}$) para a análise química, pesadas e homogeneizadas.

As análises foram realizadas no laboratório do NGqA do CPMTC-IGC-UFMG. A metodologia de abertura utilizada foi a da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América EPA 3051-16 e segue descrita.

Pesou-se 0,5 grama de amostra em balança analítica e colocou-se em tubos de ensaio de teflon, adicionou-se 10 mL de ácido nítrico concentrado e levou-se ao forno de microondas MarsXpress da CEM por 25 minutos. Deixou-se em repouso as amostras por 30 minutos para resfriamento e procedeu-se a transferência das mesmas para um balão volumétrico de 50 mL, completando-se com água deionizada o volume dos mesmos. Após filtração em micropore 0,45 μm as soluções foram enviadas para a leitura em ICP-OES (aparelho modelo M 4165 - Epectroflame – Spectro). Foram medidos os teores dos elementos Cr, Cd e Zn.

Para a determinação do pH das amostras de solo utilizou-se a metodologia de pH em água segundo Embrapa (1997). A leitura do pH foi feita em triplicatas. Para realizar o procedimento, ligou-se o potenciômetro 30 minutos antes de começar a ser usado e aferiu-se o mesmo com as soluções padrão pH 4,00 e 7,00. Em seguida, colocou-se 10 mL de solo em copo plástico de 100 mL numerado. Adicionou-se 25 mL de água. Agitou-se a amostra com bastão de vidro individual e deixou em repouso por uma hora. A seguir, agitou-se cada amostra com bastão de vidro, mergulhou os eletrodos na suspensão homogeneizada e procedeu-se a leitura de pH.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um resumo importante para a interpretação e discussão dos resultados está na Tabela 1 e nas figuras 5, 6 e 7.

Tabela 1: Denominação das amostras de acordo com a Vereda pertencente.

Denominação Amostra	Vereda
V1...	Laçador
V2...	Jaraguá
V3...	Urbano

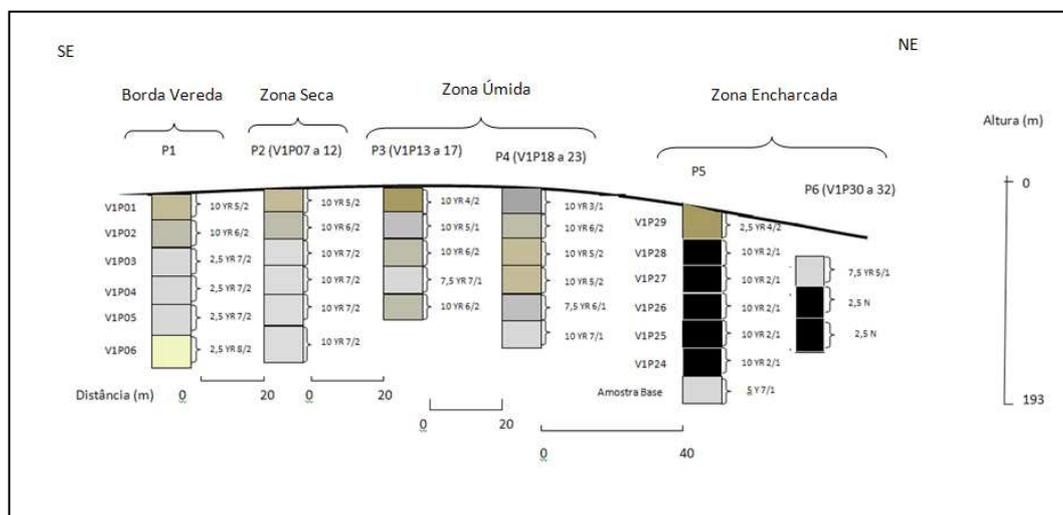


Figura 5: Detalhamento dos Perfis 1 a 6 da Vereda Laçador. A caracterização de cor das amostras de solo foi feita utilizando-se a *Munsell Soil Color Charts*. Na vereda Laçador, as caracterizações da cor variaram de 5Y (cinza claro) a 2,5 N (preto), tratando-se de colorações típicas de solos mal drenados.

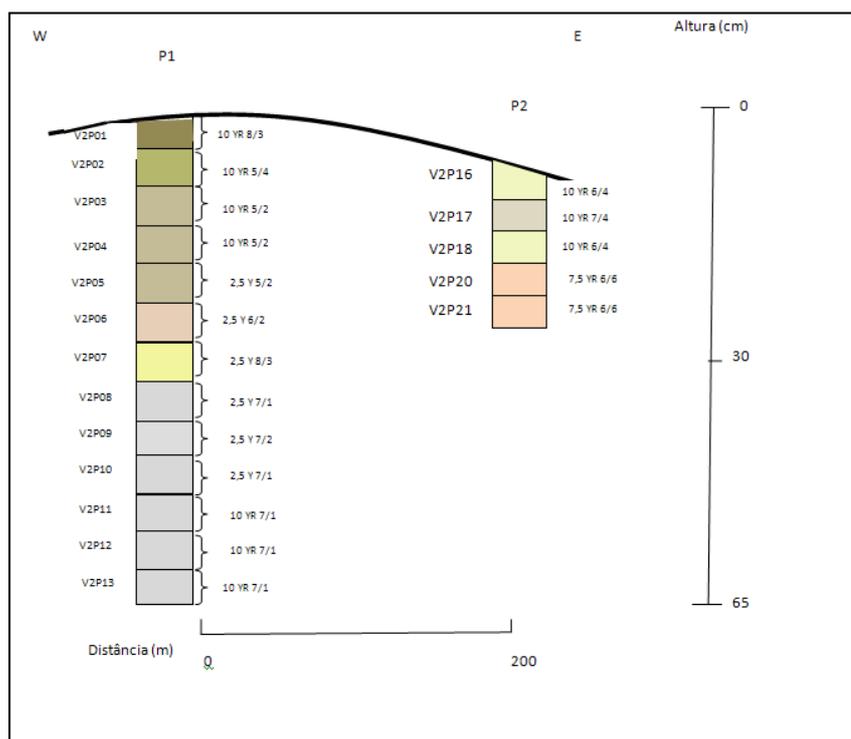


Figura 6: Detalhamento dos Perfis 1 e 2 da Vereda Jaraguá. A caracterização de cor das amostras de solo foi feita utilizando-se a *Munsell Soil Color Charts*. Na vereda Jaraguá, as caracterizações da cor variaram de 2,5Y (cinzento claro) a 10 YR (bruno acinzentado), tratando-se de colorações típicas de solos mal drenados.

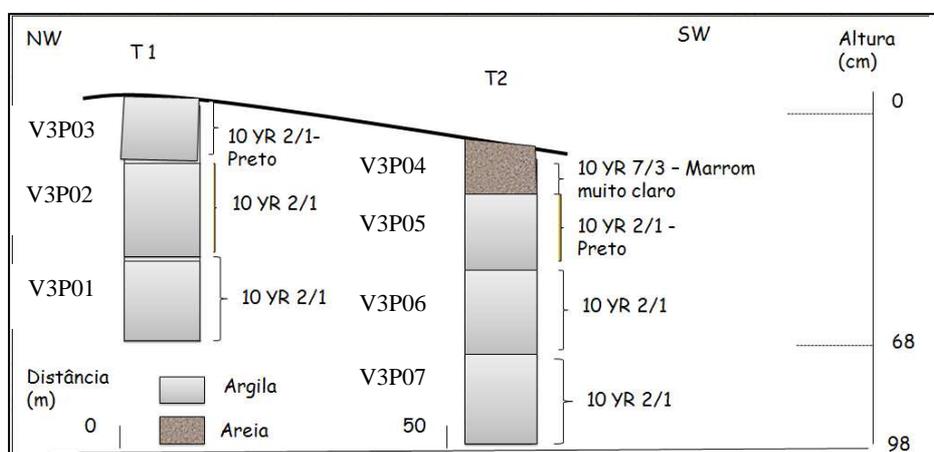


Figura 7: Detalhamento dos Perfis 1 e 2 da Vereda Urbano. A caracterização de cor das amostras de solo foi feita utilizando-se a *Munsell Soil Color Charts*. Na vereda Urbano, as caracterizações da cor variaram de 10 YR 7/3 (bruno muito claro-acinzentado) a 10 YR 2/1 (preto), tratando-se de colorações típicas de solos mal drenados.

As amostras de solos nas Veredas Laçador, Jatobá e Urbano indicaram valores de pH entre 1,21 e 6,97. Em sua maioria, os valores determinados são típicos de solos ácidos ou fortemente

ácidos. Tais condições, de modo geral, favorecem a solubilização e mobilização de metais pesados na solução do solo, e por extensão, as perdas desses elementos por lixiviação.

Os valores de pH abaixo de 2,5-3,0 (solos fortemente ácidos) são devidos aos ácidos húmicos e fúlvicos presentes na matéria orgânica das amostras.

Os teores de metais pesados medidos são apresentados nas tabelas 2, 3 e 4 para as amostras de solo das veredas Laçador, Jaraguá e Urbano, respectivamente. Como referencial de análise fez-se uso dos valores orientadores da CETESB (CETESB, 2005) para os limites de referência de qualidade e da Resolução CONAMA 420/2009 para os valores de prevenção e intervenção.

Tabela 2: Teores dos metais pesados nas amostras de solo da Vereda Laçador. A tabela mostra a correlação entre atividade agrícola e concentração de metais selecionados.

Amostra	Uso do solo	Profundidade (cm)	Cr	Cd	Zn
			mg/kg		
V1P01	Agricultura	0-20	127,8 ^P	1,2 ^Q	70,8 ^Q
V1P02	Agricultura	20-40	114,3 ^P	0,8 ^Q	17,7
V1P03	Agricultura	40-60	118,1 ^P	1,2 ^Q	13,3
V1P04	Agricultura	60-80	114,9 ^P	1,0 ^Q	12,1
V1P05	Agricultura	80-100	102,7 ^P	0,7 ^Q	10,2
V1P06	Agricultura	100-127	97,3 ^P	1,1 ^Q	8,9
V1P07	Agricultura	0-17	133,7 ^P	1,3 ^Q	58,8
V1P08	Agricultura	17-34	128,2 ^P	1,3 ^Q	25,3
V1P09	Agricultura	34-51	135,9 ^P	1,2 ^Q	15,2
V1P10	Agricultura	51- 68	114,7 ^P	0,8 ^Q	12,7
V1P11	Agricultura	68-85	114,9 ^P	1,1 ^Q	15,5
V1P12	Agricultura	85-103	155,6 ^I	1,1 ^Q	12,6
V1P13	Agricultura	0-20	148,7 ^P	1,6 ^P	80,1 ^Q
V1P14	Agricultura	20-40	140,2 ^P	1,3 ^Q	37,0
V1P15	Agricultura	40-60	159,0 ^I	1,3 ^Q	15,4
V1P16	Agricultura	60-80	180,8 ^I	1,2 ^Q	12,1
V1P17	Agricultura	80-100	149,6 ^P	1,3 ^Q	10,2
V1P18	Agricultura	0-19	118,5 ^P	1,3 ^Q	23,0
V1P19	Agricultura	19-38	192,9 ^I	1,1 ^Q	19,0
V1P20	Agricultura	38-57	145,9 ^P	1,0 ^Q	19,5
V1P21	Agricultura	57-76	168,6 ^I	1,3 ^Q	14,9
V1P22	Agricultura	76-95	163,8 ^I	1,0 ^Q	11,4
V1P23	Agricultura	95-114	194,6 ^I	1,3 ^Q	17,2
V1P29	Agricultura	10-30	119,4 ^P	1,2 ^Q	21,2
V1P28	Agricultura	40-60	122,0 ^P	1,3 ^Q	25,3
V1P27	Agricultura	70-90	147,5 ^P	1,0 ^Q	19,1
V1P26	Agricultura	100-120	145,6 ^P	0,7 ^Q	17,5
V1P25	Agricultura	128-148	145,4 ^P	1,2 ^Q	20,7
V1P24	Agricultura	160-180	140,4 ^P	1,2 ^Q	22,9
Amostra Base	Agricultura	180-193	67,6 ^Q	1,3 ^Q	15,9
V1P30	Agricultura	30-53	179,8 ^I	1,1 ^Q	15,2
V1P31	Agricultura	53-76	74,3 ^Q	1,3 ^Q	19,9
V1P32	Agricultura	76-100	47,3 ^Q	0,7 ^Q	13,0
Valor máximo			194,6	1,6	80,1
Valor mínimo			47,3	0,7	8,9
Referência de qualidade*			40	<0,5	60
Prevenção*			45	1,3	300
Intervenção agrícola*			150	3	450

* Valores orientadores da CETESB (CETESB, 2005) e CONAMA (BRASIL, 2009). ^QAcima dos valores de referência de qualidade. ^PAcima do valor de prevenção. ^IAcima do valor de intervenção agrícola.

Na Vereda Laçador, chama a atenção os valores encontrados para os elementos cromo e cádmio, pois ultrapassaram, em todas as amostras os valores de referência de qualidade, tendo, em algumas amostras ultrapassado os valores de prevenção e intervenção. O zinco também ultrapassou o valor de qualidade em duas amostras.

Esta vereda está localizada à montante da Bacia em área destinada ao plantio comercial de grãos, onde se faz o uso intensivo de fertilizantes, inseticidas e herbicidas fosfatados, como também de corretivos de solos contendo zinco e agrotóxicos, cujo componente ativo contém sais de Zn (Kiekens, 1990). Portanto, o teor elevado deste metal pode refletir uma contribuição antropogênica.

O cádmio ultrapassou o limite de prevenção em uma amostra do perfil 3 - V1P13 (0-20 cm). O teor de cádmio indica contribuição antropogênica porque apresentou-se mais elevado em amostras superficiais (0-20 cm) e Baggio (2008) observou teores elevados desse elemento nos sedimentos de fundo/corrente no alto curso do Rio do Formoso, porção montante da Bacia, na qual se localiza esta vereda e onde o uso do solo agrícola se faz de maneira intensiva.

O cromo ultrapassou o limite de intervenção em uma amostra do perfil 2 (V1P12), duas amostras do perfil 3, quatro amostras do perfil 4 e uma amostra do perfil 6.

O teor de cromo também indica contribuição antropogênica, pois Baggio (2008) não constatou enriquecimento deste elemento nos arenitos e folhelhos da Bacia e também o mesmo autor encontrou teores elevados em amostras de sedimento de fundo/corrente no alto curso do Rio do Formoso. O aumento apresentado nos teores de Cr pode estar associado à sua utilização como agente ativo das tintas, que são utilizadas na preservação do madeirame, empregado na construção de cercas, galpões e nas casas. Além disso, a intensa utilização de agroquímicos contendo anidrido crômico, ácido crômico, óxido crômico e trióxido de cromo; utilizados no plantio de grãos. Os resíduos metalo-orgânicos secos e/ou pulverizados são transportados pelo ar e pela água de irrigação e depositados nos solos.

Tabela 3: Teores dos metais pesados nas amostras de solo da Vereda Jaraguá. A tabela mostra a correlação entre silvicultura e concentração de metais selecionados.

Amostra	Uso do solo	Profundidade (cm)	Cr	Cd	Zn
			mg/kg		
V2P01	Cultura de eucalipto	0-5	37,8	0,89 ^Q	25,7
V2P02	Cultura de eucalipto	5-10	37,2	0,92 ^Q	13,2
V2P03	Cultura de eucalipto	10-15	40,5 ^Q	1,28 ^Q	14,6
V2P04	Cultura de eucalipto	15-20	45,9 ^Q	0,92 ^Q	13,5
V2P05	Cultura de eucalipto	20-25	62,3 ^Q	0,85 ^Q	17,1
V2P06	Cultura de eucalipto	25-30	71,2 ^Q	0,79 ^Q	15,7
V2P07	Cultura de eucalipto	30-35	66,6 ^Q	0,64 ^Q	15,6
V2P08	Cultura de eucalipto	35-40	98,3 ^P	1,03 ^Q	25,4
V2P09	Cultura de eucalipto	40-45	81,2 ^P	0,90 ^Q	14,9
V2P10	Cultura de eucalipto	45-50	104,1 ^P	1,16 ^Q	10,5
V2P11	Cultura de eucalipto	50-55	84,9 ^P	1,07 ^Q	12,1
V2P12	Cultura de eucalipto	55-60	101,8 ^P	0,73 ^Q	9,9
V2P13	Cultura de eucalipto	60-65	90,3 ^P	0,85 ^Q	11,4
V2P16	Cultura de eucalipto	0-5	91,6 ^P	1,21 ^Q	15,8
V2P17	Cultura de eucalipto	5-10	74,1 ^Q	1,07 ^Q	15,3
V2P18	Cultura de eucalipto	10-15	89,8 ^P	0,99 ^Q	27,9
V2P20	Cultura de eucalipto	15-20	171,3 ^I	1,61 ^Q	33,4
V2P21	Cultura de eucalipto	20-25	42,1 ^Q	1,14 ^Q	18,9
Valor máximo		mg/kg	171,3	1,61	33,4
Valor mínimo			42,1	0,64	8,9
Referência de qualidade			40	<0,5	60
Prevenção			45	1,3	300
Intervenção agrícola			150	3	450

* Valores orientadores da CETESB (CETESB, 2005) e CONAMA (BRASIL, 2009). ^QAcima dos valores de referência de qualidade. ^PAcima do valor de prevenção. ^IAcima do valor de intervenção agrícola.

Na Vereda Jaraguá, os teores de cromo ultrapassaram o limite de referência de qualidade na maioria das amostras, tendo ultrapassado o limite de prevenção em algumas delas e o limite de intervenção em uma amostra. Os teores de cádmio ultrapassaram o valor de referência de qualidade na totalidade das amostras.

O cromo ultrapassou o limite de prevenção em seis amostras do perfil 1 e duas amostras do perfil 2, ultrapassou também o limite de intervenção em uma amostra do perfil 2.

O elevado teor de cromo na Vereda Jaraguá é proveniente de contribuição antropogênica e suas fontes são as que foram mostradas na Vereda Laçador.

O cádmio ultrapassou o limite de referência de qualidade em todas as amostras da vereda Jaraguá. Os elevados teores de cádmio nos solos desta vereda indicam contribuição antropogênica devido ao uso agrícola desses solos para o plantio de eucaliptos.

Tabela 4: Teores dos metais pesados nas amostras de solo da Vereda Urbano. A tabela mostra a correlação entre atividade agropastoril e concentração de metais selecionados.

Amostra	Uso do solo	Profundidade (cm)	Cr	Cd	Zn
			mg/kg		
V3P01	Pastagem	39-52	76,1 ^P	1,0 ^Q	33,7
V3P02	Pastagem	29-35	121,2 ^P	0,6 ^Q	47,0
V3P03	Pastagem	9-23	205,4 ^I	0,8 ^Q	47,9
V3P04	Pastagem	0-20	30,1 ^Q	0,8 ^Q	20,1
V3P05	Pastagem	20-40	47,4 ^Q	1,3 ^Q	28,6
V3P06	Pastagem	48-65	47,9 ^Q	0,9 ^Q	60,7 ^Q
V3P07	Pastagem	76-96	59,7 ^Q	0,7 ^Q	27,0
Valor máximo		mg/kg	205,4	1,3	60,7
Valor mínimo			30,1	0,6	20,1
Referência de qualidade			40	<0,5	60
Prevenção			45	1,3	300
Intervenção agrícola			150	3	450

* Valores orientadores da CETESB (CETESB, 2005) e CONAMA (BRASIL, 2009). ^QAcima dos valores de referência de qualidade. ^PAcima do valor de prevenção. ^IAcima do valor de intervenção agrícola.

Com relação aos teores dos elementos analisados na Vereda Urbano, chama a atenção os teores de cromo que ultrapassaram o limite de referência de qualidade na quase totalidade das amostras, tendo ultrapassado o valor de prevenção em duas amostras e de intervenção em uma amostra. Os teores de cádmio ultrapassaram os limites de referência de qualidade na totalidade das amostras. Os teores de zinco ultrapassaram o limite de referência de qualidade em apenas duas amostras.

O cromo ultrapassou o limite de referência de qualidade na maioria das amostras da vereda Urbano, tendo ultrapassado o limite de prevenção em duas amostras e o limite de intervenção em uma amostra do perfil 1.

O elevado teor de cromo na vereda Urbano é proveniente de contribuição antropogênica e suas fontes são as que foram mostradas nas demais veredas.

O cádmio ultrapassou o limite de referência de qualidade em todas as amostras da vereda Urbano, tendo ultrapassado o limite de prevenção em uma amostra superficial (0-20 cm). A

presença de cádmio nos solos desta vereda está relacionada à contribuição antropogênica pelo uso de fertilizantes que contém este elemento em sua composição.

O zinco ultrapassou o limite de referência de qualidade em uma amostra do perfil 2 e uma amostra superficial.

Os teores do elemento zinco presentes nos litotipos Arenitos e Argilitos analisados na Formação Três Marias, na Bacia do Rio do Formoso por Baggio (2008) demonstram que esses se encontram acima dos valores de referência para Arenito Médio extraído de Bowen (1979) e Krauskopf (1976), indicando que há enriquecimento deste metal nos solos da Bacia.

Essa alteração nos teores de zinco pode estar associada também ao uso e ocupação do solo que acontece na porção jusante da Bacia, área destinada à agricultura comercial, pastagens, agroindústria e bovinocultura intensiva.

CONCLUSÕES

Os teores de metais pesados encontrados nos solos das veredas estudadas demandam atenção tendo em vista que boa parte deles supera os limites de prevenção estabelecidos pela CONAMA (2009).

A proximidade destas veredas com áreas que são intensamente utilizadas por atividades agrosilvopastoris sugerem que a origem dos metais analisados pode ser de tais atividades.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo financiamento desta pesquisa e ao Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa – CPMTC/IGC/UFGM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baggio, H.F. 2008. *Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em água superficial e sedimento de corrente na Bacia do Rio do Formoso, município de Buritizeiro, MG*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 249 p.
- Boaventura, R. S. 1981. Características geomorfológicas. In: Melo, D. R. 1992. *As veredas nos planaltos do noroeste mineiro; caracterização pedológica e os aspectos morfológicos e evolutivos*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 218 p.
- Bowen, J. M. H. 1979. *Environmental Chemistry of the Elements*. London: Academic Press, 273 p.
- CETESB. Decisão de diretoria Nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005. São Paulo, CETESB. 2005. 4 p.;
- CONAMA, 2009. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009.
- EMBRAPA. 1997. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Rio de Janeiro, RJ. Manual de Métodos de Análise de Solo, 2 ed. rev. atual, Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 212 p.
- Kiekens, L. Z. 1995. Heavy metals in soils. In: Alloway, B. J. 1990. (Ed). Glasgow: Black and Son, 261-277 p.
- Krauskopf, K. B. 1976. *Introduction to geochemistry*. New York: McGraw-Hill. 721 p.
- Melo, D. R. 1992. *As veredas nos planaltos do noroeste mineiro; caracterização pedológica e os aspectos morfológicos e evolutivos*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 218 p.
- Viana, V. M. F. C. 2006. *Estudo Hidrogeoquímico das Veredas do Rio do Formoso no Município de Buritizeiros, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 107 p.

ANEXO III
Currículo da Autora

PRISCILLA PALMEIRAS FREITAS DE MORAES

Engenheira Ambiental – Escola de Minas/UFOP;
Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho – UFRJ (Em curso).

EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL

Mapeamento ambiental (ArcMap 9.3).
Amostragens de solos.
Análises geoquímicas de solos.
Elaboração e comercialização de projetos de consultoria ambiental.
Conhecimentos de legislação ambiental, licenciamento ambiental e destinação de resíduos.
Participação em projetos sociais, levantamento de impactos em áreas que sofreram degradação e controle de poluição.

EMPRESAS/INSTITUIÇÕES

2008 – 2010: Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa – Laboratório de Geoquímica Ambiental - Instituto de Geociências / UFMG

Cargo: Mestranda / Pesquisadora / Bolsista

2006 – 2006: Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos “Pró-Água”- UFOP em parceria com Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Ouro Preto-MG.

Cargo: Estagiária

2005 – 2005: FEAM- Fundação Estadual de Meio Ambiente

Cargo: Estagiária

2005 –2005: Antares Consultoria Ambiental

Cargo: Estagiária

2004 – 2004: Departamento de Mineração - UFOP

Cargo: Monitora

IDIOMAS

Inglês: compreende bem, lê bem, fala razoavelmente e escreve razoavelmente.

Francês: compreende razoavelmente, lê razoavelmente, fala pouco e escreve pouco.

CURSOS DE CURTA DURAÇÃO

Curso “Introdução à Geomicrobiologia, Química Ambiental e Biorremediação” – IGC/UFMG, ministrado pelo Prof. Dr. Eric van Hullebusch (Université Paris Est – Marne-la- Vallée).

Curso de Capacitação de Gestores Municipais – SEMAD / SISEMA.

Mini-Curso “Manejo de Bacias Hidrográficas Visando a Produção de Água” – UFV.

XII Curso Sobre Erosão e Controle de Sedimentos – Deflor Engenharia.

Ciclo de Estudos de Direito Ambiental – UFMG.

INFORMÁTICA

Windows, Word, Excel, Internet, PowerPoint e ArcGIS.