

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro (SP)

ANÁLISES DE SOLOS E SEDIMENTOS DE CORRENTE,
NAS ÁREAS DAS USINAS DE FUNDIÇÃO DE CHUMBO
DO CALABOUÇO (CIEM-CPRM) E DE
BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO AURÍFERO DO
MORRO DO OURO (PARQUE MUNICIPAL MORRO DO
OURO), NO MUNICÍPIO DE APIAÍ - SP

JULIANA MARTINS

Orientador: Prof. Dr. Elias Carneiro Daitx

Co-orientador: Profa. Dra. Gilda Carneiro Ferreira

Rio Claro – SP

2009

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro (SP)

**ANÁLISES DE SOLOS E SEDIMENTOS DE CORRENTE,
NAS ÁREAS DAS USINAS DE FUNDIÇÃO DE CHUMBO
DO CALABOUÇO (CIEM-CPRM) E DE
BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO AURÍFERO DO
MORRO DO OURO (PARQUE MUNICIPAL MORRO DO
OURO), NO MUNICÍPIO DE APIAÍ - SP**

JULIANA MARTINS

Orientador: Prof. Dr. Elias Carneiro Daitx

Co-orientador: Profa. Dra. Gilda Carneiro Ferreira

*Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do
Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP,
Campus de Rio Claro, como parte das exigências para
o cumprimento da disciplina Trabalho de Conclusão
de Curso no ano letivo de 2009”*

Rio Claro – SP

2009

551.9 Martins, Juliana
M386a Análises de solos e sedimentos de corrente, nas áreas das usinas de fundição de chumbo do Calabouço (CIEM-CPRM) e de beneficiamento de minério aurífero do Morro do Ouro (Parque Municipal do Ouro), no município de Apiaí - SP / Juliana Martins. - Rio Claro : [s.n.], 2009
132 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Elias Carneiro Daitx
Co-Orientador: Gilda Carneiro Ferreira

1. Geoquímica. 2. Geoquímica ambiental. 3. Contaminação. 4. Usina do Calabouço. 5. Morro do Ouro. 6. Vale do Ribeira. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

*Dedico este trabalho ao
Prof. Dr. Elias Carneiro Daitx
(in memorian), o qual me ensinou
que nada na vida se dá por acaso,
mas sim com o fruto de seu próprio trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a Deus, que sem Ele nada teria acontecido, e também por me ajudar a superar os momentos difíceis durante o percurso da faculdade.

Em seguida, agradeço ao Prof. Dr. Elias Carneiro Daitx, que infelizmente veio a falecer na reta final, sem poder ver os resultados desse trabalho. Ele, hora tão rígido, hora tão engraçado, deu-me a oportunidade de conhecer a geologia fora da universidade. Entre as duras para me tornar uma pessoa melhor e independente, nunca me deixou na mão quando mais precisei. Obrigada por tudo, mestre!

Agradeço os professores que me ajudaram na reta final, Prof. Dra. Gilda Carneiro Ferreira e Prof. Dr. Bernardino Ribeiro de Figueiredo, da UNICAMP, que me orientaram na conclusão do trabalho. Também ao Prof. Edson Gomes de Oliveira, que me orientou sobre a parte topográfica.

À CPRM, que deu todo o apoio para a realização deste trabalho, principalmente aos funcionários Viviane Carillo, Luiz Chieriegatti, Frederico Faleiros, Roy Barbosa, Arivane, e aos meninos que me ajudaram na coleta das amostras, Fala Pouco, Poca Prosa, Foca e Reinaldo. Também agradeço à Zilminha, de Apiaí, por ter me aturado nos dias de campo!!! Também agradeço à Ângela (Baratinha), Letícia (Cíntia) e ao Alan de Oliveira, que foram fundamentais na etapa de campo.

Agradeço à turma de Geologia 2005, principalmente àqueles que se fizeram presente nos 5 anos que passei por aqui (Zanão, Mijo, Mari, Lari, Tropeço, Mamute, Paula, Letícia, Nhoke, Bari, Porça, Palito, Sammy, etc.). Às meninas que moram comigo, Mazinha, Malu, Pepe e Sá, e às que moraram, Cris, Flá e Fer, pelas risadas, pelos choros, pela convivência muito boa e por ter que aturar minhas carências. AMO MUITOOO!!!

Também aos meus amigos de Piracicaba, desculpar-me pela ausência durante esses anos! E pelos amigos que fiz em Rio Claro, que vão deixar uma saudade imensa!

Aos meus parentes de São Paulo, que me auxiliaram durante o estágio (tio Eugênio, André e Lea), pelas horas agradáveis de conversa e muitos conselhos dados, e também a todos meus familiares, muito obrigada!

Ao Diego, que estive ao meu lado desde o terceiro ano da faculdade, dizer que sua companhia me fez muito feliz durante esses anos. Sua amizade, seu carinho, as baladinhas juntas, e por estar ao meu lado em muitas situações difíceis me fizeram acreditar que tudo valeu a pena! Te amo gordinho!!

Ao meu pai João (Jão Loco), à minha mãe Mazé (Zelão), ao meu irmão Victor (Brow) e à minha irmã Carol (Rasga), pelo amor incondicional e muita paciência comigo! Obrigada aos meus pais pelo caminho que me indicaram e que eu segui, e hoje juntos realizamos mais uma conquista!! Vocês são os melhores pais do mundo!!! Juntos também enfrentamos os problemas e juntos estamos saindo deles!! É tudo junto!!!!!! Amo vocês demais!!

Muito obrigada!

RESUMO

Localizadas em Apiaí, Vale do Ribeira, região sul do estado de São Paulo, as áreas da Usina do Calabouço (CIEM/CPRM) e do Morro do Ouro (Parque Municipal Morro do Ouro) foram alvos de estudo devido às suas antigas instalações, respectivamente uma usina de fundição de minério de chumbo, denominada Usina Experimental de Chumbo e Prata, e uma mina de ouro com usina de beneficiamento do minério aurífero ali produzido. Hoje em dia, as áreas são utilizadas para visitação pública e, em ambos os locais possuem restos das construções. Particularmente no CIEM/CPRM, devido aos materiais produzidos antigamente, pode sugerir a existência de quantidades anômalas dos metais envolvidos (CIEM/CPRM) e de possíveis contaminações com produtos químicos utilizados no beneficiamento do minério aurífero (P. M. Morro do Ouro). Essas possíveis contaminações foram comprovadas com o levantamento geoquímico de solos e sedimentos de corrente realizado nas duas áreas, para os elementos arsênio, cádmio, chumbo, cobre, mercúrio, prata e zinco, onde foram utilizados como parâmetros os valores orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo (CETESB), e aos valores de bacias estipulados pela CPRM (pobres, “background” e anômalas), em seu levantamento geoquímico durante a execução da Folha Apiaí (SG-22-X-B-V).

Palavras chaves: Geoquímica ambiental, contaminação, Usina do Calabouço, Morro do Ouro, Vale do Ribeira.

ABSTRACT

Located in Apiaí, Vale do Ribeira, southern region of São Paulo state, the Usina do Calabouço areas (CIEM / CPRM) and Morro do Ouro (Parque Municipal do Morro do Ouro), were targeted for studies due to its old buildings, respectively a foundry in lead ore, called Experimental de Chumbo e Prata (Usina Calabouço), and a gold mine with processing plant of the gold-bearing ore produced there. Nowadays, the areas are used for public visitation, and in both places the rests of the buildings remains. Particularly in the CIEM/CPRM, due to the materials witch was produced before, it can suggest the existence of anomalous amounts of the involved metals (CIEM / CPRM) and possible contaminations by chemical products used in the improvement of the auriferous ore (P. M. Morro do Ouro). These potential contamination were confirmed with geochemical survey of soils and current sediments accomplished in both areas, for the elements arsenic, cadmium, lead, copper, mercury, silver and zinc, which were used as parameters guiding values for soil and groundwater the state of São Paulo (CETESB), and watershed values stipulated by CPRM (poor, "background" and anomalous), in it rising geochemistry during Folha Apiaí's execution (SG-22-X-B-V).

Keywords: Environmental Geochemistry, contamination, Usina do Calabouço, Morro do Ouro, Vale do Ribeira.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos	1
1.2	Históricos das Áreas	2
1.3	Aspectos Fisiográficos	4
1.4	Clima, Relevo e Vegetação	5
1.5	Geologia Regional	6
1.6	Elementos Analisados	8
1.6.1	Chumbo	10
1.6.2	Arsênio	11
1.6.3	Cádmio	12
1.6.4	Mercúrio	13
1.6.5	Cobre	13
1.6.6	Zinco	14
1.6.7	Prata	15
2.	MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO	16
2.1	Mapeamento Geológico	16
2.2	Amostragem	16
2.2.1	Sedimento de Corrente	17
2.2.2	Solos	18
2.2.2.1	Área CIEM/CPRM	19
2.2.2.2	Área P. M. Morro do Ouro	19
2.2.3	Materiais industriais (escórias)	19
2.2.4	Rochas	20
2.2.5	Água	20
2.3	Análise	21
3.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
3.1	Sedimento de Corrente	22
3.1.1	Dados Gerais	22
3.1.2	Principais elementos	22
3.1.2.1	Arsênio	23
3.1.2.2	Cádmio	24
3.1.2.3	Chumbo	24
3.1.2.4	Cobre	25

3.1.2.5 <i>Mercúrio</i>	25
3.1.2.6 <i>Prata</i>	25
3.1.2.7 <i>Zinco</i>	26
3.2 Solos	26
3.2.1 Dados Gerais	26
3.2.1.1 <i>CIEM/CPRM</i>	26
3.2.1.2 <i>P. M. Morro do Ouro</i>	26
3.2.2 Principais elementos	27
3.2.2.1 <i>CIEM/CPRM</i>	27
3.2.2.1.1 <u>Arsênio</u>	27
3.2.2.1.2 <u>Cádmio</u>	28
3.2.2.1.3 <u>Chumbo</u>	28
3.2.2.1.4 <u>Cobre</u>	28
3.2.2.1.5 <u>Mercúrio</u>	29
3.2.2.1.6 <u>Prata</u>	29
3.2.2.1.7 <u>Zinco</u>	29
3.2.2.2 <i>P. M. Morro do Ouro</i>	31
3.2.2.2.1 <u>Arsênio</u>	31
3.2.2.2.2 <u>Cádmio</u>	32
3.2.2.2.3 <u>Chumbo</u>	32
3.2.2.2.4 <u>Cobre</u>	32
3.2.2.2.5 <u>Mercúrio</u>	33
3.2.2.2.6 <u>Prata</u>	33
3.2.2.2.7 <u>Zinco</u>	33
3.2.3 Furos Mestres	35
3.2.3.1 <i>CIEM/CPRM</i>	35
3.2.3.2 <i>P. M. Morro do Ouro</i>	40
3.3 Material industrial	41
3.3.1 Dados Gerais	41
3.3.2 Principais elementos	42
3.3.2.1 <i>Arsênio</i>	42
3.3.2.2 <i>Cádmio</i>	42
3.3.2.3 <i>Chumbo</i>	42
3.3.2.4 <i>Cobre</i>	42
3.3.2.5 <i>Mercúrio</i>	43

3.3.2.6 Prata	43
3.3.2.7 Zinco	43
3.4 Mapeamento Geológico	44
3.4.1 Metagabro Apiaí	44
3.4.2 Formação Gorutuba	47
3.4.3 Formação Água Clara	58
4. CONCLUSÕES	50
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

APÊNDICES

A – TABELA COM A DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS COLETADAS PARA SEDIMENTO DE CORRENTE

B – TABELA COM A DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS COLETADAS DOS SOLOS DA ÁREA DO CIEM/CPRM

C – TABELA COM A DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS COLETADAS DOS OS SOLOS DA ÁREA DO P. M. MORRO DO OURO

D – MAPAS DE SEDIMENTO DE CORRENTE, COM LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAGENS E VALORES

E – MAPAS DE SUPERÍCIE DE TENDÊNCIA PARA OS SOLOS DA ÁREA DO CIEM/CPRM

F – MAPAS DE SUPERÍCIE DE TENDÊNCIA PARA OS SOLOS DA ÁREA DO P. M. MORRO DO OURO

G – TABELAS COM OS CÁLCULOS GEOESTATÍSTICOS DOS ELEMENTOS NÃO UTILIZADOS NO TRABALHO

H – CLASSIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DAS LÂMINAS PETROGRÁFICAS

ANEXOS

I – MAPA TOPOGRÁFICO COM SEDIMENTO DE CORRENTE

II – PROCEDIMENTO DAS ANÁLISES

III – CERTIFICADO DAS ANÁLISES – TODOS OS RESULTADOS

IIII – MAPA GEOLÓGICO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fotografia da Usina Experimental de Chumbo e Prata de Apiaí, também chamada de Usina Experimental de Calabouço, localizada no Bairro Palmital, em 1942 (arquivo pessoal - Cecília Barbosa). **Página 2**

Figura 2: Vista geral da área da antiga Usina Experimental de Chumbo e Prata, inserida nos terrenos hoje ocupados pelo CIEM/CPRM. **Página 3**

Figura 3: Fotografia do Morro do Ouro, na época em que a lavra era a céu aberto (SÁNCHEZ, L. E, 2003). **Página 4**

Figura 4: Vista geral da área onde se situava a Planta de Beneficiamento de minério aurífero da mina Morro do Ouro, com tanques usados para cianetação. **Página 4**

Figura 5: Mapa indicando o trajeto da cidade de Apiaí/SP com a capital paulista. **Página 5**

Figura 6: Mapa geológico da área de estudo, extraído e sintetizado da Folha Apiaí 1:100000 (SG – 22 – X – B – V), coordenação de MORAIS, S. M, CPRM, 2009 (inédito). **Página 7**

Figura 7: Gráfico com os resultados da matriz de correlação para sedimento de corrente. Em destaque, os elementos analisados. **Página 8**

Figura 8: Gráfico com os resultados da matriz de correlação para solos. Em destaque, os elementos analisados. **Página 9**

Figura 9: Ficha de campo de amostra geoquímica, da CPRM – Serviço Geológico do Brasil, utilizada na coleta de sedimento de corrente. **Página 17**

Figuras 10 e 11: Fotografias mostrando a coleta do sedimento de corrente. À esquerda à jusante e a direita à montante (JM – S – 17). **Página 18**

Figura 12: Técnica de amostragem utilizada para a coleta de solos, utilizando-se trado manual tipo “caneco” e lona. **Página 18**

Figura 13: Fotografia mostrando o fluxo da escória cristalizada no chão, e também como brita. **Página 20**

Figuras 14 e 15: Mapas de superfície de tendência gerais no CIEM/CPRM. No primeiro, geral para os elementos Ag e Pb; no segundo, para os elementos As, Cd, Cu, Hg e Zn. **Página 31**

Figuras 16 e 17: Mapas de superfície de tendência gerais. No primeiro, geral para os elementos Cd e Zn; no segundo, para os elementos Ag, Cu e Pb. **Página 35**

Figura 18: perfil do Furo Mestre JM-L-FMA, com valores dos elementos e as fotos realizadas durante a coleta para cada intervalo. **Página 36**

Figura 19: Gráficos em barra, indicando a concentração dos elementos para cada intervalo em JM-L-FMA. **Página 37**

Figura 20: perfil do Furo Mestre JM-L-FMB, com valores dos elementos e as fotos realizadas durante a coleta para cada intervalo. **Página 38**

Figura 21: Gráficos em barra, indicando a concentração dos elementos para cada intervalo em JM-L-FMB. **Página 39**

Figura 22: perfil do Furo Mestre JM-L-FM, com valores dos elementos e as fotos realizadas durante a coleta para cada intervalo. **Página 40**

Figura 23: Gráficos em barra, indicando a concentração dos elementos para cada intervalo em JM-L-FM. **Página 41**

Figuras 24 e 25: Fotografias de afloramentos - Metagabro estruturado (JM-R-12) e com feições de acebolamento (JM-R-18). **Página 44**

Figura 26: Foto micrografia da lâmina JM-R-03, onde se observa a textura holocristalina/fanerítica. Respectivamente, nicóis // (paralelos) e x (cruzados). **Página 46**

Figura 27: Foto micrografia da lâmina JM-R-08, onde observa-se a textura hipocristalina/subfanerítica e os minerais de alteração. Respectivamente, nicóis // (paralelos) e x (cruzados). **Página 46**

Figuras 28 e 29: Fotografias de afloramentos da Fm. Gorutuba - onde respectivamente observa-se uma dobra (JM-R-19) e fraturamentos perpendiculares entre si (JM-R-23). **Página 47**

Figura 30: Foto micrografia da lâmina JM-R-09, com granulação muito fina a densa, onde é possível observar apenas cristais de quartzo, anfibólio e epidoto. Respectivamente, nicóis // e x. **Página 47**

Figuras 31 e 32: Fotografias de afloramentos da Fm. Água Clara – quartzo muscovita xisto de cor vermelho - arroxado (JM-R-25) e dentro do túnel T-15, mostrando a estrutura bandada, textura xistosa e coloração lilás acizentado e amarelo, com intercalações de camadas pretas (possivelmente magnésio). **Página 48**

Figura 33: Foto micrografia da lâmina JM-R-01, mostrando o contato dihedral da muscovita com o quartzo (círculo branco), e também o contato retilíneo entre os quartzos (círculo vermelho). Respectivamente, nicóis // e x. **Página 48**

Figura 34: Foto micrografia da lâmina JM-R-01, mostrando a massa fina de muscovita (círculo vermelho). Respectivamente, nicóis // e x. **Página 49**

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Valores Orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo - http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf. **Página 09**

Tabela 2: valores de bacias empobrecidas, background, anômalos de terceira ordem e anômalos de primeira e segunda ordem, para sedimento de corrente, determinadas no Projeto Folha Apiaí (SG-22-X-B-V). **Página 10**

Tabela 3: Resultado das análises de Ag (ppb), As (ppm), Cd (ppm), Cu (ppm), Hg (ppb), Pb (ppm) e Zn (ppm) para as amostras de sedimento de corrente. **Página 23**

Tabela 4: Resultado das análises de Ag (ppm), As (ppm), Cd (ppm), Cu (ppm), Hg (ppm), Pb (ppm) e Zn (ppm) para as amostras de solos no CIEM/CPRM. **Página 30**

Tabela 5: Resultado das análises de Ag (ppm), As (ppm), Cd (ppm), Cu (ppm), Hg (ppm), Pb (ppm) e Zn (ppm) para as amostras de solos no P. M. Morro do Ouro. **Página 34**

Tabela 6: Resultado das análises de Ag (ppm), As (ppm), Cd (ppm), Cu (ppm), Hg (ppm), Pb (ppm) e Zn (ppm) para as amostras de escórias no CIEM/CPRM. **Página 43**

Tabela 7: Pontos mapeados e suas respectivas formações. **Página 45**

1. INTRODUÇÃO

No município de Apiaí (SP) há duas áreas utilizadas como locais de visitação pública para fins de ensino (Centro Integrado de Treinamentos e Pesquisas Multidisciplinares - CIEM/CPRM) ou de turismo (Parque Municipal do Morro do Ouro), parcialmente implantadas em áreas onde funcionou nas décadas de trinta e início dos anos quarenta, respectivamente, uma usina de fundição de minério de chumbo, denominada Usina Experimental de Chumbo e Prata (Usina Calabouço), e uma mina de ouro e uma usina de beneficiamento do minério aurífero ali produzido.

Em ambos os locais há restos das construções dessas instalações e, particularmente na primeira, devido aos materiais ali produzidos, pode sugerir a existência nessas áreas de quantidades anômalas dos metais envolvidos (fundidos ricos em chumbo no caso da área do CIEM) e de possíveis contaminações com produtos químicos utilizados no beneficiamento do minério aurífero (mercúrio, no caso do Morro do Ouro).

As duas áreas citadas têm uso público, o que resulta na circulação de grande número de pessoas, das quais uma significativa parcela é representada por crianças e adolescentes. Nessas áreas planeja-se investir na criação de infra-estrutura adequada à realização de atividades culturais, na forma de convenções/workshops (CIEM) ou de montagem de shows e eventos ao ar livre (P.M. Morro do Ouro). Portanto, os projetos de uso e ocupação dessas duas áreas para as finalidades citadas requererão obrigatoriamente uma avaliação do seu grau de contaminação pelas atividades ali desenvolvidas e a realização desse estudo pretende constituir-se numa radiografia da situação atual e, constatada a eventual presença de locais contaminados, servir de base para o planejamento de ações de descontaminação e de recuperação da área para sua utilização nos fins propostos.

1.1 Objetivos

Esse estudo visa analisar solos e sedimentos de correntes nas áreas dessas antigas instalações de fundição e de beneficiamento mineral, e na região de seu entorno imediato, buscando detectar a intensidade e a delimitação das zonas eventualmente contaminadas com metais ou produtos químicos potencialmente danosos à atividade humana, por meio de seu contraste com os valores naturais desses elementos nas áreas de entorno àquelas objeto deste estudo.

1.2 Histórico das áreas

A cidade de Apiaí, localizada na porção sul do estado de São Paulo, foi palco de grande atividade mineradora e de usinas para o beneficiamento de minerais em meados dos anos de 1930 e 1940. Dentro dessas principais atividades está a Usina Experimental de Chumbo e Prata de Apiaí ou também chamada de Usina Experimental de Calabouço (Figura 1), localizado no Bairro Palmital. A Usina, inaugurada em janeiro de 1941, refinava ou metalizava o minério de chumbo que vinha, além da Mina de Furnas, do Lageado, também da Mina de Panelas, pertencente à Sociedade Mineração Plumbum Ltda., situada em Adrianópolis/PR (LUZ, 1996).



Figura 1: Fotografia da Usina Experimental de Chumbo e Prata de Apiaí, também chamada de Usina Experimental de Calabouço, localizada no Bairro Palmital, em 1942 (arquivo pessoal - Cecília Barbosa).

Entre os anos de 1942 a 1946, o Brasil esteve em estado de beligerância com Alemanha, Itália e Japão, e com isso, a direção da Usina que era do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), passa a ser da “Coordenação da Mobilização Econômica”, órgão afeto ao Comando Geral das Forças Armadas, pela razão de produzir material estratégico (LUZ, 1996).

Em 1947, a direção da Usina volta a ser do IPT, porém já estava enfrentando muitas dificuldades, com relação à produção e com as despesas elevadas para a manutenção do estabelecimento. Além disso, a então chamada “Plumbum S/A Indústria Brasileira de Mineração” não remetia mais para a Usina uma boa quantidade de minério de chumbo, pois havia construído sua própria usina de beneficiamento. Mas ainda confiando num bom fornecimento das minas exploradas pela Sociedade Mineração Furnas e Mineração Lageado Ltda., o IPT estava ampliando as instalações da Usina, a qual já se encontrava num estágio avançado. Porém, essas expectativas não foram concretizadas e em 1951 a Usina

Experimental de Chumbo e Prata de Apiaí foi fechada. Hoje em dia, encontram-se apenas restos da antiga instalação, dentro da área do CIEM/CPRM, como pode ser observado na Figura 2.



Figura 2: Vista geral da área da antiga Usina Experimental de Chumbo e Prata, inserida nos terrenos hoje ocupados pelo CIEM/CPRM.

Outra atividade mineradora importante na época foi o chamado “Morro do Ouro”, que começou a ser lavrado a céu aberto (Figura 3), a partir dos minérios aluvionar, coluvionar e eluvionar. Esses minérios secundários eram resultantes do intemperismo do minério primário do Morro do Ouro, que eram constituídos por veios de quartzo com sulfetos de ferro e cobre, oxidados ou não, e minério limonítico, formado por quartzito (possivelmente chert recristalizado) enriquecido em óxidos de ferro e intercalado com níveis de limonita (CPRM, 1980 *apud* SHIMADA, 2008). Após a exaustão do minério secundário, o Morro começou a ser lavrado de forma subterrânea, extraíndo-se assim o minério primário, que funcionou entre os anos de 1889 a 1942. O tratamento do minério consistia em britagem, moagem, recuperação do ouro grosso por amalgamação. O ouro fino era recuperado por cianetação (Figura 4), onde o metal era dissolvido em solução de cianeto de sódio e recuperado via precipitação com adição de zinco. No ano de 1942, a mineração foi paralisada devido ao fato de ser operada por uma empresa japonesa (mesmo motivo da mudança de direção da Usina Experimental de Chumbo e Prata), embora os direitos minerários pertencessem à Cia. de Mineração de Apiaí. Tal fato foi reconhecido pela União somente em 1960, mas a longa inatividade havia provocado o colapso parcial no sistema de galerias, inviabilizando o reinício da lavra conforme o projeto original. Somando-se a isso as condições desfavoráveis do mercado do ouro na época, a empresa considerou inviável um novo planejamento de lavra, estando a mina inativa até o presente. Hoje em dia, como propriedade da prefeitura de Apiaí,

o Morro do Ouro transformou-se em área para turismo e lazer, chamado de “Parque Municipal do Morro do Ouro”.



Figura 3: Fotografia do Morro do Ouro, na época em que a lavra era a céu aberto (SÁNCHEZ, L. E, 2003).



Figura 4: Vista geral da área onde se situava a Planta de Beneficiamento de minério aurífero da mina Morro do Ouro, com tanques usados para cianetação.

1.3 Aspectos Fisiográficos

A região de estudo está localizada no Vale do Ribeira, na cidade de Apiaí, próximo ao limite do Estado do Paraná. Está situada a 24°30'32" latitude Sul e 48°50'34" longitude Oeste de Greenwich, estendendo pelas cidades vizinhas como Ribeira, Barra do Chapéu, Bom Sucesso do Itararé, Ribeirão Branco, Guapiara, Iporanga, Itapeva, Itaóca e Itararé. Dista 326 km da capital, sendo as principais vias de acesso a SP-250 (Rodovia Sebastião Ferraz de Camargo Penteado) e a SP-165 (Rodovia Antônio Honório da Silva) – Figura 5.

1.5 Geologia Regional

A área de estudo, sobre o ponto de vista geotectônico, está inserida na porção central da Província Mantiqueira (ALMEIDA, 1977 *apud* SALLUN & SALLUN FILHO, 2008), na denominada “Faixa de Dobramentos Ribeira” (HASUI *et al.* 1975 e HASUI *et al.* 1980 *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2002). A Faixa Ribeira é caracterizada por grande número de falhas longitudinais subverticais, que afetam tanto o embasamento quanto as seqüências metassedimentares (CUNHA *et al.*, 2005). Ao sul da Faixa Ribeira, está situada a Faixa de Dobramentos Apiaí. Esta Faixa limita-se geralmente por meio de extensas falhas transcorrentes, sendo a sudeste o Maciço Curitiba, a leste os terrenos de médio e alto grau do Proterozóico Médio e em sua porção nordeste a Faixa São Roque. Os litotipos que constituem a Faixa Apiaí possuem contatos litológicos e superfícies tectônicas com orientação geral NE-SW, provindos de um metamorfismo regional variando de fácies xisto verde na porção ocidental (Grupo Itaiacoca), até a fácies anfibolito na porção sudeste formada pelo Grupo Setuva (SOUZA, 1990 *apud* MORETO, 2006). Também existe uma extensa rede de falhas transcorrentes (Lancinha, Morro Agudo, Ribeira, Itapirapuã, etc.), que geralmente delimitam as diferentes unidades litoestratigráficas desta Faixa, falhas estas dispostas regionalmente em padrão anastomosado, com direção preferencial para NE, NS e EW (SOUZA 1990 *apud* MORETO, 2006).

Dentro da Faixa Apiaí está localizado o Supergrupo Açungui, que tem a maior representação na área de estudo, conforme MORAIS *et al* (Figura 6). Formado no Mesoproterozóico - 1.800 a 1.100 milhões de anos, é representado por várias associações contendo metarenitos, metaritimitos, metacalcários e metadolomitos (OLIVEIRA *et al*, 2002), os quais foram intrudidos por rochas básicas, com prováveis vulcânicas máficas e félsicas associadas, e metamorfolisado regionalmente em fácies xisto verde, localmente alcançando a fácies anfibolito. Ocorrem ainda intrusões de granitos sin a pós-tectônicos (CAMPANHA & SADOWSKY, 1999 *apud* VIGÁRIO, 2006).

O metamorfismo que atingiu o Supergrupo Açungui ocorreu durante o primeiro evento de deformação, e os granitos intrudidos parecem ser contemporâneos à movimentação das falhas transcorrentes, com idades em torno de 500 milhões de anos. Está disposto estruturalmente em três sinclínorios: Capiru, Votuverava e Itaiacoca sendo o ambiente tectônico dessa unidade o de bacia tipo retro-arco, originado provavelmente no Mesoproterozóico, segundo SOARES, 1987; FIORI, 1985, 1987, 1993; CAMPANHA, 1991; CAMPANHA & SADOWSKI, 1999; HACKSPACHER *et al.*, 2000, *apud* OLIVEIRA *et al*, 2002. Como os conjuntos situam-se dentro de fatias tectônicas removidas de suas posições

iniciais e reempilhadas de forma aleatória, a atual estratigrafia do Supergrupo Açungui não é original, mas o resultado da justaposição de escamas tectônicas altamente heterogêneas e descontínuas.

As formações que foram mapeadas neste trabalho estão dentro da área de coleta de solos (Figura 6), e correspondem ao Metagabro Apiaí, Gorutuba e Água Clara. Estas serão descritas no Capítulo 3.

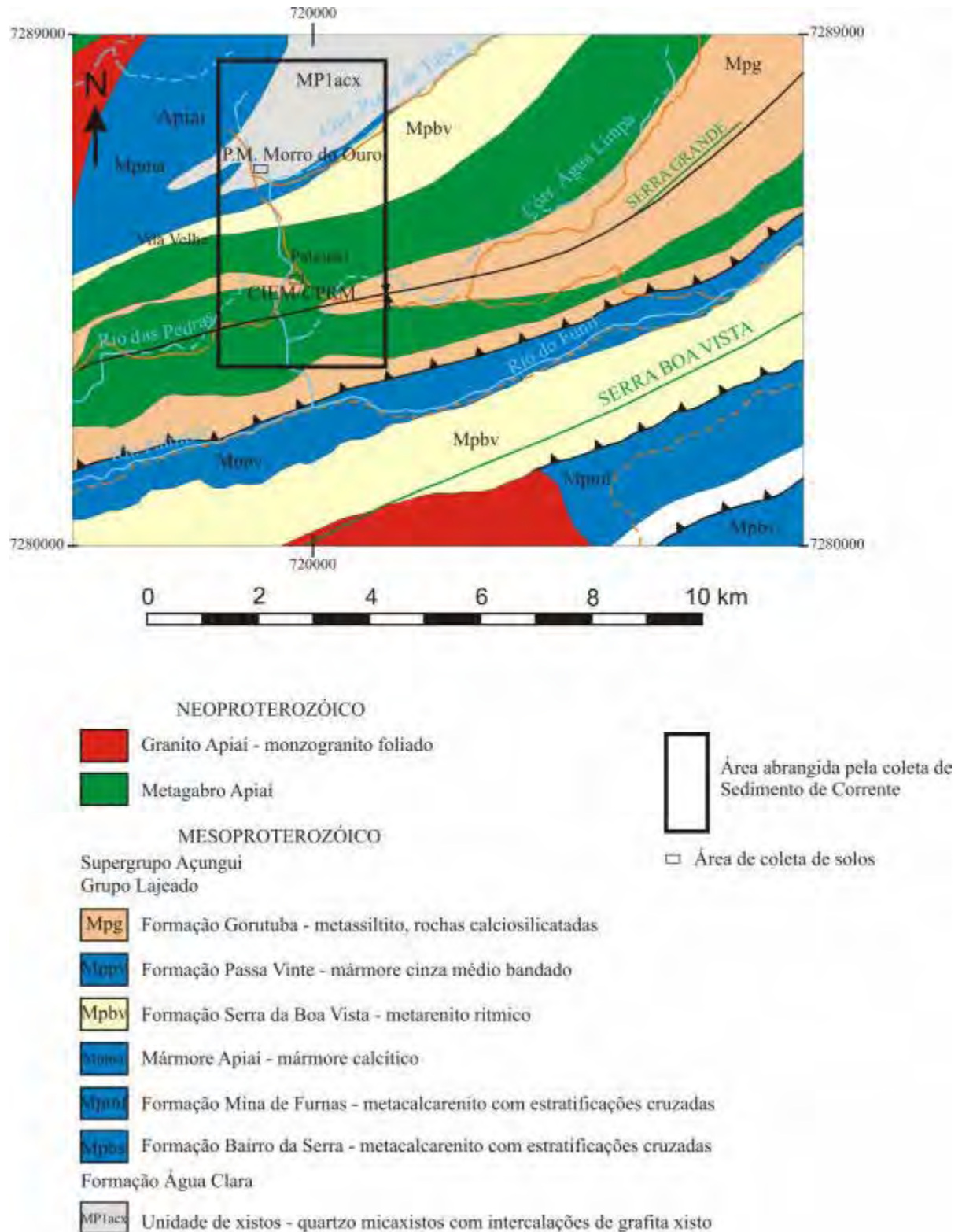


Figura 6: Mapa geológico da área de estudo, extraído e sintetizado da Folha Apiaí 1:100000 (SG – 22 – X – B – V), coordenação de MORAIS, S. M, CPRM, 2009 (inédito).

1.6 Elementos analisados

Os elementos estudados no presente trabalho, além do chumbo, são arsênio, cádmio, cobre, prata e zinco, pois estes apresentam uma matriz de correlação alta com o chumbo, tanto nos sedimentos de corrente quanto nos solos, como pode ser observado nas Figuras 7 e 8. Já os elementos mercúrio e cianeto não são correlacionáveis com o chumbo, mas também apresentam uma grande importância para a área de estudo, principalmente no P. M. Morro do Ouro. Porém, para o elemento cianeto, não foi realizada a análise, devido a dificuldades encontradas durante a realização desse trabalho.

O cobre e o zinco são necessários à saúde dos seres vivos por fazerem parte de complexos sistemas enzimáticos. Porém, se estiverem presentes em concentrações elevadas tornam-se tóxicos, as quais podem ser provenientes da alimentação ou do meio ambiente. O mercúrio, cádmio, arsênio e chumbo, não são essenciais aos seres vivos do ponto de vista biológico e são muito tóxicos quando presentes, mesmo em baixas concentrações, pois sua presença ocorre de forma cumulativa (ARAÚJO & MAIA, 2008.)

A matriz de correlação foi feita pelo programa MICROSOFT EXCEL®.

O parâmetro que será utilizado para saber se há ou não contaminação nos solos está implícito nos valores orientadores para solo e água subterrânea definido pela CETESB (D.D. Nº195-2005-E, de 23/11/2005), destacando-se somente os elementos estudados nos solos (Tabela 1). Para os sedimentos de corrente, serão utilizados os valores definidos pelo levantamento geoquímico do Projeto Apiaí, finalizado em 2009 pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil (Tabela 2).

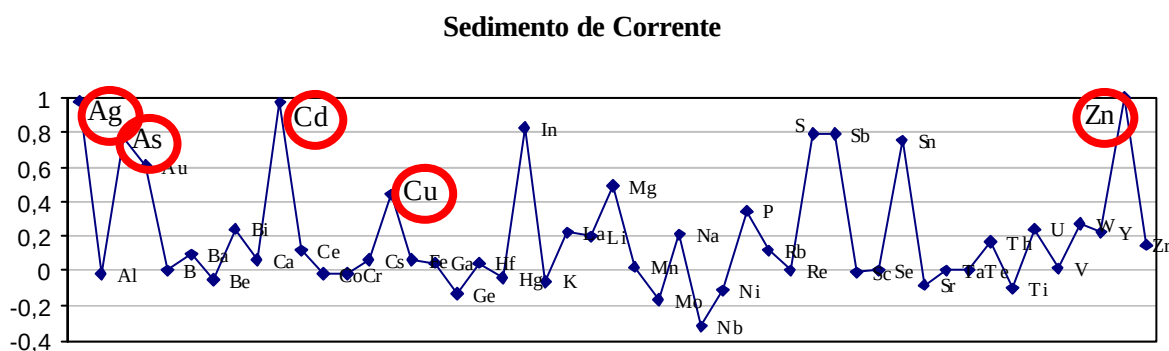


Figura 7: Gráfico com os resultados da matriz de correlação para sedimento de corrente. Em destaque, os elementos analisados.

Solos

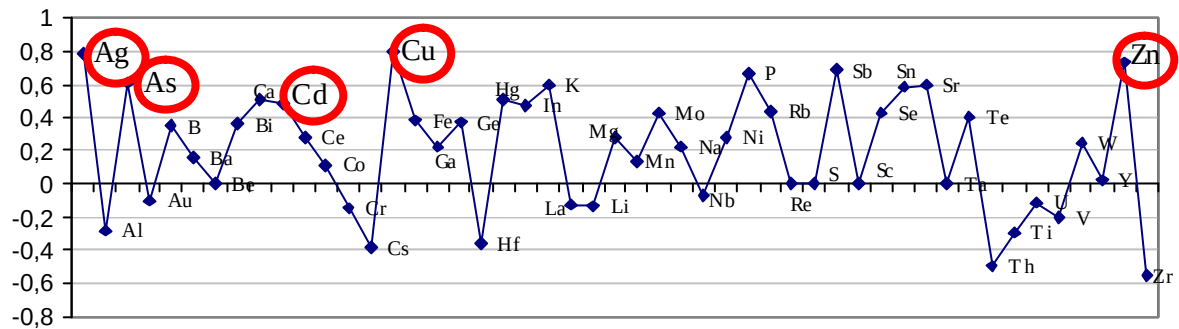


Figura 8: Gráfico com os resultados da matriz de correlação para solos. Em destaque, os elementos analisados.

Tabela 1: Valores Orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo - http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf.

Substância	Solo (mg.kg-1 de peso seco)				
	Referência de Qualidade	Prevenção	Intervenção		
			Agrícola	Residencial	Industrial
Arsênio	3,5	15	35	55	150
Cádmio	<0,5	1,3	3	8	20
Chumbo	17	72	180	300	900
Cobre	35	60	200	400	600
Mercurio	0,05	0,5	12	36	70
Prata	0,25	2	25	50	100
Zinco	60	300	450	1000	2000

Valor de Referência de Qualidade (VRQ): é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea;

Valor de Prevenção (VP): é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. Quando ultrapassado, a continuidade da atividade será submetida a nova avaliação, devendo os responsáveis legais pela introdução das cargas poluentes proceder o monitoramento dos impactos decorrentes.

Valor de Intervenção (VI): é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico. A área será classificada como Área Contaminada sob Investigação quando houver constatação da presença de contaminantes no solo ou na água subterrânea em concentrações acima dos Valores de Intervenção, indicando a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco.

Tabela 2: valores de bacias empobrecidas, background, anômalos de terceira ordem e anômalos de primeira e segunda ordem, para sedimento de corrente, determinadas no Projeto Folha Apiá (SG-22-X-B-V).

Valores	Empobrecidas	Background	Anômalos 3ª ordem	An. 1ª e 2ª ordem	Média
Ag	< 13 ppb	13 - 53 ppb	54 - 158 ppb	> 158 ppb	26 ppb
As	< 0,5 ppm	0,5 - 12,1 ppm	12,2 - 23,2 ppm	> 23,2 ppm	2,4 ppm
Cd	< 0,03 ppm	0,03 - 0,08 ppm	0,09 - 0,15 ppm	> 0,15 ppm	0,05 ppm
Cu	< 8,75 ppm	8,75 - 38,01 ppm	38,02 - 57,81 ppm	> 57,81	18,16 ppm
Hg	< 16 ppb	16 - 34 ppb	35 - 48 ppb	> 48 ppb	23 ppb
Pb	< 6,96 ppm	6,96 - 22,75 ppm	22,76 - 88,33 ppm	> 88,33 ppm	13,29 ppm
Zn	<30,1 ppm	30,1 - 68,2 ppm	68,2 - 100,67 ppm	> 100,67 ppm	46 ppm

Os valores de bacias empobrecidas, background, anômalos de terceira ordem (bacias enriquecidas) e anômalos de primeira e segunda ordem (bacias muito enriquecidas) foram determinados pela CPRM no programa “GEOQUANT”. No levantamento realizado pela empresa, foram analisadas 174 amostras, onde para bacias empobrecidas o valor determinado está abaixo do percentil calculado (16%), para o background está entre o percentil 16% a 84%, para bacia enriquecida está entre 84% e 95%, e para bacias muito enriquecidas acima de 95%. Os valores de background são determinados como padrões da área, ou seja, comparando-se aos solos, são os valores de referência de qualidade. Valores acima do background estão dentro do intervalo das bacias enriquecidas, que se comparam aos valores de prevenção. Já as bacias muito enriquecidas, com os valores de intervenção.

1.6.1 Chumbo

O chumbo é um dos mais perigosos metais tóxicos pela quantidade e severidade de seus efeitos. É um elemento de ocorrência natural, encontrado com relativa abundância na crosta terrestre (em média 12,5 ppm, segundo LEVINSON, 1974 *apud* CUNHA, 2003), quase sempre como galena (sulfeto de chumbo) e geralmente está associado a outros elementos como zinco, cobre, cádmio, prata e ouro (LOPES Jr. *et al.*, 2005). Em rochas ígneas e sedimentos argilosos, as concentrações variam de 1 a 20 ppm, e em sedimentos carbonáticos, variam entre 0,1 e 10 ppm (TUREKIAN & WEDEPOHL, 1961; LEVINSON, 1974 *apud* CUNHA, 2003).

Esse metal é liberado para o meio ambiente (ar, água e solo) devido às ações antrópicas, como indústria e mineração, consideradas fontes pontuais de contaminação, e representam perigo à saúde da população residente no entorno das mesmas. Essas populações, principalmente as crianças, ficam expostas às emissões dessas fontes, com a ingestão de água e alimentos, como ainda pela ingestão de partículas dos solos e inalação de poeiras contaminadas. Trabalhadores de indústrias de chumbo, refinarias e indústrias de manufaturados podem ficar expostos a este metal, onde a maior via de exposição para trabalhadores é a inalação de poeiras, fumos e vapores. Os

rejeitos abandonados também podem constituir fontes potenciais de contaminação, porque, em geral, são incorporados ao ambiente e ali permanecem durante muitas décadas (CUNHA, 2003).

O chumbo co-precipita facilmente com óxidos de Fe-Mn, possui baixa mobilidade em qualquer ambiente (oxidante, redutor, ácido e alcalino), porém, é influenciado por vários fatores ambientais, como temperatura, pH, Eh, salinidade, além do conteúdo de ácidos húmicos. Devido a isso, no caso de sedimento de corrente, o conteúdo de chumbo é perdido facilmente a partir de uma ocorrência ou depósito mineral, principalmente por estar fortemente ligado aos sedimentos do fundo (LOPES Jr. *et al.*, 2005).

Nos solos o Pb ocorre geralmente como Pb^{+2} , onde a concentração deste varia no perfil, encontrando-se maior nos primeiros 10 cm (ABREU *et al.*, 1998 *apud* ALMEIDA, 2007). Se houver níveis muito altos do metal, pode ocorrer a captura pelas plantas e também haver o escoamento para as águas superficiais e subterrâneas, o que aumentaria muito mais a área de contaminação. O chumbo é persistente nos solos, por causa da sua baixa mobilidade. Com o seu longo tempo de residência e a contínua deposição de partículas contendo chumbo, a concentração do metal tende a aumentar nas camadas superficiais dos solos, fazendo com que a contaminação permaneça por muitos anos. Os valores de intervenção do chumbo, conforme a Tabela 1, são de 180 mg.kg⁻¹ para solos agrícolas e 300 mg.kg⁻¹ para solos residenciais.

O chumbo, quando penetra no organismo por vias respiratórias, é totalmente absorvido sob a forma de carbonato de chumbo ou por fagocitose. Por via digestiva, é absorvido sob a forma de cloreto e clorato ao chegar ao tubo gastrointestinal. Embora a maior quantidade de chumbo ingerida seja excretada "in natura" pelas fezes, uma parte pode ser absorvida capaz de produzir uma intoxicação, o que causa o Saturnismo. Os sintomas mais comuns são dores abdominais severas, úlceras orais, constipação, parestesias de mãos e pés e a sensação de gosto metálico. O exame físico pode demonstrar a presença de uma linha de depósito de chumbo na gengiva e neuropatia periférica. Outras alterações incluem anemia (por porfiria secundária e inibição da medula óssea), disfunção renal, hepatite e encefalopatia (com alterações de comportamento, redução no QI). Em mulheres grávidas, a exposição de chumbo pode afetar o desenvolvimento do feto.

Além de causar doenças físicas, a presença de chumbo também causa morbidade psiquiátrica, como problemas de socialização, quebra de regras sociais e queixas somáticas, segundo os estudos publicados por Kelly Polido Kaneshiro Olympio (2009), inédito.

1.6.2 Arsênio

O arsênio é um dos elementos tóxicos mais conhecidos. Possui mobilidade média, um pouco mais alta que a do chumbo, tanto em ambiente ácido e alcalino, e com isso não se

distancia muito da fonte de origem. A fonte do arsênio pode ser natural, pois o elemento está presente nos minerais formadores das rochas, incluindo os óxidos de ferro e as argilas, mas principalmente em sulfetos, especialmente em pirita e arsenopirita.

Pode ocorrer em 4 estados de oxidação: arsenato (+5), arsenito (+3), arsina (-3) e o metal (0). O arsenato e o arsenito são as espécies mais solúveis, sendo o segundo dezenas de vezes mais tóxico que o primeiro (LOPES J. *et al.*, 2005). Segundo o mesmo autor, a quantidade de arsênio em sedimentos de correntes são geralmente menores que aqueles encontrados nos solos. Os valores orientadores de arsênio para solos com intervenção da agricultura é de 35 mg.kg⁻¹ e residencial 55 mg.kg⁻¹, e para água subterrânea 10µg.L⁻¹.

A exposição crônica ao arsênio afeta particularmente a pele, membranas mucosas, sistema nervoso, medula óssea, fígado e coração. Os sintomas mais comuns da toxicidade crônica do arsênio são conjuntivites, melanomas, despigmentação, queratose e hiperqueratose.

1.6.3 Cádmio

O cádmio é um metal pesado que produz efeitos tóxicos nos organismos vivos, mesmo em concentrações muito pequenas. É um metal raro que é mais facilmente encontrado em ambientes aquáticos e possui a propriedade de ser insolúvel, por isso se acumula nas gramíneas, em aves, gados, cavalos e no organismo humano. O cádmio também contamina o ar quando se fundem rochas para extrair zinco, cobre ou chumbo. Trabalhar ou viver à proximidade de uma destas fontes contaminantes pode resultar numa exposição significativa ao cádmio. Ele entra na corrente sanguínea por absorção no estômago ou nos intestinos logo após a ingestão do alimento ou da água, ou por absorção nos pulmões após a inalação. Uma quantidade mínima de cádmio entra no corpo através da pele. Usualmente o sangue só absorve aproximadamente 1 a 5% do cádmio ingerido por via oral, entretanto é absorvido de 30 a 50% quando inalado.

Como descrito acima, o metal é muito tóxico mesmo em concentrações muito pequenas. Portanto, como pode ser visto na Tabela 1, ele é o elemento que apresenta valores orientadores mais baixos, com intervenção de solos agrícolas de 3 mg.kg⁻¹ e solos residenciais de 8mg.kg⁻¹.

Alguns órgãos vitais são alvos da toxicidade do cádmio. Em organismos intensamente expostos, o cádmio ocasiona graves enfermidades ao atuar sobre estes órgãos. Existem atualmente algumas descrições de possíveis mecanismos de toxicidade do cádmio, entretanto, o modo real pelo qual este elemento age como agente tóxico tem sido pouco estudado.

As doenças causadas pela toxicidade do cádmio são enfisema pulmonar, hipertensão arterial, doenças renais, fibrose e edema pulmonar, anemia, diminuição da testosterona,

diminuição da produção de anticorpos. Os sintomas consistem em diminuição da temperatura corporal, hiperatividade, náuseas, vômitos, cólicas abdominais, diarreia, perda de dentes, dores articulares.

1.6.4 Mercúrio

O mercúrio é um metal muito perigoso quando entra em contato com o organismo do homem. Ele é o único metal que é líquido a temperatura ambiente tendo ponto de fusão de 38,87 graus Celsius negativos, e ponto de ebulição de 356,58 graus Celsius. Este metal líquido prateado é muito denso, e ainda possui uma tensão superficial alta o bastante para fazer com que seja capaz de formar pequenas esferas perfeitas nas rochas e minerais onde é encontrado.

Ele dissolve facilmente o ouro, a prata, o chumbo e metais alcalinos, formando ligas relativamente consistentes conhecidas como amálgamas. Portanto, ele é utilizado em minerações auríferas, pois reage com o ouro formando a amálgama, que então pode ser facilmente separado do ouro por ter grau de fusão baixo, deixando o ouro precipitado no fundo do recipiente.

A contaminação pelo mercúrio pode dar-se através do seu contato com a pele e da inalação do vapor de mercúrio. Também, quando o metal entra em contato com um curso de água, parte deste se volatiliza na atmosfera e depois torna a cair, em seu estado original com as chuvas. A outra parte é absorvida pelas plantas e animais aquáticos, que ao estar na cadeia alimentar, acaba contaminando outros seres. Os valores orientadores de solos para o mercúrio são de 12 mg.kg⁻¹ para intervenção agrícola e 36 mg.kg⁻¹ para intervenção residencial.

Os sintomas para alguém que se contaminou com mercúrio são: dor de estômago, diarreia, tremores, depressão, ansiedade, gosto de metal na boca, dentes moles com inflamação e sangramento nas gengivas, insônia, falhas de memória e fraqueza muscular, nervosismo, mudanças de humor, agressividade, dificuldade de prestar atenção e até demência. No sistema nervoso, conforme a concentração, o produto tem efeitos desastrosos, podendo dar causa a lesões leves e até à vida vegetativa ou à morte.

1.6.5 Cobre

O cobre é um dos poucos metais que ocorrem na natureza em estado puro. É um elemento químico metálico, vermelho-amarelado, de símbolo Cu (do latim cuprum), tem densidade 8,9 e funde-se a 1.084° C. Na antiguidade era considerado precioso, embora de

menor valor que o ouro e a prata. A simplicidade de seu tratamento metalúrgico permitiu uma produção elevada já antes do quarto milênio anterior à era cristã.

Historicamente, o cobre e seus compostos foram utilizados na medicina pelo a 400 A.C., segundo MASON, 1979 *apud* LINDH, U. 2005, onde muitos de seus compostos foram utilizados para tratar várias doenças, principalmente durante o século XIX. Para LINDER & HAZEGH-AZAM, 1996 *apud* LINDH, U. 2005, o cobre é um elemento traço importante para a sobrevivência de todos organismos, desde as células bacterianas até humanos. A principal característica desse elemento é de ser o único que contém a habilidade de adotar os estados distintos oxi-redução, como redutor [Cu(I)] e oxidante [Cu(II)], e conseqüentemente a isso, seus íons servem como um grande co-fator na química de oxi-redução para as proteínas que carregam as funções biológicas (LINDH, U. 2005), estabilizando a conectividade das matrizes dos tecidos do corpo humano, mantendo o ferro no estado ferroso (Fe^{+2}), sintetizando neurotransmissores, pigmentando cabelo e pele, auxiliando na competência imune e, protegendo o corpo de espécies reativas com oxigênio.

A homeostasia de cobre (propriedade que os seres vivos têm de regular seu ambiente interno de modo a manter uma condição estável) é efeito do nível de absorção entérica. É absorvido por difusão facilitada e transportado para o fígado onde é re-secretado pela borda do plasma para a cerúleo¹. O elemento é excretado pela bile; pequenas quantidades são eliminadas pela urina (COMBS JR., G. F., 2005).

Os valores orientadores de cobre para solos com intervenção da agricultura é de 200 mg.kg^{-1} e residencial 400 mg.kg^{-1} .

A deficiência do cobre é manifestada como hipocromia, anemia normocítica e macrocítica, anomalia óssea assemelhando-se com osteoporose ou escorbuto, aumento de susceptibilidade à infecções e crescimento escasso. A ingestão de grandes quantidades de cobre pode causar náuseas. Quantidades crônicas podem causar cirrose hepática.

1.6.6 Zinco

O zinco é um metal de cor branco-azulada, forma cristalina hexagonal compacta, encontrado na natureza principalmente sob a forma de sulfetos, associado ao chumbo, cobre, prata e ferro (galena, calcopirita, argentita e pirita, dentre outros), e ocorre em todo o meio ambiente (ar, água e solo).

¹ O Cerúleo é a estrutura cerebral com a maior densidade de neurônios noradrenérgicos e seu papel é fundamental no desencadeamento de respostas ao estresse, às reações de fuga e ao aparecimento bem como na intensidade de muitos sintomas dos quadros de crises abstinência de substâncias causadoras de dependência. O Cerúleo é também fundamental na fisiologia do sono e no início e manutenção do sono REM.)

No corpo humano, que contém de 2 a 2,5 gramas de zinco (55% nos músculos, 30% nos ossos e o resto distribuídos em outros tecidos, segundo COMBS JR., G. F., 2005), é essencial para o bom funcionamento dos sistemas imunológico, digestivos de 300 enzimas no corpo humano necessitam do zinco para o seu correto metabolismo. Os valores orientadores de zinco para solos com intervenção da agricultura é de 450 mg.kg⁻¹ e residencial 1000 mg.kg⁻¹.

A deficiência de zinco é manifestada como perdas nas atividades de pelo menos algumas de suas enzimas (ex., fosfatos alcalinos), embora a conexão direta entre algumas perdas e manifestação de deficiência de zinco não pode ser estabelecida. É caracterizada por crescimento escasso e nanismo, anorexia, diarreia, diminuição do desenvolvimento testicular, enfraquecimento da função imunizadora e também pode aumentar o risco de osteoporose (COMBS JR., G. F., 2005). A exposição crônica pode reduzir a função imunizadora e o colesterol HDL.

1.6.7 Prata

A prata cristaliza no sistema cúbico (como o ouro), e seus cristais podem ser cubos, dodecaedros ou octaedros. Entretanto, eles são raros, e o mineral é geralmente acicular, fibroso, dendrítico ou irregular. Tem cor cinza (prateada), inclusive quando em pó. Não tem clivagem. Sua dureza é baixa (2,5 a 3,0) e a densidade alta (10,50), mas muito inferior à do ouro. Possui intenso brilho metálico, que enfraquece se o ar contiver enxofre, o que geralmente ocorre nas cidades. O metal é muito dúctil e maleável, que melhor conduz o calor e a eletricidade, sendo seu ponto de fusão 960°C. Forma 129 minerais, sendo extraída de muitos deles, como pirargirita, argentita, acantita, cerargirita, galena argentífera (mineral refinado na usina de chumbo), stromeyerita, tetraedrita, pearceíta, proustita, stephanita, tennantita, polibasita, silvanita e prata nativa. A maior parte da prata é um subproduto da mineração de chumbo e está frequentemente associada ao cobre. Os valores orientadores de prata para solos com intervenção da agricultura é de 25 mg.kg⁻¹ e residencial 50 mg.kg⁻¹, e para água subterrânea 10µg.L⁻¹. A primeira evidência do excesso de prata no organismo é a coloração cinza azulada permanente da pele, mucosas e olhos. Grandes doses de prata podem ser fatais, segundo o site http://www.springway.com.br/agua_contaminacao_fisico.htm, acessado em 17 de outubro de 2009

2. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO

Os métodos e as etapas de trabalho utilizados foram:

- Revisão Bibliográfica em relação à Geologia Regional da área e aos levantamentos geoquímicos ambientais já realizados no Vale do Ribeira;
- Confecção do Mapa Topográfico 1:10.000 (folhas U-10 e V-10), DAEE 1957, que serviu de base para a coleta de sedimentos de corrente, podendo ser observado no ANEXO I;
- Trabalho de campo, com duração de 10 dias, realizados em duas etapas, onde foi feito o mapeamento geológico e amostragens (sedimento de corrente, solo, escória e rocha);
- Análise dos dados pela SGS GEOSOL LABORATÓRIOS LTDA;
- Tratamento dos dados analisados (“Golden Software Surfer 8”, Microsoft EXCEL® e plataforma SIG);
- Descrição das lâminas;
- Confecção do Relatório Final.

2.1 Mapeamento Geológico

O mapeamento geológico, nesse trabalho, foi realizado com o objetivo de detalhar o Mapa Geológico Folha Apiaí (SG-22-X-B-V), escala 1:100.000 (Figura 6) para a escala 1:25.000, executado pela CPRM, sob a coordenação da geóloga Silvia Maria Mrais, no Programa Geologia do Brasil.

2.2 Amostragem

No início do mês de julho, foi realizado o trabalho de campo com duração de 7 dias na cidade de Apiaí. Foram coletadas 26 amostras de sedimento de corrente (mais 3 replicatas), 92 amostras de solo, 11 amostras do material industrial (escória de fundição de chumbo) e 11 amostras de rocha. Durante o mês de setembro, foi realizada a segunda etapa de campo, com duração de 4 dias, onde foi levantado mais 16 pontos para o mapeamento geológico.

2.2.1 Sedimento de Corrente

A coleta de sedimento de corrente foi realizada em conjunto com o técnico de Geoquímica Roylane Barbosa, da CPRM - Serviço Geológico do Brasil, com a ajuda de mais três estagiários da empresa. Todo o procedimento da amostragem e o preenchimento da ficha de campo (Figura 9), seguiram os padrões da CPRM.

FICHA DE CAMPO - AMOSTRA GEOQUÍMICA										FOLIO									
 Serviço Geológico do Brasil - CPRM PROJETO: _____ DATA: ____/____/____										1 - Elemento (ex: COARTE) 2 - Substância (ex: Sulfato) 3 - Substância (ex: Sulfato) 4 - Substância (ex: Sulfato) 5 - Substância (ex: Sulfato) 6 - Substância (ex: Sulfato) 7 - Substância (ex: Sulfato) 8 - Substância (ex: Sulfato) 9 - Substância (ex: Sulfato) 10 - Substância (ex: Sulfato)									
1 - Elemento (ex: COARTE) 2 - Substância (ex: Sulfato) 3 - Substância (ex: Sulfato) 4 - Substância (ex: Sulfato) 5 - Substância (ex: Sulfato) 6 - Substância (ex: Sulfato) 7 - Substância (ex: Sulfato) 8 - Substância (ex: Sulfato) 9 - Substância (ex: Sulfato) 10 - Substância (ex: Sulfato)										11 - Elemento (ex: COARTE) 12 - Substância (ex: Sulfato) 13 - Substância (ex: Sulfato) 14 - Substância (ex: Sulfato) 15 - Substância (ex: Sulfato) 16 - Substância (ex: Sulfato) 17 - Substância (ex: Sulfato) 18 - Substância (ex: Sulfato) 19 - Substância (ex: Sulfato) 20 - Substância (ex: Sulfato)									
21 - Elemento (ex: COARTE) 22 - Substância (ex: Sulfato) 23 - Substância (ex: Sulfato) 24 - Substância (ex: Sulfato) 25 - Substância (ex: Sulfato) 26 - Substância (ex: Sulfato) 27 - Substância (ex: Sulfato) 28 - Substância (ex: Sulfato) 29 - Substância (ex: Sulfato) 30 - Substância (ex: Sulfato)										31 - Elemento (ex: COARTE) 32 - Substância (ex: Sulfato) 33 - Substância (ex: Sulfato) 34 - Substância (ex: Sulfato) 35 - Substância (ex: Sulfato) 36 - Substância (ex: Sulfato) 37 - Substância (ex: Sulfato) 38 - Substância (ex: Sulfato) 39 - Substância (ex: Sulfato) 40 - Substância (ex: Sulfato)									
41 - Elemento (ex: COARTE) 42 - Substância (ex: Sulfato) 43 - Substância (ex: Sulfato) 44 - Substância (ex: Sulfato) 45 - Substância (ex: Sulfato) 46 - Substância (ex: Sulfato) 47 - Substância (ex: Sulfato) 48 - Substância (ex: Sulfato) 49 - Substância (ex: Sulfato) 50 - Substância (ex: Sulfato)										51 - Elemento (ex: COARTE) 52 - Substância (ex: Sulfato) 53 - Substância (ex: Sulfato) 54 - Substância (ex: Sulfato) 55 - Substância (ex: Sulfato) 56 - Substância (ex: Sulfato) 57 - Substância (ex: Sulfato) 58 - Substância (ex: Sulfato) 59 - Substância (ex: Sulfato) 60 - Substância (ex: Sulfato)									
61 - Elemento (ex: COARTE) 62 - Substância (ex: Sulfato) 63 - Substância (ex: Sulfato) 64 - Substância (ex: Sulfato) 65 - Substância (ex: Sulfato) 66 - Substância (ex: Sulfato) 67 - Substância (ex: Sulfato) 68 - Substância (ex: Sulfato) 69 - Substância (ex: Sulfato) 70 - Substância (ex: Sulfato)										71 - Elemento (ex: COARTE) 72 - Substância (ex: Sulfato) 73 - Substância (ex: Sulfato) 74 - Substância (ex: Sulfato) 75 - Substância (ex: Sulfato) 76 - Substância (ex: Sulfato) 77 - Substância (ex: Sulfato) 78 - Substância (ex: Sulfato) 79 - Substância (ex: Sulfato) 80 - Substância (ex: Sulfato)									
81 - Elemento (ex: COARTE) 82 - Substância (ex: Sulfato) 83 - Substância (ex: Sulfato) 84 - Substância (ex: Sulfato) 85 - Substância (ex: Sulfato) 86 - Substância (ex: Sulfato) 87 - Substância (ex: Sulfato) 88 - Substância (ex: Sulfato) 89 - Substância (ex: Sulfato) 90 - Substância (ex: Sulfato)										91 - Elemento (ex: COARTE) 92 - Substância (ex: Sulfato) 93 - Substância (ex: Sulfato) 94 - Substância (ex: Sulfato) 95 - Substância (ex: Sulfato) 96 - Substância (ex: Sulfato) 97 - Substância (ex: Sulfato) 98 - Substância (ex: Sulfato) 99 - Substância (ex: Sulfato) 100 - Substância (ex: Sulfato)									

Figura 9: Ficha de campo de amostra geoquímica, da CPRM – Serviço Geológico do Brasil, utilizada na coleta de sedimento de corrente.

Os sedimentos de correntes, cujas amostragens foram realizadas em uma área de 20 km², foram distribuídos da forma em que as drenagens fossem afetadas pelo:

- Área CIEM/CPRM;
- Área CIEM/CPRM mais residências ao redor;
- Área P. M. Morro do Ouro;
- Área P. M. Morro do Ouro mais residências ao redor;
- Lugar onde não estivesse afetado pelas áreas do CIEM/CPRM, P. M. Morro do Ouro e pelas residências;
- Residências, porém em bacia hidrográfica diferente das áreas citadas, representadas pelas amostras JM-S-12, JM-S-13 e JM-S-14 (A).

Essa distribuição pode ser observada no ANEXO I. (Bases Topográficas utilizadas: U10 e V10 – DAEE, 1957, escala 1:10.000).



Figuras 10 e 11: Fotografias mostrando a coleta do sedimento de corrente. À esquerda à jusante e a direita à montante (JM – S – 17).

A coleta foi realizada no leito ativo das drenagens (aluvião), abaixo do nível de água. A profundidade da amostragem é variável de acordo com a profundidade da drenagem, que estão especificadas no APÊNDICE A. As amostras foram formadas por várias alíquotas, tomadas aleatoriamente em aproximadamente dez metros ao longo dos cursos de água. Posteriormente, foram colocadas em uma bacia com peneira plásticas (Figuras 10 e 11), e depois homogeneizadas e quarteadas, acondicionando aproximadamente 1 kg e guardadas em sacos plásticos. As amostras de sedimento de corrente estão caracterizadas como JM – S – n (n igual ao número da amostra).

2.2.2 Solos



A coleta de solos foi realizada em conjunto com o técnico da UNESP/IGCE/DGA Alan de Oliveira, mais dois estagiários da CPRM. O local da amostragem era demarcado com estacas de madeira, e foi feita através de trado manual tipo “caneco”, lona e sacos plásticos para armazenar o material, com quantidades entre 1kg a 1,5 kg (Figura 12).

Figura 12: Técnica de amostragem utilizada para a coleta de solos, utilizando-se trado manual tipo “caneco” e lona.

2.2.2.1 Área CIEM/CPRM

Na área do CIEM/CPRM, foram feitas 8 linhas de solo, 2 furos mestres com 1,5m cada (JM – L – FMA e JM – L – FMB), e coletados 3 amostras de solo de aluvião. As linhas da área do CIEM/CPRM vão de H a O, dando sequência ao Morro do Ouro, pelo fato de não confundir nas análises.

De H a L, o malha da amostragem foi de 50 m x 25 m, com 5 furos em cada (com exceção da linha L, que tem 6 furos). De M a O, a amostragem foi feita numa malha de 50 m x 50 m, com 4 amostras para M e N e 3 amostras para O. A linha I foi introduzida entre as linhas H e J, com distância respectivamente de 30m e 20m, para cobrir área mais afetada pela Usina. As amostras foram retiradas numa profundidade de 0,40 m, com exceção dos furos mestres, que foram retirados em cada 0,25m. Ao total, foram coletadas 51 amostras do CIEM/CPRM, onde os dados coletados estão no APÊNDICE C.

2.2.2.2 Área P. M. Morro do Ouro

Na área do P. M. Morro do Ouro, foram feitas 7 linhas de solo (A até G), onde em cada linha havia 5 furos, com exceção da linha B e C, onde foram feitos 6 furos, com profundidade de amostragem de 0,30 m. No furo mestre (JM – L – FM), com o total de 1 metro de comprimento, a amostragem foi feita em 0,25 m. A malha não foi regular, sendo de 20 m x 10 m das linhas A a E e de 40 m x 10 m das linhas E a G. As linhas que estão com malha menor apresentam-se em cima da área afetada pelos tanques de cianetação. Ao total, foram retiradas 41 amostras de solo no Morro do Ouro, onde os dados coletados podem ser observados no apêndice B. Havia três tipos de relevo: o aluvião ao lado da drenagem, a parte plana, onde abriga as antigas construções, e o morro. A amostragem foi feita numa mesma profundidade para os três relevos (0,30 m), os horizontes de solo coletados são diferentes.

2.2.3 Materiais industriais (escórias)

Os materiais industriais (escórias da fundição de chumbo) foram coletados apenas na área do CIEM/CPRM, pois esses são ausentes na área do Morro do Ouro. A amostragem foi realizada manualmente. As escórias encontram-se espalhadas desde o portão de entrada do Centro de Estudos até a área da antiga usina onde, no total, foram coletadas 11 amostras, caracterizadas como JM – MI – n. O local com maior número de amostragem (JM – MI – 01 a JM – MI – 07 e JM – MI – 11) está bem próximo à Usina, e as amostras JM – MI – 08 a JM – MI – 10 estão localizadas nas proximidades das casas e da porteira, onde há uma maior

circulação de pessoas. Na Figura 13, é possível observar essas escórias, que podem estar cristalizadas no chão, ou jogadas como brita.



Figura 13: Fotografia mostrando o fluxo da escória cristalizada no chão, e também como brita.

2.2.4 Rochas

As amostras de rocha foram retiradas com martelo ou com marreta. Algumas delas foram coletadas junto aos sedimentos de corrente. As outras foram coletadas em grandes afloramentos, principalmente na área do CIEM/CPRM. Elas foram acondicionadas em sacos plásticos, entre 1 kg a 2 kg. As amostras de rocha estão caracterizadas como JM – R – n.

O intuito da primeira etapa de campo foi o reconhecimento geológico da área, onde foram coletadas as rochas mais representativas da região, totalizando-se em 11 amostras. Já na segunda etapa, foi realizado o adensamento dos pontos levantados nas áreas do CIEM/CPRM e P. M. Morro do Ouro, totalizando em 27 pontos. Dez amostras foram descritas microscopicamente, segundo Wernick, 2004.

2.2.5 Água

A amostragem de água não foi realizada devido ao tempo, pois o resultado da análise estaria pronto após o limite da data de entrega do trabalho de conclusão de curso. Também, antes de seguir para a segunda etapa de campo, haviam chegado os resultados dos solos e sedimento de corrente, onde já haviam acusado contaminação no local.

2.3 Análises

As amostras foram analisadas na SGS GEOSOL LABORATÓRIOS LTDA., situado em Vespasiano/MG. Para a preparação das amostras de sedimento de corrente e solo, foi realizado o seguinte procedimento: secagem da amostra a 60°C → peneiramento a 80# → pulverização de cerca de 30g da fração abaixo de 80#. Já na preparação das amostras de rocha (escórias), foi realizado o seguinte procedimento: secagem a 100°C → britagem 95% abaixo de 3mm, homogeneização → quarteamento → pulverização de cerca de 300g → abaixo de 150#.

Para a análise dos elementos maiores (óxidos) (ver tabela no ANEXO II), o método realizado foi por fusão com Metaborato de lítio, (ICP95A) com leitura feita por ICP – OES (espectômetro de emissão ótica). Para os elementos menores, dois métodos são utilizados: fusão com Metaborato de lítio/leitura por ICP-OES e ICP-MS (IMS95A) e por digestão com água régia/leitura por ICP-OES e ICP-MS (ICM 14 B). Nos elementos Terras – Raras é utilizado também o método de fusão com Metaborato de lítio/leitura por ICP-MS (IMS95R). O método de análise para os elementos traços foi por digestão com água régia/leitura por ICP-OES e ICP-MS (ICM 14B). Os códigos dos métodos estão explicados abaixo:

ICP95A	Fusão com Metaborato de Lítio / ICP – OES;
IMS95R	SGS-MN-ME-170 / 39724 2008 Ver.00 / Amostras de Exploração e Minerais: Fusão com Metaborato de Lítio-Terras Raras – ICPMS;
IMS95A	Elementos por Fusão com Metaborato de Lítio / ICP – OES;
ICM14B	SGS-MN-ME-179 / MAR-09 2009 Rev.00 / Amostras de Exploração Geoquímica: Digestão por Ácido Nítrico e Clorídrico – ICP-MS

A fusão com Metaborato de lítio dissolve todos os componentes maiores de uma amostra como todos os elementos traços. ICP95A é um pacote litológico que inclui elementos traços analisados via ICP-OES. Para os elementos traços, a mesma solução pode ser analisada via ICP-MS (espectroscopia de massa). O aparelho utilizado na leitura de ICP-OES foi “Optima 7300 ICP-OES Perkin Elmer Dupla Vista”, e para ICP-MS foi o “ICP Elan DRC II Perkin Elmer”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No ANEXO III poderá ser observado as tabelas com os valores de todos os elementos analisados na SGS GEOSOL LABORATÓRIOS LTDA, tanto para os sedimentos de corrente quanto para os solos e escórias. Para os elementos maiores, compreendem o Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, S e Ti, e para os elementos traços compreendem o Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Ge, Hf, Hf, In, La, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Re, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, U, V, W, Y, Zn e Zr. Para o material de fundição (escórias), os elementos analisados foram FeO, Al₂O₃, CaO, Cr₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, MgO, MnO, Na₂O, P₂O₅, SiO₂, TiO₂, LOI, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, W, Y, Zr, Ce, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Sm, Tb, Tm, Yb, Ag, As, Au, Bi, Cd, Co, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se e Zn. Estes elementos foram tratados estatisticamente no programa MICROSOFT EXCEL®, considerando MÁXIMO (retorna o valor máximo de um conjunto de argumentos), MÍNIMO (retorna o valor mínimo em um conjunto de valores), MÉDIA (retorna a média aritmética dos argumentos), DESVIO PADRÃO (calcula o desvio padrão a partir de uma amostra) e MEDIANA (retorna a mediana ou um número central de um determinado conjunto de números).

Os elementos que extrapolaram o limite superior reportável não foram considerados na análise estatística. Os que foram menores que o limite mínimo de detecção, foram considerados metade destes.

3.1 Sedimento de Corrente

3.1.1 Dados Gerais

Na Tabela A do Apêndice G, pode ser observados os valores de máxima, mínima, média, mediana e desvio padrão, dos elementos analisados, mas não estudados neste trabalho.

3.1.2 Principais elementos

Os valores de bacias empobrecidas, background, anômalos de terceira ordem, anômalos de primeira e segunda ordem e a média, utilizados para comparação com os dados analisados nesse trabalho, foram extraídos do levantamento geoquímico realizado durante a execução da Folha Apiaí (SG-22-X-B-V), como pode ser observado na Tabela 2. O mapa topográfico, com a localização dos pontos de amostragem e o valores dos principais elementos encontra-se no ANEXO I. Na Tabela 3 encontra-se o resultado das análises desses

elementos principais, que são Ag (ppb), As (ppm), Cd (ppm), Cu (ppm), Hg (ppb), Pb (ppm) e Zn (ppm). As amostras pertencem a uma mesma bacia hidrográfica, exceto as JM-S-12, JM-S-13 e JM-S-14 (A).

Tabela 3: Resultado das análises de Ag (ppb), As (ppm), Cd (ppm), Cu (ppm), Hg (ppb), Pb (ppm) e Zn (ppm) para as amostras de sedimento de corrente.

CAMPO	LONG	LAT	Ag	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
	UTM	UTM	ppb	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm
JM - S - 01	719310	7287651	30	12	0,04	35,4	50	11	46
JM - S - 02	719084	7286408	80	25	0,06	85,7	60	25,4	60
JM - S - 03	719193	7286622	90	24	0,07	49	40	26,5	38
JM - S - 04	719180	7286622	70	6	0,07	84,4	70	11,6	60
JM - S - 05	720111	7286550	30	28	0,04	19,1	40	8,4	32
JM - S - 06	720483	7286798	20	16	0,02	12,8	30	5,5	18
JM - S - 07	720968	7287716	50	22	0,07	81,6	40	18,4	28
JM - S - 07 - A	720968	7287716	30	13	0,05	49,1	30	12,6	21
JM - S - 08	719395	7285480	130	10	0,1	32,5	210	25,2	64
JM - S - 09	719399	7285452	20	3	0,12	29,3	50	12	44
JM - S - 10	719307	7285386	170	11	0,13	99,3	100	24,1	60
JM - S - 11	719466	7284894	120	9	0,13	61	100	25,2	57
JM - S - 12	718456	7284099	40	3	0,35	78,7	100	17,2	96
JM - S - 13	718403	7284091	40	1	0,16	56	50	10,2	85
JM - S - 14	718012	7283463	20	3	0,31	83,1	110	10,9	71
JM - S - 14 - A	718012	7283463	30	2	0,29	70,7	110	10,4	66
JM - S - 15	720069	7284273	10	0,5	0,14	35,2	30	7,8	37
JM - S - 16	720602	7284514	30	1	0,14	34,8	40	16,8	38
JM - S - 17	721273	7284256	30	1	0,23	81,9	50	17,1	48
JM - S - 17	721273	7284256	20	1	0,23	81,7	40	16,8	47
JM - S - 18	720003	7283976	20	2	0,14	42,1	40	19,1	59
JM - S - 19	719386	7284505	60	9	0,15	45,1	50	25,3	64
JM - S - 20	719300	7284198	150	19	0,24	70,9	110	135	145
JM - S - 21	719404	7283884	120	16	0,16	67	60	113	116
JM - S - 21 - A	719404	7283884	120	16	0,17	66,6	100	113	118
JM - S - 22	719532	7283710	20	2	0,06	32,6	60	7,6	25
JM - S - 23	719414	7283769	70	9	0,07	31,3	40	55,5	57
JM - S - 24	719450	7283434	230	63	0,35	84,2	80	222	251
JM - S - 25	719476	7283161	1000	212	1	91,1	70	680	585
JM - S - 26	719470	7284465	930	61	1,14	82,3	40	857	784
JM - S - 25	719476	7283161	1230	222	1,01	90,2	70	709	609
JM - S - 26	719470	7284465	1060	60	1,11	82,5	60	824	765

3.1.2.1 Arsênio

Os valores utilizados para o arsênio foram: bacias empobrecidas (<0,5 ppm), background (0,5 – 12,1 ppm), anômalos de terceira ordem (12,2 – 23,2 ppm), anômalos de primeira e segunda ordem (>23,2 ppm) e média (2,4 ppm). Das 32 análises, 17 estão no intervalo dos valores de background, 7 no intervalo dos anômalos de terceira ordem e 8 no intervalo dos anômalos de primeira e segunda ordem, vistos na Tabela 3. Como podem ser observados no Apêndice D (Figura D.1) e no ANEXO I, os maiores valores estão nas

drenagens que passam pelo P. M. Morro do Ouro (representados pelas amostras de JM-S-01 a JM-S-07) e logo após a Usina de Beneficiamento do CIEM/CPRM (a partir do JM-S-26).

Possui valor máximo de 222 ppm (JM-S-25), mínima de 0,5 ppm (JM-S-15) (menor que o limite de detecção, portanto considerou a metade de 1 ppm), média de 27,58 ppm, desvio padrão 52,56 e mediana 10,5 ppm.

3.1.2.2 Cádmio

Os valores utilizados para o cádmio foram: bacias empobrecidas (<0,03 ppm), background (0,03 – 0,08 ppm), anômalos de terceira ordem (0,09 – 0,15 ppm), anômalos de primeira e segunda ordem (>0,15 ppm) e média (0,05 ppm). Das 32 análises, 1 amostra está dentro do intervalo de bacias empobrecidas, 10 estão no intervalo dos valores de background, 8 no intervalo dos anômalos de terceira ordem e 13 no intervalo dos anômalos de primeira e segunda ordem, vistos na Tabela 3. Como podem ser observados no Apêndice D (Figura D.2) e no ANEXO I, os maiores valores de cádmio estão principalmente na drenagem que passa pela Usina de Beneficiamento do CIEM/CPRM, e em 3 drenagens que não foram afetadas diretamente pela Usina, como nos casos das amostras JM-S-12, JM-S-113, JM-S-14 e JM-S-17. Possui valor máximo de 1,14 ppm (JM-S-26), mínima de 0,02 ppm (JM-S-06), média de 0,26 ppm, desvio padrão 0,32 e mediana 0,14 ppm.

3.1.2.3 Chumbo

Os valores utilizados para o chumbo foram: bacias empobrecidas (<6,96 ppm), background (6,96 – 22,75 ppm), anômalos de terceira ordem (22,76 – 88,33 ppm), anômalos de primeira e segunda ordem (>88,33 ppm) e média (13,29 ppm). Das 32 análises, 1 amostra está dentro do intervalo de bacias empobrecidas, 16 estão no intervalo dos valores de background, 7 no intervalo dos anômalos de terceira ordem e 8 no intervalo dos anômalos de primeira e segunda ordem, vistos na Tabela 3. Como podem ser observados no Apêndice D (Figura D.3) e no ANEXO I, os maiores valores de chumbo estão principalmente na drenagem que passa pela Usina de Beneficiamento do CIEM/CPRM. Possui valor máximo de 857 ppm (JM-S-26), mínima de 5,5 ppm (JM-S-06), média de 127,3 ppm, desvio padrão 251,63 e mediana 18,75 ppm.

3.1.2.4 Cobre

Os valores utilizados para o cobre foram: bacias empobrecidas (<8,75 ppm), background (8,75 – 38,01 ppm), anômalos de terceira ordem (38,02 – 57,81 ppm), anômalos de primeira e segunda ordem (>57,81 ppm) e média (18,16 ppm). Das 32 análises, 9 estão no intervalo dos valores de background, 5 no intervalo dos anômalos de terceira ordem e 18 no intervalo dos anômalos de primeira e segunda ordem, vistos na Tabela 3. Como podem ser observados no Apêndice D (Figura D.4) e no ANEXO I, há vários locais com concentrações altas de cobre, como em drenagens afetadas pela Usina, Morro do Ouro, e em locais não contaminados por essas áreas, como a amostra JM-S-17, e nas amostras JM-S-13 e JM-S-14, que não pertencem à mesma bacia hidrográfica que as áreas estudadas. Possui valor máximo de 99,3 ppm (JM-S-10), mínima de 12,8 ppm (JM-S-06), média de 60,85 ppm, desvio padrão 24,56 e mediana 66,8 ppm.

3.1.2.5 Mercúrio

Os valores utilizados para o mercúrio foram: bacias empobrecidas (<16 ppb), background (16 – 34 ppb), anômalos de terceira ordem (35 – 48 ppb), anômalos de primeira e segunda ordem (>48 ppb) e média (23 ppb). Vale ressaltar que o resultado das análises para o mercúrio nesse trabalho tinha caráter ppm (parte por milhão). Para fins de comparações, esses valores foram transformados em ppb (parte por bilhão).

Das 32 análises, 3 estão no intervalo dos valores de background, 7 no intervalo dos anômalos de terceira ordem e 22 no intervalo dos anômalos de primeira e segunda ordem, vistos na Tabela 3. Como podem ser observados no Apêndice D (Figura D.5) e no ANEXO I, há vários locais com concentrações altas de mercúrio, como em drenagens afetadas pela Usina, Morro do Ouro, e em locais não contaminados por essas áreas, como as amostras JM-S-12, JM-S-13 e JM-S-14 (não pertencem à mesma bacia hidrográfica) mostram. Possui valor máximo de 210 ppb (JM-S-08), mínima de 30 ppb (JM-S-07A), média de 66,56 ppb, desvio padrão 36,86 e mediana 55 ppb.

3.1.2.6 Prata

Os valores utilizados para a prata foram: bacias empobrecidas (<13 ppb), background (13 – 53 ppb), anômalos de terceira ordem (54 – 158 ppb), anômalos de primeira e segunda ordem (>158 ppb) e média (26 ppb). Como o mercúrio, o resultado das análises tinha caráter

ppm (parte por milhão) e para fins de comparações, esses valores foram transformados em ppb (parte por bilhão).

Das 32 análises, 1 está no intervalo de bacias empobrecidas, 15 estão no intervalo dos valores de background, 10 no intervalo dos anômalos de terceira ordem e 6 no intervalo dos anômalos de primeira e segunda ordem, vistos na Tabela 3. Como podem ser observados no Apêndice D (Figura D.6) e no ANEXO I, o local que mais contém valor de prata é a drenagem afetada pela usina de chumbo, mas também há um ponto que indica que foi contaminado pelo P.M. Morro do Ouro. Possui valor máximo de 1230 ppb (JM-S-25), mínima de 10 ppb (JM-S-15), média de 189,68 ppb, desvio padrão 338,68 e mediana 55 ppb.

3.1.2.7 Zinco

Os valores utilizados para o zinco foram: bacias empobrecidas (<30,1 ppm), background (30,1 – 68,2 ppm), anômalos de terceira ordem (68,3 – 100,67 ppm), anômalos de primeira e segunda ordem (>100,7 ppm) e média (46 ppm). Das 32 análises, 4 estão no intervalo de bacias empobrecidas, 17 estão no intervalo dos valores de background, 3 no intervalo dos anômalos de terceira ordem e 8 no intervalo dos anômalos de primeira e segunda ordem, vistos na Tabela 3. Como podem ser observados no Apêndice D (Figura D.7) e no ANEXO I, os maiores valores estão na drenagem afetada pela Usina de Beneficiamento do CIEM/CPRM (a partir do JM-S-26).

3.2 Solos

3.2.1 Dados Gerais

3.2.1.1 CIEM/CPRM

Na Tabela B do Apêndice G, podem ser observados os valores de máxima, mínima, média, mediana e desvio padrão, dos elementos analisados, mas não estudados neste trabalho.

3.2.1.2 P. M. Morro do Ouro

Na Tabela C do Apêndice G, podem ser observados os valores de máxima, mínima, média, mediana e desvio padrão, dos elementos analisados, mas não estudados neste trabalho.

3.2.2 Principais elementos

Os resultados nesse trabalho foram dados em ppm, e os valores orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo, parâmetro a ser utilizado, são dados como mg/kg¹. Essas grandezas são iguais (1 ppm = 1 mg/kg¹).

Os mapas de superfície de tendência foram confeccionados pelo programa “Golden Software Surfer 8”, pelo método de gridding “Inverse Distance to a Power”.

3.2.2.1 CIEM/CPRM

Na área do CIEM/CPRM, há duas formações geológicas diferentes, o Metagabro Apiaí e a Fm. Gorutuba. Valores de background para a Fm. Gorutuba são de 0,07 ppm de Ag, 1,00 ppm de As, 0,005 ppm de Cd, 24,2 ppm de Cu, 0,005 ppm de Hg, 22,6 ppm de Pb e 20 ppm de Zn. Para o Metagabro de Apiaí, os valores são de 0,18 ppm de Ag, 6,00 ppm de As, 0,04 ppm de Cd, 74,2 ppm de Cu, 0,005 ppm de Hg, 52,3 ppm de Pb e 46 ppm de Zn. Esses resultados, em comparação aos valores orientadores da CETESB (Tabela 1), estão dentro dos VRQ, exceto Pb na Fm. Gorutuba e As, Cu e Pb no Metagabro Apiaí, que estão dentro do intervalo de valores de VP. Portanto, todos valores que estão acima dos VP indicam contaminação.

3.2.2.1.1 Arsênio

Comparando-se aos valores orientadores, apenas 4 amostras estão dentro da VRQ (Tabela 1), representadas por JM-L-M2, JM-L-M3, JM-L-N1 e JM-L-O2. Quatorze estão no intervalo de VP. As 35 amostras restantes consideram-se como solos contaminados. Os resultados das análises podem ser vistos na Tabela 4.

Na Figura E.1 do apêndice E, observa-se que as maiores concentrações de arsênio estão nas linhas de solo próximas às antigas construções da Usina (linhas H a J e AL). Na Tabela 4, observa-se também que as amostras que contém o número 1 e 5 apresentam menores valores (excluindo as linhas citadas próximas à Usina). Isso porque apresentam o relevo mais alto, onde não há presença de escórias. Além disso, estão situadas em um contexto geológico diferente, as amostras que finalizam em número 1 estão sobre a Fm. Gorutuba, e as amostras com final 5 estão sobre o Metagabro Apiaí. Isso equivale para todos os elementos a serem citados.

O valor máximo para o arsênio é de 5283 ppm (JM-L-J1) e o mínimo de 1 ppm (JM-L-O2). A média desses valores é 428,5 ppm, o desvio padrão 965,55 e a mediana 35 ppm.

3.2.2.1.2 Cádmio

Comparando-se aos valores orientadores, 23 amostras, para o cádmio, estão dentro da VRQ e 8 estão no intervalo de VP. As 22 restantes podem ser consideradas como solos contaminados. Os resultados das análises podem ser vistos na Tabela 4.

Observa-se também no Apêndice E (Figura E.2) que as maiores concentrações de cádmio estão nas linhas de solo próximas às antigas construções da Usina, ou seja, o padrão dos valores para o cádmio é o mesmo que do arsênio.

O valor máximo é de 146,73 ppm (JM-L-AL3) e o mínimo de 0,005 ppm (JM-L-O2). A média desses valores é 8,01 ppm, o desvio padrão 22,06 e a mediana 0,8 ppm.

3.2.2.1.3 Chumbo

Para o chumbo, nenhuma amostra apresenta-se no intervalo da VRQ e 12 estão no intervalo de VP, estas localizadas mais distantes da Usina. As restantes podem ser consideradas como solos contaminados. Onze amostras extrapolaram o limite superior reportável (>10000 ppm) que, obviamente, são as mais próximas da Usina. Os resultados das análises podem ser vistos na Tabela 4. A superfície de tendência do chumbo pode ser observada no Apêndice E (Figura E.3).

O valor máximo é de 9997 ppm (JM-L-K3) e o mínimo de 20 ppm (JM-L-M2). A média desses valores é 1097,14 ppm, o desvio padrão 2005,08 e a mediana 215 ppm.

3.2.2.1.4 Cobre

Para o cobre, apenas 2 amostras apresentam-se no intervalo da VRQ (JM-L-K1 e JM-L-O2). Nove estão no intervalo de VP, e estão localizadas mais distantes da Usina. As 42 restantes podem ser consideradas como solos contaminados. Os resultados das análises podem ser vistos na Tabela 4. A superfície de tendência do cobre pode ser observada no Apêndice E (Figura E.4).

O valor máximo é de 2591 ppm (JM-L-J4) e o mínimo de 5,5 ppm (JM-L-K2). A média desses valores é 589,43 ppm, o desvio padrão 589,43 e a mediana 109 ppm.

3.2.2.1.5 Mercúrio

Das 53 amostras analisadas, 48 estavam abaixo do limite de detecção (0,01 ppm), consideradas assim como 0,005 ppm. Estas estão dentro do intervalo de VRQ. As cinco restantes estão dentro da VP. Portanto, o solo não está contaminado por mercúrio. A superfície de tendência do chumbo pode ser observada no Apêndice E (Figura E.5).

O valor máximo é de 0,54 ppm (JM-L-AL3) e o mínimo de 0,005 ppm. A média desses valores é 0,03 ppm, o desvio padrão 0,11 e a mediana 0,005 ppm.

3.2.2.1.6 Prata

Das análises de prata, 12 amostras estão dentro do intervalo de VRQ, 17 estão dentro do intervalo de VP. Para o restante, pode considerar-se como solo contaminado. A superfície de tendência da prata pode ser observada no Apêndice E (Figura E.6).

O valor máximo é de 7,06 ppm (JM-L-H5) e o mínimo de 0,07 ppm (JM-L-O2). A média desses valores é 1,43 ppm, o desvio padrão 1,82 e a mediana 0,58 ppm.

3.2.2.1.7 Zinco

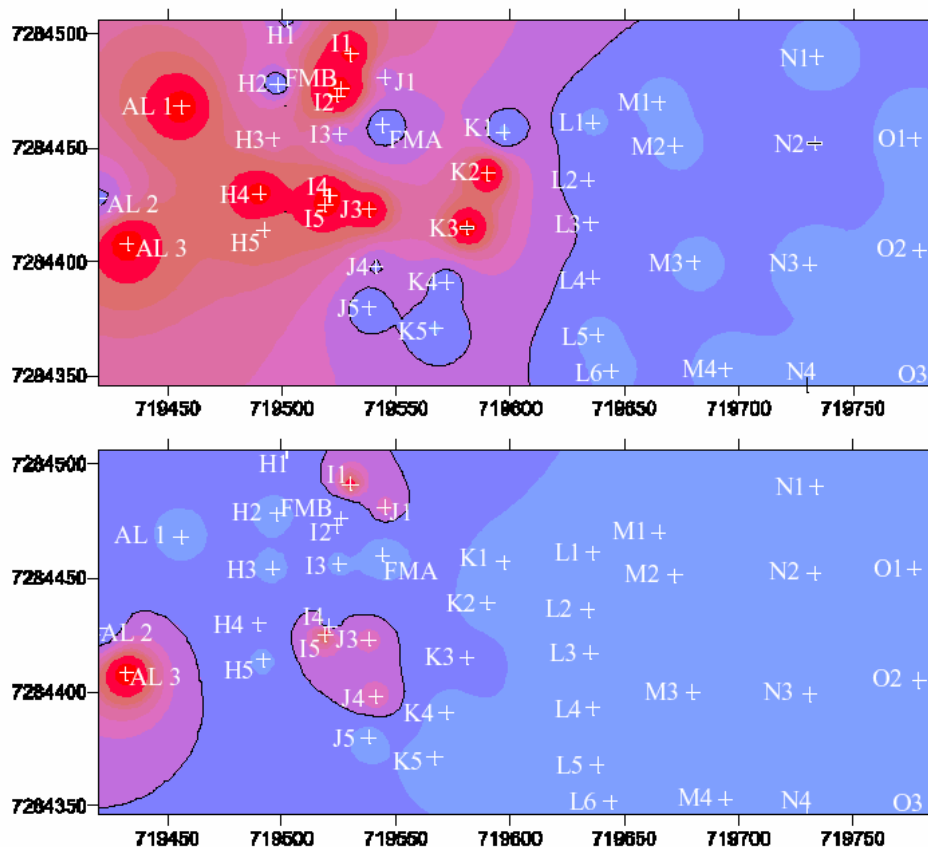
Para o zinco, 12 amostras estão dentro do intervalo de VRQ, 17 estão dentro do intervalo de VP. O restante pode considerar-se como solo contaminado. A superfície de tendência do zinco pode ser observada no Apêndice E (Figura E.7).

O valor máximo é de 8857 ppm (JM-L-I1) e o mínimo de 20 ppm (JM-L-O2). A média desses valores é 1056,15 ppm, o desvio padrão 2013,87 e a mediana 239,5 ppm.

Observa-se também, em todos os mapas de superfície de tendência, que as amostras que contêm uma maior concentração dos elementos são as que estão em cotas mais baixas, próximas ao curso d'água (como exemplo, a amostra JM-L-AL3). Isso pode significar que há uma mobilidade da contaminação, vindo das cotas mais altas para as mais baixas. Também, nas Figuras 14 e 15, observa-se dois padrões de distribuição dos elementos nos mapas de superfície de tendência. Na Figura 14, está o mapa de superfície de tendência geral para os elementos Ag e Pb, e na Figura 15 para os elementos As, Cd, Cu, Hg e Zn. Os elementos Ag e Pb possuem uma distribuição maior na área do CIEM/CPRM.

Tabela 4: Resultado das análises de Ag (ppm), As (ppm), Cd (ppm), Cu (ppm), Hg (ppm), Pb (ppm) e Zn (ppm) para as amostras de solos no CIEM/CPRM.

CAMPO	LONG	LAT	Ag ppm	As ppm	Cd ppm	Cu ppm	Hg ppm	Pb ppm	Zn ppm
JM – L – H1	719502	7284506	2	201	20,36	167	0,005	636	1408
JM – L – H2	719498	7284478	0,47	15	0,26	62,2	0,005	94,2	80
JM – L – H2	719496	7284454	0,46	15	0,24	60,1	0,005	91,2	79
JM – L – H3	719490	7284430	5,56	72	1,82	149	0,005	2365	390
JM – L – H4	719492	7284414	10	961	14,6	1619	0,005	>10000	1722
JM – L – H5	719530	7284491	7,06	353	9,24	196	0,005	2039	431
JM – L – I1	719524	7284473	10	3076	59,9	658	0,29	>10000	8857
JM – L – I2	719525	7284456	10	1551	9,83	1312	0,005	>10000	1910
JM – L – I3	719521	7284429	2,41	63	4,85	116	0,005	832	451
JM – L – I4	719519	7284425	10	263	2,07	306	0,005	4965	482
JM – L – I5	719545	7284481	10	2780	29,77	438	0,13	>10000	8377
JM – L – J1	719544	7284460	2,53	5283	18,19	1264	0,52	>10000	5311
JM – L – J3	719538	7284423	10	1693	27,12	2541	0,2	>10000	4898
JM – L – J4	719541	7284398	2,21	1701	0,36	2591	0,005	>10000	5163
JM – L – J5	719538	7284380	0,95	22	0,17	109	0,005	518	84
JM – L – K1	719597	7284457	0,47	10	0,25	86,5	0,005	166	53
JM – L – K2	719590	7284439	10	6	18,17	5,5	0,005	134	68
JM – L – K3	719581	7284415	10	227	11,39	340	0,005	9997	1581
JM – L – K4	719572	7284391	1,46	37	0,4	87,7	0,005	375	120
JM – L – K5	719567	7284371	0,71	13	0,35	61,3	0,005	203	66
JM – L – L1	719636	7284461	0,35	10	0,22	75	0,005	134	50
JM – L – L2	719634	7284436	1,68	52	0,8	119	0,005	601	239
JM – L – L2	719634	7284436	1,8	53	0,84	120	0,005	596	240
JM – L – L3	719635	7284417	2,42	29	0,37	72,4	0,005	985	200
JM – L – L4	719636	7284393	1,74	30	0,93	50,3	0,005	579	155
JM – L – L5	719638	7284368	0,17	7	0,08	50,3	0,005	33,4	42
JM – L – L6	719644	7284352	0,41	33	0,45	50,6	0,005	197	125
JM – L – M1	719665	7284470	0,13	7	0,06	64,3	0,005	33,2	32
JM – L – M2	719672	7284451	0,11	2	0,07	231	0,005	20	55
JM – L – M3	719680	7284400	0,2	2	0,005	41,9	0,005	29	43
JM – L – M4	719694	7284353	0,23	15	0,23	153	0,005	70,3	71
JM – L – N1	719734	7284490	0,08	3	0,03	55,8	0,005	23,7	28
JM – L – N2	719733	7284452	1,77	92	1,33	129	0,005	976	691
JM – L – N3	719731	7284399	0,21	6	0,07	54	0,005	54,5	49
JM – L – N4	719730	7284346	0,18	6	0,04	74,2	0,005	52,3	46
JM – L – O1	719777	7284454	0,09	4	0,03	35,7	0,005	29,7	24
JM – L – O2	719779	7284405	0,07	1	0,005	24,2	0,005	22,6	20
JM – L – O3	719784	7284346	0,21	9	0,11	102	0,005	45,2	31
JM – L – AL1	719456	7284468	10	241	0,77	1288	0,005	>10000	326
JM – L – AL2	719420	7284428	2,11	168	2,4	81,7	0,005	751	921
JM – L – AL3	719432	7284408	10	>10000	146,73	472	0,54	>10000	>10000
JM – L – FMA 0.25	719544	7284460	0,87	11	1,94	53,1	0,005	227	303
JM – L – FMA 0.50	719544	7284460	5,59	412	7,26	89,8	0,005	1855	2573
JM – L – FMA 0.75	719544	7284460	0,29	4	0,17	58,3	0,005	85,1	66
JM – L – FMA 1.0	719544	7284460	0,3	6	0,5	72	0,005	85,1	135
JM – L – FMA 1.25	719544	7284460	0,16	4	0,1	87,4	0,005	54,7	75
JM – L – FMA 1.5	719544	7284460	0,7	23	0,57	93,5	0,005	259	241
JM – L – FMB 0.25	719526	7284476	10	1352	14,87	1362	0,005	>10000	3911
JM – L – FMB 0.50	719526	7284476	10	192	3,2	352	0,005	6320	539
JM – L – FMB 0.75	719526	7284476	10	200	3,24	246	0,005	3304	588
JM – L – FMB 1.0	719526	7284476	10	274	1,98	255	0,005	4098	378
JM – L – FMB 1.25	719526	7284476	10	586	4,98	859	0,005	>10000	929
JM – L – FMB 1.5	719526	7284476	6,23	106	1,09	230	0,005	2144	263



Figuras 14 e 15: Mapas de superfície de tendência gerais no CIEM/CPRM. No primeiro, geral para os elementos Ag e Pb; no segundo, para os elementos As, Cd, Cu, Hg e Zn.

3.2.2.2 P. M. Morro do Ouro

Na área do P.M. Morro do Ouro, formação geológica é a Água Clara. Valores de background são de 0,06 ppm de Ag, 15 ppm de As, 0,04 ppm de Cd, 44,9 ppm de Cu, 0,005 ppm de Hg, 25,6 ppm de Pb e 35 ppm de Zn. Esses resultados, em comparação aos valores orientadores da CETESB (Tabela 1), estão dentro dos VRQ, exceto As, Cu e Pb, que estão dentro do intervalo de valores de VP. Portanto, todos valores que estão acima dos VP indicam contaminação.

3.2.2.2.1 Arsênio

Comparando-se aos valores orientadores, não há amostras dentro da VRQ e treze estão no intervalo de VP. O restante pode considerar-se como solo contaminado para arsênio. Os maiores valores estão concentrados nas amostras JM-L-E4 (Apêndice F (Figura F.1) e JM-L-FM 0,25 (primeiros vinte e cinco centímetros do Furo Mestre, retirado bem abaixo de um

tanque de cianetação, observado no Apêndice G – Figura G.1)). Os resultados das análises podem ser vistos na Tabela 5.

O valor máximo para o arsênio é de 69 ppm (JM-L-FM0,25) e o mínimo de 7 ppm (JM-L-G2). A média desses valores é 20,86 ppm, o desvio padrão 12,17 e a mediana 18 ppm.

3.2.2.2.2 Cádmio

Comparando-se aos valores orientadores, apenas uma amostra (JM-L-FM 0,25) está dentro do intervalo de VP pra cádmio. Todos os outros resultados estão dentro do VRQ. Portanto, não há contaminação de solo por cádmio no P. M. Morro do Ouro. O mapa de superfície de tendência do cádmio pode ser observando no Apêndice F (Figura F.2).

O valor máximo para o cádmio é de 0,7 ppm (JM-L-FM0,25) e o mínimo de 0,005 ppm. A média desses valores é 0,12 ppm, o desvio padrão 0,13 e a mediana 0,07 ppm.

3.2.2.2.3 Chumbo

Para o chumbo, apenas 1 amostra está dentro do intervalo de VRQ (JM-L-G1 replicata, e o valor da amostra coletada está dentro do VP). 33 amostras estão dentro do VP, e 9 estão determinando solo contaminado. Como pode ser observado no mapa de superfície de tendência (Apêndice F – Figura F.3), os maiores valores estão concentrados no centro, em torno da amostra JM-L-E4, e também nas profundidades de 0,25m a 0,75m do Furo Mestre.

O valor máximo para o chumbo é de 433 ppm (JM-L-FM0,25) e o mínimo de 13,6 ppm (JM-L-G1). A média desses valores é 57,26 ppm, o desvio padrão 66,99 e a mediana 36,9 ppm.

3.2.2.2.4 Cobre

Para o cobre, 10 amostras estão dentro do intervalo de VRQ (localizadas principalmente em todo Furo Mestre), 23 dentro do intervalo de VP, e as 10 restantes consideram-se como solo contaminado. Os maiores valores (419 ppm e 357 ppm), estão respectivamente nas amostras JM-L-C4 e JM-L-C5, que pode ser observado na Figura F.4, do Apêndice F.

O valor máximo para o cobre é de 419 ppm (JM-L-C4) e o mínimo de 10,1 ppm (JM-L-FM0,75). A média desses valores é 64,47 ppm, o desvio padrão 74,52 e a mediana 48,6 ppm.

3.2.2.2.5 Mercúrio

Trinta e cinco amostras para o mercúrio deram abaixo do limite de detecção (<0,01 ppm), e estão dentro do intervalo do VRQ. 4 amostras estão dentro do intervalo de VP, e 3 são consideradas como solos contaminados (JM-L-B4, JM-L-C4 e JM-L-C5), que podem ser vistas na Tabela 5 e na Figura F.5, do Apêndice F.

O valor máximo para o mercúrio é de 1,72 ppm (JM-L-C4) e o mínimo de 0,005 ppm. A média desses valores é 0,13 ppm, o desvio padrão 0,38 e a mediana 0,005 ppm.

3.2.2.2.6 Prata

Comparando-se aos valores orientadores, 30 amostras estão dentro da VRQ (Tabela 2), e 13 estão no intervalo de VP. Não há solo contaminado para a prata. Os resultados das análises podem ser vistos na Tabela 5.

O valor máximo para a prata é de 1,24 ppm (JM-L-B4) e o mínimo de 0,04 ppm (JM-L-E1). A média desses valores é 0,23 ppm, o desvio padrão 0,24 e a mediana 0,16 ppm.

3.2.2.2.7 Zinco

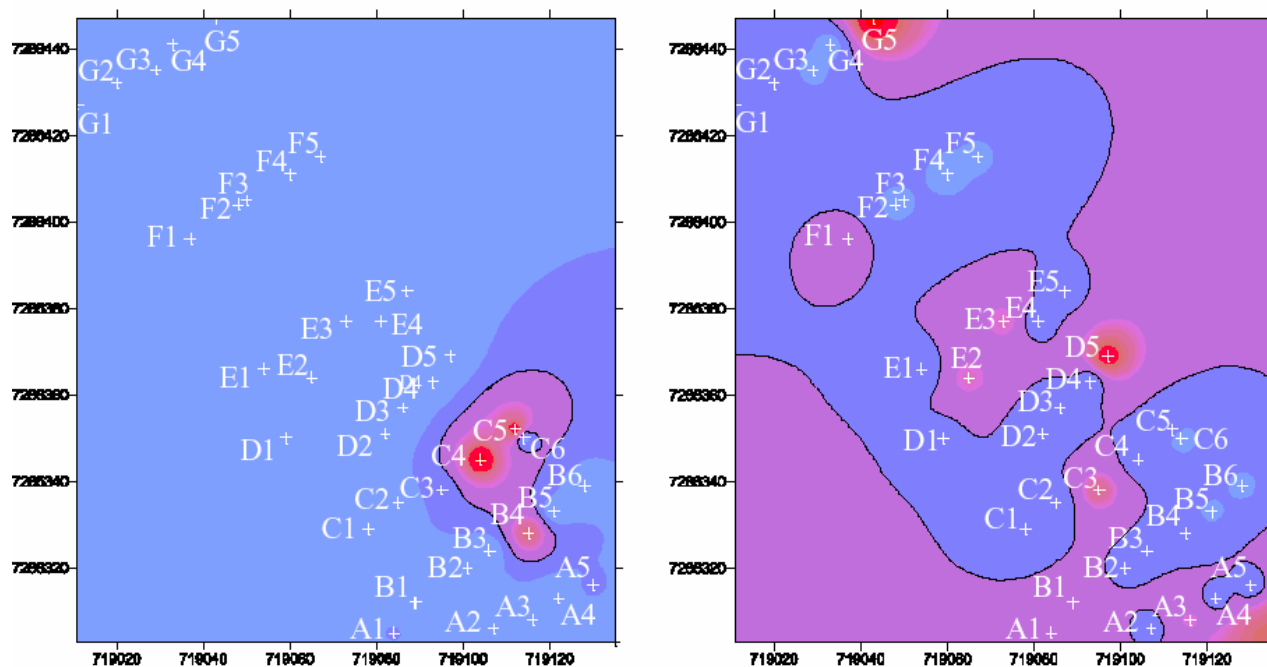
Para o zinco, 28 amostras estão dentro do intervalo de VRQ, e 15 estão dentro do intervalo de VP. Portanto, não há contaminação por zinco no solo do P. M. Morro do Ouro.

O valor máximo para o zinco é de 259 ppm (JM-L-FM0,25) e o mínimo de 19 ppm (JM-L-C6). A média desses valores é 61,72 ppm, o desvio padrão 46,00 e a mediana 48,00 ppm.

Observa-se também, em todos os mapas de superfície de tendência, que as amostras que contém uma maior concentração dos elementos são as que estão em cotas mais baixas, porém, diferentemente do CIEM/CPRM, essas contaminações são mais locais. Também, nas Figuras 16 e 17, observa-se dois padrões de distribuição dos elementos nos mapas de superfície de tendência. Na Figura 16, está o mapa de superfície de tendência geral para os elementos Cd e Zn, e na Figura 17 para os elementos Ag, Cu e Pb. Os elementos As e Hg tiveram um padrão mais particular de distribuição. Os elementos Ag, Cu e Pb possuem uma distribuição maior na área do P. M. Morro do Ouro.

Tabela 5: Resultado das análises de Ag (ppm), As (ppm), Cd (ppm), Cu (ppm), Hg (ppm), Pb (ppm) e Zn (ppm) para as amostras de solos no P. M. Morro do Ouro.

CAMPO	LONG	LAT	Ag	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
	UTM	UTM	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
JM – L – A1	719084	7286305	0,36	23	0,13	124	0,21	47,5	81
JM – L – A2	719107	7286306	0,13	14	0,07	56,5	0,005	32,3	49
JM – L – A3	719116	7286308	0,14	14	0,19	35,6	0,08	29,6	97
JM – L – A4	719122	7286313	0,34	17	0,06	36,6	0,005	47,2	49
JM – L – A5	719130	7286316	0,28	30	0,04	32,5	0,25	38,8	58
JM – L – B1	719089	7286312	0,16	19	0,13	53,9	0,005	40,6	70
JM – L – B2	719101	7286320	0,05	17	0,09	35,7	0,005	23,5	48
JM – L – B3	719106	7286324	0,28	19	0,07	50,4	0,005	31	60
JM – L – B4	719115	7286328	1,24	23	0,06	56,3	1,26	39,4	43
JM – L – B5	719121	7286333	0,11	22	0,02	27,6	0,005	23,9	25
JM – L – B6	719128	7286339	0,12	34	0,02	35,1	0,005	31,7	47
JM – L – C1	719078	7286329	0,13	22	0,04	59,7	0,005	32,7	35
JM – L – C2	719085	7286335	0,14	22	0,04	49,2	0,005	34	36
JM – L – C3	719095	7286338	0,21	15	0,27	71,1	0,24	37,8	137
JM – L – C4	719104	7286345	0,27	9	0,07	419	1,72	18,3	36
JM – L – C5	719112	7286352	0,36	9	0,06	347	1,53	20,8	24
JM – L – C6	719114	7286350	0,09	20	0,005	40,4	0,005	38,5	19
JM – L – D1	719059	7286350	0,12	12	0,08	52,4	0,005	32,5	41
JM – L – D2	719082	7286351	0,11	15	0,05	47,6	0,005	32,2	38
JM – L – D3	719086	7286357	0,09	15	0,05	48,6	0,005	32,4	37
JM – L – D4	719093	7286363	0,21	27	0,05	46,8	0,005	36,9	49
JM – L – D5	719097	7286369	0,32	32	0,4	67,2	0,005	105	145
JM – L – E1	719054	7286366	0,04	13	0,05	59,4	0,005	35,6	21
JM – L – E2	719065	7286364	0,21	20	0,21	89	0,005	44,1	94
JM – L – E3	719073	7286377	0,27	11	0,21	55,9	0,05	111	73
JM – L – E4	719081	7286377	0,11	61	0,06	81	0,005	116	72
JM – L – E5	719087	7286384	0,18	36	0,07	53,6	0,005	80,3	52
JM – L – F1	719037	7286396	0,16	21	0,14	62,2	0,005	49,6	73
JM – L – F2	719048	7286404	0,19	19	0,02	49	0,005	25,3	27
JM – L – F3	719050	7286405	0,06	15	0,04	44,9	0,005	25,6	35
JM – L – F4	719060	7286411	0,09	14	0,02	36,5	0,005	31,9	35
JM – L – F5	719067	7286415	0,1	12	0,03	43,4	0,005	21,7	30
JM – L – G1	719011	7286427	0,17	14	0,08	77	0,005	42,3	41
JM – L – G1	719011	7286427	0,05	18	0,07	31,3	0,005	13,6	28
JM – L – G2	719020	7286432	0,19	7	0,07	27,8	0,005	19,7	24
JM – L – G3	719029	7286435	0,09	10	0,02	36,8	0,005	37,6	20
JM – L – G4	719033	7286441	0,15	11	0,01	34,9	0,005	31,8	21
JM – L – G5	719043	7286447	0,2	16	0,45	80,1	0,005	104	129



Figuras 16 e 17: Mapas de superfície de tendência gerais. No primeiro, geral para os elementos Cd e Zn; no segundo, para os elementos Ag, Cu e Pb.

3.2.3 Furos Mestres

Esses furos têm como objetivo mostrar o comportamento dos metais pesados e arsênio ao longo do perfil do solo.

3.2.3.1 CIEM/CPRM

Foram realizados dois furos mestres na área do CIEM/CPRM, o JM-L-FMA e JM-L-FMB, situados respectivamente a 719544 E, 7284460 N e 719526 E, 7284476 N, com 1,5 m cada.

No JM-L-FMA (Figuras 18 e 19), o intervalo que apresentou maiores concentrações desses elementos foi o 0,50 m, com valores de 412 ppm de arsênio, 7,26 ppm de cádmio, 1855 ppm de chumbo, 89,8 ppm de cobre, 0,005 ppm de mercúrio, 5,59 ppm de prata e 2573 ppm de Zn. O elemento com maior estabilidade é o cobre. Esse solo é argiloso, de cor marrom esverdeado, e contém menos escórias que o intervalo de 0,25 m.

Até a profundidade de 1,5 m, o solo pode ser considerado dentro do VRQ para mercúrio e prata. Cádmio e zinco estão dentro do intervalo de VP. Para arsênio, cobre e chumbo, o solo está contaminado.

Já no JM-L-FMB (Figuras 20 e 21), o intervalo que apresentou maiores valores foi o de 0,25 m, com valores de 1352 ppm de arsênio, 14,87 ppm de cádmio, >10000 ppm de

chumbo, 1362 ppm de cobre, 0,005 ppm de mercúrio, 10 ppm de prata e 3911 ppm de Zn. A prata é o elemento com a maior estabilidade. Esse solo é argiloso, preto a marrom, com presença de matéria orgânica, raízes e escórias.

Até a profundidade de 1,5 m, o solo pode ser considerado dentro do VRQ para mercúrio. Cádmio e zinco estão dentro do intervalo de VP. Para arsênio, cobre, chumbo e prata, o solo está contaminado.



Figura 18: perfil do Furo Mestre JM-L-FMA, com valores dos elementos e as fotos realizadas durante a coleta para cada intervalo.

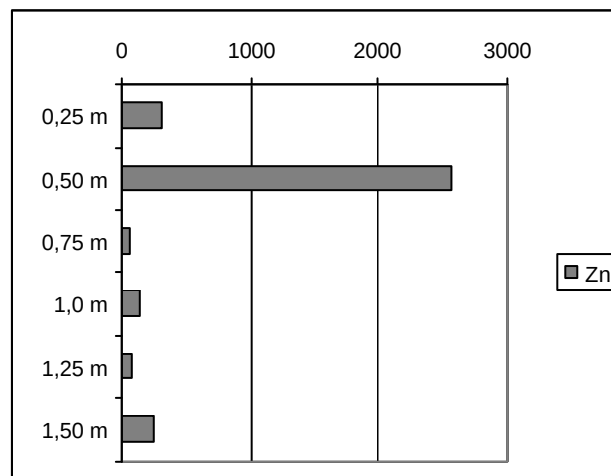
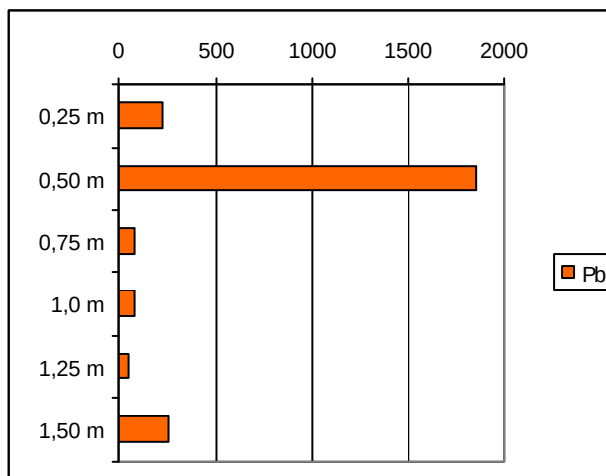
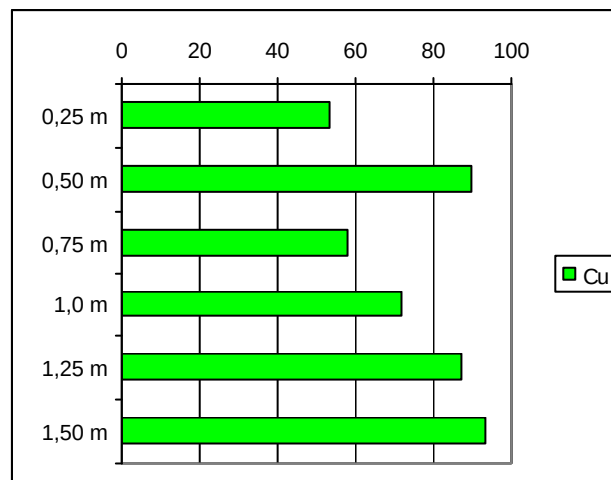
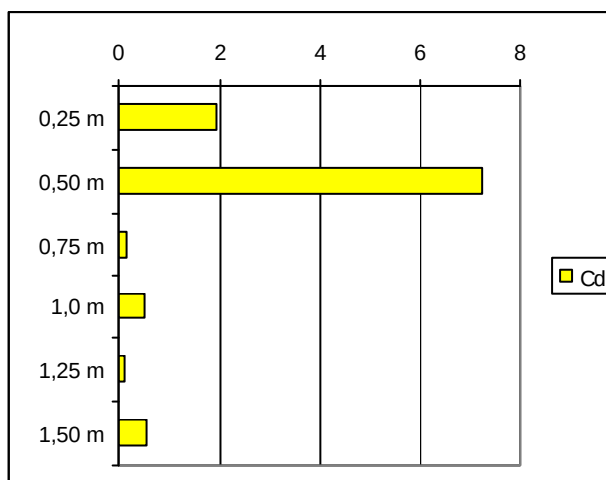
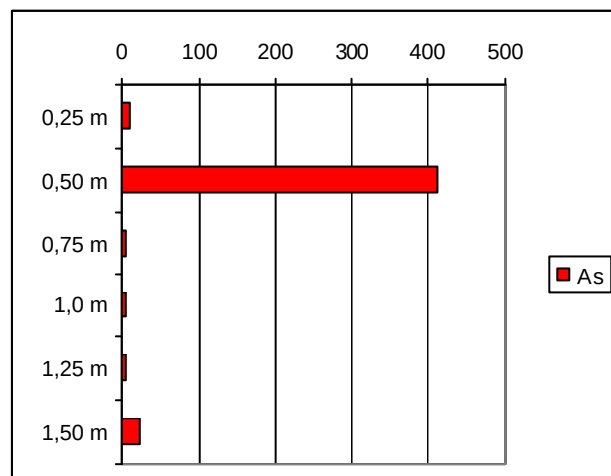
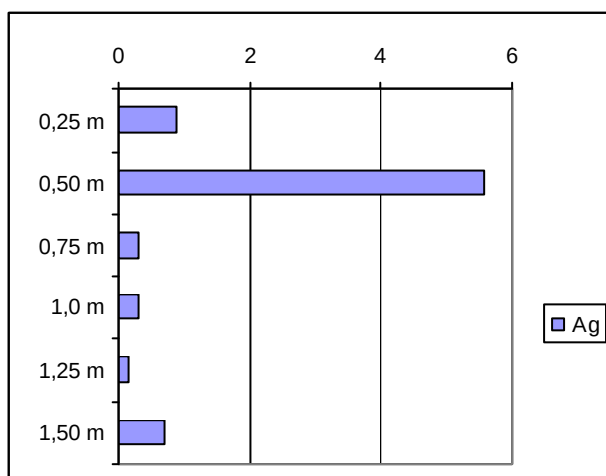


Figura 19: Gráficos em barra, indicando a concentração dos elementos para cada intervalo em JM-L-FMA.



Figura 20: perfil do Furo Mestre JM-L-FMB, com valores dos elementos e as fotos realizadas durante a coleta para cada intervalo.

Não é possível descrever o motivo das concentrações estarem maiores em diferentes profundidades em cada furo, sendo que ambos são bem próximos. Isso por que os dados coletados em campo não são suficientes para concluir a mobilidade diferente dos mesmos elementos, como pode ser observado nas Figuras 18 e 20.

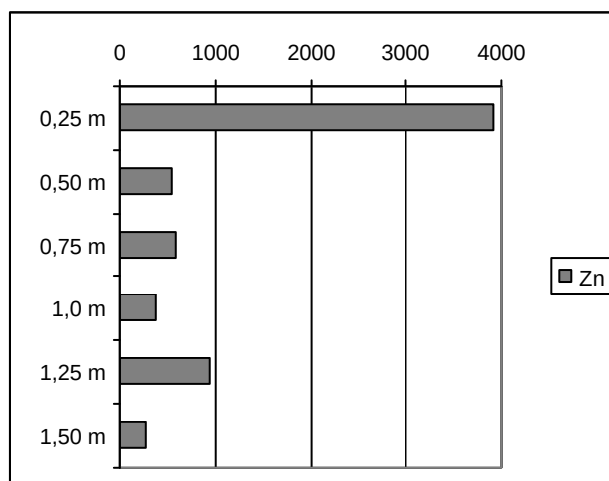
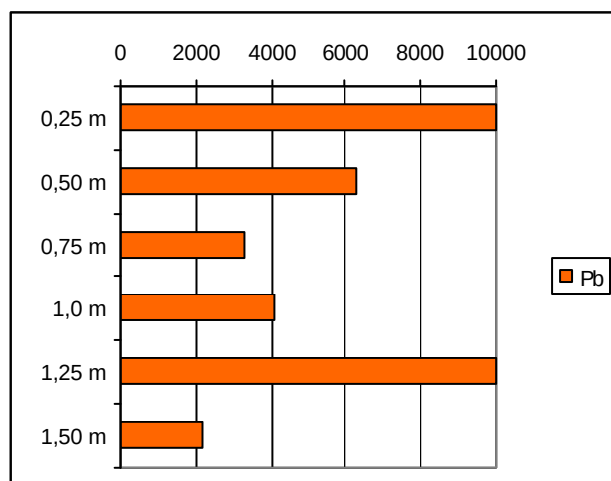
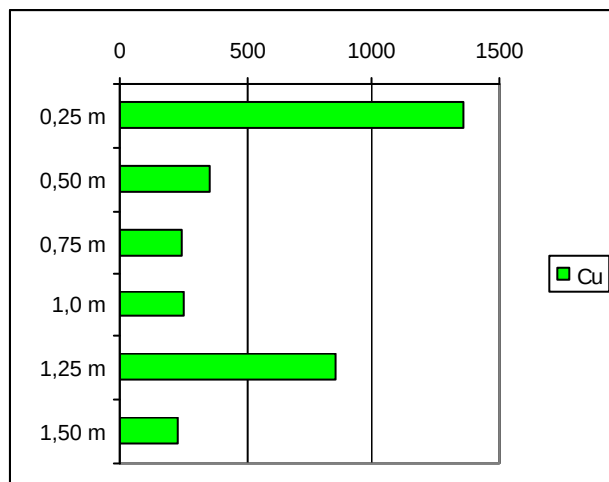
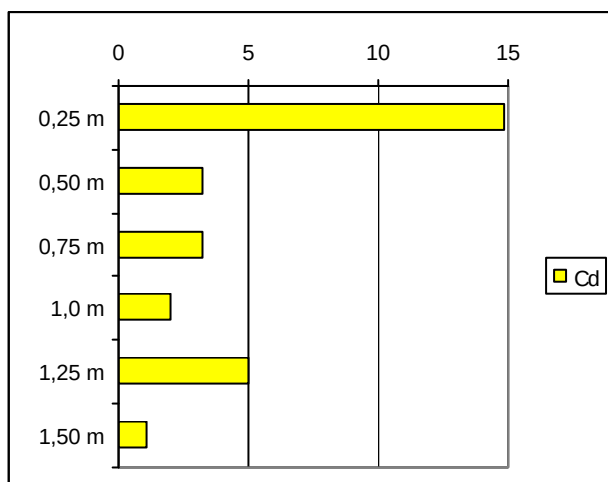
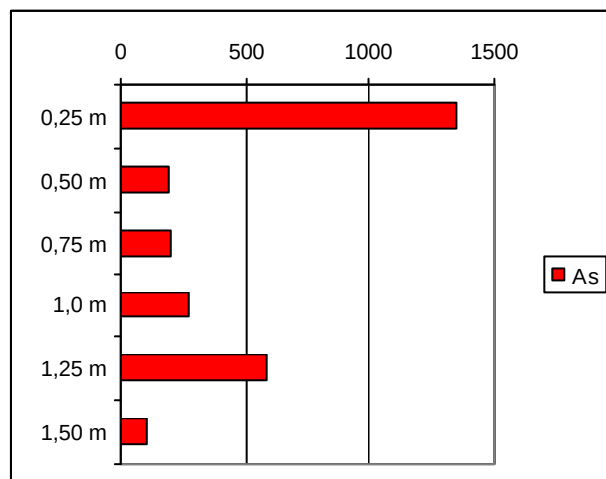
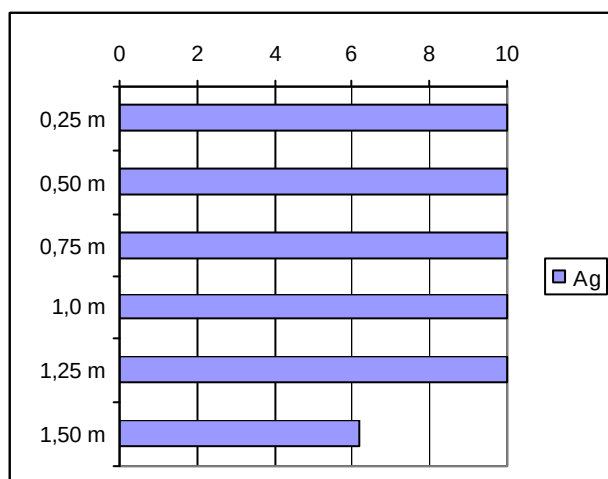


Figura 21: Gráficos em barra, indicando a concentração dos elementos para cada intervalo em JM-L-FMB.

3.2.3.2 P. M. Morro do Ouro

No P. M. Morro do Ouro foi realizado o Furo Mestre JM-L-FM (Figuras 22 e 23), situado a 719135 E, 7286303 N, com profundidade de 1,0 m. Essa amostragem foi realizada em um “túnel” abaixo de um dos tanques de cianetação.

O intervalo que apresentou maiores valores dos elementos foi o de 0,25 m, com valores de 69 ppm de arsênio, 0,7 ppm de cádmio, 433 ppm de chumbo, 31,5 ppm de cobre, 0,005 ppm de mercúrio, 1,18 ppm de prata e 259 ppm de Zn. O elemento com maior estabilidade é o cobre.

Até a profundidade de 1,0 m, o solo pode ser considerado dentro do VRQ para cádmio, cobre, mercúrio, prata e zinco. Para arsênio e chumbo, está dentro do intervalo de VP.

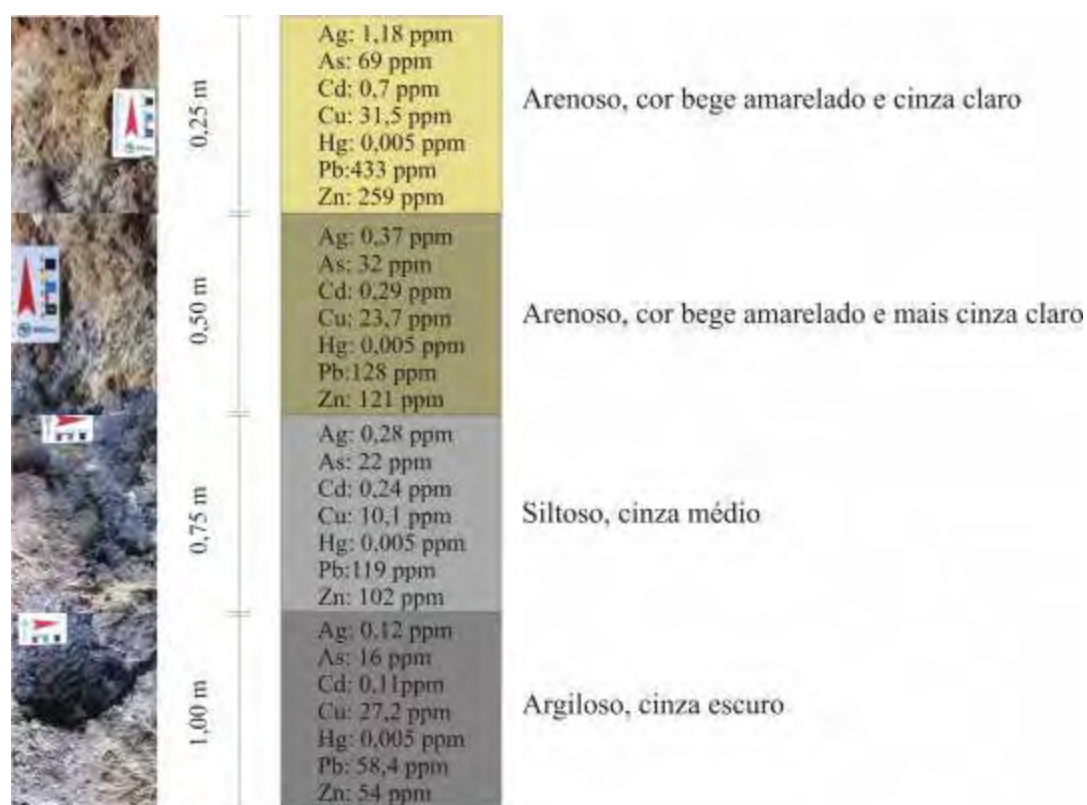


Figura 22: perfil do Furo Mestre JM-L-FM, com valores dos elementos e as fotos realizadas durante a coleta para cada intervalo.

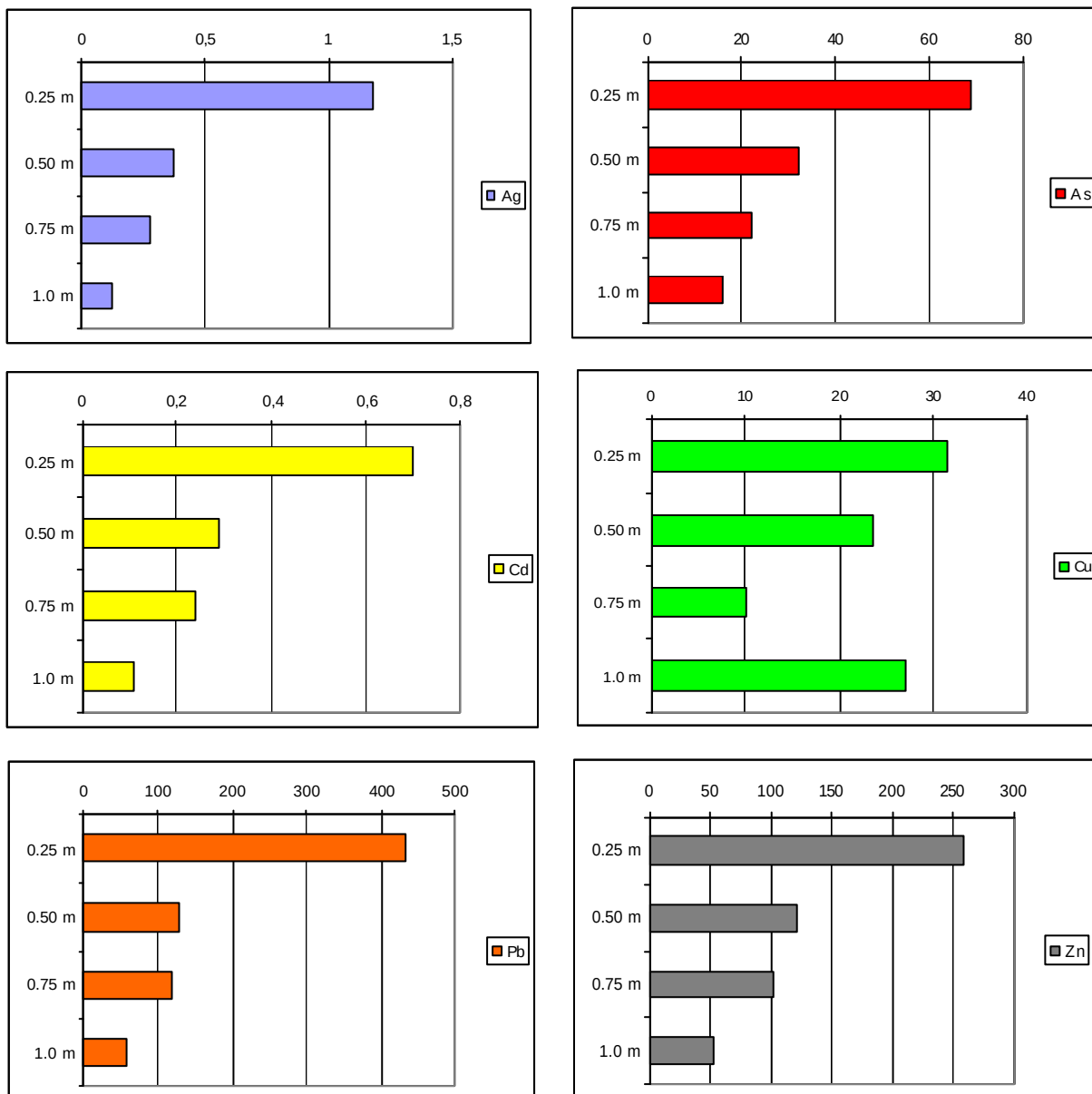


Figura 23: Gráficos em barra, indicando a concentração dos elementos para cada intervalo em JM-L-FM.

3.3 Material industrial

3.3.1 Dados Gerais

Na Tabela D do Apêndice G pode ser observados os valores de máxima, mínima, média, mediana e desvio padrão, dos elementos analisados, mas não estudados neste trabalho.

3.3.2 Principais elementos

3.3.2.1 Arsênio

Para o arsênio, somente a amostra JM-MI-06 extrapolou o limite superior reportável (>10000 ppm) (Tabela 6). Os valores para arsênio nos materiais industriais são no máximo 8621 ppm (JM-MI-02), mínimo de 114 ppm (JM-MI-07), média de 1792,5 ppm, desvio padrão 2530,7 e mediana 775 ppm.

3.3.2.2 Cádmio

Todos os valores de cádmio ficaram entre o limite mínimo e o superior reportável. A amostra JM-MI-06 foi a que apresentou teor mais alto desse elemento, chegando a alcançar um teor de 38,15 ppm, sendo que o segundo mais alto apresentou um teor de 8,92 ppm. Os valores para cádmio nos materiais industriais são no máximo 38,15 ppm (JM-MI-06), mínimo de 0,29 ppm (JM-MI-07), média de 6,68 ppm, desvio padrão 11,29 e mediana 1,12 ppm.

3.3.2.3 Chumbo

Das onze análises realizadas para materiais industriais, seis delas extrapolaram o limite superior reportável (>10000 ppm). Os valores para chumbo nos materiais industriais são no máximo 9846 ppm (JM-MI-04), mínimo de 1084 ppm (JM-MI-07), média de 5688,4 ppm, desvio padrão 3367,3 e mediana 5382 ppm.

3.3.2.4 Cobre

Para o cobre, apenas as amostras JM-MI-08 e JM-MI-11 ultrapassaram o limite superior reportável (>10000 ppm). Os valores para cobre nos materiais industriais são no máximo 9450 ppm (JM-MI-07), mínimo de 802 ppm (JM-MI-09), média de 3449,7 ppm, desvio padrão 3659,6 e mediana 1069 ppm.

3.3.2.5 Mercúrio

Todas as análises de mercúrio estão somente um pouco acima do limite mínimo de detecção (<0,01 ppm), chegando até a 0,04 ppm. Os valores para mercúrio nos materiais industriais são no máximo 0,04 ppm (JM-MI-04), mínimo de 0,02 ppm, média de 0,027 ppm, desvio padrão 0,009 e mediana 0,02 ppm.

3.3.2.6 Prata

Para a prata, apenas duas amostras (JM-MI-01 e JM-MI-07) não extrapolaram o limite superior reportável (>10 ppm). Os valores para prata nos materiais industriais são no máximo 4,3 ppm (JM-MI-01), mínimo de 2,79 ppm (JM-MI-07), média de 3,54 ppm, desvio padrão 1,06 e mediana 3,54 ppm.

3.3.2.7 Zinco

Para o zinco, apenas três amostras (JM-MI-04, JM-MI-07 e JM-MI-11) não extrapolaram o limite superior reportável (>10000 ppm). Os valores para zinco nos materiais industriais são no máximo 8621 ppm (JM-MI-04), mínimo de 775 ppm (JM-MI-07), média de 3786,6 ppm, desvio padrão 4288,6 e mediana 1964 ppm.

Tabela 6: Resultado das análises de Ag (ppm), As (ppm), Cd (ppm), Cu (ppm), Hg (ppm), Pb (ppm) e Zn (ppm) para as amostras de escórias no CIEM/CPRM..

CAMPO	LAT (UTM)	LONG (UTM)	Ag ppm	As ppm	Cd ppm	Cu ppm	Hg ppm	Pb ppm	Zn ppm
BRANCO_PREP			0,01	1	0,01	0,5	0,01	0,2	1
			<0,01	<1	0,03	2,3	0,01	1,3	<1
JM - MI - 01	7284469	719534	4,3	596	1	870	0,02	>10000	>10000
JM - MI - 02	7284451	719527	10	8621	7,33	946	0,02	>10000	>10000
JM - MI - 03	7284436	719525	10	305	0,97	1006	0,03	>10000	>10000
JM - MI - 04	7284465	719546	10	554	1,12	9109	0,04	9849	8621
JM - MI - 05	7284451	719567	10	2684	13,1	5787	0,03	>10000	>10000
JM - MI - 06	7284431	719599	10	>10000	38,15	2009	0,04	>10000	>10000
JM - MI - 07	7284426	719612	2,79	114	0,29	9450	0,02	1084	775
JM - MI - 08	7284404	719693	10	2007	8,92	>10000	0,04	>10000	>10000
JM - MI - 09	7284407	719721	10	869	1	802	0,02	7862	>10000
JM - MI - 10	7284422	719741	10	681	1,18	1069	0,02	5382	>10000
JM - MI - 11	7284398	719541	10	1494	0,47	>10000	0,02	4265	1964

3.4 Mapeamento Geológico

Para o mapeamento geológico, foram levantados 27 pontos (Tabela 7), onde 6 deles correspondem ao P.M. Morro do Ouro (Fm. Água Clara), e 21 pontos correspondem ao CIEM/CPRM (13 pontos de Metagabro Apiaí e 8 pontos de Fm. Gorutuba). Deste total, 11 amostras foram coletadas e em 10 foram realizadas análises de seção delgada, que pode ser observado no Apêndice H. A seguir, será descrito as litologias estudadas em campo:

3.4.1 Metagabro Apiaí

É a litologia que mais ocorre no CIEM/CPRM. Macroscopicamente, a cor da rocha varia de verde escura a preta, compacto, subfanerítico e granulação fina a média. Apresenta estruturas (Figura 24) e também feições de acebolamento (Figura 25), que são mais representativas nos afloramentos próximos ao contato com a Formação Gorutuba.



Figuras 24 e 25: Fotografias de afloramentos - Metagabro estruturado (JM-R-12) e com feições de acebolamento (JM-R-18).

Tabela 7: Pontos mapeados e suas respectivas formações.

SÍMBOLO	LONG (UTM)	LAT (UTM)	FORMAÇÃO
JM - R - 01	719193	7286662	Água Clara
JM - R - 02	720968	7287166	Água Clara
JM - R - 03	719466	7284894	Metagabro Apiaí
JM - R - 04	718715	7283979	Metagabro Apiaí
JM - R - 05	720003	7283976	Metagabro Apiaí
JM - R - 06	719450	7283434	Metagabro Apiaí
JM - R - 07	719730	7284340	Metagabro Apiaí
JM - R - 08	719782	7284354	Metagabro Apiaí
JM - R - 09	719669	7284367	Gorutuba
JM - R - 10	719689	7284520	Gorutuba
JM - R - 11	719363	7284491	Gorutuba
JM - R - 12	719695	7284307	Metagabro Apiaí
JM - R - 13	719685	7284246	Metagabro Apiaí
JM - R - 14	719695	7284284	Metagabro Apiaí
JM - R - 15	719715	7284282	Metagabro Apiaí
JM - R - 16	719729	7284261	Metagabro Apiaí
JM - R - 17	719787	7284264	Metagabro Apiaí
JM - R - 18	719743	7284305	Metagabro Apiaí
JM - R - 19	719640	7284420	Gorutuba
JM - R - 20	719618	7284318	Gorutuba
JM - R - 21	719535	7284333	Gorutuba
JM - R - 22	719603	7284471	Gorutuba
JM - R - 23	719320	7284439	Gorutuba
JM - R - 24	719187	7286586	Água Clara
JM - R - 25	719230	7286660	Água Clara
JM - R - 26	719283	7286741	Água Clara
JM - R - 27	719016	7286677	Água Clara

Microscopicamente, são observados dois tipos de textura: holocristalina/fanerítica e hipocristalina/subfanerítica, segundo as classificações de WERNICK, 2004 (Apêndice H). As holocristalina/faneríticas, compostas pelas lâminas JM-R-03 (Figura 26), JM-R-04, JM-R-05 e JM-R-06, são em geral compostas por plagioclásios de tamanhos muito fino a fino (0,03 mm a 2,5 mm), de forma principalmente tabular, mas também prismática e esquelética, contato sinuoso com os piroxênios, geminações albita e carlsbad (com um pouco de periclíneo), e composição variando de An50 a An70 (labradorita a bytownita). Os piroxênios são de tamanho pequeno a médio (0,1 mm a 5 mm), de forma granular (com algumas prismáticas preservadas) e alguns cristais estão sendo uralitizados. Ainda contêm opacos, e pouca presença de biotita e clorita.

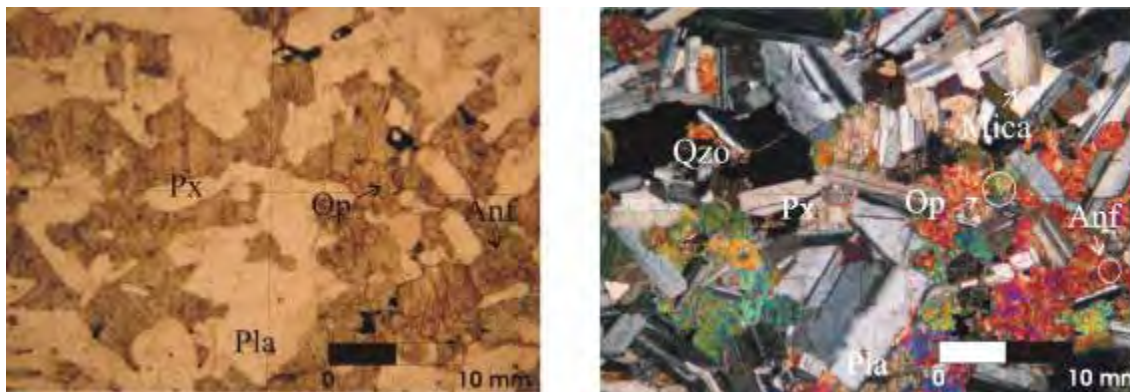


Figura 26: Foto micrografia da lâmina JM-R-03, onde se observa a textura holocristalina/fanerítica. Respectivamente, nicóis // (paralelos) e x (cruzados).

As hipocristalina/subfaneríticas, compostas pelas lâminas JM-R-07 e JM-R-08 (Figura 27), que próximas ao contato com a Fm. Gorutuba, possuem os plagioclásios saussoritizados, com hábitos esquelético e tabular, com tamanho muito fino a fino (0,01 mm a 0,9 mm), e geminação albita, periclíneo e carlsbad. Contatos sinuosos e retilíneos com outros cristais. Não foi possível verificar a composição devido ao grau de saussoritização dos cristais. Os piroxênios, de tamanho muito fino a fino, estão geralmente uralitizados, principalmente nas fraturas encontradas nas lâminas. Na lâmina JM-R-08 não contém piroxênio, pois já foi totalmente uralitizado para anfibólio. Os anfibólios estão como substitutos do piroxênio, mas também são encontrados de formas aciculares, dentro dos cristais de plagioclásio e carbonato (JM-R-08). Essas lâminas possuem aspecto milonitizado.

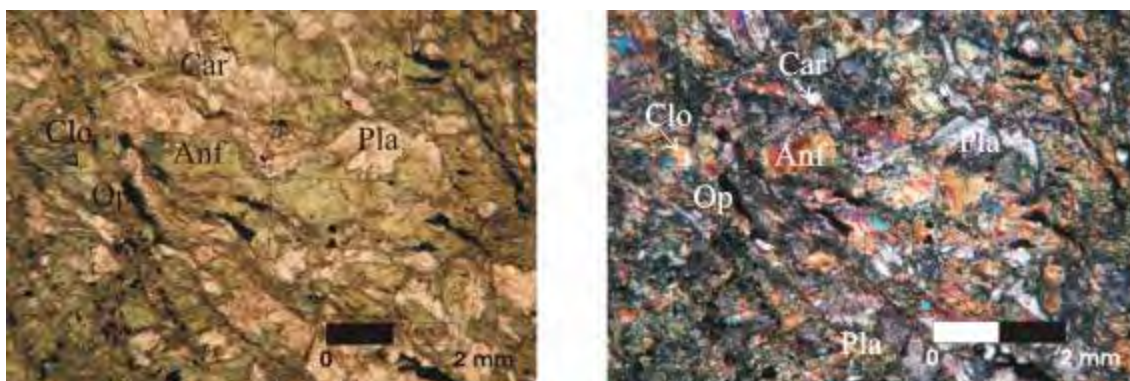


Figura 27: Foto micrografia da lâmina JM-R-08, onde observa-se a textura hipocristalina/subfanerítica e os minerais de alteração. Respectivamente, nicóis // (paralelos) e x (cruzados).

3.4.2 Formação Gorutuba

Observa-se, na Fm. Gorutuba, uma sequência de metarritimitos areno-síltico-carbonáticos, intercalados com xistos e metamargas, de cor amarela, roxo acizentado. É também caracterizado por conter várias dobras (Figura 28), e fraturamentos perpendiculares entre si (Figura 29).



Figuras 28 e 29: Fotografias de afloramentos da Fm. Gorutuba - onde respectivamente observa-se uma dobra (JM-R-19) e fraturamentos perpendiculares entre si (JM-R-23).

As lâminas estão com a granulação muito fina a densa, sendo difícil de descrevê-las. Na JM-R-09 (Figura 30), os grãos são um pouco maiores, onde pode observar grãos de quartzo, e um pouco de anfibólio e epidoto. Na JM-R-10, observa-se uma orientação dos cristais. Está oxidada ao longo da fratura presente na lâmina. A JM-R-11 apresenta-se um pouco oxidada, mas com a granulação muito densa.

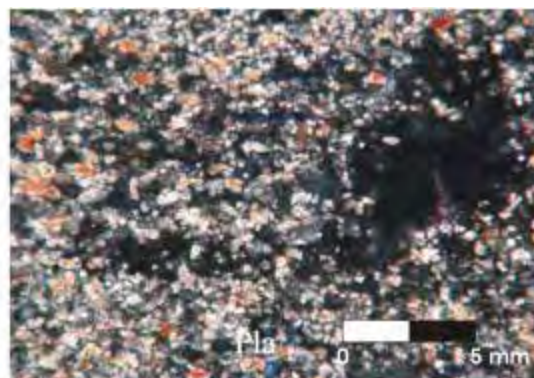


Figura 30: Foto micrografia da lâmina JM-R-09, com granulação muito fina a densa, onde é possível observar apenas cristais de quartzo, anfibólio e epidoto. Respectivamente, nicóis // e x .

3.4.3 Formação Água Clara

Para a Formação Água Clara, foram coletados Quartzo Muscovita Xisto, de cor lilás acinzentado e amarelo (Figuras 31 e 32), com estrutura bandada e textura xistosa, com intercalações de camadas pretas (possivelmente manganês). Também foi coletado veio de quartzo (JM – R – 02).



Figuras 31 e 32: Fotografias de afloramentos da Fm. Água Clara – quartzo muscovita xisto de cor vermelho - arroxeadado (JM-R-25) e dentro do túnel T15, mostrando a estrutura bandada, textura xistosa e coloração lilás acinzentado e amarelo, com intercalações de camadas pretas (possivelmente magnésio).

Microscopicamente, possui estrutura xistosa, de composição 50% quartzo, 40% muscovita, 5% de óxido de ferro e 5% de opacos. Os grãos de quartzo sofreram dissolução por pressão, devido ao contato retilíneo entre eles. As muscovitas estão em duas formas: em contato com o quartzo, formando um ângulo dihedral de 180° (Figura 33); e finas, como uma massa orientada e dobrada (Figura 34).

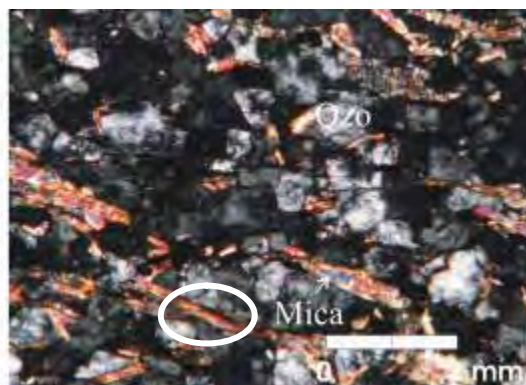


Figura 33: Foto micrografia da lâmina JM-R-01, mostrando o contato dihedral da muscovita com o quartzo (círculo branco), e também o contato retilíneo entre os quartzos (círculo vermelho). Respectivamente, nicóis // e x .

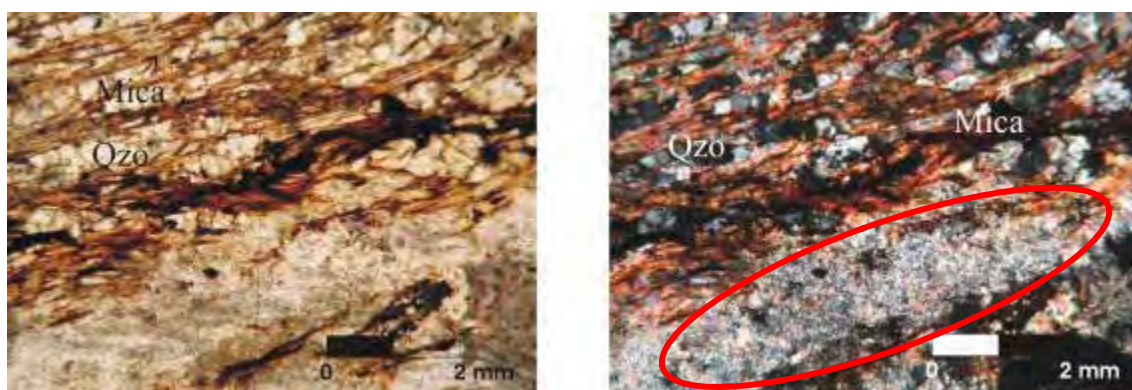


Figura 34: Foto micrografia da lâmina JM-R-01, mostrando a massa fina de muscovita (cículo vermelho). Respectivamente, nicóis // e x.

Por fim, como resultado do mapeamento geológico, foi confeccionado um mapa de escala de 1:25.000, tendo como base o mapa executado pela CPRM na escala 1:100.000, onde somente foi modificado o contato entre a Fm. Gorutuba e o Metagabro Apiaí, como pode ser visto no ANEXO IV.

4. CONCLUSÕES

No CIEM/CPRM ocorrem duas formações geológicas: Metagabro Apiaí, que constitui a maior área, e a Fm. Gorutuba. O Metagabro Apiaí apresenta-se, próximo ao contato com a Fm. Gorutuba, bem estruturado e alterado, mais finos e com feições miloníticas e de acebolamento, ao contrário dos que estão mais longe, que estão mais frescos, com grãos maiores e que não apresentam estruturações. A Fm. Gorutuba é uma sequência de metarritimitos areno-siltico-carbonáticos, intercalados com xistos e metamargas, de cor amarela, roxo acizentado, caracterizado por conter várias dobras e fraturamentos perpendiculares entre si.

Já no P. M. Morro do Ouro, a formação existente é Água Clara, responsável pela mineralização do ouro, que corresponde a uma sequência de quartzo muscovita xisto, que devido ao grau elevado de alteração apresenta coloração lilás acinzentado e amarela, com intercalações de camadas pretas (possivelmente manganês), e também grandes veios de quartzo.

Os resultados das análises deste estudo evidenciaram que as áreas do CIEM/CPRM e P. M. Morro do Ouro apresentam contaminação, porém em diferentes elementos e níveis de concentração.

As análises de sedimento de corrente não deixaram dúvida que a maior fonte poluidora dos elementos principais estudados é a antiga Usina do Calabouço (atualmente CIEM/CPRM). Todos eles possuem valores anômalos de terceira, segunda e primeira ordem. Porém, deve-se considerar que para os elementos mercúrio e prata, os valores em ppb foram calculados a partir dos resultados fornecidos pela GEOSOL, em ppm, portanto não são precisos. Além da Usina de Chumbo, o P. M. Morro do Ouro pode ser fonte de contaminação dos elementos arsênio e cobre. Alguns cursos d'água (extremo leste e oeste dos mapas do apêndice D), que não são afetadas por esses dois locais apresentaram contaminação para cádmio e cobre, principalmente no extremo leste onde a bacia hidrográfica é diferente das áreas estudadas, possivelmente os provocadores dessa poluição sejam os moradores das residências locais, já que foi encontrado muito lixo doméstico durante a amostragem.

Na área do CIEM/CPRM, de todos os elementos principais estudados, o solo só não apresentou contaminação para o mercúrio. Para os elementos arsênio, chumbo, prata e zinco, os valores chegaram a extrapolar o limite superior reportável (10 ppm para Ag e 10.000 ppm

para As, Pb e Zn), e isso indicou que houve uma influência muito forte das escórias nas análises. O espalhamento destas em praticamente todo o local fez aumentar a área de contaminação, a qual se apresenta em um nível muito alto, principalmente para arsênio, cádmio e chumbo. Estes elementos são considerados os três piores contaminantes, pois como não são essenciais aos seres vivos, são ruins em qualquer concentração. Em comparação aos dois Furos Mestres estudados no CIEM/CPRM, o intervalo que contém os maiores valores dos elementos principais é de 0,00 m a 0,25 m. Porém, até 1,5 m, ainda há contaminação no solo por arsênio, cobre, chumbo e prata.

Na área do P. M. Morro do Ouro não há contaminação de solo por cádmio, prata e zinco, mas deu positivo para mercúrio. Essa é uma diferença que ocorre entre as duas áreas estudadas. Ambas contém contaminação por arsênio, chumbo e cobre, porém o grau de concentração desses valores para o CIEM/CPRM é muito maior que a área do P. M. Morro do Ouro, onde nenhuma amostra extrapolou o limite máximo de detecção. Pela análise do Furo Mestre, o intervalo de 0,00 m a 0,25 m foi o qual contém os maiores valores dos elementos. Na profundidade de 1,0 m, não foi acusado mais nenhum tipo de contaminação. Em relação ao valor de background do arsênio, este é maior no P. M. Morro do Ouro do que no CIEM/CPRM, pois no Morro é está como fonte natural, devido à presença do ouro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. L. Desenvolvimento de feijão-de-porco [*Canavalia ensiformes* L. (D.C.)] na presença de chumbo. 2007. 111 f. Tese (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2007.

ARAÚJO, E. S. & MAIA, Y. L. M. Análise de Elemento Traço e de Metais na Bacia Hidrográfica do Rio Meia Ponte na Região Metropolitana de Goiânia. Estudos, Goiânia, v. 35, n. 11/12, p. 1241-1265. 2008.

CETESB. Valores Orientadores para solos e água subterrânea no Estado de São Paulo. Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf. Acessado em 6 jun de 2009.

CORSI, A. C. & LANDIM, P. M. B. Chumbo, zinco e cobre em sedimentos de corrente nos Ribeirões Grande, Perau e Canoas, e córrego Barrinha no Município de Adrianópolis (Vale do Ribeira, SP). Geociências, São Paulo, v. 22, n. especial, p. 49-61. 2003.

CORSI, A. C. Estudo da dispersão dos metais pesados em água e sedimentos de corrente a partir de mineralizações de Chumbo-Zinco-Prata: o exemplo das jazidas Canoas, Perau e Barrinha (Vale do Ribeira, SP). 1999. 139 f. Tese (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 1999.

COMBS, Jr. G. F. Geological Impacts on Nutrition. In: Olle Selinus; Brian Alloway; José A. Centeno; Robert B. Finkelman; Ron Fuge; Ulf Lindh; Pauline Smedley. (Org.). Essentials of Medical Geology – Impacts of the Natural Environment on Public Health. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2005, p. 161-178.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. (São Paulo, SP). In: MORAIS, S. M. (Coord). Mapa Geológico: Folha Apiaí (SG – 22 – X – B – V). São Paulo, 2009 (inédito). 1 mapa. Escala: 1:>100000.

CUNHA, F. G. Contaminação humana e ambiental por chumbo no Vale do Ribeira, nos estados de São Paulo e Paraná, Brasil. 2003. 111 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CUNHA, F. G., FIGUEIREDO, B. R., PAOLIELLO, M. M. B., De CAPITANI, E., M. Diagnóstico Ambiental e de Saúde Humana: contaminação por chumbo em Adrianópolis, no estado do Paraná, Brasil. In: Cássio Roberto da Silva; Bernardino Ribeiro de Figueiredo; Eduardo Mello De Capitani; Fernanda Gonçalves da Cunha. (Org.). Geologia Médica no Brasil. Rio de Janeiro: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2005, p. 97-103.

De CAPITANI, E., M., SAKUMA, A. M., FIGUEIREDO, B. R., PAOLIELLO, M. M. B., OKADA, I. A., OKURA, R. I. Exposição Humana ao Arsênio no Médio Vale do Ribeira, São Paulo, Brasil. In: Cássio Roberto da Silva; Bernardino Ribeiro de Figueiredo; Eduardo Mello De Capitani; Fernanda Gonçalves da Cunha. (Org.). Geologia Médica no Brasil. Rio de Janeiro: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2005, p. 82-87.

FIGUEIREDO, B. R. A contaminação ambiental e humana por chumbo no Vale do Ribeira (SP-PR). Revista Comciência, v. 71, p. 1-5, 2005.

FIGUEIREDO, B. R.; BORBA, R. P.; ANGÉLICA, R. S. Arsênio no Brasil e exposição humana. In: Cássio Roberto da Silva; Bernardino Ribeiro de Figueiredo; Eduardo Mello De Capitani; Fernanda Gonçalves da Cunha. (Org.). Geologia Médica no Brasil. Rio de Janeiro: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2005, p. 64-70.

FIGUEIREDO, B. R.; De CAPITANI, E. M. ; GITAHY, L. M. C . Exposição humana à contaminação por chumbo e arsênio no Vale do Ribeira (SP-PR). In: Segundo Encontro da ANPPAS, 2004, Indaiatuba. Papers CD-Rom. Campinas : ANPPAS, 2004.

GOMES, J. R. Doenças causadas por chumbo e seus compostos. Disponível em: <<http://www.geocities.com/Athens/Troy/8084/chumb.htm>>. Acesso em 5 jun 2009.

GOMES, J. R. Doenças causadas por arsênio e seus compostos. Disponível em: <<http://www.geocities.com/Athens/Troy/8084/arsenic.htm>>. Acesso em 5 jun 2009.

LINDH, U. Uptake of elements from a biological point of view. In: Olle Selinus; Brian Alloway; José A. Centeno; Robert B. Finkelman; Ron Fuge; Ulf Lindh; Pauline Smedley. (Org.). Essentials of Medical Geology – Impacts of the Natural Environment on Public Health. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2005, p. 87-114.

LOPES J., I, FIGUEIREDO, B. R., ENZWEILER, J., VENDEMIATTO, M. A. Chumbo e Arsênio nos sedimentos do Rio Ribeira do Iguape, SP/PR. In: Cássio Roberto da Silva; Bernardino Ribeiro de Figueiredo; Eduardo Mello De Capitani; Fernanda Gonçalves da Cunha. (Org.). Geologia Médica no Brasil. Rio de Janeiro: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2005, p. 88-96.

LUZ, R. C. Santo Antônio das Minas de Apiahy. São Paulo: Gráfica Regional, 1996. Disponível em <http://www.scudeler.com.br/regional/livros/pdf/Santo_Antonio_das_Minas_de_Apiahy.pdf>. Acesso em 24 mar. 2009.

MORETO, A. L. R. Características química, mineralógica e tecnológica dos filitos da Região de Itapeva-SP empregados na indústria de cerâmica. 2006. 96f. Tese (Mestrado em Geociências), Setor Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

OLIVEIRA, M. A. F., MANIESI, V., TEIXEIRA, W., DAITX, E. C. Caracterização Isotópica de Metabasitos e Anfibolitos dos Grupos Açungui e Setuva na Porção Sul da Faixa Ribeira. Revista do Instituto de Geociências – USP, v.2, p.161-710, 2002.

PAIVA, I. P. & MORGENTAL, A. 1980. Prospecto – Ouro nas regiões auríferas dos Agudos Grandes e Morro do Ouro, Vale do Ribeira. CPRM, São Paulo, 63 p. (inédito).

SÁNCHEZ, L. E. Patrimônio Mineiro do Vale do Ribeira, Brasil. In: Roberto C. Villas Boas, Arsênio Gonzáles Martinez, Gildo de A. Sá C de Albuquerque. Patrimônio Geológico Mineiro em el Contexto del Cierre de Minas. Rio de Janeiro: CNPq/CYTED, 2003. P. 125-136.

SALLUN, A. E. M.; SALLUN FILHO, W. 2008. Geologia no Plano de Manejo do Parque Estadual Intervalles (PEI), Estado do Estado de São Paulo. In: Caderno de

Conferências e Resumos do Workshop de Manejo e Conservação de Cavernas, Anais, pg. 10-16. ISBN 978-85-99244-07-4.

SHIMADA, H. 2008. Mina do Morro do Ouro, Apiaí (SP) – De passivo ambiental a parque. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 44, SBG, Curitiba, 26-31/out, CD-ROM, painel e Anais, p. 399.

VIGÁRIO, H. P. Geologia da Área da Mina Morro do Ouro (Apiaí, SP). 2006. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

WERNICK, E. Rochas magmáticas: Conceitos Fundamentais e Classificação Modal, Química, Termodinâmica e Tectônica. 1. ed. São Paulo-SP: Editora UNESP, 2004. v.1. 655 p.

Sites visitados:

http://www.springway.com.br/agua_contaminacao_fisico.htm, acessado em 17 de outubro de 2009

Profa. Dra. Gilda C. Ferreira

Co-orientadora

Juliana Martins

Orientada

Rio Claro, 17 de Dezembro de 2009

APÊNDICE A

SEDIMENTO
DE
CORRENTE

APÊNDICE A - SEDIMENTO DE CORRENTE

SÍMBOLO	LONG (UTM)	LAT(UTM)	ALTITUDE (m)	DENOMINAÇÃO LOCAL	ROCHA REGIONAL	TIPO VEGETAÇÃO
JM - S - 01	719310	7287651	932	CÓRREGO DO PARAÍSO	XISTO	FLORESTA FECHADA
JM - S - 02	719084	7286408	888	CÓRREGO DO OURO	XISTO	FLORESTA FECHADA
JM - S - 03	719193	7286622	917	CÓRREGO DO OURO	XISTO	FLORESTA FECHADA
JM - S - 04	719180	7286622	920	AFLU. CORR. OURO	XISTO	FLORESTA FECHADA
JM - S - 05	720111	7286550	901	AFLU. CORR. ÁGUA LIMPA	XISTO	FLORESTA FECHADA
JM - S - 06	720483	7286798	893	AFLU. CORR. ÁGUA LIMPA	XISTO	FLORESTA FECHADA
JM - S - 07	720968	7287716	923	AFLU. CORR. ÁGUA LIMPA	XISTO	FLORESTA FECHADA
JM - S - 07 - A	720968	7287716	923	AFLU. CORR. ÁGUA LIMPA	XISTO	FLORESTA FECHADA
JM - S - 08	719395	7285480	863	RIBEIRÃO PALMITAL		FLORESTA ABERTA
JM - S - 09	719399	7285452	859	AFLU. RIB. PALMITAL		FLORESTA ABERTA
JM - S - 10	719307	7285386	856	AFLU. RIB. PALMITAL		FLORESTA ABERTA
JM - S - 11	719466	7284894	831	RIBEIRÃO PALMITAL		FLORESTA ABERTA
JM - S - 12	718456	7284099	760	CÓRR. DAS PEDRAS	METAGABRO	FLORESTA ABERTA
JM - S - 13	718403	7284091	750	AFLU. CORR. PEDRAS	METAGABRO	FLORESTA ABERTA
JM - S - 14	718012	7283463	840		METAGABRO	FLORESTA ABERTA
JM - S - 14 - A	718012	7283463	840		METAGABRO	FLORESTA ABERTA
JM - S - 15	720069	7284273	808	AFLU. RIB. PALMITAL	METAGABRO	FLORESTA ABERTA
JM - S - 16	720602	7284514	815		METAGABRO	FLORESTA ABERTA
JM - S - 17	721273	7284256	810		METAGABRO	PASTAGENS
JM - S - 18	720003	7283976	801	AFLU. RIB. PALMITAL	METAGABRO	FLORESTA ABERTA
JM - S - 19	719386	7284505	811	RIBEIRÃO PALMITAL	METAGABRO	FLORESTA ABERTA
JM - S - 20	719300	7284198	802	RIBEIRÃO PALMITAL	METAGABRO	FLORESTA ABERTA
JM - S - 21	719404	7283884	812	RIBEIRÃO PALMITAL	METAGABRO	FLORESTA FECHADA
JM - S - 21 - A	719404	7283884	812	RIBEIRÃO PALMITAL	METAGABRO	FLORESTA FECHADA
JM - S - 22	719532	7283710	808	AFLU. RIB. PALMITAL		FLORESTA ABERTA
JM - S - 23	719414	7283769	805	RIBEIRÃO PALMITAL	METAGABRO	FLORESTA FECHADA
JM - S - 24	719450	7283434	800	RIBEIRÃO PALMITAL	METAGABRO	FLORESTA ABERTA
JM - S - 25	719476	7283161	799	RIBEIRÃO PALMITAL	METAGABRO	FLORESTA ABERTA
JM - S - 26	719470	7284465	815	AFLU. RIB. PALMITAL	METAGABRO	FLORESTA FECHADA

APÊNDICE A - SEDIMENTO DE CORRENTE

SÍMBOLO	SITUAÇÃO TOPOGRÁFICA	PROF. AM. (m)	LARG. RIO (m)	PROF. RIO (m)	VELOC. CORR.	TURBIDEZ ÁGUA
JM - S - 01	MEIA ENCOSTA	0,3	1	0,3	MODERADA	POUCA
JM - S - 02	MEIA ENCOSTA	0,1	0,8	0,2	RÁPIDA	NENHUMA
JM - S - 03	TOPO	0,1	0,6	0,1	RÁPIDA	NENHUMA
JM - S - 04	TOPO	0,1	0,5	0,1	MODERADA	MUITA
JM - S - 05	TOPO	0,2	1,5	0,2	LENTA	NENHUMA
JM - S - 06	TOPO	0,4	0,6	0,4	RÁPIDA	NENHUMA
JM - S - 07	TOPO	0,1	0,6	0,15	RÁPIDA	NENHUMA
JM - S - 07 - A	TOPO	0,1	0,6	0,15	RÁPIDA	NENHUMA
JM - S - 08	MEIA ENCOSTA	0,3	2	0,4	RÁPIDA	POUCA
JM - S - 09	MEIA ENCOSTA	0,3	0,4	0,3	RÁPIDA	POUCA
JM - S - 10	MEIA ENCOSTA	0,8	0,6	0,6	PARADA	MODERADA
JM - S - 11	MEIA ENCOSTA	0,4	4	0,5	RÁPIDA	MODERADA
JM - S - 12	MEIA ENCOSTA	0,3	0,2	0,5	MODERADA	POUCA
JM - S - 13	MEIA ENCOSTA	0,2	0,5	0,2	RÁPIDA	NENHUMA
JM - S - 14	MEIA ENCOSTA	0,2	1	0,3	MODERADA	NENHUMA
JM - S - 14 - A	MEIA ENCOSTA	0,2	1	0,3	MODERADA	NENHUMA
JM - S - 15	MEIA ENCOSTA	1,2	5	1,5	RÁPIDA	MUITA
JM - S - 16	MEIA ENCOSTA	0,2	0,8	0,1	BAIXA	MODERADA
JM - S - 17	MEIA ENCOSTA	0,1	0,8	0,2	MODERADA	MODERADA
JM - S - 18	MEIA ENCOSTA	0,8	2,5	1	RÁPIDA	POUCA
JM - S - 19	MEIA ENCOSTA	0,3	2	0,4	RÁPIDA	POUCA
JM - S - 20	MEIA ENCOSTA	0,2	2	0,5	RÁPIDA	POUCA
JM - S - 21	MEIA ENCOSTA	0,3	3	0,8	RÁPIDA	POUCA
JM - S - 21 - A	MEIA ENCOSTA	0,3	3	0,8	RÁPIDA	POUCA
JM - S - 22	MEIA ENCOSTA	1,4	8	1,5	LENTA	POUCA
JM - S - 23	MEIA ENCOSTA	0,4	3	0,7	MODERADA	POUCA
JM - S - 24	MEIA ENCOSTA	0,4	4	0,9	RÁPIDA	MODERADA
JM - S - 25	MEIA ENCOSTA	0,3	3,5	0,6	RÁPIDA	MODERADA
JM - S - 26	MEIA ENCOSTA	0,1	0,8	0,15	LENTA	MUITA

APÊNDICE A - SEDIMENTO DE CORRENTE

SÍMBOLO	POSIÇÃO LEITO	COR ÁGUA	COR SED.	TEXTURA	OBSERVAÇÃO
JM - S - 01	CALHA	CLARA	MARROM	70%Ar, 30%Sil	JM - R - 01
JM - S - 02	CALHA	CLARA	MARROM	90%Ar, 10% Ae	
JM - S - 03	CALHA	CLARA	MARROM	70%Ar, 20% Sil, 10% Ae	
JM - S - 04	CALHA	MARROM	MARROM	90%Ar, 10% Ae	
JM - S - 05	CALHA	CLARA	MARROM	80% Ae, 20% Sil	JM - R - 02 DUPLICATA
JM - S - 06	CALHA	CLARA	MARROM	70% Ae, 25% Sil, 5% Ar	
JM - S - 07	CALHA	CLARA	MARROM	100% Ae	
JM - S - 07 - A	CALHA	CLARA	MARROM	100% Ae	
JM - S - 08	CALHA	VERDE	CINZA	70% Ae, 30% MO	JM - R - 03
JM - S - 09	CALHA	CINZA	CINZA	90% Ae, 10%Ar	
JM - S - 10	CALHA	CINZA	CINZA	80% Ar, 20% MO	
JM - S - 11	MG. ESQUERDA	CINZA	MARROM	75% Ae, 20% M0, 5% Ar	
JM - S - 12	CALHA	CINZA	MARROM	30% Ae, 30% Sil, 30% Ar, 10% M0	DUPLICATA
JM - S - 13	CALHA	CLARA	MARROM	85% Ae, 15% Ar	
JM - S - 14	CALHA	CLARA	MARROM	85% Ae, 15% Ar	
JM - S - 14 - A	CALHA	CLARA	MARROM	95% Ae, 5% MO	
JM - S - 15	MG. ESQUERDA	CINZA	CINZA	50% Ar, 50% MO	DUPLICATA
JM - S - 16	CALHA	CINZA	MARROM	50% Ae, 30% Ar, 20% MO	
JM - S - 17	CALHA	CINZA	CINZA	95% Ae, 5%Ar	
JM - S - 18	MG. DIREITA	CINZA	MARROM	70% Ae, 28% Ar, 2% MO	
JM - S - 19	MG. ESQUERDA	CINZA	MARROM	85% Ae, 10% Ca, 5% Ar	DUPLICATA
JM - S - 20	MG. DIREITA	CINZA	MARROM	85% Ae, 10% Ca, 5% Ar	
JM - S - 21	CALHA	CINZA	MARROM	85% Ae, 10% Ca, 5% Ar	
JM - S - 21 - A	CALHA	CINZA	MARROM	85% Ae, 10% Ca, 5% Ar	
JM - S - 22	MG. ESQUERDA	CINZA	MARROM	70% Ar, 30% MO	DUPLICATA
JM - S - 23	MG. DIREITA	MARROM	MARROM	90% Ae, 10%Ar	
JM - S - 24	MG. DIREITA	MARROM	MARROM	70% Ae, 20% Ca, 10% Ar	
JM - S - 25	MG. DIREITA	MARROM	MARROM	70% Ae, 20% Ca, 10% Ar	
JM - S - 26	CALHA	CINZA	CINZA	70% Ae, 28% Ar, 2% MO	

APÊNDICE B

SOLOS

ÁREA

“CIEM/CPRM”

APÊNDICE B - SOLO ÁREA "CIEM/CPRM"

SÍMBOLO	LONG (UTM)	LAT(UTM)	COR	COR MESCLADA	MATERIAL	RAIZES	CASCALHO
JM - L - H1	719502	7284506	CINZA ESVERDEADO		ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - H2	719498	7284478	MARROM AVERMELHADO		ARGILOSO	NÃO	NÃO
JM - L - H3	719496	7284454	MARROM ESCURO	MARROM CLARO E PRETO	ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - H4	719490	7284430	MARROM ESCURO	VERMELHO E PRETO	ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - H5	719492	7284414	MARROM ESCURO		SILTE-ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - I1	719530	7284491	MARROM	CINZA A PRETO	ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - I2	719524	7284473		MUITA ESCÓRIA			
JM - L - I3	719525	7284456	MARROM AVERMELHADO	PRETA E BEGE AMARELADO	ARGILOSO	NÃO	NÃO
JM - L - I4	719521	7284429	MARROM AVERMELHADO		SILTE-ARGILOSO	NÃO	SIM
JM - L - I5	719519	7284425	MARROM AVERMELHADO		SILTE-ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - J1	719545	7284481	MARROM ESCURO		SILTE-ARGILOSO	NÃO	NÃO
JM - L - J2	719544	7284460	= JM - L - FMA				
JM - L - J3	719538	7284423	PRETA		ARGILOSO	MUITA	NÃO
JM - L - J4	719541	7284398	MARROM AVERMELHADO	PRETA E BRANCA	ARGILOSO	NÃO	NÃO
JM - L - J5	719538	7284380	MARROM AVERMELHADO		SILTE-ARGILOSO	NÃO	NÃO
JM - L - K1	719597	7284457	MARROM ESCURO	VERMELHA	ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - K2	719590	7284439	MAR. ESCURO A PRETO	PRETA E MARROM AVERM.	ARGILOSO	NÃO	NÃO
JM - L - K3	719581	7284415	MARROM MÉDIO	PRETA	SILTE-ARGILOSO	NÃO	SIM
JM - L - K4	719572	7284391	MARROM AVERMELHADO		ARGILOSO	NÃO	NÃO
JM - L - K5	719567	7284371	MARROM AVERMELHADO		ARGILOSO	NÃO	NÃO
JM - L - L1	719636	7284461	MAR. ESCURO AVERMEL.	VERM, AMARELA E TR. PRETO	SILTE-ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - L2	719634	7284436	MAR. MÉDIO A ESCURO	PRETA E BEGE AMARELADO	ARGILOSO	NÃO	SIM
JM - L - L3	719635	7284417	MAR. ESCURO A PRETO	(ESCÓRIA)	ARGILOSO	NÃO	SIM
JM - L - L4	719636	7284393	MARROM ESCURO	LARANJA E BEGE AMAREL.	ARGILOSO	NÃO	SIM
JM - L - L5	719638	7284368	MAR. ESCURO A MÉDIO		ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - L6	719644	7284352	MAR. ESCURO A MÉDIO	PRETA	ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - M1	719665	7284470	MAR. MÉDIO A ESCURO	TRAÇOS PRETOS	ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - M2	719672	7284451	MARROM AVERMELHADO	PRETAS E AMARELAS	ARGILOSO	NÃO	NÃO
JM - L - M3	719680	7284400	MARROM AVERMELHADO	VERM., PRETA E AMARELA	ARGILOSO	NÃO	NÃO
JM - L - M4	719694	7284353	MAR. MÉDIO A ESCURO		ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - N1	719734	7284490	MARROM ESCURO		ARGILOSO	SIM	SIM

APÊNDICE B - SOLO ÁREA "CIEM/CPRM"

SÍMBOLO	LONG (UTM)	LAT(UTM)	COR	COR MESCCLADA	MATERIAL	RAIZES	CASCALHO
JM - L - N2	719733	7284452	MAR. MÉDIO A ESCURO		SILTE-ARGILOSO	NÃO	SIM
JM - L - N3	719731	7384399	MARROM MÉDIO	BEGE	ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - N4	719730	7284346	MAR. MÉDIO A ESCURO		ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - O1	719777	7284454	MARROM MÉDIO	TRAÇOS PRETOS	ARGILOSO	NÃO	NÃO
JM - L - O2	719779	7284405	CINZA MÉDIO A ESCURO	TRAÇOS ALARANJADOS	ARGILOSO	NÃO	SIM
JM - L - O3	719784	7284346	MARROM AVERMELHADO		ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - AL1	719456	7284468	MARROM A BEGE		SILTE-ARGILOSO	NÃO	SIM
JM - L - AL2	719420	7284428	MARROM MÉDIO	PRETO E LARANJA	ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - AL3	719432	7284408	MARROM ESCURO		ARENO-ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - FMA	719544	7284460					
0,25			MARROM ESVERDEADO	MUITA ESCÓRIA	ARGILOSO	SIM	SIM
0,5			MARROM ESVERDEADO	ESCÓRIA	ARGILOSO	NÃO	SIM
0,75			MARROM ESVERDEADO	CINZA	ARGILOSO	NÃO	NÃO
1			CINZA		ARGILOSO	NÃO	NÃO
1,25			CINZA CLARO		ARGILOSO	NÃO	NÃO
1,5			CINZA CLARO		ARGILOSO	NÃO	NÃO
JM - L - FMB	719526	7284476					
0,25			MAR. ESCURO A PRETO	ESCÓRIA	ARGILOSO	SIM	SIM
0,5			MARROM MÉDIO		SILTOSO	SIM	SIM
0,75			MARROM AVERMELHADO		ARGILOSO	SIM	NÃO
1			MARROM AVERMELHADO		ARGILOSO	NÃO	NÃO
1,25			MARROM ESCURO	ESCÓRIA	ARGILOSO	NÃO	SIM
1,5			MARROM MÉDIO	VERM, AMARELA E PRETO	ARGILOSO	NÃO	NÃO

APÊNDICE C

SOLOS

ÁREA

“P. M. Morro do Ouro”

APÊNDICE C - SOLO ÁREA "P. M. MORRO DO OURO"

SÍMBOLO	LONG (UTM)	LAT(UTM)	COR	COR MESCCLADA	MATERIAL	RAIZES	CASCALHO
JM - L - A1	719084	7286305	MARROM ESCURO	NÃO	ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - A2	719107	7286306	MARROM MÉDIO ESCURO	CINZA MÉDIO	ARGILOSO	SIM	POUCO
JM - L - A3	719116	7286308	MARROM MÉDIO ESCURO	NÃO	ARGILOSO	SIM	MUITO
JM - L - A4	719122	7286313	MARROM MÉDIO	VERMELHA	ARGILOSO	SIM	POUCO
JM - L - A5	719130	7286316	E VERMELHO	VERM. E CINZA ESCURO	ARGILOSO	SIM	MUITO
JM - L - B1	719089	7286312	MARROM ESCURO	CINZ, MAR. CLARO E BRANCO	SILTE-ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - B2	719101	7286320	MAR. MÉDIO A ESCURO		ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - B3	719106	7286324	MAR. MÉDIO A ESCURO		SILTOSO	SIM	MUITO
JM - L - B4	719115	7286328	CINZA	VERMELHO E AMARELO	ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - B5	719121	7286333	MARROM MÉDIO	VERMELHO	ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - B6	719128	7286339	MARROM MÉDIO		ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - C1	719078	7286329	MARROM ESCURO	MARROM CLARO	ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - C2	719085	7286335	MAR. MÉDIO A ESCURO	CINZA E VERMELHO	ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - C3	719095	7286338	MARROM ESCURO	CINZA	ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - C4	719104	7286345	MARROM ESCURO		ARENOSO	SIM	NÃO
JM - L - C5	719112	7286352	MARROM ESCURO		SILTOSO	SIM	NÃO
JM - L - C6	719114	7286350	MAR. MÉDIO A ESCURO		ARENOSO	SIM	NÃO
JM - L - D1	719059	7286350	MARROM ESCURO	VERM., AMARELA E CINZA	SILTOSO	SIM	SIM
JM - L - D2	719082	7286351	MAR. MÉDIO A ESCURO		ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - D3	719086	7286357	MARROM		ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - D4	719093	7286363	MARROM	CINZA ESC. E BEGE AMAR.	ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - D5	719097	7286369	MARROM ESCURO	AMARELO	ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - E1	719054	7286366	MARROM ESCURO		ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - E2	719065	7286364	MARROM MÉDIO ESCURO	VERM. E CINZA CLARO	SILTE-ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - E3	719073	7286377	MARROM ESCURO		ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - E4	719081	7286377	MARROM CLARO		ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - E5	719087	7286384	MARROM ESCURO	AMARELO E PRETO	ARGILOSO	NÃO	TELHAS
JM - L - F1	719037	7286396	MARROM ESCURO	AMARELO E CINZA	ARGILOSO	SIM	SIM
JM - L - F2	719048	7286404	MARROM ESCURO		SILTOSO	NÃO	NÃO
JM - L - F3	719050	7286405	MARROM ESCURO	MARROM CLARO	ARGILOSO	SIM	NÃO
JM - L - F4	719060	7286411	MARROM ESCURO	BRANCO, AMARELO E CINZA	ARGILOSO	SIM	NÃO

JM – L – F5	719067	7286415	CINZA ESCURO	MARROM E VERMELHO	ARGILOSO	NÃO	NÃO
-------------	--------	---------	--------------	-------------------	----------	-----	-----

APÊNDICE C - SOLO ÁREA "P. M. MORRO DO OURO"

SÍMBOLO	LONG (UTM)	LAT(UTM)	COR	COR MESCCLADA	MATERIAL	RAIZES	CASCALHO
JM – L – G1	719011	7286427	CINZA ESCURO	AMARELO	SILTE-ARGILOSO	SIM	NÃO
JM – L – G2	719020	7286432	MARROM MÉDIO	BRANCO E CINZA	ARGILOSO	SIM	NÃO
JM – L – G3	719029	7386435	MARROM MÉDIO A CLARO	VERMELHA E CINZA ESCURA	ARGILOSO	SIM	NÃO
JM – L – G4	719033	7286441	MARROM MÉDIO A CLARO	VERMELHA E CINZA ESCURA	ARGILOSO	SIM	NÃO
JM – L – G5	719043	7286447	MARROM ESCURO		ARGILOSO	SIM	NÃO
JM – L – FM	719135	7286303					
0,25			BEGE AMARELADO	CINZA CLARO	ARENOSO	SIM	NÃO
0,5			CINZA CLARO	BEGE AMARELADO	ARENOSO	NÃO	NÃO
0,75			CINZA MÉDIO		SILTOSO	NÃO	NÃO
1			CINZA ESCURO		ARENOSO	NÃO	NÃO

APÊNDICE D

MAPAS DE
LOCALIZAÇÃO DOS
SEDIMENTOS DE CORRENTE

Mapa de localização dos pontos de coleta de sedimento de corrente

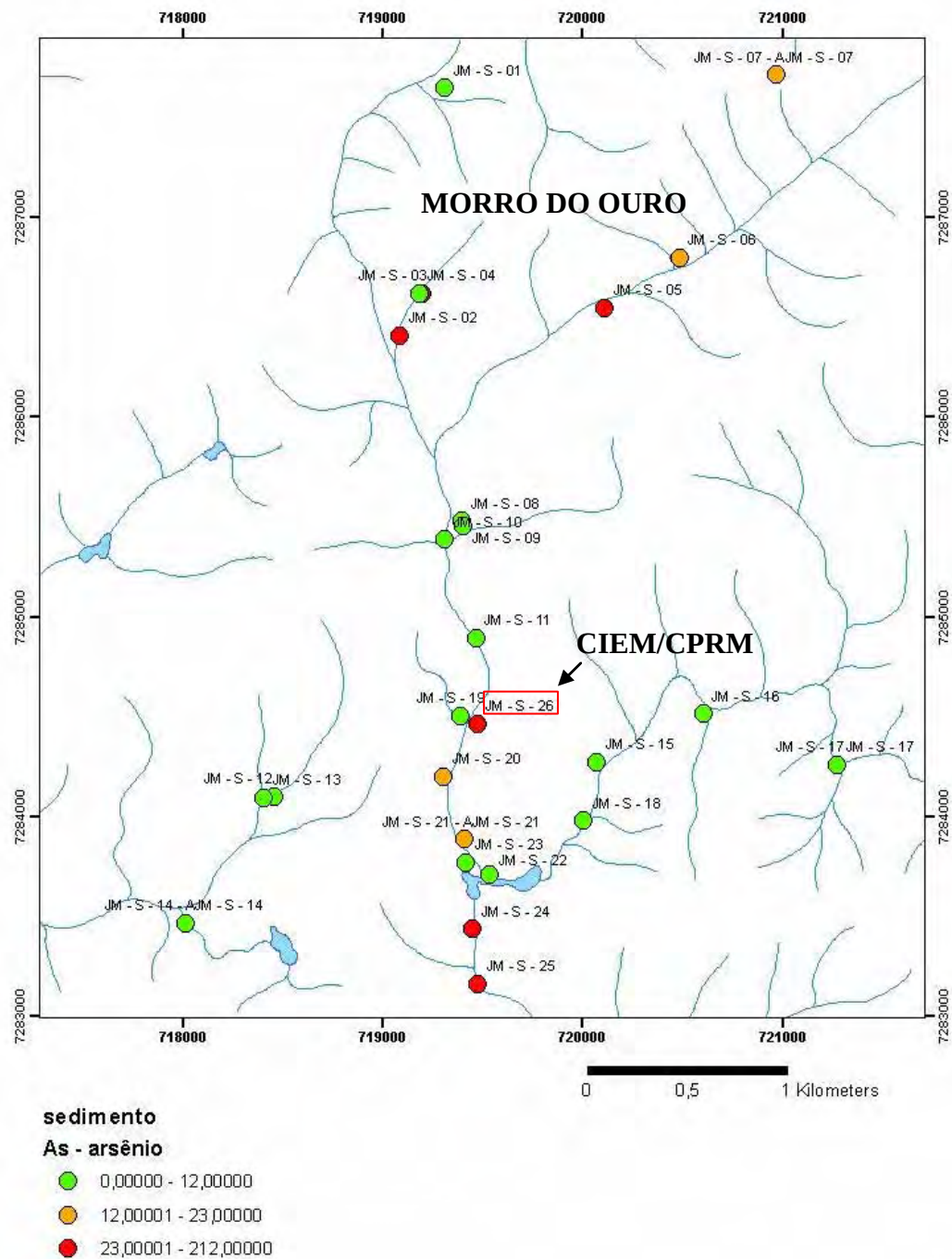


Figura D.1: mapa de drenagem com localização das amostras de sedimento de corrente, para o elemento arsênio, indicando suas concentrações a partir dos valores de background (verde), anômalos de terceira ordem (laranja), anômalos de primeira e segunda ordem (vermelho).

Mapa de localização dos pontos de coleta de sedimento de corrente

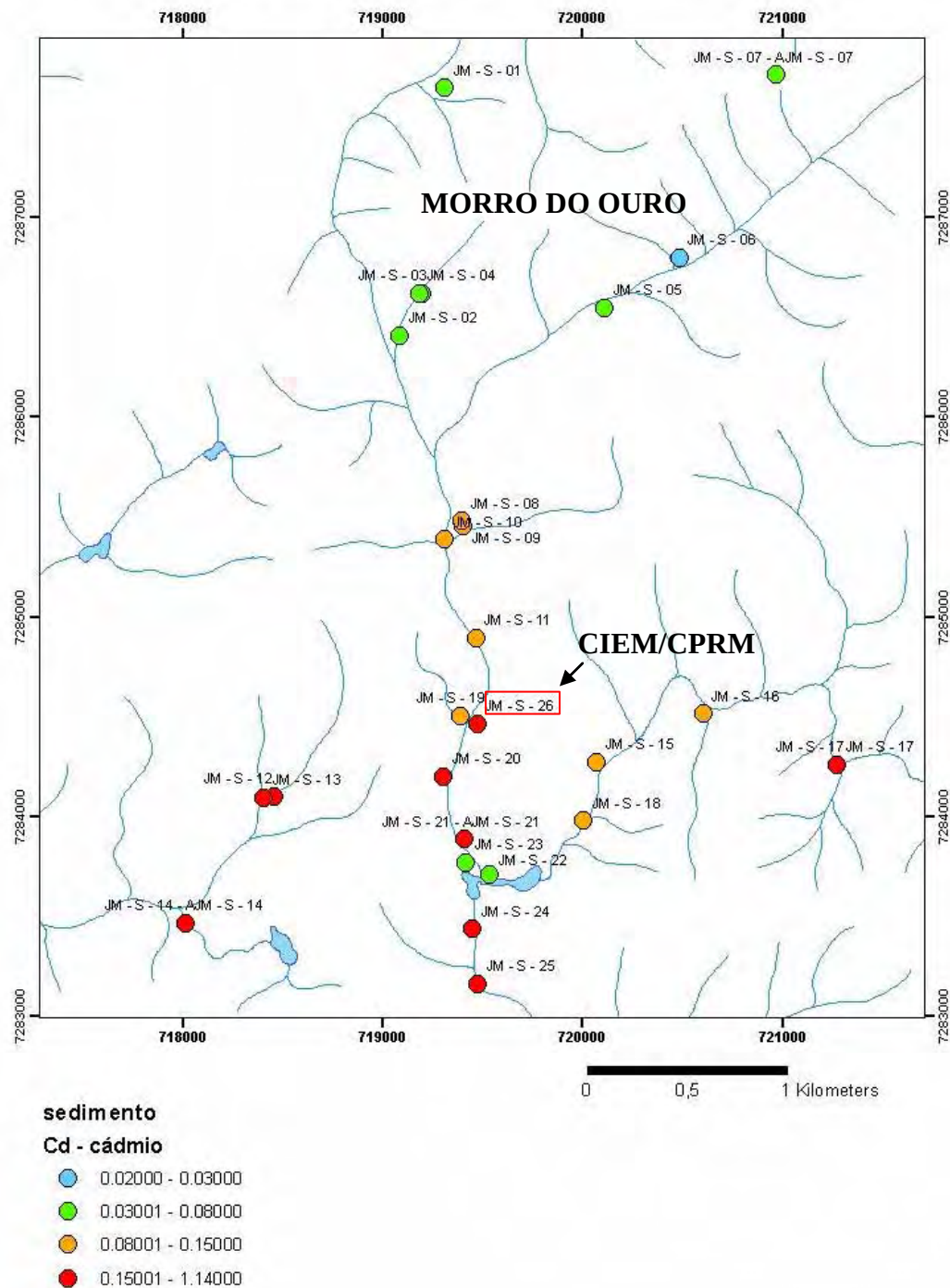


Figura D.2: mapa de drenagem com localização das amostras de sedimento de corrente, para o elemento cádmio, indicando suas concentrações a partir dos valores de bacias empobrecidas (azul), background (verde), anômalos de terceira ordem (laranja), anômalos de primeira e segunda ordem (vermelho).

Mapa de localização dos pontos de coleta de sedimento de corrente

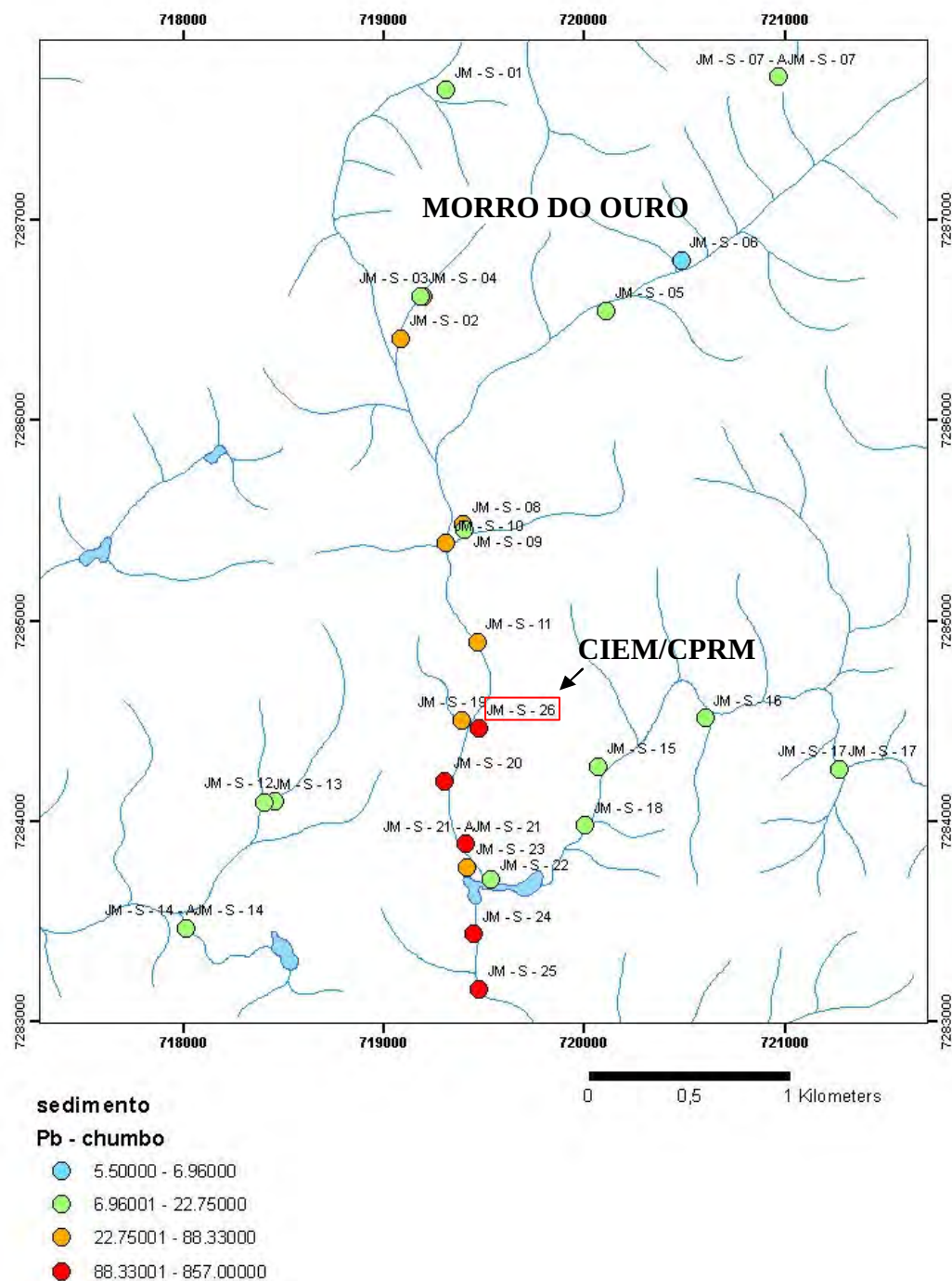


Figura D.3: mapa de drenagem com localização das amostras de sedimento de corrente, para o elemento chumbo, indicando suas concentrações a partir dos valores de bacias empobrecidas (azul), background (verde), anômalos de terceira ordem (laranja), anômalos de primeira e segunda ordem (vermelho).

Mapa de localização dos pontos de coleta de sedimento de corrente

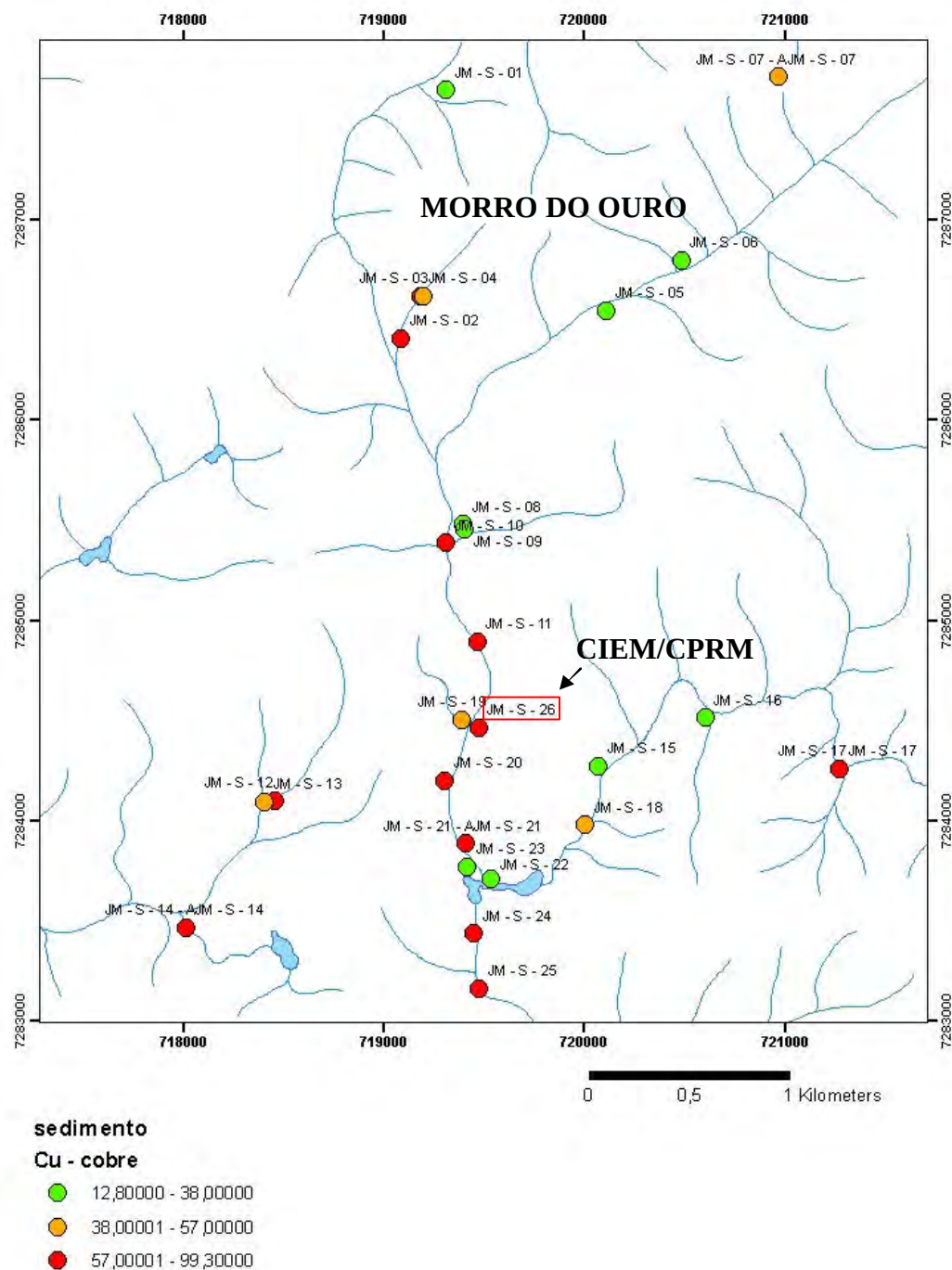


Figura D.4: mapa de drenagem com localização das amostras de sedimento de corrente, para o elemento cobre, indicando suas concentrações a partir dos valores de background (verde), anômalos de terceira ordem (laranja), anômalos de primeira e segunda ordem (vermelho).

Mapa de localização dos pontos de coleta de sedimento de corrente

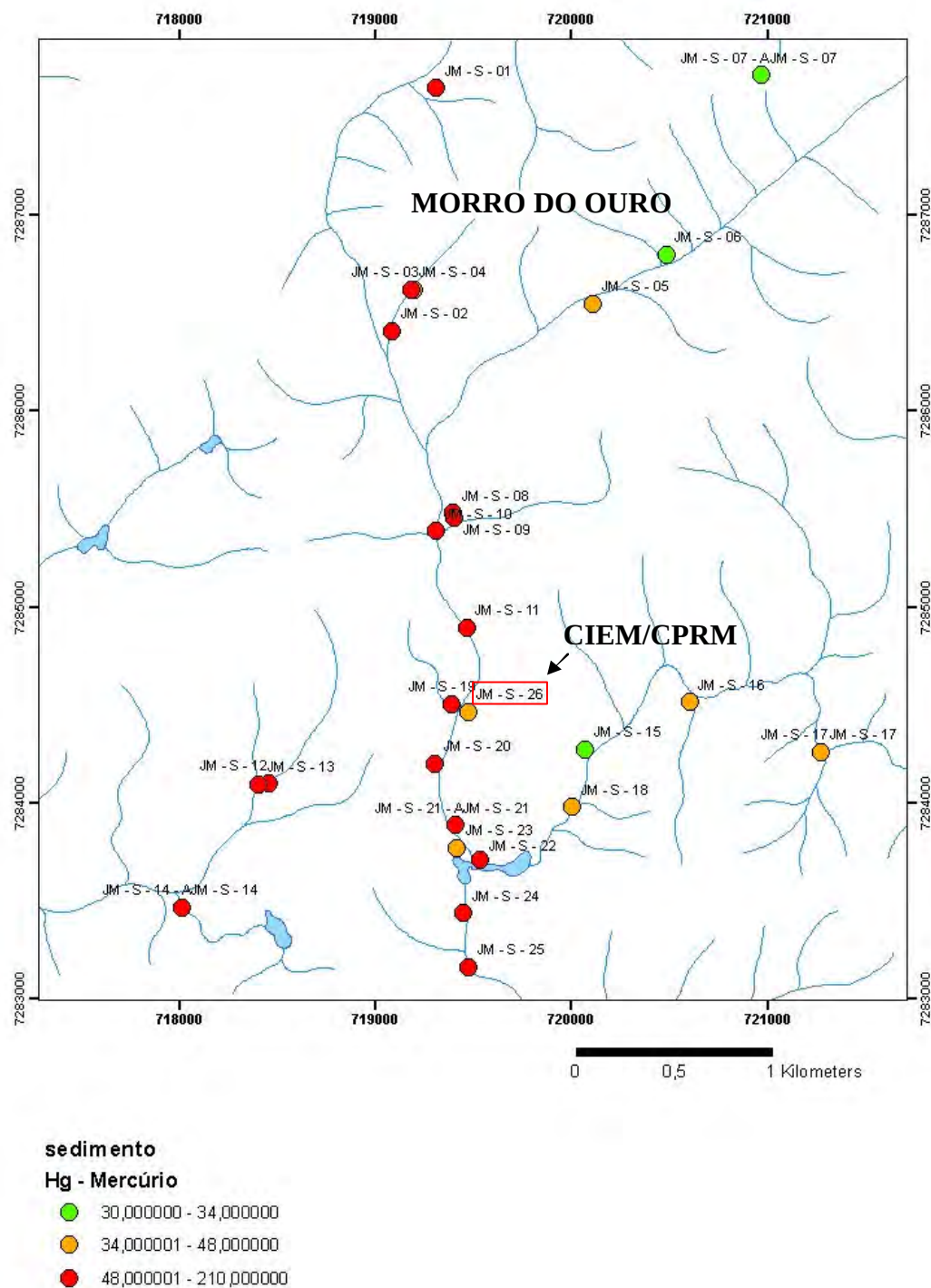


Figura D.5: mapa de drenagem com localização das amostras de sedimento de corrente, para o elemento mercúrio, indicando suas concentrações a partir dos valores de background (verde), anômalos de terceira ordem (laranja), anômalos de primeira e segunda ordem (vermelho).

Mapa de localização dos pontos de coleta de sedimento de corrente

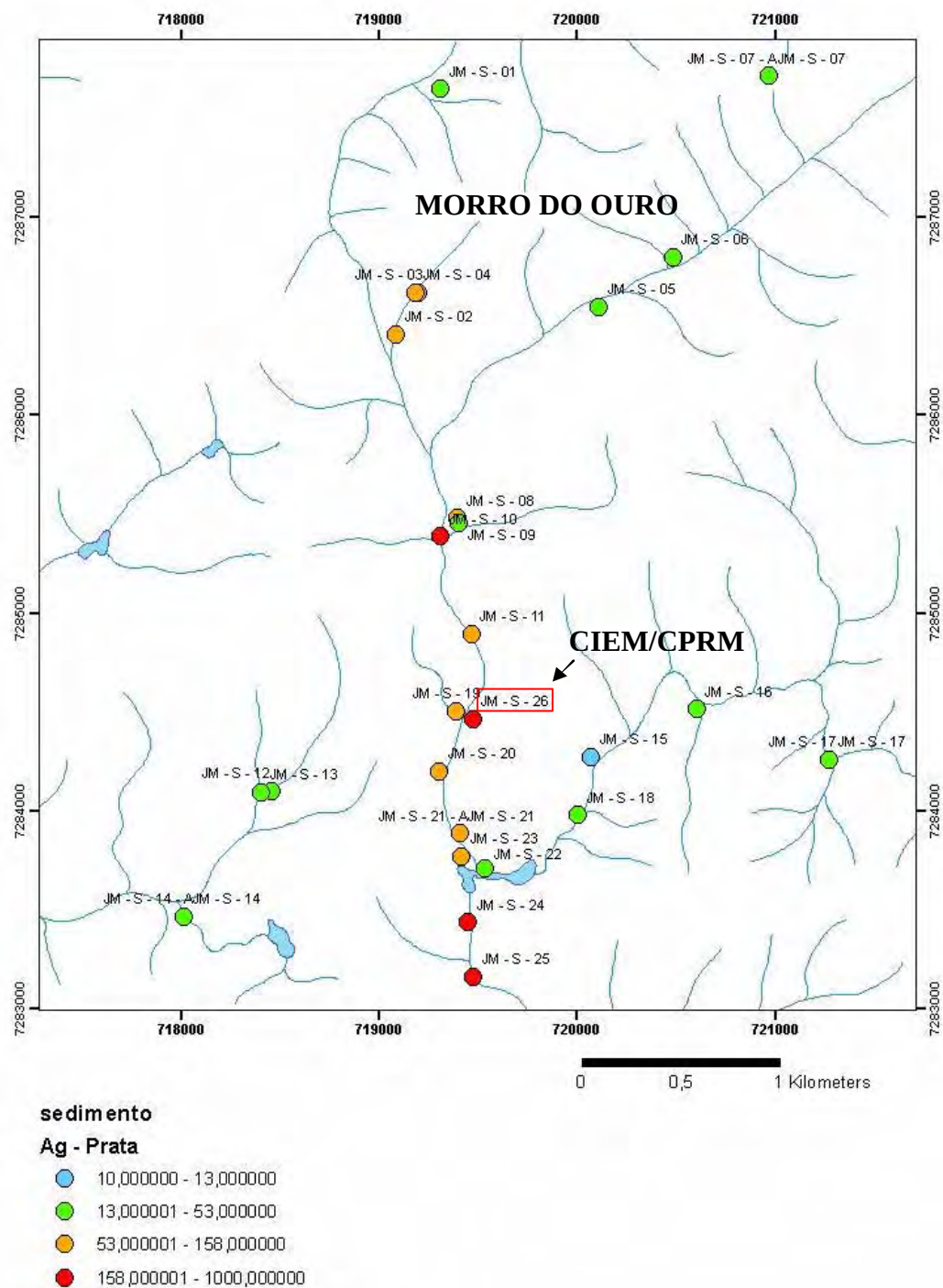


Figura D.6: mapa de drenagem com localização das amostras de sedimento de corrente, para o elemento prata, indicando suas concentrações a partir dos valores de bacias empobrecidas (azul), background (verde), anômalos de terceira ordem (laranja), anômalos de primeira e segunda ordem (vermelho).

Mapa de localização dos pontos de coleta de sedimento de corrente

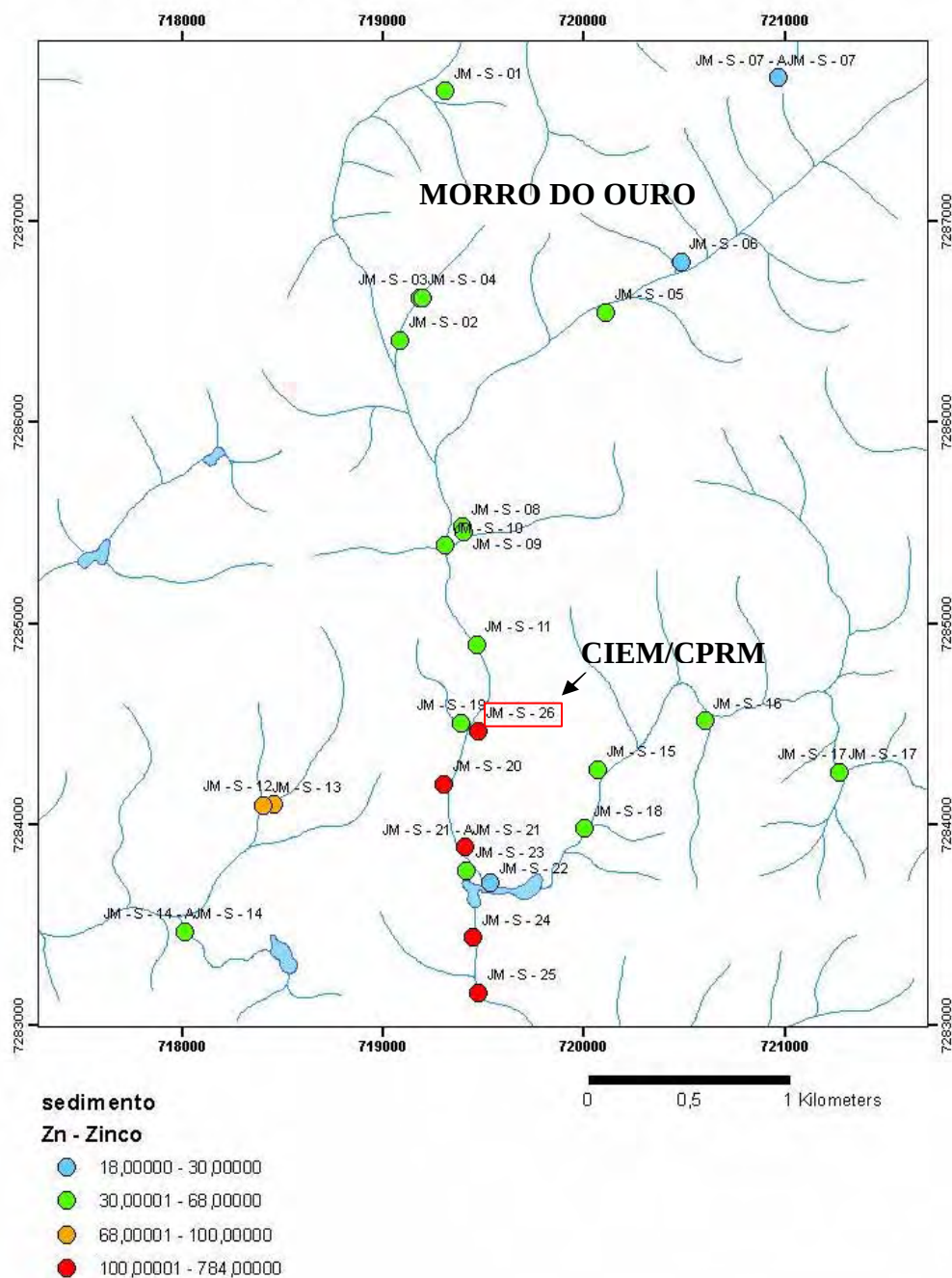


Figura D.7: mapa de drenagem com localização das amostras de sedimento de corrente, para o elemento zinco, indicando suas concentrações a partir dos valores de bacias empobrecidas (azul), background (verde), anômalos de terceira ordem (laranja), anômalos de primeira e segunda ordem (vermelho).

APÊNDICE E

MAPAS DE
SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA
NOS SOLOS DA ÁREA DO
CIEM/CPRM

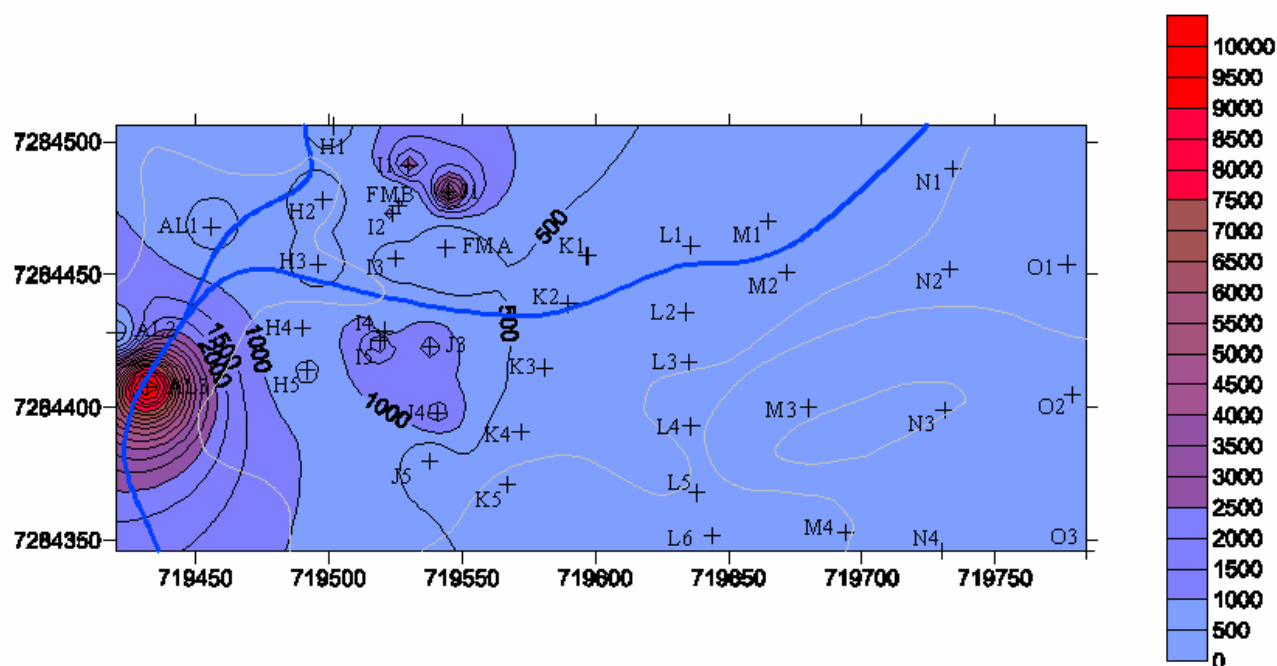


Figura E.1 - Mapa de superfície de tendência do elemento arsênio na área do CIEM/CPRM (valores dados em ppm).

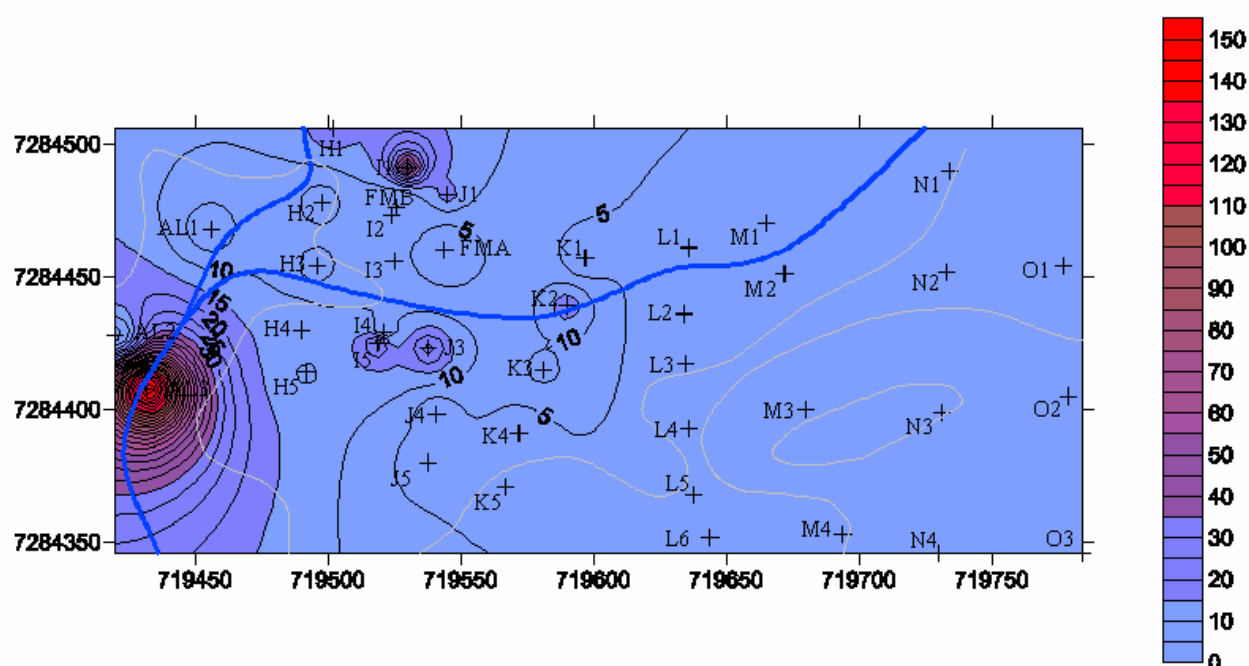


Figura E.2 - Mapa de superfície de tendência do elemento cádmio na área do CIEM/CPRM (valores dados em ppm).

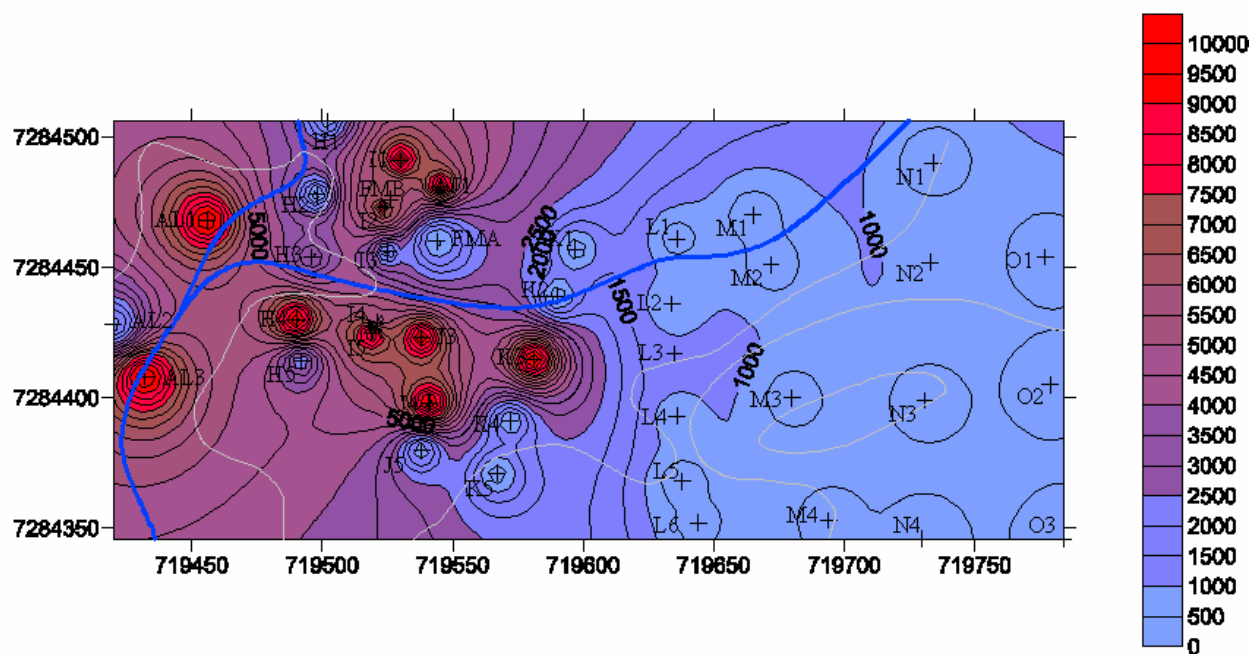


Figura E.3 - Mapa de superfície de tendência do elemento chumbo na área do CIEM/CPRM (valores dados em ppm).

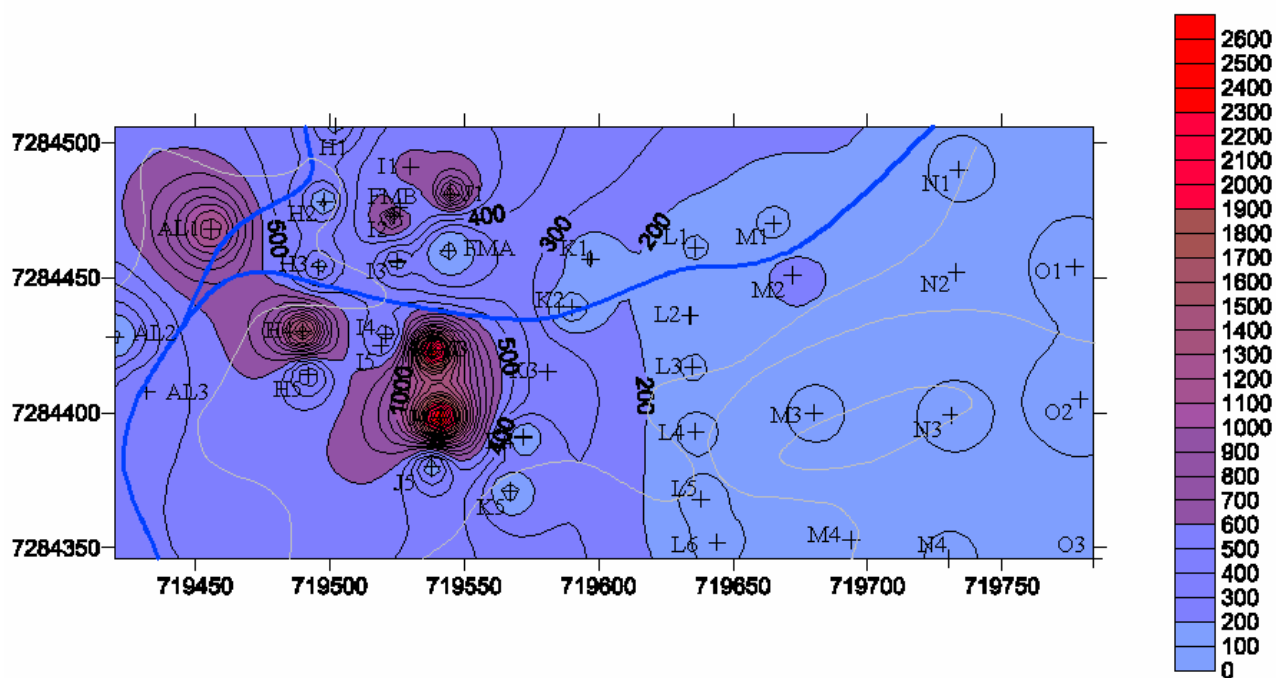


Figura E.4 - Mapa de superfície de tendência do elemento cobre na área do CIEM/CPRM (valores dados em ppm).

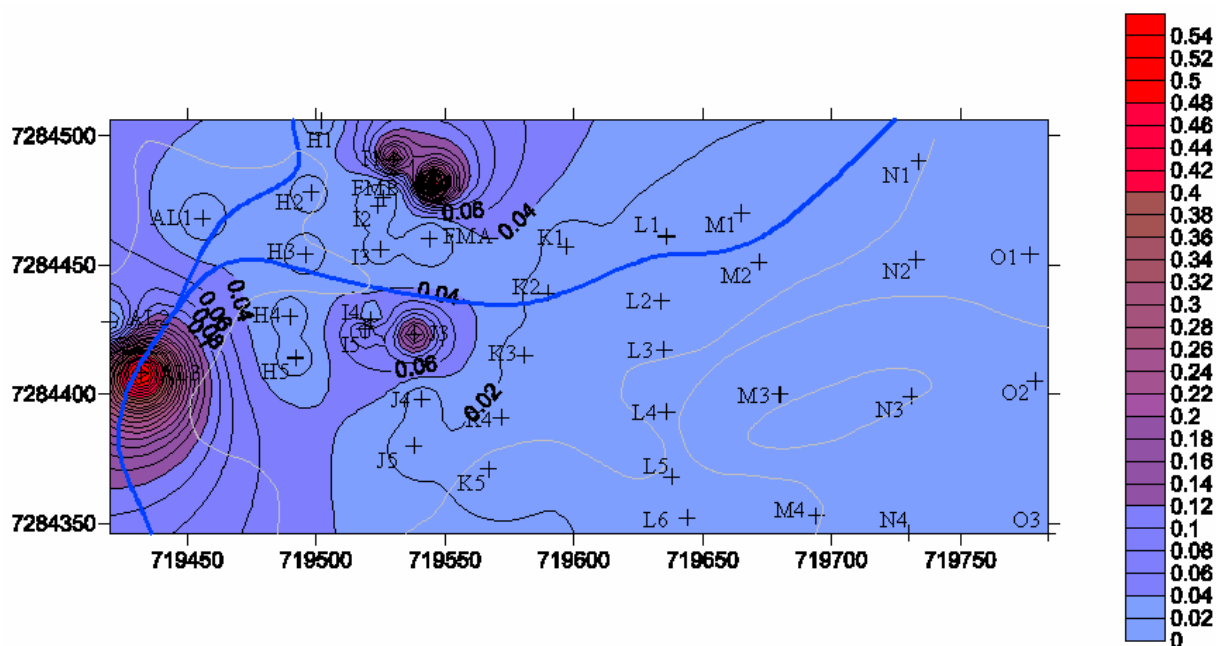


Figura E.5 - Mapa de superfície de tendência do elemento mercúrio na área do CIEM/CPRM (valores dados em ppm).

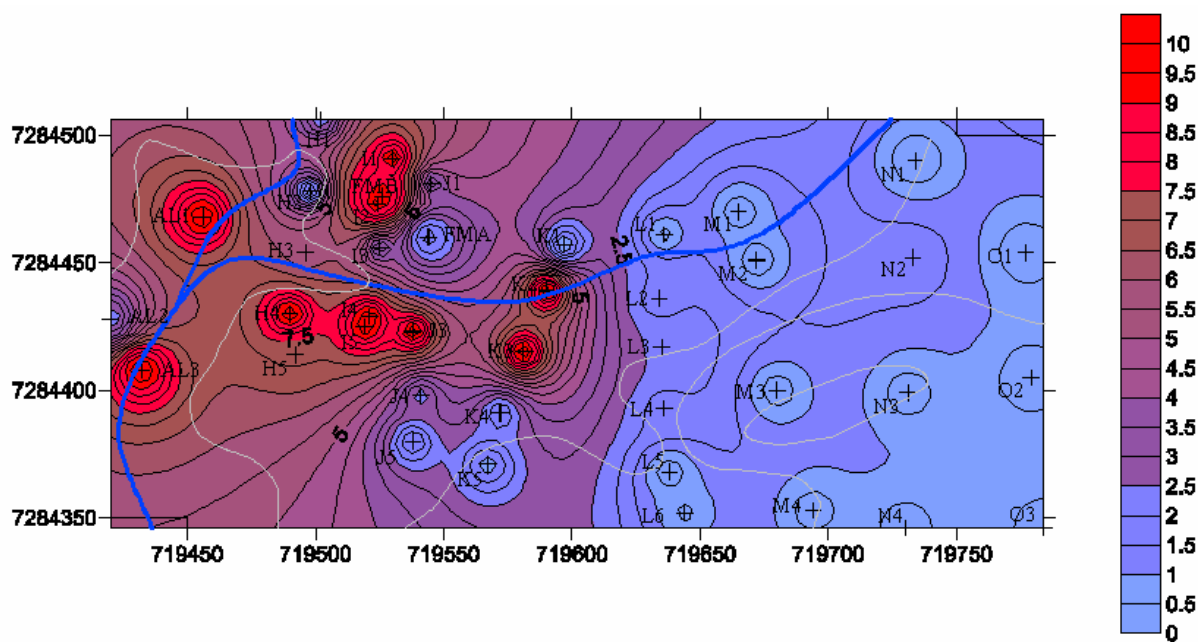


Figura E.6 - Mapa de superfície de tendência do elemento prata na área do CIEM/CPRM (valores dados em ppm).

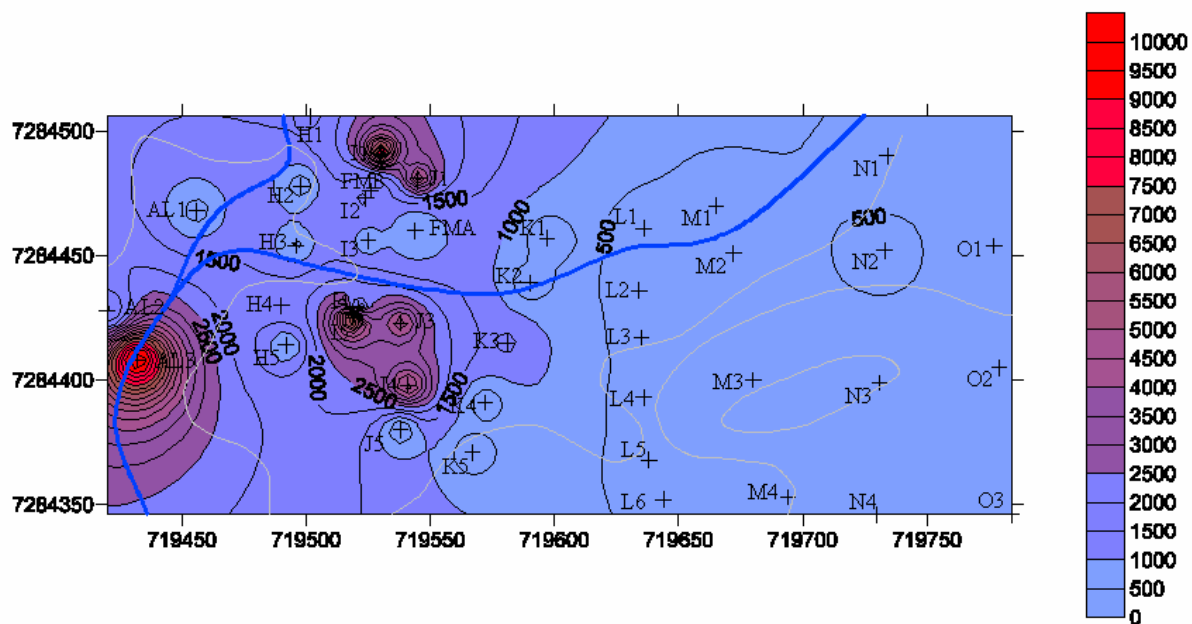


Figura E.7 - Mapa de superfície de tendência do elemento zinco na área do CIEM/CPRM (valores dados em ppm).

APÊNDICE F

MAPAS DE
SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA
DOS SOLOS DA ÁREA DO
P. M. MORRO DO OURO

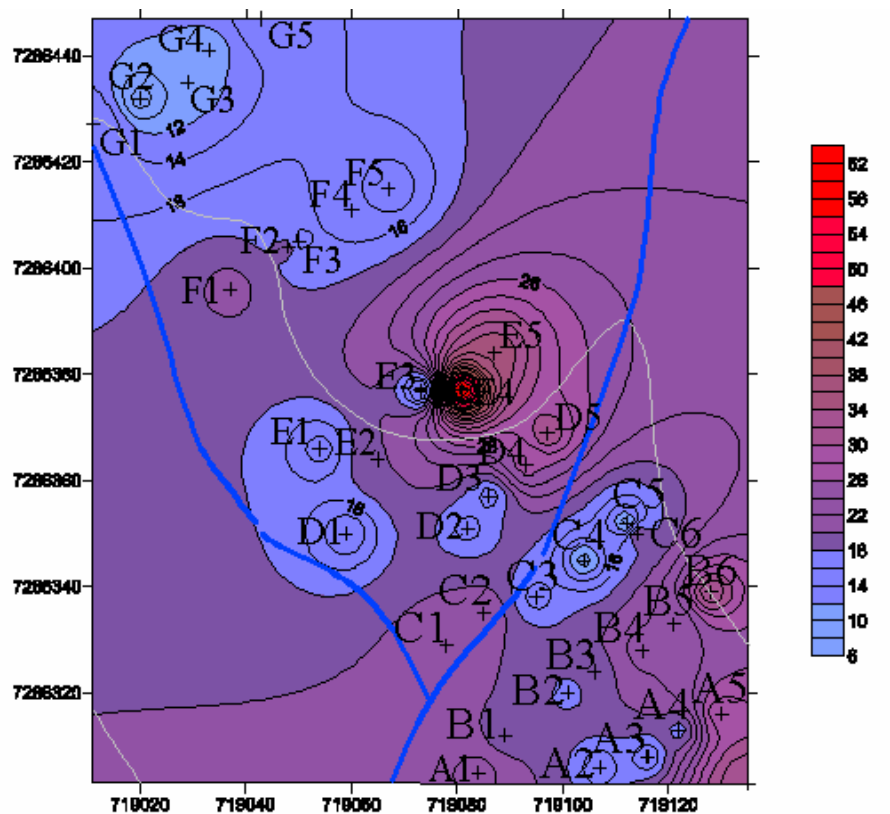


Figura F.1 - Mapa de superfície de tendência do elemento arsênio na área do P. M. Morro do Ouro (valores dados em ppm).

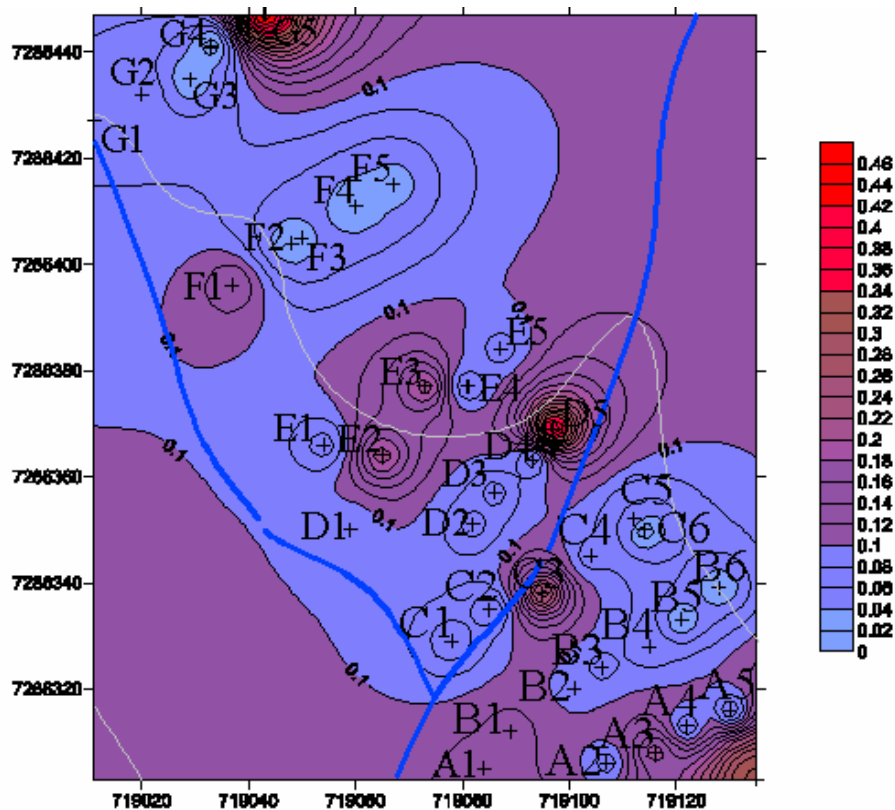


Figura F.2 - Mapa de superfície de tendência do elemento cádmio na área do P. M. Morro do Ouro (valores dados em ppm).

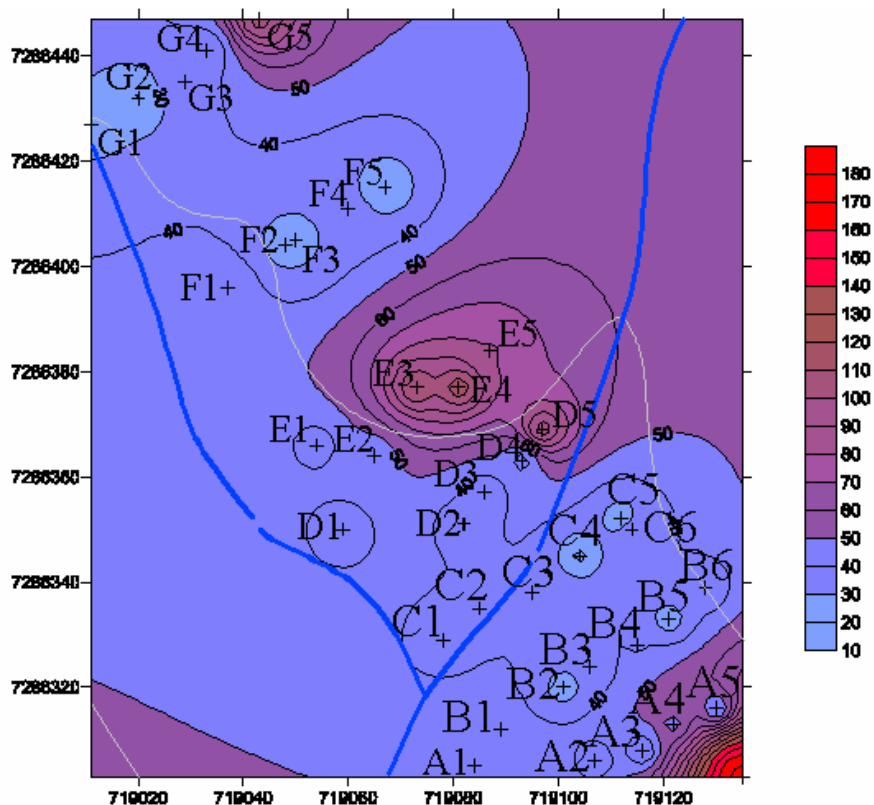


Figura F.3 - Mapa de superfície de tendência do elemento chumbo na área do P. M. Morro do Ouro (valores dados em ppm).

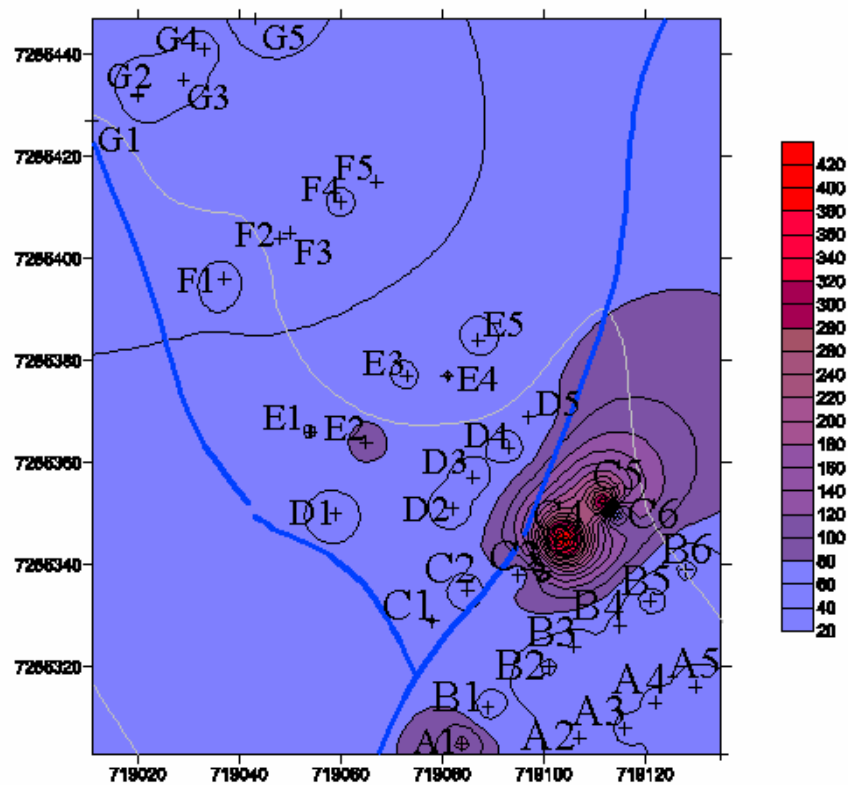


Figura F.4 - Mapa de superfície de tendência do elemento cobre na área do P. M. Morro do Ouro (valores dados em ppm).

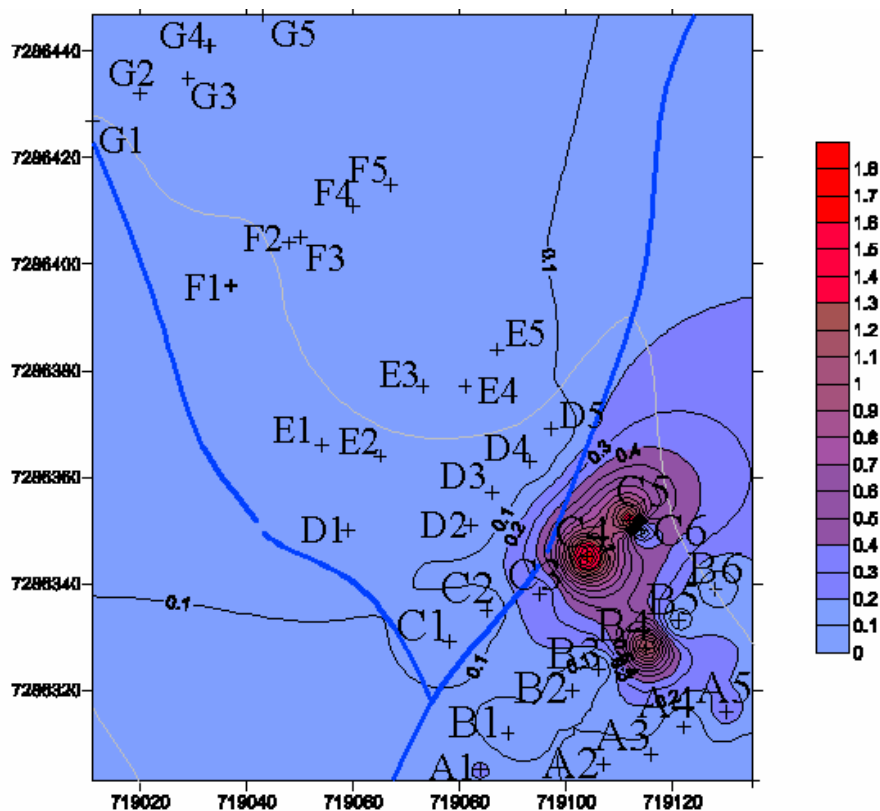


Figura F.5 - Mapa de superfície de tendência do elemento mercúrio na área do P. M. Morro do Ouro (valores dados em ppm).

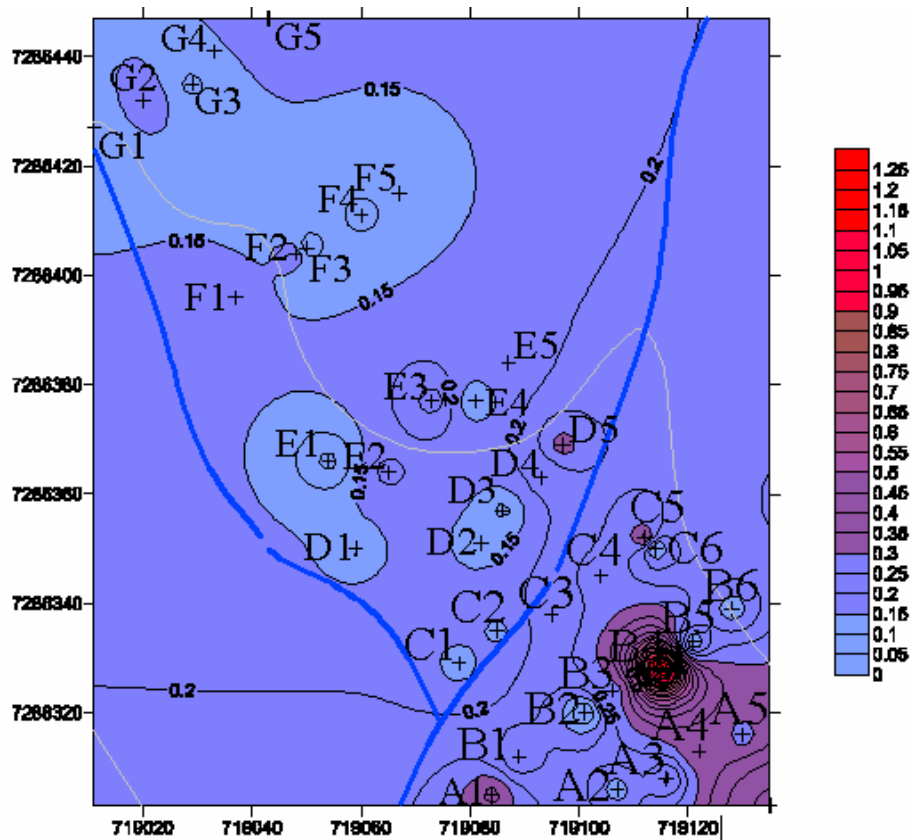


Figura F.6 - Mapa de superfície de tendência do elemento prata na área do P. M. Morro do Ouro (valores dados em ppm).

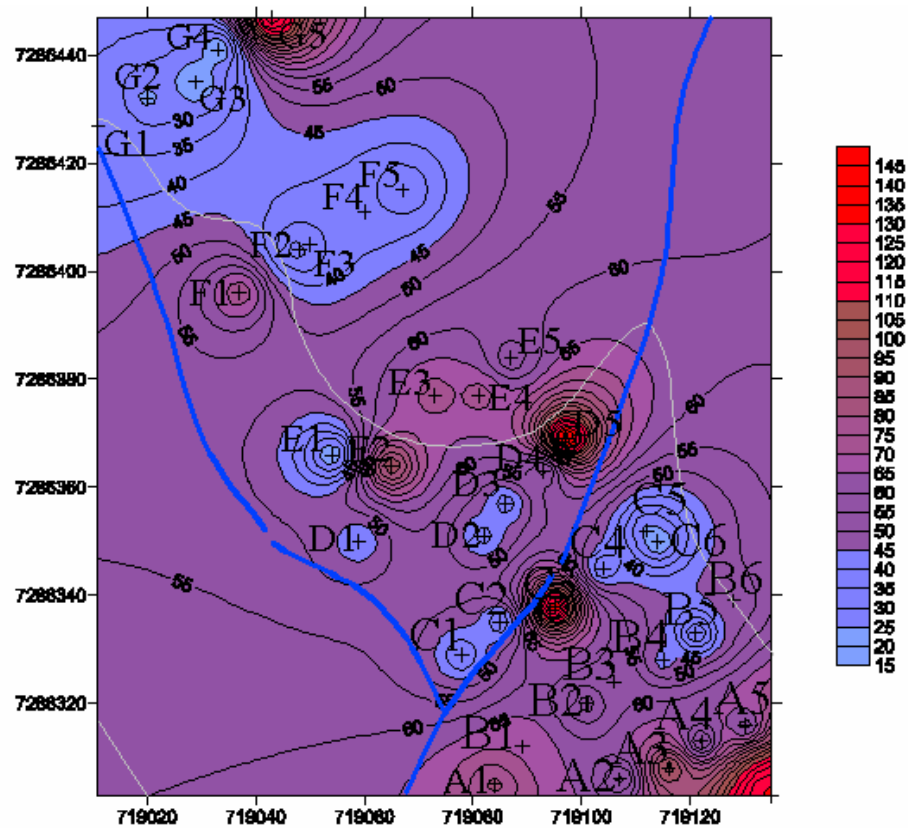


Figura F.7 - Mapa de superfície de tendência do elemento zinco na área do CIEM/CPRM (valores dados em ppm).

APÊNDICE G

TABELAS COM OS
CÁLCULOS
GEOESTÁTÍSTICOS DOS
ELEMENTOS NÃO
UTILIZADOS NO TRABALHO

Tabela A: Máxima, mínima, média, mediana e desvio padrão dos elementos analisados para sedimento de corrente, mas não estudados neste trabalho.

		MÁX	MIN	MÉDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO
Al	%	5,61	0,48	1,64	1,35	1,17
Ca	%	1,37	0,02	0,31	0,14	0,37
Fe	%	10,11	2,28	5,56	5,2	2,05
K	%	0,19	0,02	0,08	0,075	0,04
Mg	%	0,28	0,02	0,11	0,1	0,07
Na	%	0,02	0,005	0,008	0,005	0,005
S	%	0,14	0,005	0,02	0,02	0,03
Ti	%	1,08	0,005	0,24	0,17	0,27
Au	ppm	10,6	0,05	0,71	0,05	2,46
B	ppm	5	5	5	5	0
Ba	ppm	162	23	82,72	81	36,59
Be	ppm	1,1	0,3	0,58	0,55	0,21
Bi	ppm	5,61	0,09	1,19	0,89	1,25
Ce	ppm	60,4	12,99	33,25	32,46	12,6
Co	ppm	46,4	4,4	17,45	15,4	10,12
Cr	ppm	121	18	43,4	36,5	21,38
Cs	ppm	2,38	0,44	1,01	0,97	0,38
Ga	ppm	20	2	7,09	6,45	4
Ge	ppm	0,2	0,05	0,5	0,05	0,02
Hf	ppm	0,48	0,02	0,13	0,07	0,13
In	ppm	1,96	0,01	0,22	0,06	0,48
La	ppm	24,6	6,7	13,35	12,4	4,55
Li	ppm	15	1	6,06	6	3,12
Mn	ppm	2685	242	1200,8	1015,5	730,42
Mo	ppm	109,02	1,19	13,16	6,66	20,06
Nb	ppm	2,93	1,01	1,75	1,78	0,52
Ni	ppm	414	12,6	37,89	24,75	69,32
P	ppm	770	109	412,47	353	185,67
Rb	ppm	17,1	3	8,59	8,35	3,4
Re	ppm	0,05	0,05	0,05	0,05	0
Sb	ppm	4,71	0,13	0,85	0,36	1,22
Sc	ppm	33,3	1,4	8,94	7,55	7,11
Se	ppm	0,5	0,5	0,5	0,5	0
Sn	ppm	5,5	1,3	2,59	2,2	1,08
Sr	ppm	94,8	2	20,6	10,8	23,53
Ta	ppm	0,025	0,025	0,025	0,025	0
Te	ppm	2,61	0,025	0,4548	0,275	0,608
Th	ppm	6,2	2,2	3,83	3,9	1,07
U	ppm	1,21	0,25	0,73	0,78	0,25
V	ppm	388	11	132,09	109	104,65
W	ppm	4,7	0,05	1,48	1,1	1,4
Y	ppm	11,26	2,18	6,49	7,09	2,28
Zr	ppm	12,2	0,25	3,04	1,35	3,43

Tabela B: Máxima, mínima, média, mediana e desvio padrão dos elementos analisados para os solos na área do CIEM/CPRM, mas não estudados neste trabalho.

		MÁX	MIN	MÉDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO
Al	%	5,83	0,26	3,4	3,44	1,34
Ca	%	3,25	0,005	0,33	0,14	0,64
Fe	%	15	1,99	8,01	8,38	2,91
K	%	0,14	0,005	0,03	0,03	0,033
Mg	%	0,4	0,01	0,1	0,06	0,1
Na	%	0,03	0,005	0,006	0,005	0,005
S	%	0,005	0,005	0,005	0,005	0
Ti	%	0,29	0,005	0,09	0,09	0,05
Au	ppm	0,6	0,05	0,06	0,05	0,11
B	ppm	16	5	5,41	5	2,11
Ba	ppm	326	12	123,66	92	89,59
Be	ppm	3,5	0,2	0,96	0,7	0,7
Bi	ppm	75,89	0,07	2,54	0,38	10,48
Ce	ppm	71,79	0,71	30,77	37,15	21,76
Co	ppm	78,2	3,1	23,55	20,3	17,6
Cr	ppm	129	20	55,18	52	19,21
Cs	ppm	3,74	0,45	2,08	1,98	0,77
Ga	ppm	46,9	7,9	21,04	20,4	7,07
Ge	ppm	0,3	0,05	0,13	0,1	0,08
Hf	ppm	1	0,05	0,43	0,36	0,25
In	ppm	68,08	0,07	3,97	0,5	10,47
La	ppm	117,9	2,8	23,11	17,8	21,51
Li	ppm	61	3	12,9	10	9,82
Mn	ppm	7611	172	1454,51	1127	1447,15
Mo	ppm	7,58	0,07	1,33	0,84	1,43
Nb	ppm	6,16	0,025	0,76	0,69	0,84
Ni	ppm	53,3	9	24,75	25,2	11,09
P	ppm	837	25	287	231	201,63
Rb	ppm	16,1	1,5	6,56	6	3,38
Re	ppm	0,05	0,05	0,05	0,05	0
Sb	ppm	202,52	0,22	17,73	1,94	37,39
Sc	ppm	50,9	3,1	20,68	19,3	9,92
Se	ppm	8	0,5	0,78	0,5	1,07
Sn	ppm	177	1,3	14,91	3,9	28,35
Sr	ppm	157	1,3	18,63	10	29,81
Ta	ppm	0,025	0,025	0,025	0,025	0
Te	ppm	1,59	0,025	0,09	0,025	0,29
Th	ppm	17,3	1,3	7,82	8,1	3,73
U	ppm	2,58	0,4	1,33	1,38	0,43
V	ppm	448	15	204,18	211	89,47
W	ppm	389,4	0,05	7,51	0,05	53,46
Y	ppm	86,76	1,46	18,32	13,2	16,87
Zr	ppm	39,4	0,25	14,59	12,9	10,52

Tabela C: Máxima, mínima, média, mediana e desvio padrão dos elementos analisados para os solos na área do P. M. Morro do Ouro, mas não estudados neste trabalho.

		MÁX	MIN	MÉDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO
Al	%	2,43	0,67	1,57	1,57	0,4
Ca	%	6,44	0,01	0,31	0,13	0,97
Fe	%	7,46	0,58	4,75	4,91	1,36
K	%	0,11	0,03	0,06	0,06	0,01
Mg	%	0,3	0,005	0,06	0,05	0,05
Na	%	0,03	0,005	0,008	0,005	0,007
S	%	0,005	0,005	0,005	0,005	0
Ti	%	0,06	0,005	0,02	0,02	0,01
Au	ppm	3,4	0,05	0,28	0,05	0,74
B	ppm	5	5	5	5	0
Ba	ppm	257	24	82,11	62	58,91
Be	ppm	1,9	0,2	0,56	0,4	0,36
Bi	ppm	74,32	0,51	6,3	2,7	15,17
Ce	ppm	68,2	0,65	36,27	32,63	15,48
Co	ppm	19,5	0,6	8,39	8,4	5,17
Cr	ppm	40	12	25,88	25	6,37
Cs	ppm	3,06	0,19	1,6	1,64	0,64
Ga	ppm	15,7	5,2	9,85	10	2,4
Ge	ppm	0,1	0,05	0,05	0,05	0,01
Hf	ppm	0,23	0,025	0,07	0,05	0,05
In	ppm	0,45	0,03	0,08	0,07	0,07
La	ppm	47,6	3,5	12,39	9,4	7,96
Li	ppm	14	2	7,91	7	2,83
Mn	ppm	4157	38	954,14	742	929,45
Mo	ppm	18,99	0,9	6,04	3,52	4,84
Nb	ppm	2,24	0,025	0,76	0,68	0,48
Ni	ppm	32,3	6,1	16,61	15,1	6,76
P	ppm	963	25	329,09	280	195,4
Rb	ppm	15,2	3,9	8,69	8,7	2,93
Re	ppm	0,05	0,05	0,05	0,05	0
Sb	ppm	2,52	0,28	0,74	0,61	0,47
Sc	ppm	13	2,7	6,8	6,8	2,18
Se	ppm	2	0,5	0,54	0,5	0,23
Sn	ppm	10,4	0,15	1,61	1,3	1,53
Sr	ppm	411	2,7	26,85	14,4	61,18
Ta	ppm	0,025	0,025	0,025	0,025	0
Te	ppm	55,85	0,025	3,82	1,12	11,65
Th	ppm	12,1	1,6	6,46	6,8	2,38
U	ppm	2,1	0,21	1,05	1,03	0,38
V	ppm	116	20	57,48	59	15,28
W	ppm	75,4	0,4	5,18	1,5	15,46
Y	ppm	22,01	1,62	5,89	3,87	5,03
Zr	ppm	12,7	0,25	3,37	2,6	3,03

Tabela D: Máxima, mínima, média, mediana e desvio padrão dos elementos analisados para as escórias, mas não estudados neste trabalho.

		MÁX	MIN	MÉDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO
FeO	%	34,63	4,2	19,41	17,11	10,16
Al ₂ O ₃	%	7,88	2,54	5,45	5,52	1,96
CaO	%	15,45	7,01	12,18	12,86	2,64
Cr ₂ O ₃	%	0,17	0,01	0,02	0,01	0,04
Fe ₂ O ₃	%	40,93	17,99	29,32	31,85	8,84
K ₂ O	%	1,66	0,26	1	0,85	0,48
MgO	%	2,66	1,05	2,05	2,23	0,53
MnO	%	1,04	0,22	0,55	0,45	0,32
Na ₂ O	%	0,31	0,04	0,14	0,1	0,09
P ₂ O ₅	%	0,46	0,12	0,32	0,34	0,11
SiO ₂	%	50,7	14,87	35,02	35,28	12,42
TiO ₂	%	0,36	0,16	0,29	0,32	0,05
LOI	%	1,77	0,005	0,16	0,005	0,53
Sum	%	100,35	63,92	86,54	90,17	10,86
Cs	ppm	1,18	0,72	0,95	0,96	0,15
Ga	ppm	78,2	14,4	39,69	39,9	22,4
Hf	ppm	3,91	1,39	2,18	2,02	0,71
Nb	ppm	8,89	4,29	6,2	5,5	1,64
Rb	ppm	47,8	14	32,98	32,9	10,9
Sn	ppm	439	36,1	217,11	235	129,1
Sr	ppm	834	374	661,63	715	147,56
Ta	ppm	0,59	0,2	0,33	0,28	0,11
Th	ppm	9,6	2,6	5,68	5,4	2,56
U	ppm	8,52	2,38	5,48	5,5	1,72
W	ppm	36,5	4,4	16,84	17,5	10,81
Y	ppm	26,39	11,13	18,33	18,99	4,23
Zr	ppm	243	94,7	142,61	126	43,52
Ce	ppm	89,8	21,7	51,3	45,4	23,89
Dy	ppm	3,98	1,5	3,05	3,3	0,9
Er	ppm	2,44	0,93	1,62	1,64	0,47
Eu	ppm	3,15	0,6	1,27	1,14	0,67
Gd	ppm	5,84	2,19	4,22	4,7	1,25
Ho	ppm	0,97	0,3	0,57	0,58	0,19
La	ppm	52,2	19,9	36	33,5	11,05
Lu	ppm	0,51	0,14	0,24	0,23	0,1
Nd	ppm	38,5	10,5	24,41	23,1	9,3
Pr	ppm	11,02	3,11	7,01	6,7	261
Sm	ppm	6,7	2	4,4	4,5	1,55
Tb	ppm	1,04	0,3	0,62	0,67	0,21
Tm	ppm	0,49	0,14	0,24	0,25	0,09
Yb	ppm	2,1	0,9	1,48	1,5	0,42
Au	ppm	0,3	0,05	0,09	0,05	0,1
Bi	ppm	1949,94	0,28	288,55	4,86	583,26
Co	ppm	130	4,8	48,37	13,3	47,63
Mo	ppm	17,59	3,3	6,67	4,52	4,53
Ni	ppm	120	9	40,49	27,8	37,64
Sb	ppm	341,39	14,02	135,62	100,68	113,91
Se	ppm	4	0,5	2,18	2	1,31

APÊNDICE H

CLASSIFICAÇÕES
E
DESCRIÇÕES
PETROGRÁFICAS

APÊNDICE H

CLASSIFICAÇÃO DAS DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS

ROCHAS MAGMÁTICAS – extraídas de Wernick, 2004.

1. GRAU DE CRISTALINIDADE

- Holovítrea: a rocha é totalmente composta por material vítreo;
- Hipovítrea: a matéria vítreo domina sobre a fração cristalina, freqüentemente dada por fenocristais;
- Hipocristalina: a fração cristalina domina sobre a vítrea. É a textura comum em rochas de corpos magmáticos vulcânicos e subvulcânicos delgados;
- Holocristalina: as rochas são formadas totalmente por cristais. É a textura típica das rochas resultantes de um resfriamento magmático lento, caso das rochas plutônicas.

2. GRAU DE VISIBILIDADE

- Faneríticas: todos os cristais são reconhecidos individualmente. São forçosamente rochas holocristalinas com granulação média a grossa e caracterizam rochas intrusivas de resfriamento lento;
- Subfaneríticas: apenas parte da rocha é formada por cristais que podem ser caracterizadas individualmente. A outra parte contém material vítreo, cristais extremamente diminutos ou a mistura de ambos;
- Afaníticas: não é possível constatar a presença de cristais na rocha.

3. TAMANHO DOS CRISTAIS

3.1 TAMANHO RELATIVO

- Equigranulares: todos os cristais constituintes da rocha apresentam dimensões aproximadamente iguais, independentemente de suas dimensões absolutas;

- Porfíricas: a rocha contém duas classes de cristais com dimensões bem distintas. Uma é dada por cristais de grandes dimensões denominados de fenocristais, megacristais ou macrocristais e a outra é dada por cristais com dimensões no mínimo 10 vezes menores que as dos megacristais;
- Inequigranulares: os cristais integrantes da rocha têm dimensões distintas, mas as maiores não ultrapassam em 10 vezes as dimensões dos menores.

3.2 TAMANHO ABSOLUTO

<i>Granulação</i>	<i>Diâmetro do grão em mm</i>	<i>Número de grãos por cm²</i>
Gigante	> 33	<< 1
Muito grossa	33 – 10	< 1
Grossa	10 – 3.3	1 – 10 ¹
Média	3.3 – 1.0	10 ¹ - 10 ²
Pequena	1.0 – 0.3	10 ² - 10 ³
Fina	0.3 – 0.1	10 ³ - 10 ⁴
Muito fina	0.1 – 0.01	10 ⁴ – 10 ⁶
Densa	< 0.01	> 10 ⁶

4. FORMA DOS CRISTAIS

4.1 FORMA ABSOLUTA

- Minerais eudrais: são minerais que apresentam todas ou quase todas as faces externas de um cristal perfeito;
- Minerais subedrais: apresentam apenas algumas faces externas do correspondente cristal perfeito, sendo as demais dadas por planos irregulares;
- Minerais anedrais: não apresentam faces cristalográficas externas. Toda a morfologia dos minerais é dada por superfícies irregulares.

4.2 FORMA RELATIVA OU COMPARATIVA

Classificados como aciculares, colunares, granulares, chapeados, ripiformes, tabulares, losangulares, quadráticos, esqueléticos, arredondados, ovalados, etc.

5. CONTATO ENTRE OS CRISTAIS

Podem ser sinuosos, lobulados, serrilhados, engrenados ou esgarçados.

6. TRAMA ESTRUTURAL

TEXTURAS INTERSTICIAIS

É a mais comum das tramas das rochas magmáticas por serem os feldspatos os principais constituintes das rochas ígneas. A textura caracteriza-se por uma rede mais ou menos fechada formada por cristais de feldspato retangulares ou ripiformes cujos interstícios são ocupados por cristais de formação tardia. Entre as texturas intersticiais específicas destacam-se:

- Textura granítica: os interstícios da malha de feldspato potássico (no caso dos granitos) ou de plagioclásio (no caso dos granodioritos) são ocupados por grãos anedrais de quartzo;
- Textura sienítica: os interstícios da malha formada por cristais retangulares de feldspato potássico (ou albita) são ocupados por nefelina. É típica de muitos nefelinas sienitos;
- Textura intersertal: os interstícios da malha, formada por cristais ripiformes de plagioclásio são ocupados por um material microgranular ou vítreo. Caracteriza muitos basaltos;
- Textura intergranular: cada interstício da rede formada por cristais ripiformes de plagioclásio é ocupado por um ou mais grãos de piroxênio. Ocorre em numerosos basaltos e diabásios;
- Textura subofítica: os interstícios da rede de cristais de plagioclásio são ocupados por um só cristal de piroxênio. É típica de numerosos basaltos, diabásios e gabros;
- Textura em feltro: caracteriza rochas vulcânicas e subvulcânicas muito ricas em feldspatos, caso dos traquitos.

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

- **JM – R – 01 - *Quartzo Muscovita Xisto da Formação Água Clara***

Estrutura xistosa, de composição 50% quartzo, 40% muscovita, 5% de óxido de ferro e 5% de opacos.

Os grãos de quartzo estão, entre eles, com contatos retilíneos, o que indica que sofreram dissolução por pressão.

Há presença de muscovitas em contato com os grãos de quartzo, com ângulo dihedral de 180°. Isso também ocorreu devido à pressão sofrida, que fez com que aumentasse a relação de contato e o houvesse o estiramento da muscovita.

Também encontra-se na lâmina uma faixa onde a muscovita está fina, como uma massa orientada e dobrada (Sn + 1). Juntamente à essa foliação, está presente o óxido de ferro (material quase opaco, de cor marrom-alaranjada). Dentro dessa zona fraturada, o quartzo está como uma massa bem fina ou como grãos maiores deformados.

Os minerais opacos estão com a disposição igual ao das muscovitas em contato com os grãos de quartzo que sofreram dissolução.

- **JM – R – 03 - *Metagabro Apiaí***

Estrutura maciça, holocristalina, fanerítica, inequigranular, textura intergranular e subofítica.

Em volume, é composta de 50% plagioclásio, 48% piroxênio, 1% opaco e 1% anfibólio.

Os cristais de plagioclásio variam de fino a médio, com tamanhos absolutos de 0,1 mm a 2,3 mm. Possuem forma tabular, subedrais, com contatos retilíneos e sinuosos com os cristais de piroxênio. Geminação Albita e Carlsbad, com composição média An 50 (labradorita).

Os cristais de piroxênio têm tamanho médio, variando de 1 mm a 5 mm. São subedrais a anedrais, e possuem forma granular. Alguns cristais estão sendo alterados para anfibólio.

Os minerais opacos são secundários, pois são amorfos e estão presentes nas bordas dos plagioclásios e piroxênios. São muito finos.

O anfibólio apresenta-se como mineral de alteração do piroxênio, estando presente na borda ou no mineral inteiro.

- **JM – R – 04 - *Metagabro Apiaí***

Estrutura maciça, holocristalina, fanerítica, inequigranular, textura intergranular e subofítica.

Em volume, é composta de 55% plagioclásio, 43% piroxênio, 1% opaco, <1% anfibólio e <1% biotita.

Os cristais de plagioclásio são tabulares a prismáticos, de tamanho fino a médio, variando de 0,03 mm a 1,2 mm. Possui contato retilíneo a sinuoso com os piroxênios. Geminação Albita e Carlsbad, com composição em média An 70 (Bytownita).

Os cristais de piroxênio têm tamanho médio, em média 1,5 mm. São subedrais a anedrais, com algumas formas prismáticas preservadas. Alguns cristais estão sendo alterados para anfibólio.

Os cristais opacos possuem formas aciculares, como primários, e amorfos, como secundários, estes encontrando nas bordas dos piroxênios.

O anfibólio encontra-se alterando o piroxênio, e as biotitas ocorrem nas bordas dos opacos.

- **JM – R – 05 - *Metagabro Apiaí***

Estrutura maciça, holocristalina, fanerítica, inequigranular e textura granular.

Em volume, é composta de 48% plagioclásio, 50% anfibólio, 2% opaco, traços de piroxênio, traços de biotita e traços de clorita.

Os cristais de plagioclásio estão saussoritizados, sendo alguns fraturados, com tamanho muito fino a médio, variando de 0,01 mm a 1,5 mm, e são subedrais a anedrais. Possuem contato sinuoso com os anfibólios. Geminação Albita e um pouco de Carlsbad, porém a composição está muito difícil de definir, devido ao grau de alteração do plagioclásio.

O anfibólio, de cor verde, está como mineral de alteração do piroxênio, no processo de uralitização. Em alguns cristais observa-se resquícios do mineral alterado. Anedrais, de tamanho pequeno a médio. Estão sendo substituídos por cristais opacos em suas bordas e fraturas.

Os cristais opacos são secundários, pois são amorfos e estão presentes nas bordas dos anfibólios.

A biotita encontra-se nas bordas dos opacos.

A clorita encontra-se nas bordas dos cristais de anfibólio, dando continuidade ao processo de uralitização. Cor verde, mas com birrefringência baixa.

- **JM – R – 06 - *Metagabro Apiaí***

Estrutura maciça, holocristalina, fanerítica, inequigranular e textura intergranular e subofítica.

Em volume, é composta de 52% plagioclásio, 46% anfibólio, 1% opaco, traços de anfibólio e traços de biotita.

Os cristais de plagioclásio são de tamanho muito fino a médio, variando de 0,03 mm a 2,5mm. Possuem forma tabular a esquelética, com contatos sinuosos e um pouco retilíneo com os piroxênios. Geminação Albita, Carlsbad e Periclíneo, com composição An 50 (Labradorita).

Os cristais de piroxênio são granulares, anedrais, de tamanho pequeno a médio, variando de 0,5 mm a 3 mm. Alguns cristais estão sendo uralitizados, passando para anfibólio.

Os cristais opacos são secundários, amorfos e estão presentes nas bordas dos plagioclásios e piroxênios. São muito finos a pequenos.

O anfibólio e a biotita são amorfas, presentes nas bordas dos minerais.

- **JM – R – 07 - *Metagabro Apiaí***

Estrutura maciça, hipocristalina, subfanerítica, inequigranular e textura intergranular e subofítica.

Em volume, é composta de 45% plagioclásio, 40% piroxênio, 9% anfibólio, 5% opaco, traços de clorita e traços de apatita.

Os cristais de plagioclásio estão saussoritizados, são subedrais e a maioria anedrais. Possuem hábito esquelético e tabular, tamanho muito fino a pequeno, variando de 0,01 mm a 0,9 mm. Contato retilíneo a sinuoso com os piroxênios, e geminação Albita, Carlsbad e um pouco de Periclíneo. Não foi possível verificar a composição.

Os cristais de piroxênio são subedrais a anedrais, tamanho muito fino a fino, e granulares. Vários cristais estão sofrendo uralitização, passando de piroxênio para anfibólio, principalmente os que estão perto da fratura observada na lâmina.

Os anfibólios (verde com birrefringência alta) estão próximos à fratura da lâmina, e está substituindo alguns cristais de piroxênio. Também estão bem finos e aciculares, com alongação positiva (o que difere da apatita, que possui hábito igual, mas com alongação negativa).

Os opacos estão em forma dendrítica, de tamanho muito fino e, em alguns minerais, a biotita está na borda.

A biotita, de cor marrom alaranjada, é amorfa, e geralmente está nas bordas dos opacos.

A apatita é acicular, muito fina, com relevo alto e alongação negativa. Está presente nos plagioclásios.

A clorita, de cor verde e birrefringência baixa, está alterando o anfibólio, dando continuidade ao processo de uralitização.

Observa-se que a amostra dessa lâmina sofreu deformação, com fraturas que indicam movimento, pois os cristais apresentam-se fraturados, com textura milonitizada.

- **JM – R – 08 - *Metagabro Apiaí***

Estrutura maciça, hipocristalina, subfanerítica, inequigranular e textura intergranular.

Em volume, é composta de 45% plagioclásio, 40% anfibólio, 9% clorita, 5% opaco, 1% carbonato, <1% de biotita e traços de apatita.

Os cristais de plagioclásio estão saussoritizados, são subedrais a anedrais, com geminação Albita e Periclínio. A maioria do contato com os piroxênios são sinuosos, com um pouco de retilíneo. Tamanho muito fino a fino e hábito esquelético.

Os cristais de anfibólio, de cor verde pálida e birrefringência alta, anedrais, são resultados do processo de uralitização do piroxênio. Também possuem tamanhos muito finos, bem aciculares, dentro dos cristais de plagioclásio e carbonato.

Os opacos estão em formas esqueléticas e dendríticas, de tamanho muito fino a fino. Estão nas bordas dos anfibólios ou milonitizados, acompanhando as fraturas.

A clorita está presente principalmente nas fraturas, dando continuidade ao processo de uralitização do anfibólio.

A biotita, de cor marrom alaranjado e também pleocróico, está presente nas bordas dos opacos.

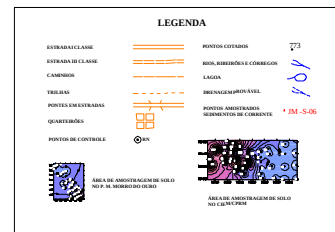
Os cristais de carbonatos são classificáveis devido à alta birrefringência do mineral. Possui tamanho muito fino a fino, de hábito granular, e contato sinuoso com outros cristais. Contém inclusões de apatita e anfibólio.

A apatita é acicular, muito fina, com relevo alto e elongação negativa. Está presente nos plagioclásios.

Esta lâmina contém fraturas com texturas miloníticas.

- **JM – R – 09, JM – R – 10 e JM – R – 11 - *Cálcio-silicatadas da Formação Gorotuba.***

Essas lâminas estão com a granulação muito fina a densa, sendo difícil de descrevê-las. Na JM – R – 09, os grãos são um pouco maiores, onde pode observar grãos de quartzo, e um pouco de anfibólio e epidoto. Na JM – R – 10, observa-se uma orientação dos cristais. Está oxidada ao longo da fratura presente na lâmina. A JM – R – 11 apresenta-se um pouco oxidada, mas com a granulação muito densa.



U 09	U 10	U 11
V 09	V 10	V 11

(DAEE, 1957)

ESCALA 1:10.000



 **CPRM**
CIA. PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS
Serviço Geológico do Brasil

ANEXO

II

MÉTODOS DAS ANÁLISES

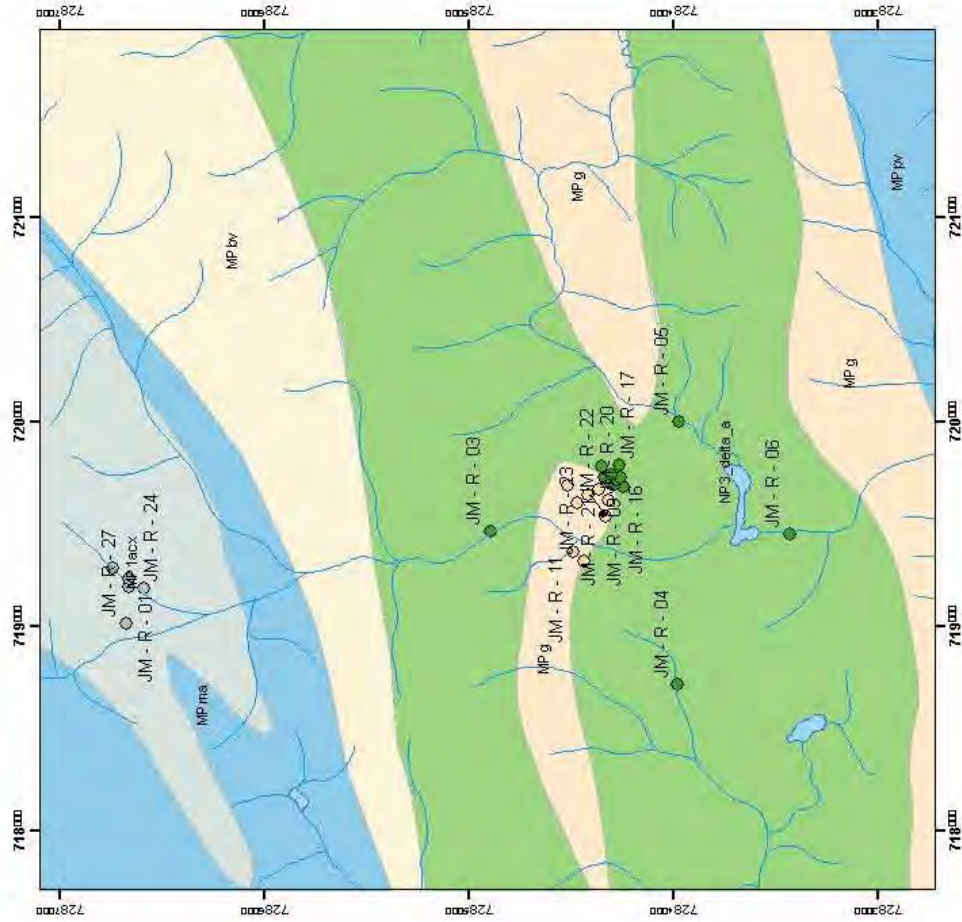
ITEM DA ESPECIFICAÇÃO	CÓDIGO DO MÉTODO	DESCRIÇÃO (Limite inferior de detecção - Limite superior reportável)
Elementos maiores (Óxidos)	ICP95A	Fusão com Metaborato de lítio/leitura por ICP-OES
		Al ₂ O ₃ - 0.01 % - 75%
		CaO - 0.01% - 60%
		Cr ₂ O ₃ - 0.01% - 10%
		Fe ₂ O ₃ - 0.01 % - 75%
		K ₂ O - 0.01 % - 25%
		Perda ao fogo - 0.01 % - 50%
		MgO - 0.01 % - 30%
		MnO - 0.01% -10%
		Na ₂ O - 0.01 % - 30%
		P ₂ O ₅ - 0.01 % - 25%
		SiO ₂ - 0.01 % - 90%
		TiO ₂ - 0.01 % - 25%
Elementos menores	IMS95A	Fusão com Metaborato de lítio/leitura por ICP-OES e ICP-MS
		Ba - 10ppm - 10%
		Be - 0.1ppm - 0.25%
		Cs - 0.1ppm - 1%
		Ga 1ppm - 0,1%
		Hf - 1ppm -1%
		Nb - 1ppm -1%
		Rb - 0.2ppm - 1 %
		Sn - 1ppm - 0.1%
		Sr - 10ppm -10%
		Ta - 0.5 ppm -1%
		Th- 0.1ppm - 0,1%
		U - 0.05 ppm -1%
		W - 1ppm-1%
		Y - 0.5ppm-1%
		Zr - 10ppm -10%
	ICM14B	Digestão com água régia/leitura por ICP-OES e ICP-MS
		Ag - 0.01ppm -10ppm
		Au - 0,1ppm -100 ppm
		As - 1ppm-1%
		Bi - 0.02 ppm -1%
		Cd - 0.01ppm -1%
		Co - 0.1ppm -1%
		Cu - 0.5 ppm" 1%
		Hg - 0.01ppm-1ppm
		Mo - 0.05 ppm - 1 %
		Ni - 0.5ppm - 1 %
		Pb - 0.2 ppm -1%
		Sb - 0.05 ppm -1%
		Se - 1ppm - 0.1%
		Zn - 1ppm - 1%
Elementos Terra-Raras	IMS95R	Fusão com Metaborato de lítio/leitura por ICP-MS
		Ce - 0.1ppm -1%
		Dy - 0.05 ppm - 0.1%
		Er - 0.05 ppm - 0.1 %
		Eu - 0.05 ppm - 0.1%
		Gd - 0.05 ppm - 0.1%
		Ho - 0.05 ppm - 0.1%
		La - 0.1ppm - 1%
		Lu - 0.05 ppm - 0.1%
		Nd - 0.1ppm - 1%
		Pr - 0.05 ppm - 0.1%
		Sm - 0.1ppm - 0.1%

		Tb - 0.05 ppm - 0.1 %
		Tm - 0.05ppm - 0.1 %
		Yb - 0.1 ppm - 0.1%
ÍTEM DA ESPECIFICAÇÃO	CÓDIGO DO MÉTODO	DESCRIÇÃO (Limite inferior de detecção - Limite superior reportável)
Elementos traços	ICM14B	Digestão com água régia/leitura por ICP-OES e ICP-MS
		Ag - 0,01 ppm -10 ppm
		Au - 0,1 ppm -100 ppm
		Al - 0,01% -15%
		As - 1 ppm - 1%
		B - 10 ppm -1%
		Ba - 5 ppm -1%
		Se - 0,1 ppm - 0,01%
		Bi - 0,02 ppm - 1 %
		Ca - 0,01% -15%
		Cd - 0,01 ppm -1%
		Ce - 0,05 ppm - 0,1%
		Co - 0,1 ppm -1%
		Cr - 1 ppm -1%
		Cs - 0,05 ppm - 0,1%
		Cu - 0,5 ppm -1%
		Fe - 0,01% -15%
		Ga - 0,1 - 1%
		Ge - 0,1 ppm -1%
		Hf - 0,05 ppm - 0,05%
		Hg - 0,01 ppm -1%
		In - 0,02 ppm - 0,05%
		K - 0,01%-15%
		La - 0,1 ppm -1%
		Li - 1 ppm - 5%
		Mg - 0,01 % -15%
		Mn - 5 ppm - 1%
		Mo - 0,05 ppm -1%
		Na - 0,01 % - 15%
		Nb - 0,05 ppm - 0,1%
		Ni - 0,5 ppm - 1 %
		P - 50 ppm - 1%
		Pb - 0,2 ppm -1%
		Rb - 0,2 ppm -1%
		Re - 0,1 ppm -1%
		S - 0,01% - 5%
		Sb - 0,05 ppm -1%
		Sc - 0,1 ppm - 1%
		Se - 1 ppm - 0,1%
		Sn - 0,3 ppm - 0,1%
		Sr - 0,5 ppm - 1%
		Ta - 0,05 ppm - 1%
		Te - 0,05 ppm - 0,1%
		Th - 0,1 ppm -1%
		Ti - 0,01% -15%
		U - 0,05 ppm -1%
		V - 1 ppm -1%
		W - 0,1 ppm -1%
		Y - 0,05 ppm -1%
		Zn - 1 ppm -1%
		Zr - 0,5ppm -1%

ANEXO

III

RESULTADOS
DE TODOS OS ELEMENTOS
ANALISADOS



ESCALA 1:25.000



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Origem de quilometragem UTM: equador e Meridiano Central 51° W
acrescidas as contantes: 100000km e 500 km, respectivamente.

Dados original: WGS84

Unidades Geológicas:

- MP1acx Fm Água Clara, unidade de xistos
- MPbv Fm Serra da Boa Vista
- MPg Fm Gorutuba
- MPma Mármore de Apiaí
- MPpv Fm Passa Vinte
- NP3_delta_a Metagabro Apiaí

Convenções Cartográficas:

Drenagens

lagos

Pontos coletados:

Gorutuba

Metagabro Apiaí

Água Clara

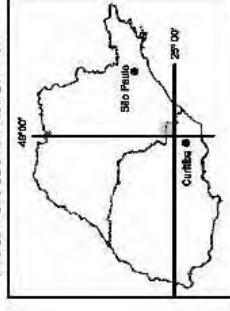
JM-R-01: n.º ponto descrito



ARTICULAÇÃO DA FOLHA

48°00'	48°30'	49°00'	49°30'	49°00'	24°30'
Itararé SG.22-X-B-I	Guaipara SG.22-X-B-II	Capão Bonito SG.22-X-B-III			
24°30'			Apiaí SG.22-X-B-V	Eldorado Paulista SG.22-X-B-VI	24°30'
26°00'	Curiúba SG.22-X-D-I	Antônio SG.22-X-D-II	Guarapuçuba SG.22-X-D-III		25°00'
25°30'	48°00'	48°30'	49°00'	49°30'	25°00'

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA APIAÍ SG-22-X-B-V
NOS ESTADOS DE SÃO PAULO E PARANÁ



Extraído da
Folha Apiaí - SG-22-X-B-V
CPRM - 2009

ANEXO IV	TÍTULO:
	"Petróleos Geoquímicos de solos e sedimento de corrente, nas áreas das usinas de Fundição de Chumbo do Calabouço (CIEM-CPRM) e de Beneficiamento de Minério Aurífero do Morro do Ouro (Parque Municipal do Morro do Ouro) no Município de Apiaí"
MAPA GEOLÓGICO	UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
	"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
AUTOR:	RIO CLARO/2009
JULIANA MARTINS	CPRM
DISCIPLINA:	
TRABALHO DE FORMATURA	
Curso de Geologia	
ORIENTADOR:	
Prof. Dr. Elias Carneiro Daitx	
CO-ORIENTADOR:	
Profa. Dra. Gilda Carneiro Ferreira	
	CIA. PESQUISA E RECURSOS MINERAIS