

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde

**ANÁLISE DOS METAIS PESADOS E SUA RELAÇÃO COM O MEIO
AMBIENTE E A SAÚDE NA BACIA DO RIBEIRÃO ANICUNS**

LUIZA HELENA SILVA DE MIRANDA

Goiânia-GO
Fevereiro de 2007

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde

**ANÁLISE DOS METAIS PESADOS E SUA RELAÇÃO COM O MEIO
AMBIENTE E A SAÚDE NA BACIA DO RIBEIRÃO ANICUNS**

LUIZA HELENA SILVA DE MIRANDA

Orientador: Prof. Dr. Eric Santos Araújo

Co-orientadora: Prof. Dra. Irmtraut Araci Hoffmann Pfrimer

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Saúde, da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Católica de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Saúde.

Goiânia-GO
Fevereiro de 2007

M675a Miranda, Luisa Helena Silva de.

Análise dos metais pesados e sua relação com o meio ambiente e a saúde na bacia do ribeirão Anicuns / Luisa Helena Silva de Miranda. – 2007.

139 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Católica de Goiás, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde, 2007.

“Orientador: Prof. Dr. Eric Santos Araújo”.

“Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Irmtraut Araci Hoffmann Pfrimer”.

1. Água – contaminação – ribeirão Anicuns (GO). 2. Ribeirão Anicuns (GO) – poluição – metais pesados. 3. Metais pesados – saúde – riscos. 4. Meio ambiente – poluição – Goiânia (GO). I. Título.

CDU: 504.75:504.4.054(817.3)(043)
504.054(817.3)(043)

A Deus,

Razão da minha vida.

A meu pai, *in memoriam*,

Exemplo de amor, sabedoria e humildade.

A minha mãe,

Pelo incentivo e motivação.

A Wilson Sodré e João Henrique,

Amor e alegria de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor e orientador Dr. Eric dos Santos Araújo, que com muita dedicação, confiança e sabedoria acompanhou-me em todas as etapas deste trabalho.

A Professora Dra Irmtraut Araci Hoffmann Pfrimer, pela orientação, confiança e incentivo, os meus agradecimentos.

A todos os professores e funcionários do Mestrado de Ciências Ambientais que contribuíram diretamente e indiretamente para a minha aprendizagem.

Ao João Rocha de Assis, funcionário da Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais–CPRM, amigo e companheiro de coleta das amostras de água e sedimento de corrente.

Ao Claudionor Francisco, funcionário da Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais–CPRM, pela disponibilidade em fornecer o seu material para a pesquisa.

Ao Professor Dr. Luiz Fabrício Zara e toda a sua equipe, pela atenção, confiança, apoio e disponibilidade na preparação e leitura das amostras de água e sedimento de corrente, no Laboratório de análises químicas da Universidade Católica de Brasília.

Ao Professor Dr. Júlio Cezar Rubin de Rubin, pelo incentivo e gentileza na informação de fontes bibliográficas.

A vovó Luísa Parreira de Lima, que com muito amor e paciência auxiliou-me nos momentos difíceis.

A Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais–CPRM Serviço Geológico do Brasil, pelo fornecimento dos materiais de coletas das amostras e pela utilização dos programas de computação necessários ao tratamento estatístico e a confecção dos mapas geoquímicos.

E em especial a meu marido Wilson Sodré por todo amor, paciência, estímulo e dedicação, que contribuiu para a minha formação.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE FOTOS	xiii
LISTA DE ANEXOS	xiv
SIGLAS	xv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3 GEOQUÍMICA, AMBIENTE E SAÚDE	6
3.1 BIODISPONIBILIDADE DOS ELEMENTOS QUÍMICOS	11
3.2 AÇÕES BIOLÓGICAS DOS ELEMENTOS QUÍMICOS	15
3.3 FUNDAMENTOS HIDROGEOQUÍMICOS	30
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	34
4.1 LOCALIZAÇÃO	35
4.2 CLIMA	36

4.3	ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOMORFOLÓGICOS E PEDOLÓGICOS	37
4.4	ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS	41
4.5	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	42
5	MATERIAIS E MÉTODOS	45
5.1	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA	45
5.2	DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM	45
5.3	COLETA E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA E SEDIMENTO DE CORRENTE FASE 2	47
5.4	ANÁLISE LABORATORIAL DAS AMOSTRAS DE ÁGUA E SEDIMENTO DE CORRENTE	49
5.5	CONSISTÊNCIA DOS RESULTADOS MULTIELEMENTARES DE SEDIMENTO DE CORRENTE FASE 1, FASE 2 E ÁGUA	52
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
6.1	SITUAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIBEIRÃO ANICUNS	53
6.1.1	Pontos de Amostragem e Toponímia	53
6.1.2	Mapa base da área	55
6.1.3	Análise dos Padrões Geoquímicos da água e sedimento de corrente	55
6.1.4	Análise físico-química da água de algumas drenagens	58
6.1.5	Análise das fontes poluidoras e alterações antrópicas da Bacia do Ribeirão Anicuns	60
6.2	ANÁLISE GEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR DE SEDIMENTO DE CORRENTE	69
6.3	ANÁLISE GEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR DA ÁGUA	109

6.4	ANÁLISE INTEGRADA DOS RESULTADOS DE SEDIMENTO DE CORRENTE FASE 1, FASE 2 E ÁGUA	120
7	CONCLUSÃO	123
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
	ANEXOS	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Abundância de massa dos elementos químicos no corpo humano (m/%)	12
Tabela 2	Abundância de certos elementos traço na massa do corpo humano	12
Tabela 3	Pontos de Amostragem das coordenadas e toponímia da bacia do Ribeirão Anicuns	54
Tabela 4	Análise das características da água e sedimento de corrente	57
Tabela 5	Aspectos físico-químicos da qualidade da água de algumas drenagens	59
Tabela 6	Pontos de amostragem e Toponímia (Fase1)	69
Tabela 7	Concentrações dos elementos químicos de sedimento de corrente Fase 1 (mg/kg)	71
Tabela 8	Sumário Estatístico das concentrações dos elementos químicos de sedimento de corrente – Fase 1	71
Tabela 9	Valores de 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a ordens para as concentrações dos elementos químicos de sedimento de corrente (mg/kg) Fase 1	72
Tabela 10	Sumário Estatístico e valores de 1 ^a e 2 ^a ordens para as concentrações dos elementos químicos de Sedimentos de Corrente. Anicuns Fase 1 sem amostra CF-067–Córr. Capim Puba	73
Tabela 11	Valores Anômalos de 1 ^a , 2 ^a , e 3 ^a ordens (mg/kg) dos elementos de sedimento de corrente Fase 1	74
Tabela 12	Pontos de amostragem da coleta de sedimento de corrente Fase 2	87
Tabela 13	Concentração dos elementos químicos das amostras de sedimentos de corrente Fase 2	88
Tabela 14	Sumário estatístico das concentrações dos elementos	90

	químicos de sedimento de corrente Fase 2	
Tabela 15	Valores de 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a ordens para as concentrações dos elementos químicos de sedimento de corrente (mg/kg) Fase 2	91
Tabela 16	Valores Anômalos de 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a ordens (mg/k) dos elementos de sedimentos de corrente Fase 2	92
Tabela 17	Pontos de amostragem da coleta de água	110
Tabela 18	Concentrações (mg/L) dos elementos químicos das amostras de água	111
Tabela 19	Sumário Estatístico das amostras de água	112
Tabela 20	Valores de 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a ordens para as concentrações dos elementos químicos de água (mg/L)	113
Tabela 21	Valores Anômalos da água - 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a ordem	113

ISTA DE FIGURAS

Figura 1	Tabela Periódica dos elementos químicos essenciais e tóxicos para a saúde humana	13
Figura 2	Mapa limitrófico de Goiânia	34
Figura 3	Mapa geológico da bacia do ribeirão Anicuns	37
Figura 4	Baionetas, angularidades do ribeirão Anicuns	40
Figura 5	Mapa de drenagem da bacia do ribeirão Anicuns	46
Figura 6	Mapa base de localização dos pontos de amostragem na bacia do ribeirão Anicuns	55
Figura 7	Ficha de campo de amostra geoquímica - CPRM, 2006	56
Figura 8	Mapa base de sedimento de corrente Fase1	72
Figura 9	Matriz de correlação de sedimento de corrente Fase1	73
Figura 10	Mapa geoquímico do Cu de sedimento de corrente Fase 1	77
Figura 11	Mapa geoquímico do Zn de sedimento de corrente Fase 1	77
Figura 12	Mapa geoquímico do Cd de sedimento de corrente Fase 1	78
Figura 13	Mapa geoquímico do Tl de sedimento de corrente Fase 1	78
Figura 14	Mapa geoquímico do Sb de sedimento de corrente Fase 1	80
Figura 15	Mapa geoquímico do Bi de sedimento de corrente Fase 1	80
Figura 16	Mapa geoquímico do Hg de sedimento de corrente Fase 1	81
Figura 17	Mapa geoquímico do Sn de sedimento de corrente Fase 1	81
Figura 18	Mapa geoquímico do Sr de sedimento de corrente Fase 1	83
Figura 19	Mapa geoquímico do Ca de sedimento de corrente Fase 1	83
Figura 20	Mapa geoquímico do K de sedimento de corrente Fase 1	84
Figura 21	Mapa geoquímico do Cs de sedimento de corrente Fase 1	85
Figura 22	Mapa base de sedimento de corrente Fase 2	87
Figura 23	Matriz de Correlação de sedimento de corrente Fase 2	94

Figura 24	Mapa geoquímico do Nb de sedimento de corrente Fase 2	96
Figura 25	Mapa geoquímico do V de sedimento de corrente Fase 2	96
Figura 26	Mapa geoquímico do Sr de sedimento de corrente Fase 2	98
Figura 27	Mapa geoquímico do Fe de sedimento de corrente Fase 2	99
Figura 28	Mapa geoquímico do B de sedimento de corrente Fase 2	99
Figura 29	Mapa geoquímico do Cu de sedimento de corrente Fase 2	100
Figura 30	Mapa geoquímico do Pb de sedimento de corrente Fase 2	101
Figura 31	Mapa geoquímico do Zn de sedimento de corrente Fase 2	102
Figura 32	Mapa geoquímico do Ni de sedimento de corrente Fase 2	103
Figura 33	Mapa geoquímico do Ba de sedimento de corrente Fase 2	103
Figura 34	Mapa geoquímico do Ti de sedimento de corrente Fase 2	104
Figura 35	Mapa geoquímico do Te de sedimento de corrente Fase 2	105
Figura 36	Mapa geoquímico do Co de sedimento de corrente Fase 2	105
Figura 37	Mapa geoquímico do Sn de sedimento de corrente Fase 2	106
Figura 38	Mapa geoquímico do La de sedimento de corrente Fase 2	108
Figura 39	Mapa base dos pontos de amostragem da água	110
Figura 40	Matriz de Correlação da água	115
Figura 41	Mapa geoquímico do Si de água	116
Figura 42	Mapa geoquímico do Ca de água	116
Figura 43	Mapa geoquímico do Mg de água	117

LISTA DE FOTOS

Foto 1	Kit completo para amostragem de sedimentos de corrente e água	48
Foto 2	Ponto de coleta de água e sedimento de corrente (LM-011)	49
Foto 3	Laboratório de Espectroscopia Atômica UCB (2006)	51
Foto 4	Horticultura próxima à nascente do ribeirão Anicuns (LM-002)	61
Foto 5	Depósito de lixo nas proximidades do ribeirão Anicuns (LM-003)	62
Foto 6	Erosão na drenagem do córrego Macambira	63
Foto 7	Animais ingerindo água contaminada no ribeirão Anicuns (LM-011)	64
Foto 8	Lançamento de esgoto industrial no ribeirão Anicuns (LM-013)	64
Foto 9	Animais mortos sobre a ponte da Vila São José no ribeirão Anicuns (LM-015)	65
Foto 10	Lançamento de esgoto fluvial no ribeirão Anicuns/Criméia Oeste (LM-018)	66
Foto 11	Ribeirão Anicuns nas proximidades do rio Meia Ponte (LM-020)	67
Foto 12	Drenagem do córrego Botafogo (LM-021)	67
Foto 13	Capim Puba – Fundo do Cemitério Jardim das Palmeiras (LM-023)	68

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	Tabela de Referência, Sintomatologia e Ação dos Elementos Químicos	135
Anexo B	Mapa Geomorfológico da bacia do ribeirão Anicuns	137
Anexo C	Tabela do CONOMA – Resolução N° 357/2005	138
Anexo D	Tabela da NOAA	139

SIGLAS

AA	Absorção Atômica
ATP	Ácido Trifosfato de Adenosina
ATSDR	Agency dor Toxic Substances and Diseases Registry
CF-S	Claudionor Francisco – Sedimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisas dos Recursos Naturais
CREA	Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia
EE	Espectrometria Óptica de Emissão
GPS	Sistema de Posicionamento Georeferenciado
ICP – OES	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy
LM	Luísa Miranda
LMS	Luísa Miranda - Sedimento
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MPS	Geosoft Mapping and Processing System
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
SEMMA	Secretaria Municipal do Meio Ambiente
UCB	Universidade Católica de Brasília
UCG	Universidade Católica de Goiás

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise das alterações dos níveis de concentração de elementos químicos, em amostras de água e sedimentos de corrente, na bacia do ribeirão Anicuns, em Goiânia-GO. Foi realizado levantamento geoquímico das principais fontes de contaminações antrópicas nesse ambiente. Para o melhor desenvolvimento das atividades de campo e análises dos resultados o trabalho foi dividido em três etapas: 1^a. – o diagnóstico da situação da bacia do ribeirão Anicuns e mapeamento da área de amostragem; 2^a. – coleta das amostras de água e sedimento de corrente para análise dos elementos químicos; 3^a. análise geoquímica e discussão das associações dos multielementos de sedimento de corrente Fase 1, Fase 2 e Água. A metodologia utilizada para determinar as concentrações dos multielementos foi ICP-OES. A partir desses resultados os dados passaram por um tratamento estatístico e, em seguida, foram confeccionadas matrizes de correlações e mapas geoquímicos. Considerando os sedimentos de corrente, os resultados mostraram alterações nas concentrações dos elementos químicos nos seguintes pontos de amostragem: 1) - Fase 1, nas drenagens dos córregos Capim Puba (CF-S-067) e Botafogo (CF-S-068) para os elementos Cu, Zn, Cd, Ti, Sr, Ca, K, Hg, Cs, e nos córregos Vaca Brava (CF-S-061) e Cascavel (CF-S-062) para Cs.; 2) - Fase 2, nos pontos da fazenda São José (LMS-004), Nb, V, Fe, B, Ti, Te, Co, Zn e La; no ribeirão Anicuns/ponte Av. Ananguera (LMS-013), Nb, V, Fe e B; na ponte do ribeirão Anicuns/Criméia Oeste (LMS-018), Ti, Te, Co, Sn e Sr e na drenagem do córrego Capim Puba (LMS-022, LMS-023, LMS-024), os elementos Sr, Fe, B, Cu, Pb, Zn, Ni, Ba; 3) Água, nas drenagens do rio Meia Ponte (LMS-020), córrego Capim Puba e Ponte Criméia Oeste, os elementos Si, Ca, Mg, e Bi. Conforme observações de campo, os pontos de amostragem mais distantes da nascente apresentam uma maior aglomeração urbana e com isso aumentam os impactos ambientais causados pela ação humana.

PALAVRAS CHAVES: Meio Ambiente, poluição, água, saúde, ribeirão Anicuns.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the alterations in the heavy metals concentration levels in water and sediment samples, in the Anicuns watershed, in Goiânia – GO. A survey of the most important anthropogenic contamination sources in this environment was accomplished. For the best development of field activities and analyses results the study was divided into three steps: 1- The situation diagnosis of Anicuns watershed and the sampling field mapping; 2- Water and sediment sample collecting for the analyses of the chemical elements; 3- Geochemistry analyzes and the discussion of the multielements associations of sediment phase 1, phase 2 and water. The methodology used in order to determine the multielements concentration was ICP-OES. From these results the data went through a statistical treatment, and then the matrices correlations and the geochemical maps. Considering the sediments, the results have showed chemical elements alterations in the following sampling points: 1) – Phase 1; in the drainage of Capim Puba (CF-S-067) and Botafo (CF-S-068) streams, the elements Cu, Zn, Cd, Ti, Sr, Ca, K, Hg, Cs, were found in Vaca Brava (CF-S-061) and Cascavel (CF-S-062) streams, the Cs; 2) Phase 2, in the points at São José farm (LMS-004), the elements Nb, V, Fe, B, Ti, Te, Co, Zn and La; at Anicuns stream/bridge at Anhaguera Avenue (LMS-013), Nb, V, Fe and B; at the Anicuns stream bridge/ Criméia Oeste (LMS-018), Ti, Te, Co, Sn and Sr, and in Capim Puba stream drainage (LMS-022, LMS-023, LMS-024), the elements Sr, Fe, B, Cu, Pb, Zn, Ni, Ba; 3) About the water, in the drainages of Meia Ponte river (LMS-020), in Capim Puba stream and at the bridge in Criméia Oeste, the elements Si, Ca, Mg and Bi were found. Considering the field observations, the sampling points which are located furthest from the spring show a bigger urban agglomeration what, consequently, increase the environmental impacts caused by human action.

1. INTRODUÇÃO

A questão ambiental surge como uma problemática social e ecológica generalizada de alcance planetário, que atinge todos os âmbitos da organização social, os aparelhos do Estado e os grupos e classes sociais. Isso induz a um amplo e complexo processo de reorientação e transformações do conhecimento e do saber ambiental (LEFF, 2002).

Pensar o ambiente de forma sistêmica e interdisciplinar, através de uma análise integrada do conhecimento, permite ter consciência das causas e efeitos dos problemas ambientais. Nesse sentido, o constante equilíbrio harmônico do homem com a natureza faz-se necessário para o futuro comum da humanidade. BOFF (1999) faz uma abordagem da importância da preservação e conservação do planeta. “Devemos deixar a Casa Comum sempre em ordem para outros hóspedes que vierem depois de nós”.

O papel das ciências da terra numa sociedade que visa ao desenvolvimento sustentável deve contemplar o monitoramento contínuo dos processos do “Sistema Terra”, pois ela busca o gerenciamento e o fornecimento de recursos minerais, energéticos e hídricos e a conservação dos solos agrícolas (CORDANI, 1997).

A geoquímica é uma ciência que tem por objetivo estudar os elementos químicos de uma forma ampla incluindo solos, sedimentos de corrente, água e seres bióticos, podendo monitorar os recursos hídricos, avaliar a contaminação e os efeitos desses elementos sobre o ambiente e a saúde dos seres vivos.

Salientou LICHT (2001) que o diagnóstico ambiental por meio de técnicas geoquímicas tem sido realizado desde a década de 30, quando pesquisadores da ex-URSS iniciaram investigações geoquímicas voltadas à localização de jazidas minerais. O sucesso da nova metodologia, com uma repetibilidade de causa e efeito, provocaram sua rápida disseminação por outros países, tendo sido intensamente pesquisada e aplicada com êxito em todos os ambientes geológicos e fisiográficos do planeta.

De acordo com a Agência para Substâncias Tóxicas e Registro de Enfermidades (ATSDR, 1995) dos Estados Unidos, o processo de avaliação da

saúde em um determinado local sob impacto de problemas ambientais, constitui-se de cinco etapas básicas: 1) avaliação da informação física, geográfica, histórica e da situação operacional da localidade; 2) identificação das preocupações com saúde nas comunidades afetadas; 3) seleção dos poluentes de interesse associados ao local; 4) identificação e avaliação das vias de exposição (mecanismo de transporte ambiental e vias de exposição humana) e 5) determinação das implicações em saúde pública baseada em fonte de dados. Sendo assim, esse processo de avaliação torna-se fundamental para uma abordagem epistemológica do contexto sócio-ambiental e cultural da sociedade.

A Geologia Médica é uma ciência recente e multidisciplinar, que foi definida pelo Ministério da Ciência e Tecnologia-MCT (BRASIL, 2005) como o estudo das relações entre os fatores geológicos naturais e a saúde, visando ao bem-estar dos seres humanos e outros organismos vivos, incluindo, ainda, a identificação e a caracterização das fontes naturais e antropogênicas, as alterações dos agentes químicos e o grau de exposição a esses elementos químicos.

As fontes de contaminação antrópica nas águas até o momento registradas são normalmente associadas a resíduos domésticos e industriais e também ao chorume que são oriundos de depósitos de lixo que contaminam os lençóis freáticos. Além de promover a mobilização de metais contidos no solo, como alumínio, ferro, manganês, a água também é uma fonte potencial de nitrato e outras substâncias orgânicas tóxicas ao ser humano e ao ambiente (FREITAS *et al.* 2001).

Os perfis e as composições químicas dos solos e das águas são controlados pela mineralogia das rochas e dos sedimentos, afetados pelo intemperismo, pelo deslizamento por gravidade, além dos efeitos erosivos de água corrente e ventos, dependendo, portanto, de interações entre a água, as rochas e os minerais (CORTECCI, 2003).

A prospecção e a confecção de mapas geoquímicos por meio de um tratamento estatístico foram geradas a partir dos resultados de análises químicas, atualmente, multielementar. Neste trabalho, essa análise foi realizada tanto para a água quanto para os sedimentos de corrente.

A natureza na cidade é consequência de uma complexa interação entre os múltiplos propósitos, atividades dos seres humanos e de outras criaturas vivas e dos processos naturais que governam a transferência de energia. A cidade é parte da natureza. Ela é uma transformação “selvagem” da natureza pelos seres humanos para servir às necessidades. As ruas cobertas pelo asfalto, as calçadas e os sistemas de água pluviais que drenam as cidades interrompem o ciclo hidrológico, mudam as características dos cursos d’água e os resíduos sólidos contaminam a água subterrânea e superficial (SPIRN, 1995).

Assim, esta dissertação busca adquirir dados da atual situação dos problemas ambientais na bacia do ribeirão Anicuns relacionados à contaminação antrópica de elementos químicos presentes na água e em sedimentos de corrente e as consequências dessas alterações para a saúde.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral da presente dissertação é realizar um diagnóstico das possíveis causas e consequências das alterações dos níveis de concentração dos elementos químicos na água e em sedimentos de corrente, relacionados ao o meio ambiente e à saúde, na bacia do ribeirão Anicuns.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os pontos de amostragem para o levantamento das ações antrópicas e naturais e confeccionar o mapa base da área de estudo.
- Diagnosticar a situação da bacia hidrogeográfica do Ribeirão Anicuns, levando em consideração as principais fontes de contaminação antrópica e as alterações da fisionomia da paisagem.
- Coletar as amostras de água e sedimento de corrente, nos pontos selecionados, e determinar os parâmetros físico-químicos.
- Identificar os principais elementos químicos presentes na água e nos sedimentos de corrente, através de Espectroscopia de Emissão Ótica com Plasma de Argônio Induzido (ICP – OES, Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy).
- Selecionar os elementos químicos identificados por variações de concentração, comparando com os padrões da NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration (LONG & MORGAN, 1991), para sedimento de corrente e com os padrões do CONAMA (BRASIL, 2005), para água.
- Confeccionar as matrizes de correlação multielementares, determinar as associações químicas e confeccionar os mapas geoquímicos.

- Consistir e comparar os dados geoquímicos analisados de sedimentos de corrente – Fase 1 e Fase 2 e água, através da relação das alterações dos elementos químicos e as possíveis áreas de influência.
- Determinar os possíveis pontos de contaminação e as possíveis consequências das alterações dos elementos químicos na saúde humana.

3. GEOQUÍMICA, AMBIENTE E SAÚDE

A Constituição Federal de 1988, apesar de ter quase três décadas, estabelece os objetivos norteadores do processo de desenvolvimento sócio-econômico-ambiental para uma sociedade sustentável. São eles: proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas; promover a melhoria das condições e fiscalizar as concessões de direitos de exploração de recursos hídricos em seus territórios e legislar concomitantemente sobre defesa do solo e dos recursos naturais, proteção e defesa da saúde.

Ainda com essa mesma visão de proteção e conservação do Meio Ambiente, a Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecida pela Lei N^o. 6.938/81, considera o Meio Ambiente um patrimônio de bem público, que possa ser utilizado por todos, sem causar danos. Neste sentido, ela assegura o uso coletivo dos recursos da natureza, como: a racionalização do uso da água; o planejamento e fiscalização do uso de recursos ambientais; o controle e zoneamento das atividades potenciais; os incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologia orientada para o uso racional; a proteção dos recursos ambientais e a recuperação das áreas degradadas. Essas medidas visam a assegurar a melhoria da qualidade ambiental, da biodiversidade e das futuras gerações. O nosso futuro e das outras gerações são as nossas ações do presente.

Através da Reunião da Cúpula do Rio, a Organização Mundial da Saúde - OMS elaborou uma Estratégia Mundial de Saúde e Meio Ambiente, na qual destaca os amplos vínculos existentes entre a saúde e o meio ambiente no contexto do desenvolvimento sustentável, o que vai além dos determinantes sanitários do meio físico-químico e abrange as conseqüências, para a saúde, da interação entre as populações humanas e toda uma série de fatores de seu entorno físico e social (LEFF, 2004).

A conservação e o uso sustentável da biodiversidade são inseparáveis das questões sociais e econômicas. Alguns ingredientes da problemática ambiental, que constituem grande desafio à promoção do desenvolvimento sustentável no Brasil são: utilização indevida da fauna, da flora, do solo, da água, dos recursos genéticos; desperdício de energia; crescimento

demográfico; superprodução de bens capitais; produção de lixo; poluição sob todas as formas; doenças e pobreza (WOFF, 2000).

WILSON (1997) faz um retrato da situação atual da diversidade biológica no planeta. Ele considera que o tratamento da diversidade biológica tem de ser sério, para ser registrada, usada e, acima de tudo, preservada. Assim, três circunstâncias são consideradas de extrema urgência para dar ênfase a esses preceitos. Primeiro, o crescimento explosivo das populações humanas está desgastando o meio ambiente de forma muito acelerada, especialmente nos países tropicais. Segundo, a ciência está descobrindo novas utilizações para a diversidade biológica, que podem aliviar tanto o sofrimento humano quanto a destruição ambiental. Terceiro, grande parte da diversidade está se perdendo irreversivelmente através da extinção causada pela destruição de habitats naturais, de forma mais acentuada nos trópicos. Temos que nos apressar em adquirir o conhecimento sobre o qual basear uma política sábia de conservação e desenvolvimento para os séculos que estão por vir.

Os elementos constituintes das rochas, ao serem liberados pelo intemperismo podem estar disponibilizados no solo, para em seguida serem levados para as águas dos rios e subterrâneas. No solo, estando solubilizados, podem ser assimilados pelas raízes de plantas, entrando na cadeia alimentar. Também entra na cadeia alimentar quando carregados em solução pela drenagem, assimilados por seres aquáticos. Esses elementos podem ser também assimilados pelos seres vivos por inalação ou por contato com a pele (BRASIL, 2005).

LICHT (2001) classifica os elementos geoquímicos de acordo com experiências que foram realizadas em meteoritos, rochas, mineralizações e materiais artificiais (metalúrgicas) em cinco grupos: a) Siderófilos – com afinidade pelo ferro, como Co, Ni, Mo, Au, Ge, Sn, C, P; b) Calcófilos – com afinidade pelo enxofre e concentrados nos sulfetos, como Ag, Zn, Cd, Hg, Ga, In, Ti; c) Litófilos – com afinidade pela sílica, como Li, Na, K, Rb, Cs, Be, Mg, Ca, Sr, Ba; d) Atmófilos – presentes como gases na atmosfera, como H, C, N, O, He, Ne, Ar e e) Biófitos – comumente encontrados nos organismos vivos, como C, H, O, N, P, S, Cl e I, assim como certos metais traço: V, Cu, Mn e B.

SCARPELLI (2003), de modo geral, enfatiza que o solo, as águas correntes e as plantas refletem a composição das rochas do substrato. Essa relação está sendo muito usada em exploração mineral para depósitos metálicos. Ao alimentar-se da vegetação, os animais silvestres também refletem o quimismo da região onde vivem. Essa relação também é observada em humanos, havendo casos clássicos de doenças que acompanham faixas geológicas litologicamente anômalas. As anomalias podem estar relacionadas à poluição natural ou antrópicas. Entre as poluições naturais mais frequentes estão as cinzas ejetadas em erupções vulcânicas e nuvens de pó geradas em áreas desérticas.

A Agenda 21 reconhece que o uso dos produtos químicos é essencial para alcançar os objetivos sócio-econômicos e que as melhores práticas modernas demonstram que eles podem ser amplamente utilizados com boa relação custo-eficiência e alto grau de segurança. No entanto, a contaminação em larga escala continua acontecendo, com graves danos à saúde, à estrutura genética, à reprodução e ao meio ambiente (BARBIERE, 1997).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA (2001), por meio da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, relata que os poluentes orgânicos persistentes são substâncias químicas que apresentam em comum o fato de possuírem carbono e cloro na sua cadeia química. São substâncias persistentes, ou seja, permanecem por muitos anos no meio ambiente sem serem degradados, podendo alcançar vários níveis da cadeia alimentar e se acumular nos diferentes organismos (bioacumulação). Devido a sua persistência e volatilidade, essas substâncias podem ser transportadas a longas distâncias, acarretando danos ao ambiente e a saúde humana em locais distantes da fonte de lançamento original.

O desenvolvimento de doenças biogeoquímicas endêmicas envolve a reciclagem de material e a transformação de energia entre a atmosfera, litosfera, hidrosfera e biosfera. Os fatores ambientais importantes são o solo e a água, e os fatores importantes de conteúdo que causam as doenças são os elementos inorgânicos e os compostos orgânicos. É possível manter o metabolismo e as atividades biológicas normais submetidas aos efeitos do ambiente geográfico e do clima através das camadas, da alimentação e da

água mantendo a transmissão de matéria e energia entre o ambiente e um corpo humano saudável. Quando elementos nocivos entram no corpo humano, eles afetam a saúde daquele organismo e causam doenças ou mesmo a morte (LIN *et al.* 2003).

Segundo LICHT (2001), a importância dos elementos traço na saúde humana e na nutrição é bem conhecida e não existe mais dúvida quanto à existência de padrões de distribuição geográfica na incidência de muitas moléstias. Existem, entretanto, poucas situações em que um relacionamento direto entre o ambiente geoquímico tenha sido estabelecido. (...) A ligação entre a distribuição de elementos e a saúde humana inevitavelmente torna-se mais tênue à medida que aumenta o consumo de alimentos processados e homogêneos, acompanhado por migrações populacionais.

Os efeitos adversos ou tóxicos do ambiente na saúde surgem da baixa qualidade do ar, da água e do solo como resultado da contaminação. De fato, o surgimento da toxicologia como uma disciplina científica independente é o resultado da consciência dos efeitos do ambiente na saúde. Os materiais naturais também formam a base da civilização moderna e são cruciais para quase todos os aspectos da vida moderna (SINGH, 2003).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas define procedimentos que permitem caracterizar o grau de toxicidade de certas substâncias, os quais baseiam-se em análises químicas efetuadas em meio neutro (ensaio de solubilidade) e em meio levemente ácido (ensaio de lixiviação). A caracterização por essas normas não considera que a toxicidade é também função da especiação dos elementos. Por exemplo, As^5 é mais tóxico que o As^3 , e o arsênio em compostos salinos é mais tóxico que o arsênio em compostos orgânicos (SCARPELLI, 2003).

De acordo com a resolução do CONAMA N°. 357 de 17 de março de 2005, que estabelece as diretrizes ambientais para as condições e os padrões da qualidade da água, no artigo 4^o. Das Águas Doces, classifica as águas em quatro classes, como: Classe especial – água destinada ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção, preservação do equilíbrio natural e dos ambientes aquáticos; Classe I – água destinada ao abastecimento, após tratamento simples, recreação, irrigação de hortaliças; Classe 2 – água

destinada ao abastecimento, após tratamento convencional, irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, parques e recreação; Classe 3 – água destinada ao abastecimento, após tratamento convencional ou avançado, irrigação, culturas arbóreas, pesca e recreação; Classe – 4 águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística. Assim, utiliza-se essa resolução como material de consulta dos resultados para comparar os níveis de concentração de poluentes em água doce.

Para a verificação dos resultados das alterações da concentração de sedimento de corrente foram utilizados os valores referências do NOAA. – Tabela de Referência de Sedimento de Corrente. Essa tabela expressa os níveis de concentração da contaminação nos elementos orgânicos e inorgânicos presentes no sedimento de corrente.

Sendo assim, as necessidades de saúde da população são muito mais amplas do que as que podem ser satisfeitas com a garantia de cobertura dos serviços de saúde. Sua dimensão pode ser estimada quando se examinam, por exemplo, a precariedade do sistema de água e de esgotos sanitários e industriais; o uso abusivo de defensivos agrícolas; a inadequação das soluções utilizadas para destino do lixo; a ausência ou insuficiência de medidas de proteção contra enchentes, erosão e desproteção dos mananciais; e os níveis de poluição e contaminação hídrica, atmosférica, do solo, do subsolo e alimentar (MAGALHÃES, 1995).

Os principais problemas socioambientais no município de Goiânia hoje são resultantes do processo de urbanização e estão basicamente relacionados ao desmatamento excessivo da cobertura vegetal; à poluição dos corpos d'água; à ocupação desordenada do solo urbano com a formação de espaços segregados de exclusão onde é comum a ausência de saneamento e equipamentos urbanos e o agravamento dos processos erosivos; às alterações climáticas com a formação de ilhas de calor nas regiões mais densamente povoadas e impermeabilizadas; à poluição ambiental, devido à inversão térmica.

O desenvolvimento dos processos erosivos em Goiânia deriva de sua ocupação desordenada e do tipo de tratamento que é dado ao solo urbano. Práticas como entulhamento do interior das erosões, promovida por órgãos

públicos, são comuns e trazem sérias conseqüências para o sistema de drenagem, como o carreamento de resíduos sólidos e sedimentos que contribuem para o assoreamento dos leitos. O principal condicionante da formação de erosões na bacia do ribeirão Anicuns está ligado à concentração do fluxo do escoamento superficial e à ineficiência das obras de infra-estrutura, como as redes de galeria pluvial (SILVA & OLIVEIRA, 2004).

Na relação com o ambiente adquirimos hábitos, padrões de convivência, de comportamento e de processos mentais. A falta de reflexão sobre nossos hábitos tende a produzir uma relação estática com o ambiente, não fundada no equilíbrio, pois é egocêntrica e descolada de uma visão de mundo dinâmico. Podemos aprender a refletir sobre nossos hábitos, sobre nossa condição no mundo, a partir do cotidiano. Mas isso requer que passemos a reconhecer o ambiente de um outro modo, com um outro olhar: não mais como o ambiente que é nosso, mas como o ambiente em que somos (PELIZZOLI, 1999).

3.1. BIODISPONIBILIDADE DOS ELEMENTOS GEOQUÍMICOS

O processo evolutivo explica a formação dos primeiros organismos vivos, os quais eram seres anaeróbicos, heterotróficos, unicelulares, que através do processo de radiações, de grandes tempestades, promoveram o surgimento de novas formas de vida.

De acordo com LINDH (2005), a constituição química da massa corpórea do homem é formada por 96% de elementos maiores: hidrogênio, oxigênio carbono e nitrogênio; 3,78% de elementos menores: sódio, potássio, magnésio, cloro, enxofre, cálcio e fósforo e os outros são os elementos traços: lítio, cobalto, manganês, ferro, níquel, cobre, flúor, bromo, iodo, zinco e selênio. Esses elementos são considerados essenciais para a formação da massa do corpo humano e da maioria dos seres vivos. As tabelas 1 e 2 mostram a porcentagem da abundância desses elementos químicos na massa corpórea do homem.

Tabela 1 – Abundância de massa dos elementos químicos no corpo humano (m/%)

ELEMENTO	MASSA/%	ELEMENTO	MASSA/
Oxigênio	65,0	Magnésio	0,50
Carbono	18,0	Potássio	0,34
Hidrogênio	10,0	Enxofre	0,26
Nitrogênio	3,0	Sódio	0,14
Cálcio	1,4	Cloro	0,14
Fósforo	1,0	-	-

FONTE: LINDH, 2005.

Tabela 2 – Abundância de certos elementos traço na massa do corpo humano

ELEMENTO	MASSA/%	ELEMENTO	MASSA/%
Arsênio	0,26	Manganês	0,17
Bromo	2,90	Molibidênio	0,08
Cobalto	0,021	Níquel	0,14
Cobre	1,00	Selênio	0,11
Flúor	37,00	Tungstênio	0,008
Ferro	60,00	Zinco	33,00
Iodo	0,19	Silício	260,00
Lítio	0,009	Vanádio	0,11
Cromo	0,094		

FONTE: LINDH, 2005.

DISSANAYAKE & CHANDRAJITH (1999) classificam os elementos geoquímicos em três grupos: maiores, menores e elementos traços, sendo que essa classificação depende da abundância relativa do material geológico. Já com relação à concentração desses elementos, classificam-se em essencial e tóxico para a saúde do homem e de outros animais. Na tabela periódica encontram-se os elementos essenciais e os elementos considerados tóxicos para a saúde humana (Figura 1).

H																	He																												
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																												
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac																																											
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Ce</td> <td>Pr</td> <td>Nd</td> <td>Pm</td> <td>Sm</td> <td>Eu</td> <td>Gd</td> <td>Tb</td> <td>Dy</td> <td>Ho</td> <td>Er</td> <td>Tm</td> <td>Yb</td> <td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Th</td> <td>Pa</td> <td>U</td> <td>Np</td> <td>Pu</td> <td>Am</td> <td>Cm</td> <td>Bk</td> <td>Cf</td> <td>Es</td> <td>Fm</td> <td>Md</td> <td>No</td> <td>Lw</td> </tr> </tbody> </table>																		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw																																
<p>Tóxico </p> <p>Essencial </p>																																													

Figura1 – Tabela periódica dos elementos químicos essenciais e tóxicos para a saúde humana (DISSANAYAKE & CHANDRAJITH, 1999).

Os seres vivos necessitam dos elementos constituintes de seus alimentos. Para os humanos são essenciais, como macronutrientes, Ca, Cl, Mg, P, K, Na, O, H e S e como micronutrientes, As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V, Zn, F, I e Si. Todos esses nutrientes são importantes e sua falta acarreta prejuízos à saúde. Por outro lado, sua assimilação em excesso, especificamente quanto aos micronutrientes, pode ser fatal. Os elementos conhecidos e considerados tóxicos, dependendo da quantidade assimilada e de sua biodisponibilidade, são Al, As, Pb, Cd, Hg, B, Sb, Rn e U (LINS, 2003).

A biodisponibilidade dos elementos químicos para os organismos animais e vegetais e indiretamente para o homem é condicionada pela composição química das águas e solos. Análises comparadas de metais em água, sedimentos de rios e tecidos biológicos mostraram que a assimilação e a acumulação por plantas e animais podem variar de um ambiente para outro (CORTECCI, 2003).

Considerando ainda o trabalho de CORTECCI (2003) com relação aos fatores químicos da biodisponibilidade, o autor enfatiza que os cátions, como Al, Cd, Pb, e Hg são mais encontrados em águas básicas, enquanto que nos solos a biodisponibilidade varia inversamente com a variação do pH. O pH ácido favorece a manutenção em solução de íons, facilmente absorvíveis pelos

organismos. Ao contrário dos cátions, os metais em forma aniônica são mais disponíveis em meios básicos. As formas físicas e químicas dos elementos, sejam nas águas, nos sedimentos ou nos solos, dependem de uma série de fatores ambientais, como o pH, as condições de redox, a tipologia e a disponibilidade de agentes complexantes, além de atuação dos processos biogeoquímicos.

Para os materiais geológicos, de seu conteúdo metálico total apenas uma fração é disponível para assimilação pelos seres vivos, grande parte permanecendo retida em estruturas cristalinas, em forma não disponível para assimilação pelos organismos. A biodisponibilidade de um elemento corresponde ao teor efetivamente disponível para assimilação pela biota, por via oral, por inalação e por contato com a pele (SCARPELLI, 2003).

LICHT (2001) considera que a distribuição dos elementos químicos no planeta está condicionada aos processos geoquímicos de migração, dispersão e redistribuição dos elementos, seja tanto no ambiente profundo quanto no superficial. Ressalta ainda que a abundância dos elementos em cada litotipo varia conforme sua composição mineralógica, da mesma forma que a disponibilidade dos elementos no ambiente afetado pelo intemperismo depende do tipo e das características de resistência dos minerais constituintes.

A importância dos elementos traço para a agricultura e a nutrição do gado já havia sido reconhecida há muitos anos. As amplitudes ótimas de teores no solo ou nas pastagens são normalmente faixas muito estreitas, e a deficiência e/ou excesso de metais como o cobre, zinco, molibdênio, cobalto, selênio, ferro, manganês e crômio podem levar ao fracasso do plantio e/ou morte dos animais. Na saúde humana e na nutrição, os elementos traço são bem conhecidos e não existe mais dúvida quanto à existência de padrões de distribuição geográfica na incidência de muitas moléstias (WEBB, 1975).

Na medida em que as técnicas geoquímicas são utilizadas para um conhecimento mais abrangente da natureza, exige-se delas um maior poder de discriminação, porque a vida começou e evoluiu na Terra, na presença de todos os elementos naturais, mesmo que em concentrações extremamente baixas. Por esse motivo, com o aperfeiçoamento das técnicas analíticas

laboratoriais, a cada década, mais elementos são adicionados à lista dos elementos bioativos (DARNLEY *et al*, 1995).

Elementos essenciais são regulados por certos processos metabólicos a um equilíbrio particular nos organismos, enquanto elementos não essenciais não são regulados e podem simplesmente ser estocados em quantidades crescentes em certos tecidos (HOROVITZ, 1988). O nível de concentração normal da distribuição de elementos químicos na massa do corpo humano e de outros animais é fundamental para o funcionamento das células, dos tecidos, dos órgãos e dos sistemas. Tudo isso é necessário para manter o equilíbrio bioquímico do organismo.

3.2. AÇÃO BIOLÓGICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Os seres humanos são formados de elementos químicos que se associam para formarem as moléculas orgânicas e inorgânicas. Nessa associação encontram-se os elementos que são essenciais e outros não-essenciais, os micronutrientes e os macronutrientes. Os elementos químicos podem estar presentes no organismo através de um nível normal de concentração. Quando os níveis encontrados no corpo forem abaixo ou acima dessa concentração, eles podem trazer alterações fisiológicas no organismo (ANEXO A).

3.2.1. COBALTO

O cobalto é um oligo-elemento que associa a vitamina B12, como um co-fator integral dos processos biológicos, reduzindo a ribose em desoxirribose, na mudança de proteínas, na catálise de hidratação de amido e na transferência dos grupos dos metais. Ele tem um papel importante na catálise da regulação funcional das células de procariontes e eucariontes, no meio

intracelular. Promove ainda o crescimento e o desenvolvimento da maior parte dos seres eucariontes, como os animais (LINDH, 2005).

O elemento cobalto é bastante empregado na produção de aço inoxidável (Co-Cr-Fe), magnetos permanentes, para a sinterização de concreto utilizado na indústria de aço de ferramentas, para usos químicos e cerâmicos (KOLJONEN, 1992).

3.2.2. CRÔMIO

O crômio é um elemento químico essencial, cujos estudos ainda não foram conduzidos com sucesso, pois não se conhece com exatidão sua função biológica. Acredita-se que ele atua no metabolismo dos lipídios e dos hidratos de carbono. Seu maior problema é a baixa concentração nos tecidos e fluidos do corpo. Tem-se observado que alguns de seus complexos parecem participar da potencialização da ação da insulina, na conversão da glicose em dióxido de carbono ou lipídios, sendo assim, denominado de "fator de tolerância à glicose", devido a essa relação com a ação da insulina. A ausência de crômio provoca uma intolerância a glicose e, como consequência, o aparecimento de diversos distúrbios, como tumores nos pulmões e mutagenicidade. Os compostos de crômio hexavalente são muito oxidantes e são carcinógenos. Ele entra nas células e é reduzido em glutamina (LINDH, 2005).

O crômio é um mineral essencial ao funcionamento do nosso organismo. Porém, quando muito aumentado causa intoxicação. A intoxicação de crômio devido à contaminação alimentar é rara. A intoxicação industrial causa dermatites alérgicas, úlceras na pele e carcinomas. As taxas elevadas de crômio são associadas a lesões vasculares com aumento dos quadros de hemorragias e trombozes cerebrais (SHILS & SHIKE, 1994).

Esse elemento é usado na produção de aço inoxidável, no endurecimento do aço e na cobertura de superfícies metálicas para evitar a corrosão, na indústria têxtil e como agente oxidante nos processos de curtimento de couros. Devido a seu elevado ponto de fusão, pequena expansão sob o calor e estrutura cristalina estável, a cromita é utilizada na

indústria de refratários para a produção de tijolos e revestimentos (WINTER, 1998).

3.2.3. FERRO

O ferro é um dos mais importantes metais. É o quarto elemento mais abundante na crosta terrestre. Um elemento que pode existir no estado de oxidação variando de -2 a $+6$. Nos sistemas biológicos, o estado de oxidação é primariamente limitado para o ferroso ($+2$), férrico ($+3$). A ligação biológica do ferro ocorre com o oxigênio, o nitrogênio e átomos de enxofre. O ferro III liga-se com o oxigênio, enquanto que o ferro II prefere ligar-se com o nitrogênio e o enxofre (LINDH, 2005).

Nos mamíferos são encontradas quatro classes de proteínas e enzimas: hemoproteínas (hemoglobina, mioglobina e citocromos); enzimas ferro-enxofre (flavoproteínas, hemoglavoproteínas); proteínas de ferro (transferrina, ferrina) e enzimas de ferro (LINDH, 2005).

O ferro tem um papel muito importante no processo metabólico da respiração pulmonar e da respiração celular dos seres aeróbicos, pois ele atua na composição química da hemoglobina, pigmento vermelho do sangue, presente nas hemácias. A hemoglobina transporta o oxigênio dos pulmões às células dos tecidos (no interior das mitocôndrias), onde o oxigênio é desprendido e entra no processo de combustão (respiração celular), que produz o gás carbônico. Logo em seguida, a hemoglobina transporta-o das células para os pulmões.

No ser humano, os órgãos onde são encontradas as maiores quantidades de ferro, em forma de “ferritina”, são o fígado e o baço e em menor quantidade nos ossos, na medula, nos rins e nos intestinos. A ingestão diária de ferro no organismo humano adulto deve ser em torno de 10 a 20mg, em crianças, de 6 a 12 mg e nas mulheres grávidas, 30 mg por dia. Um adulto perde cerca de 1 mg por dia, através da via gastrintestinal (CORTECCI, 2003).

A disponibilidade de ferro nos alimentos depende de fatores geoquímicos, pois a pequena quantidade de ferro na água e no solo atua na cadeia alimentar, cuja deficiência pode acarretar anemia ferropriva, baixa imunidade, deficiência respiratória, predisposição a infecções. Esse tipo de anemia é comum nas mulheres, pela perda de ferro durante a menstruação. O excesso desse elemento pode contribuir para carcinogênese. Os alimentos ricos em ferro são os ovos, carnes, farinha integral, folhas verdes escuras, farelo de arroz e órgãos de animais, como fígado. Entretanto, o leite e seus derivados, batata e a maioria das frutas são pobre em ferro. O feijão é um alimento rico em ferro, mas somente é absorvido pelo organismo na presença da vitamina C (BIGAZZI, 1996).

O ferro é um dos elementos essenciais de muita importância para a sobrevivência dos seres vivos, porque ele fornece energia ao corpo para todas as atividades vitais, através da combustão e do transporte de oxigênio pela hemoglobina (pigmento vermelho do sangue), dos pulmões para as células dos tecidos.

O ferro é o principal metal industrial, sendo destinado à metalurgia de ferro e aço. O Fe_2O_3 pode compor os resíduos de diversas atividades como indústrias metal-mecânicas ou pelo simples desgaste, oxidação e transporte de resíduos de ferramentas industriais e utensílios domésticos ou urbanos (LICHT, 2001).

3.2.4. ZINCO

O zinco tem sido conhecido como elemento essencial da vida, pois é envolvido nos processos de estabilidade genética, na estrutura da cromatina, na replicação do DNA, na transcrição do RNA e, ainda, facilita o processo de manutenção dos tecidos e órgãos vitais. O zinco tem sido reconhecido em todas as classes de enzimas, como função estrutural, catalítica, reguladora e ações monocatalíticas. Ele combina com a anidrase de carbono, uma enzima essencial para a respiração em animais. É indispensável à síntese de proteínas (LINDH, 2005).

Estudos recentes mostram que o zinco ajuda a manter o bom funcionamento do sistema imunológico, na produção de glóbulos brancos que realizam a fagocitose, exerce ainda influência sobre a regulação da glicose do sangue, atua na secreção de insulina (hormônio produzido pelo pâncreas), está relacionado à síntese do hormônio de crescimento e, facilita a absorção gastrointestinal e a cicatrização de machucados e lesões (LINDH, 2005).

A necessidade diária de zinco no homem adulto varia de 12 a 15mg, sabendo que o organismo aproveita em torno de 5 a 10% de zinco nos alimentos. As fontes ricas em zinco são os alimentos de origem marinha, em seguida as carnes, gema de ovo, nozes e feijão. Acredita-se que as proteínas influenciam na utilização de zinco dos alimentos, pois junto à deficiência de proteína encontra-se uma carência de zinco (CORTECCI, 2003).

No organismo humano, o zinco é encontrado nos tecidos corpóreos, em certos órgãos como no fígado, na pele, no pâncreas e nos ossos. No sangue, ele está associado aos aminoácidos.

Em Diabetes Mellitus, ocorre a predominância dos efeitos do zinco homeostático, que desencadeia o metabolismo da glicose, provocando a destruição das células betas de Langerham do pâncreas, a diminuição da absorção gastrointestinal e a eliminação de grande quantidade de zinco na urina (hiperzincúria), resultando a baixa concentração de zinco no sangue (hipozincemia) (LINDH, 2005).

A carência de zinco freqüente na alimentação tem como conseqüência o distúrbio de crescimento em crianças e adolescentes, a cicatrização lenta de feridas, a imaturidade sexual, má formação congênita, a diminuição do sabor dos alimentos, dificuldade de absorção intestinal, anemia, erupções cutâneas e aparecimento de sulco transversal nas unhas. A inalação de óxido de zinco pode provocar lesões no fígado e no sistema respiratório (CORTECCI, 2003).

Portanto, o zinco desempenha um papel fundamental na constituição e na manutenção da vida, por ser um elemento que atua na ligação de várias enzimas e proteínas. Neste sentido, a alimentação equilibrada de zinco previne várias doenças e protege o organismo contra infecções.

O zinco tem uma grande variedade de usos, sendo o mais importante deles a galvanização, a produção do latão e o óxido para pigmentos brancos. A pasta de zinco tem sido muito usada em produtos médicos, como desinfetante e como forma de aumentar a produção de células em ferimentos (LICHT, 2001).

3.2.5. MANGANÊS

O manganês é um oligoelemento. É um elemento químico essencial para todas as formas de vida, nas quais tem funções tanto estruturais quanto enzimáticas. Atua no metabolismo de proteínas, lipídios e glicídios (LINDH, 2005).

A química biológica do manganês está intimamente associada à química do oxigênio, em seus vários estados de oxidação, na fotossíntese e na degradação de lignina de alguns vegetais. O manganês desempenha papel fundamental nos processos fotossintéticos de produção de O_2 (composto tetranuclear de Mn no fotossistema II), na degradação oxidativa de lignina (*via* as Mn-ligninases), em diversas reações de hidrólise e nos processos de proteção contra estresse oxidativo. Entre essas enzimas, destacam-se superóxido dismutase de manganês (Mn-SOD), que catalisa o de superóxidos de O_2^- , e a Mn-catalase, que catalisa o peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Na concavanila A (da família das lectinas), ele age como função estrutural (LINDH, 2005).

No ser humano, o manganês é absorvido no intestino delgado, acabando a maior parte no fígado, de onde se dirige para as diferentes partes do organismo e é encontrado, ainda, nos ossos, nas cartilagens, na pele e nos rins. O manganês é um elemento químico essencial, sendo necessário o consumo entre 10 a 20 mg por dia, quantidade que se consegue através dos alimentos (BIGAZZI, 1996). É encontrado nas frutas, nos cereais e nas verduras. Nesse contexto, o manganês promove o crescimento, o desenvolvimento e as funções celulares dos organismos.

Os sintomas primários da deficiência de manganês incluem comprometimento do crescimento, anormalidades ósseas, distúrbios das funções reprodutivas e defeitos no metabolismo de lipídios e carboidratos.

O manganês em excesso é tóxico. Exposições prolongadas a compostos de manganês, de forma inalada ou oral, pode provocar efeitos adversos no sistema nervoso (hiperirritabilidade, atos violentos e alucinações, denominado de loucura mangânica) e na respiração celular (mitocôndrias). Outras conseqüências sérias do aumento de manganês são a oclusão das coronárias, a artrite reumatóide e os efeitos mutagênicos (SHILS & SHIKE, 1994).

Todavia, o manganês quando admitido por via oral é essencial ao organismo, pois ele atua no funcionamento metabólico das células e nos processos de digestão de lipídios, proteínas e glicídios.

Atualmente, o manganês é utilizado na produção de pilhas, esmalte porcelanizado, fertilizantes e em soldadores. É um constituinte importante de quase todos os aços e utilizado nas ligas de alumínio, além de ser empregado na indústria do vidro (KOLJONEN, 1992).

3.2.6. COBRE

O cobre está ligado ao metabolismo de numerosas enzimas, as transaminases, que atuam no metabolismo de aminoácidos; a ceruloplasmina, que atua no transporte do cobre; a lisina-oxidase, que atua na formação do colágeno e da elastina, importante na elasticidade das paredes das artérias e a tirosinase, que possui um papel na pigmentação da pele. Ele é um elemento traço essencial para a sobrevivência de todos os organismos, das bactérias até o homem. O cobre serve como importante co-fator na química da redução de proteínas (LINDH, 2005).

No ser humano aparece uma anemia e uma neutropenia (diminuição do número de glóbulos brancos do sangue). A neutropenia não é explicada. A anemia aparece ligada à má atividade da ceruloplasmina-ferroxidase e à falta de utilização de ferro pelas células (LINDH, 2005).

O cobre deposita-se no cérebro e no fígado. Os sintomas encontrados são inicialmente decorrentes do comprometimento desses dois órgãos. O excesso de cobre está ligado às alterações cerebrais e incluem: distúrbios emocionais, depressão, nervosismo e irritabilidade, sintomas semelhantes aos do mal de Parkinson e alterações, tais como: fadiga, dores musculares e nas juntas, anemia hemolítica, queda de vitamina A, necrose hepática, icterícia e lesão renal. O aumento de cobre está associado ao aumento de radicais livres (SHILS & SHIKE, 1994).

A doença de Wilson (DW) ou degeneração hepatolenticular é uma moléstia de caráter autossômico recessivo, em que um distúrbio primário do metabolismo do cobre localizado no fígado, leva ao acúmulo desse metal, inicialmente no hepatócito e posteriormente em diversos órgãos e tecidos, particularmente no cérebro, córnea e rins (CANÇADO, 1999).

O cobre pode estar aumentado devido ao uso de contraceptivos orais ou ao uso de Dispositivo Intra Uterino com fio de cobre (SHILS & SHIKE, 1994).

3.2.7. MERCÚRIO

O mercúrio elementar é a mais volátil das formas inorgânicas do metal. Os vapores de mercúrio podem ser liberados a partir das restaurações dentárias de amálgama. O mercúrio é utilizado na indústria eletrônica, na fabricação de plásticos termômetros, fungicidas e germicidas. (SHILS & SHIKE, 1994). Tem como fonte artificial as atividades industriais, relacionadas à reciclagem de acumuladores de energia, aparelhos elétricos, tintas anti-mofo, garimpos de ouro e alguns produtos médicos e odontológicos.

principal via de absorção de mercúrio, pelo corpo humano, é a respiratória. No entanto, o mercúrio também pode ser absorvido por contacto com a pele, ou através do sistema gastrointestinal

O maior episódio ocorrido pela contaminação do mercúrio a nível populacional foi a epidemia da baía de Minamata, no Japão. O mercúrio

orgânico foi ingerido pelo homem, peixes e crustáceos, alterando a cadeia alimentar. A intoxicação humana dos habitantes da baía teve como consequência a síndrome homônima. Em 1953, pessoas das aldeias dessa região do Japão passaram a apresentar progressivo torpor nos dedos e freqüentemente na língua e na boca, além de disfagia, surdez e constrição do campo visual. Um ano após o grande surto, crianças nasceram com paralisia cerebral, em tais localidades; investigadas, foram identificadas como vítimas da mesma doença adquirida pré-natalmente, embora a mãe não a tenha apresentado. Caracterizou-se, assim, a síndrome fetal de Minamata, considerada bem mais grave que a forma adulta, pois suas vítimas geralmente exibem alteração significativa do nível intelectual, reflexos proprioceptivos, convulsões e marcadas alterações eletroencefalográficas (NOMURA, 1968).

No Iraque em 1972/1973, 6530 pessoas foram contaminadas pela ingestão de pão de trigo clandestino tratado com fenilmercúrio e etilmercúrio-p-toluenesulfonânido, 459 morreram. As taxas de morbidade variaram amplamente de região para região, desde 7,6/1000 até 0,015/100. Dos afetados sob vigilância epidemiológica, a proporção segundo sexo foi ligeiramente elevada para mulheres (52%); quanto à distribuição por faixa etária, o grupo de 1 a 9 anos foi o mais atingido (34% do total). Essa etiopatologia teve como consequência alterações no metabolismo digestivo e irritabilidade (WHO, 1976).

Em nosso meio, o conhecimento sobre a ação biológica em indivíduos expostos e seus efeitos sobre a descendência dos mesmos, é praticamente nulo. O mais paradoxal a respeito, no entanto, é que extensos grupamentos humanos estão expostos a seus efeitos, ocupacionalmente, não só no meio urbano, em algumas indústrias e no setor de serviços, como na Odontologia. No meio rural, é extensivamente empregado no extrativismo do ouro, numa proporção de 2:1, o que vale dizer que, para a produção oficial anual brasileira deste minério, consomem-se duas toneladas de mercúrio. Os principais sintomas de intoxicação são fortes dores de garganta, tremuras e desconforto intestinal. Outras indicações de contacto com o mercúrio são a irritabilidade, as alterações comportamentais ou mesmo as crises nervosas. (GONÇALVES & FERRARI, 1988).

3.2.8. CÁDMIO

O cádmio é um elemento tóxico, carcinogênico, que causa sérios danos aos rins e aos pulmões. No Japão, estudos apontaram que o cádmio é o responsável pelo surgimento do “itai-itai”, uma doença óssea grave que acomete as pessoas que consomem água ou alimentos contaminados com esse elemento (BAIRD, 1995).

O grande problema é que o cádmio é muito utilizado em produtos industrializados, como em corantes em geral e em componentes eletrônicos. Na agricultura, os fertilizantes de fosfatos podem conter cádmio. Por isso, é possível encontrar esse elemento em vegetais, animais e cursos d’água onde a agricultura industrial é intensiva. Há suspeitas de que a difusão do cádmio no ambiente esteja diretamente relacionada ao aumento dos índices de câncer de próstata (SACCHETTI, 1997).

Intoxicações leves por cádmio podem causar salivação, fadiga, perda de peso, fraqueza muscular e disfunção sexual. Níveis elevados podem afetar os rins, pulmões, testículos, paredes arteriais e o sistema enzimático.

A maior poluição de cádmio provém da queima de combustíveis fósseis e da incineração de resíduos sólidos urbanos, sendo um componente metálico importante das cinzas volantes de usinas termo-elétricas a carvão (ATSDR, 1995).

3.2.9. NÍQUEL

O níquel é principalmente empregado em aços inoxidáveis, ligas não ferrosas, aços especiais para ferramentas e materiais para a indústria automotiva. É importante por causa de sua resistência à corrosão e por sua qualidade de aumentar a resistência à corrosão, dureza e propriedades específicas das ligas em que participa. (KOLJONEN, 1992).

O níquel em quantidades pequenas tem sido classificado como um elemento importante para o desenvolvimento. Em doses elevadas é tóxico,

podendo causar: irritação gastro-intestinal, vômitos e diminuição do apetite; alterações neurológicas: dor de cabeça, vertigem; alterações musculares: fraqueza muscular; alterações cardíacas; alergias e asma. O excesso de níquel pode chegar a ter conseqüências graves como necrose e carcinoma do fígado e câncer de pulmão (SHILS & SHIKE, 1994).

3.2.10. CÁLCIO

O cálcio é um elemento essencial ao homem e localiza-se principalmente nos ossos e nos dentes, restante dos tecidos e em fluidos corporais intervindo no metabolismo celular. Tem presença ativa no controle de impulsos nervosos, ação muscular, coagulação do sangue e permeabilidade celular. A deficiência do cálcio pode provocar raquitismo, falhas no mecanismo de coagulação sanguínea, distúrbios nervosos e convulsões musculares (CORTECCI, 2003).

Segundo BIGAZZI (1996), a ingestão de vitamina D estimula a reabsorção de cálcio nos ossos. O excesso de cálcio também é prejudicial, podendo provocar calcificações excessivas nos ossos (poliartroses) e rins (litíase renal). Deve-se estar presente o paratormônio e a vitamina D obrigatoriamente para que ocorra a absorção de cálcio no intestino delgado.

O cálcio é empregado em processos industriais na desulfurização e decarbonização de ligas ferrosas e não ferrosas (WINTER, 1998). A cal é usada na construção civil e no tratamento de água. Na área rural, o cálcio é empregado na forma de calcário aplicado como corretivo agrícola (LICHT, 2001).

3.2.11. BÁRIO

De acordo com CORTECCI (2003), os níveis de bário no meio ambiente são muito baixos. Altas quantidades podem ser encontradas no solo e nos alimentos como frutas secas, algas, pescados e algumas plantas. Devido ao

seu uso extensivo nas indústrias, o bário tem sido liberado no meio ambiente em grandes quantidades. Como resultado, as concentrações de bário no ar, água e solo podem ser maiores que as concentrações que ocorrem de forma natural. O bário é liberado no ar por minas, refinarias e durante a produção de compostos ou combustão de carbono e óleos. Alguns desses compostos se dissolvem facilmente na água e são encontrados em rios, lagos e córregos alcançando grandes distâncias do local liberado, sendo absorvidos pelo corpo de peixes e outros organismos aquáticos.

A quantidade de bário que é detectada na comida e na água geralmente não é suficientemente alta para comprometer a saúde. Os maiores riscos para a saúde são causados pela aspiração do ar que contém o sulfato de bário ou carbonato de bário. Os sintomas do envenenamento dos compostos de bário podem causar hipertensão arterial, arritmias, diminuição dos reflexos nervosos, processos inflamatórios no fígado e cérebro (SHILS & SHIKE, 1994).

3.2.12. BORO

O boro elementar não é significativamente tóxico, no entanto, quando em pó muito fino, é duro e abrasivo, podendo causar indiretamente problemas de pele, se ela for esfregada depois de estar em contacto com o boro. Parecem ser indispensáveis pequenas quantidades de boro para o crescimento das plantas, mas em grandes quantidades é tóxico. Ao ser acumulado no corpo através da absorção, ingestão ou inalação dos seus compostos, ele atua sobre o sistema nervoso central, causando hipotensão, vômitos, diarreia e, em casos extremos, coma (CORTECCI, 2003).

Em altas concentrações é encontrado nos ossos, baço e tireóide, e reduz a excreção de cálcio e magnésio. É recomendado o uso desse elemento químico no tratamento de osteoporose e artrite, após a menopausa (SHILS & SHIKE, 1994).

3.2.13. ESTRÔNCIO

O estrôncio não tem aplicações diretas, como metal. No entanto, os seus compostos podem ser usados comercialmente, como é o caso do carbonato e do óxido, usados na indústria açucareira para recobrir as melaças, ou ainda do nitrato de estrôncio, usado em pirotecnia, na produção de fogo de artifício e fogos de sinal ou alarme, pois produz uma chama vermelho-carmim. O sulfeto de estrôncio é usado como depilatório e em tintas luminescentes devido às suas propriedades específicas. O estrôncio 90 é o isótopo radioativo que não existe na natureza, é produto das reações de fusão em centrais nucleares e armas nucleares tendo uma vida média de 28 anos, o que quer dizer que perde nesse tempo a metade de sua radiatividade (ECRR, 2004).

3.2.14. TÁLIO

O tálio ocorre de forma natural em pequenas quantidades. Não é muito usado pelos seres humanos, somente em venenos de ratos e como substâncias nas indústrias eletrônicas e químicas. Essas aplicações podem causar exposições para os seres humanos. O corpo humano absorve o tálio muito eficientemente, especialmente através da pele, dos órgãos respiratórios e do sistema digestivo. Ele permanece a longo tempo sem degradar no ar, na água e no solo. Esse elemento pode ser absorvido pelas plantas e entra na corrente sanguínea e o seu excesso pode resultar em perda de cabelos (ATSDR, 1995).

3.2.15. TITÂNIO

Tintas domésticas e industriais com pigmento de óxido de titânio são responsáveis pela maior aplicação desse elemento. Ligas de titânio com outro metal são usadas na indústria automotiva, por terem peso reduzido e capacidade de resistir a elevadas temperaturas (LICHT, 2001). Os compostos

de titânio atuam como catalisadores nas reações de oxidação das células vegetais, sabendo-se que o elemento é essencial à formação dos solos a partir das rochas. O tetracloreto de titânio é um forte irritante para a pele e a inalação do seu vapor é perigosa.

3.2.16. VANÁDIO

Cerca de 80% de vanádio produzido é usado como ferrovanádio ou como aditivo de aços, sendo um estabilizador importante dos carbetos para manufatura de ferramentas. O pentóxido de vanádio é usado na indústria de cerâmica, Assim como na indústria gráfica e na manufatura de anilina negra (WINTER,1998). O vanádio tem uma ação sobre a contração das fibras musculares cardíacas, sobre a função da bomba de sódio, do metabolismo dos glicídios e lipídios.

3.2.17. MAGNÉSIO

O magnésio é um elemento químico que atua na composição dos ossos e desempenha papel importante, como coenzima, nas reações de ATP que ocorrem no interior das células. Nos vegetais, o magnésio é encontrado nos cloroplastos, na composição da clorofila. Essas estruturas são responsáveis pelo processo da fotossíntese. O óxido de magnésio é usado como material refratário em fornos para a produção de ferro e aço (WINTER, 1998).

3.2.18. ANTIMÔNIO

O antimônio é usado em ligas, com o chumbo e o estanho, na fabricação de metal antifricção, sendo amplamente empregado na preparação de placas para baterias, revestimento de cabos e tipos de impressão. Compostos de antimônio são também empregados na indústria da borracha e em pigmentos

na fabricação de vidros. Em pequena quantidade, seus compostos entram na elaboração de produtos farmacêuticos (WINTER, 1998).

3.2.19. ESTANHO

Devido à grande maleabilidade do estanho é possível produzir lâminas muito finas utilizadas para acondicionar vários produtos como, por exemplo, maços de cigarros. O vidro de janelas freqüentemente é produzido através da flutuação de vidro derretido sobre o estanho para tomar sua superfície plana. O estanho também é usado para soldar juntas de tubulações ou de circuitos elétricos e eletrônicos. Na forma de ligas são usados para a fabricação de molas, fusíveis, tubos e peças de fundição e bronzinas. Sais de estanho são usados em espelhos e na produção de papel, remédios e fungicidas. A mais importante aplicação comercial dos organoestânicos ocorre nos estabilizadores de PVC, de que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais. O PVC pode sofrer reações de degradação térmica ou fotodegradação (OMAE, 1989).

3.2.20. CÉSIO

O céσιο é um elemento químico que se caracteriza como um pó azul brilhante, altamente radiativo, que provoca queimaduras, vômitos e diarreia até a morte. É um elemento mutagênico. O céσιο 137 é um radioisótopo usado no tratamento do câncer e em processos industriais com fonte de calibração de instrumentos e de medicação de radiatividade.

3.3. FUNDAMENTOS HIDROGEOQUÍMICOS

A água é necessária em todos os aspectos da vida. O objetivo geral da AGENDA 21 (1992) é assegurar uma oferta adequada de água doce de boa qualidade para toda a população do Planeta, preservando, ao mesmo tempo, as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza e combatendo vetores de moléstias relacionadas à água. A escassez generalizada, a destruição gradual e o agravamento da poluição dos recursos hídricos em muitas regiões do mundo, ao lado da implantação progressiva de atividades incompatíveis, exigem o planejamento e o manejo integrado desses recursos.

A rápida urbanização concentrou populações de baixo poder aquisitivo em periferias carentes de serviços essenciais de saneamento. Isso contribuiu para gerar poluição, sérios problemas de drenagem agravados pela inadequada deposição de lixo, assoreamento dos corpos d'água e conseqüente diminuição das velocidades de escoamento das águas (MAGALHÃES, 1995).

Estima-se que as águas residuais urbanas contenham quantidades consideráveis de matéria em suspensão, metais pesados e, em determinadas épocas, cloro procedente da dispersão de sais nas ruas. A qualidade das águas residuais é, conseqüentemente, muito variável, tendo em certas ocasiões registros de altos índices de demanda biológica de oxigênio (MASON, 1980).

RODRIGUEZ (1998) relata que os metais são naturalmente incorporados aos sistemas aquáticos por meio de processos geoquímicos. No entanto, nas últimas décadas, têm sido verificadas inúmeras alterações ambientais provenientes, sobretudo, dos processos de urbanização e industrialização. Até os elementos químicos essenciais à manutenção e ao equilíbrio da saúde, quando em excesso, tornam-se nocivos, podendo comprometer gravemente o bem-estar do organismo.

Certos metais pesados causam forte impacto na estabilidade de ecossistemas e provocam efeitos adversos nos seres humanos. Alguns desses

metais são capazes de provocar efeitos tóxicos agudos e câncer em mamíferos devido a danos que causam no DNA (STEINDELLNER, 1998).

A toxicidade aguda representa o primeiro nível de impacto no ecossistema aquático. Todavia, atualmente, está muito bem estabelecido que diversas descargas industriais contêm muitas substâncias que podem não ter efeito agudo, mas que são capazes de reduzir, em longo prazo, a sobrevivência de um organismo via danos do genoma de células somáticas e germinativas. Tais danos genéticos têm sido relacionados a desordens genéticas hereditárias e ao câncer (WINTER, 1998).

A água é abundante na superfície da Terra e, no intervalo de temperatura usualmente encontrado, ela é líquida. Muitas propriedades solúveis e térmicas da água favorecem a vida. Deve-se acrescentar ou remover uma grande quantidade de energia térmica para mudar a temperatura da água e a água conduz calor rapidamente. Devido a essas duas propriedades, as temperaturas dos organismos em ambientes aquáticos tendem a permanecer relativamente constantes e homogêneas. A água dissolve muito dos compostos inorgânicos, tornando-os acessíveis aos sistemas vivos e provendo um meio dentro do qual possam reagir e formar novos compostos. As formidáveis propriedades solventes da água derivam da forte atração das moléculas de água por outros compostos (RICKLEFS, 1996).

PHILIPPI Jr. (2005) descreve que as características da água foram estabelecidas por parâmetros físicos, químicos e biológicos que compõem o recurso hídrico. No aspecto físico, pode-se determinar a temperatura, a turbidez, os sólidos (totais, suspensos, dissolvidos), a condutividade e a cor. No aspecto químico, pode-se indicar as espécies iônicas (cálcio, magnésio, sódio, ferro, manganês, cobre, cádmio, crômio, mercúrio, chumbo, cloretos, sulfato, nitrato, fosfato, bicarbonatos etc.), os compostos orgânicos naturais (carboidratos, proteínas e lipídios, medidos pelo teste de Demanda Bioquímica de Oxigênio) e os componentes orgânicos sintéticos (surfactantes, pesticidas e agroquímicos, solventes, trihalometanos etc.), os gases (oxigênio, amônia etc.), o pH, a alcalinidade e a dureza.

E ainda, considerando as características da água citada por PHILIPPI Jr. (2005), o aspecto biológico indica a presença de organismos patogênicos

(coliformes totais e coliformes fecais) e de espécies de algas e organismos bentônicos. Os indicadores de qualidade da água podem ser temporal e espacial. No temporal, deve-se considerar a data da medição, as condições de vazão média, máxima ou mínima. No espacial deve-se considerar a indicação do local e a forma de coleta da amostra.

Determinada substância presente na água transforma-se em um agente de degradação ambiental - um poluente - quando a sua concentração ultrapassa os limites impostos pela legislação, que por sua vez está baseada no conhecimento científico e técnico disponível no momento de sua promulgação. Esses limites têm sido definidos pela legislação por meio da sua classificação em três tipos: os ambientes aplicados aos corpos de água e aos usos definidos; os de consumo ou de utilização para o consumo humano ou para a indústria e, por último, os padrões de emissão que visam a definir os limites máximos de poluentes que podem ser lançados no ambiente, em especial, nos corpos d'água (PORTO, 2002).

A legislação de proteção de mananciais aprovada na maioria dos Estados do Brasil tem como objetivo proteger a bacia hidrográfica do manancial utilizado para abastecimento das cidades. Nessas áreas, o uso urbano é proibido, assim como outros usos que possam comprometer a qualidade da água de abastecimento. Devido ao crescimento das cidades, essas áreas foram pressionadas pelo valor imobiliário e por grupos de pessoas de baixa renda, o que gera como consequência imediata o aumento da poluição (PHILIPPI Jr., 2005).

As margens dos cursos d'água de Goiânia encontram-se ocupadas, mesmo dentro da faixa de preservação permanente, por habitações sem condições de higiene e segurança, sujeitando os moradores a vários tipos de moléstias e ao risco de acidentes. O esgoto não é coletado por impossibilidade técnica, pois se encontra geralmente em cota inferior à do interceptor. A poluição dos cursos d'água não é devida somente ao esgoto e ao lixo dos habitantes ribeirinhos. Devem-se, também, às indústrias que lançam seus efluentes líquidos sem tratamento e até seus resíduos sólidos nas águas (NEIVA, 1996).

QIAN (2006) chama atenção para o controle da poluição e do desperdício de água no planeta, a importância do tratamento dos esgotos dos municípios e das indústrias, assim como a remoção de nutrientes biológicos (nitrogênio e fósforo). E ainda, ressalta a questão do uso dos aerossóis que são lançados na atmosfera e o efeito da exposição prolongada a tóxicos. Essa toxicidade está relacionada com a epidemiologia das doenças dos pulmões.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O Estado de Goiás situa-se na região leste do Centro-Oeste do Brasil, ocupa uma superfície de 341.189,5 Km², integra o planalto central, é constituído por terras planas com altitude de 200 a 800 metros e tem clima tropical. Seu nome originou-se da tribo indígena guaiás, que vem do tupi e significa indivíduo igual, da mesma raça. Ao norte limita-se com o Estado do Tocantins; a leste, com a Bahia; a oeste, com Mato Grosso; a sudoeste, com o Estado de Mato Grosso do Sul e a sudeste, com Minas Gerais (GOIÂNIA, 2006) (Figura 2).

O território de Goiás consta com 242 municípios e as cidades mais populosas são Goiânia (capital), Anápolis, Rio Verde, Luziânia e Aparecida de Goiânia. Goiás tem como Capital a cidade de Goiânia, que fica localizada no centro do Brasil, próxima à Capital Federal (Brasília) e é considerada uma das melhores cidades para moradia, devido ao seu clima tropical semi-úmido (GOIÂNIA, 2006).



Figura 2 – Mapa limitrófico de Goiás (GOIÂNIA, 2004).

4.1. LOCALIZAÇÃO

Goiânia é a capital do Estado de Goiás, fundada em 24 de outubro de 1933, durante o primeiro governo de Getúlio Vargas. Ela foi projetada por Atílio Correia Lima, numa concepção radiocêntrica, com um traçado moderno no estilo Art Déco. Possui área de 704,08 Km², densidade de 1.624,1 hab./Km² e uma população estimada, em 2004, de 1.201.006 habitantes. É considerada um centro estratégico da indústria e das telecomunicações. Sua economia baseia-se na agricultura, na pecuária, no comércio, na prestação de serviços e, sobretudo, na indústria de alimentos, vestuários, móveis e mineração (GOIÂNIA, 2006).

A Região Metropolitana de Goiânia foi criada pela Lei Complementar de 30 de dezembro de 1999, que tem como objetivo integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas e integra onze municípios: Abadia de Goiás, Aragoiânia, Aparecida de Goiânia, Goianápolis, Goiânia, Goianira, Hidrolândia, Nerópolis, Santo Antônio de Goiás, Senador Canedo e Trindade. Essa região apresenta uma topografia quase plana, a mais elevada do Brasil Central (GOIÂNIA, 2006).

A área de estudo, a bacia do ribeirão Anicuns, está incorporada ao sítio urbano de Goiânia e abrange cerca de 70% da população da cidade. Possui uma área aproximada de 231,7 Km² (30% da área do município) e o comprimento do curso d'água é de 24 km. Localiza-se entre as coordenadas planas 666.000m – 690.000m e 8.160.000m – 81.144.00m. Os seus afluentes são constituídos pelos córregos Quebra Anzol, Da Cruz, Forquilha, Samambaia, Cavalito Morto, Salinas, Taquaral, Capão da Mata, Santa Rita, Macambira, Cascavel, Serrinha, Vaca Brava, Capim Puba, Botafogo e sua foz é o Rio Meio Ponte, na Vila Roriz. O Rio Meio Ponte deságua no Rio Paranaíba, a maior bacia hidrográfica do Estado de Goiás, este para o rio Paraná, que por sua vez chega até o Rio do Prata, desaguando no Oceano Atlântico (GOIÂNIA, 2004).

Grande parte do desenvolvimento da cidade de Goiânia ocorreu seguindo recomendação do plano diretor de 1967, que sugeria que o

crescimento da cidade fosse direcionado para sudoeste, por meio de mecanismos como a alocação de conjuntos habitacionais que seguissem essa direção. Por se localizar justamente nessa área, a bacia do ribeirão Anicuns vê-se diante de vários problemas ambientais que adulteram a paisagem urbana e a qualidade de vida da população (SILVA & OLIVEIRA, 2004).

4.2. CLIMA

O clima da região de estudo caracteriza-se pela marcante presença de um período seco entre os meses de maio a agosto e um período chuvoso entre os meses de outubro a março. Essa alternância estacional deve-se à presença, durante os meses secos, do sistema de circulação intertropical, comandado pelo Anticiclone do Atlântico Sul e extra tropical, derivados da Massa Polar. Por outro lado, durante o período chuvoso, é importante a atuação dos sistemas da circulação do ar continental Amazônico e da região do Chaco, fenômeno conhecido como ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul (GOIÂNIA, 2004).

A cidade de Goiânia apresenta um clima mesotérmico e úmido, cuja temperatura média acontece em torno de 21,9^o C, mínima de 17,9^oC e máxima de 30,5^oC. A temperatura de Goiânia nos últimos anos aumentou cerca de 2^o C, isso aconteceu devido ao crescimento da população e à ocupação desordenada do solo. O relevo apresenta uma altitude que varia entre 200-800m e caracteriza-se em planalto, chapadas e serras na maior parte, com depressão ao norte (GOIÂNIA, 2004).

A umidade relativa do ar de Goiânia varia em média de 60 a 65%. Há tendência de decréscimo da umidade, associado à destruição da cobertura vegetal. A precipitação média anual, de acordo com pesquisa realizada nesta cidade, situa-se entre 1.347,2mm a 1.575,9mm. Acredita-se que as precipitações anuais nas áreas periféricas são maiores em relação às áreas centrais, pois estas evidenciam um aumento de calor, determinado pelas edificações e pelo asfalto (GOIÂNIA, 2004).

depositada em ambiente marinho. Os xistos foram formados pelo metamorfismo de materiais argilosos depositados em porções profundas de antigos mares. O aumento da pressão e da temperatura pelo soterramento transformou as argilas e pequenos fragmentos originais em biotita, muscovita e clorita, e recristalizou o quartzo e o feldspato (GOIÂNIA, 2004). O Grupo Araxá ocorre na porção meridional do município. Trata-se de um conjunto de rochas vulcânicas e sedimentares que sofreu metamorfismo de grau médio a forte. Resultaram, então, xistos, gnaisses e quartzitos, dobrados, fraturados e falhados (CUNHA *et al.*, 1999).

A estrutura geológica representada pelos granulitos do Complexo Goiano com intercalações de quartzitos responde por formas aguçadas e fortemente convexizadas no planalto Dissecado de Goiânia (920-950m), domínio de formas tabulares nos micaxistos do Grupo Araxá, correspondente aos Chapadões de Goiânia (860-900m) e formas suavemente convexizadas no planalto Embutido de Goiânia (750-800m). Dessa forma, o relevo e o uso e ocupação do solo interferem mais na definição de campos térmicos, cujas temperaturas mais amenas ocorrem justamente nas áreas mais elevadas (GOIÂNIA, 2004).

CASSETI & NASCIMENTO (1991) classificaram cinco unidades geomorfológicas de distribuição espacial presentes na bacia do ribeirão Anicuns. Essa distribuição foi realizada com base no mapeamento para Goiânia (ANEXO B), que consta em: a) Planalto Embutido de Goiânia, com área de 142,54 Km²; b) Chapadas de Goiânia, com 71,11Km²; c) Planalto Dissecado de Goiânia, com 5,96Km²; d) Fundo de Vales, com 10,61Km² e f) Planície de Inundação, com 0,78Km².

O Planalto Embutido de Goiânia (750-850m) tem uma extensão superficial de 61,70% do total. Encontra-se caracterizado pelas formas convexas, granulitos máficos, silimanita-granada gnaisses e metagabros, como pelas formas tabulates, relacionadas aos micaxistos, granada-clorita-biotita-quartzo-xistos, feldspáticos. Encontra-se na margem direita, nos interflúvios Macambira-Cascavel e Cascavel-Capim Puba. A declividade ocorre entre 5 a 10% (GOIÂNIA, 2004). Os principais problemas verificados no Planalto Embutido de Goiânia são: erosão laminar e conseqüente

assoreamento dos córregos, fortes enxurradas em decorrência da impermeabilização das áreas próximas, subdimensionamento das galerias pluviais, promovendo alagamentos e surgimento de erosões (SILVA & OLIVEIRA, 2004).

As Chapadas de Goiânia (800-900m) representam a seção sudoeste da bacia, a partir da margem esquerda do córrego Taquaral, abrangendo os interflúvios dos córregos Salinas, bem como os interflúvios dos formadores de primeira ordem do ribeirão Anicuns, córregos Quebra-Anzol, Forquilha e da Cruz. Correspondem a 30,78% da superfície da bacia, encontrando-se caracterizadas por micaxistos e quartzitos do Grupo Araxá, além de metagabros e granada-gnaisses do Complexo Goiano. A morfologia apresenta uma maior dimensão interfluvial, isto é, os cursos encontram-se pouco entalhados, o que corresponde uma declividade inferior de 5% (GOIÂNIA, 2004). Sendo assim, essa região possui efeitos denudacionais subseqüentes onde se observam níveis de pedimentos coluviais e verifica-se fluxo laminar acarretando processos de ravinamento, erosão remontante (CASSETI, 1992).

Segundo SILVA & OLIVEIRA (2004), o Planalto Dissecado de Goiânia encontra-se em altitude de 750-910m e compreende à área do Morro do Medanha, localizada na margem esquerda, entre os córregos Samambaia e Macambira. Representa 2,58% da superfície da bacia. Está vinculado ao domínio granulítico e sustentado por intercalações quartizíticas. As angularidades no sistema hidrológico e o forte corte nos talvegues são efeitos da produção de falhamentos. Essa área é caracterizada pela Superfície de Formas Aguçadas, com declives superiores de 30%, cujo grau de dissecação favorece o escoamento, que remove a camada superficial do solo, originando ravinas e voçorocas.

De acordo com CASSETI (1992), as Planícies Fluviais de Inundação apresentam uma área de 0,35% da bacia e têm um comprimento de 800-1600m. Elas são encontradas na confluência com o ribeirão Anicuns e os córregos Taquaral, Macambira, alto Santa Rita e o Rio Meia Ponte. Caracterizam-se pela formação de meandros em diferentes estágios de evolução, por sedimentos arenosos intercalados a silto-argilosos, que são propícios a enchentes. Essas planícies são formadas por depósitos aluviais

holocênicos, com ocorrências tecnogênicas. SILVA & OLIVEIRA (2004) verificaram nessa área impactos como inundações periódicas, degradação da vegetal natural das matas ciliares, assoreamentos dos cursos d'água, lançamento de esgoto "in natura" e solapamento das margens. Portanto, essas conseqüências foram registradas em função da ocupação das Planícies Fluviais.

Os Fundos de Vales ocupam 5% da superfície da bacia, têm uma faixa de 200 a 600m ao longo dos cursos d'água e apresentam uma declividade em torno de 40%, que varia de acordo com o grau de incisão da drenagem, relacionada ao comportamento litológico, de natureza tectônica (GOIÂNIA, 2004). Observa-se nessa região o surgimento de processos erosivos.

De acordo com a Carta de Risco de Goiânia, os Fundos de Vales possuem grande declividade ao longo do sistema de drenagem. Tendo em vista esse aspecto, há uma complexidade de depósitos e exposições rochosas, que formam erosões em sulcos evoluindo para ravinas e voçorocas, impróprias para a ocupação humana, e que são destinadas à preservação e conservação.

CASSETI (2001) discorre que, muitas vezes, as discrepâncias topográficas processadas por deslocamento de blocos já foram mascaradas pelos efeitos morfoclimáticos subseqüentes. Essas anomalias podem ser evidenciadas no próprio traçado dos cursos d'água. A angularidade refere-se a mudanças ortogonais, que passa a receber a gênese de *baionetas*, como mostra o esquema abaixo do ribeirão Anicuns (Figura 4).

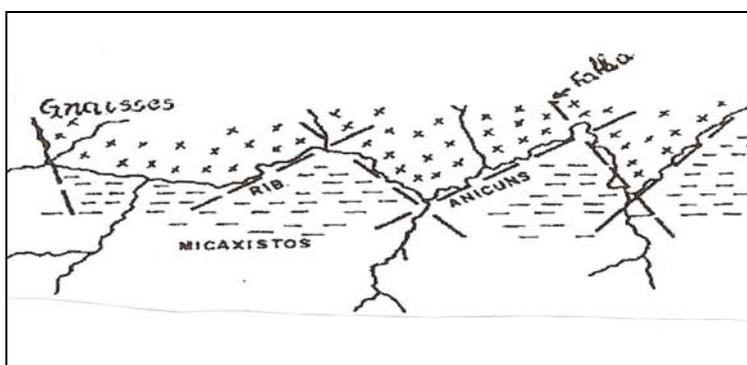


Figura 4 – Baionetas, angularidades do Ribeirão Anicuns (CASSETI, 2001).

A bacia do ribeirão Anicuns apresenta solos minerais e orgânicos e nela estão presentes as seguintes classes de solos: a) Latossolos Amarelos – ricos em minerais, profundos e drenados. b) Podzólicos Amarelos – profundos e bem drenados; c) Cambissolos - muita resistência física; d) Solos orgânicos ou turfosos – não oferecem resistência física; e) Areias Quartzozas – fáceis de serem erodidos; f) Depósitos de Entulhos – provenientes da construção civil (GOIÂNIA, 2004).

4.4. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

Segundo o Diagnóstico Hidrogeológico da Região de Goiânia (SGM, 2003), ocorrem duas unidades hidrogeológicas armazenadoras e fornecedoras de água subterrânea (aqüíferos): uma ligada ao manto de intemperismo (solo, rocha alterada e aluviões), denominado de aqüífero de domínio poroso, e a outra relacionada às rochas subjacentes, denominadas de aqüífero de domínio fraturado (GOIÂNIA, 2004).

Os aqüíferos porosos são de pequena profundidade e apresentam uma espessura que sofre variação de até 50m. Eles funcionam como filtros, regularizam a vazão de base das drenagens, quando o índice pluviométrico é baixo, favorecendo a recarga dos aqüíferos sotopostos. Seu fluido ocupa os poros entre os minerais e ou agregados constituintes de corpos rochosos e de materiais não consolidados. Nas regiões onde a ocupação humana é maior, apresentam-se flutuações no nível do lençol freático e são susceptíveis a contaminação antrópica.

O aqüífero fraturado é determinado pela presença reduzida dos espaços intergranulares na rocha. A água percola os espaços da rocha através de fissuras ou falhas. Nesse domínio encontram-se as rochas cristalinas ígneas e metamórficas. A recarga aqüífera ocorre através do fluxo vertical e lateral de águas de infiltração, devido à precipitação pluviométrica.

Em Goiânia, o domínio fraturado é dividido em dois sistemas aqüíferos, o Araxá e o Granulito. O domínio Araxá caracteriza-se pelo fraturamento

vertical, constituído por xistos e quartzitos, apresenta baixa condutibilidade hidráulica e tem uma pequena porosidade. O sistema Granulítico é formado pelo Complexo Anápolis-Itaçu, com rochas de alto grau metamórfico, que apresentam fissuras controladas pela densidade de fraturamento e ainda, a condutibilidade hidráulica ocorre de média a baixa.

A erosão é um problema hidrogeomorfológico comum detectado na bacia do ribeirão Anicuns, pois, com a ausência de galeria pluvial na área, ocorre o escoamento de concentrado e, com isso, a água é transportada acompanhando a declividade e a irregularidade do terreno, formando verdadeiros sulcos que se transformam em ravinas. Um outro fator é o solapamento das bases e margens das galerias pluviais, além disso, não se pode deixar de ressaltar a destruição da vegetação ciliar, o que impede a proteção da camada superficial do solo, promovendo, assim, o escoamento de concentrado e um conseqüente assoreamento.

4.5. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A Lei Orgânica do Município de Goiânia, além de fazer referência às condições de riscos geológicos e qualidade das águas superficiais e subterrâneas quando da elaboração do Plano Diretor (parágrafo 5º do Art. 157), expressa proibições quanto à ocupação ou uso de áreas que impliquem impacto ambiental negativo, como as planícies de inundação ou fundos de vale, incluindo as nascentes e as vertentes com declive superior a 40% (Art. 202). No Art. 203, proíbe o desmatamento de toda e qualquer área sem prévia autorização, bem como qualquer forma de uso do solo em compartimentos topográficos de risco.

O crescimento populacional sobre mananciais gera a impermeabilização do solo, a remoção florestal, o aumento de lançamento direto de lixo e esgoto e a localização de aterros sanitários em mananciais. Essa pressão traz, como efeitos à qualidade da água, coliformes e outros contaminantes. Para os

mananciais urbanos, os problemas de lixo e o esgotamento sanitário são os que mais atuam para a degradação de mananciais de abastecimento. No caso do lixo, além do lançamento direto de toneladas de lixo nos corpos d'água pelas comunidades ribeirinhas, dos 12 mil lixões existentes no Brasil, 63 % situam-se na beira de rios e mananciais, demonstrando o descaso para com a conservação dos recursos hídricos. Situação semelhante verifica-se em relação ao esgoto doméstico, em que as ligações clandestinas poluem diretamente os rios, comprometendo os benefícios dos recursos investidos na rede de coleta e tratamento de esgotos (ANDREOLI, DALARMI & LARA, 2000).

Goiânia vem passando, principalmente nas últimas duas décadas, por um processo acelerado de urbanização, com a formação de grandes bolsões de pobreza, caracterizando uma situação de pulverização da cidade, através de parcelamentos urbanos irregulares e clandestinos sem planejamento urbano adequado, estando a maioria situados na Zona Rural do município ou em situação de conturbação com os municípios vizinhos da Região Metropolitana (MATTOS, 2005).

A caracterização do meio físico deve ser complementada com informações referentes ao quadro legal, isto é, devem-se verificar as relações legais à ocupação do solo que existem em nível federal e estadual e, se houver, em nível municipal (IPT, 1991).

Ao mesmo tempo em que o homem ultrapassa limitações de uso ou ocupação de áreas naturalmente restritivas, como relevo íngreme ou faixas de inundação, a apropriação desordenada dessas áreas pode gerar impactos de elevado custo socioeconômico ambiental, a exemplo de Goiânia, onde mais de 80% das erosões ocorrem em Latossolos, considerados de baixa suscetibilidade erosiva (CASSETI, 2001).

CUNHA (2000), ao diagnosticar os impactos socioambientais decorrentes da ocupação da Vila Roriz, localizada na coalescência das planícies de inundação do rio Meia Ponte e do ribeirão Anicuns, em Goiânia-GO, evidenciou os reflexos hidrodinâmicos dos depósitos tecnogênicos construídos pelo poder público. Cálculos baseados em estimativas comparativas apresentadas por ele, na planície de inundação do ribeirão Anicuns, entre a Vila Roriz e o Setor Gentil Meireles, levaram a admitir que foi

produzido 2.906.000 m³ de sedimentos pela ação indireta do homem, associada ao uso e ocupação da bacia, e 2.480.000 m³ de material pela ação direta, como os aterros e “bota-foras” construídos. Isso quer dizer que a ação humana sobre a natureza difere da ação dos fenômenos físicos-químicos naturais. Eles são considerados vetores diferentes. Essa efetuação humana no meio ambiente, tão acelerada, jamais existiu na face da Terra.

A ocupação e o uso do solo pelo homem são capazes de provocar intensos impactos geoquímicos ambientais em decorrência da produção de resíduos orgânicos relacionados aos processos vitais, domésticos, urbanos, industriais e agrícolas (ARAÚJO, 2002).

Contudo, MATTOS (2005) afirma que os principais problemas socioambientais no município de Goiânia hoje são resultantes do processo de urbanização e estão basicamente relacionados: a) ao desmatamento excessivo da cobertura vegetal; b) à poluição dos corpos d'água, principalmente os que drenam a malha urbana devido ao não tratamento de esgotos industriais e domésticos; c) à ocupação desordenada do solo urbano com a formação de espaços segregados de exclusão onde há ausência de saneamento; d) a freqüentes alagamentos das vias dentro da malha urbana consolidada devido aos altos índices de impermeabilização do solo; e) às alterações climáticas com formação de ilhas de calor nas regiões mais densamente povoadas e impermeabilizadas; f) ao intenso tráfego de veículos e g) à poluição atmosférica devido a inversões térmicas ocasionadas por monóxidos de carbono.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA

O diagnóstico da área de estudo foi o primeiro passo de visita ao campo, cujos objetivos foram: identificar as principais causas dos problemas sócio-ambientais; verificar as alterações da fisionomia da paisagem, da estrutura do solo e da qualidade da água.

Para a realização dessa etapa foram determinados, por GPS, as coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) dos pontos de amostragens, a toponímia e o preenchimento da ficha de campo de amostragem geoquímica, adotada pela CPRM. Nessa ficha foram identificados, para cada ponto: a classe da amostra, a largura do leito, a profundidade, o pH, a cor da água, a textura do sedimento, a pluviosidade, o relevo e o tipo de vegetação.

Sendo assim, para diagnosticar a situação ambiental da Bacia do Ribeirão Anicuns, foram realizadas fotografias mostrando as atividades de uso do solo e o grau de contaminação da região.

5.2. DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

Os pontos de amostragem em uma primeira instância foram determinados ao longo da bacia do Ribeirão Anicuns, em média de 1000 em 1000m, desde a nascente (Córregos da Cruz, Quebra Anzol e Forquilha) até sua foz no Rio Meia Ponte. Em certos casos onde foram detectados alto índice de poluição antropogênica, com intensa atividade humana, os pontos de amostragem ficaram próximos, em torno de 200 a 500m. Ao total foram plotados 24 pontos, com a sigla LM – Luísa Miranda e em seguida o número correspondente da amostra (Ex. LM-01). Após essa plotagem ter sido feita, foi elaborado o mapa físico, na escala 1:100.000, da área de estudo da Bacia do Ribeirão Anicuns, com todos os seus afluentes e os pontos de amostragem, com a sigla e os números.

Esta pesquisa foi constituída por três fases, de acordo com o procedimento geoquímico adotado: 1) Sedimento de Corrente Fase 1 – pesquisa realizada pela CPRM em 2004, que serviu como embasamento para determinar os pontos de coleta; 2) Sedimento de Corrente Fase 2 e 3) Água. Neste trabalho, foram coletados materiais para análise química de sedimento de corrente e água da bacia do ribeirão Anicuns (itens 2 e 3).

Para a confecção dos mapas geoquímicos foram produzidos três mapas bases: 1 – mapa dos 24 pontos de amostragem; 2 – mapa para Sedimento de Corrente Fase 1 e 3 – Sedimento de corrente Fase 2 e água. Esses mapas determinam os pontos de amostragem e de coleta ao longo da bacia do ribeirão Anicuns. A figura 5 mostra as drenagens da bacia do ribeirão Anicuns.



Figura 5 – Mapa de Drenagem da Bacia do Ribeirão Anicuns - SEMMA, 2006.

5.3. COLETA E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA E SEDIMENTO DE CORRENTE FASE 2

Na segunda etapa de campo realizou-se a coleta de água e sedimento de corrente para a análise química laboratorial por ICP/OES (Fase 2). Dos 24 pontos iniciais, foram selecionados 10 pontos (LM-02; LM-03; LM-04; LM-07; LM-013; LM-18; LM-22; LM-23 e LM-24). Essa seleção foi realizada a partir dos resultados analíticos históricos por AA e EE obtidos pela CPRM (ARAÚJO & SILVA, 2006) e dos resultados do tratamento estatístico e da análise geoquímica das amostras de Sedimento de Corrente Fase 1. A coleta de sedimento de corrente e a análise química por ICP/OES da Fase 1 foi realizada pela CPRM em 2004.

Foram utilizados 10 pontos de amostragem, aqueles com maior índice de contaminação antrópica. Neste trabalho, usou-se o procedimento do manual simplificado de coleta de água superficial e de consumo doméstico da CPRM (CUNHA & MACHADO, 2003), que relata os seguintes passos: a) a coleta de água deve ser feita no mesmo local da coleta do sedimento de corrente; b) em cada ponto, coletam-se duas amostras de água em tubos separados para análise de cátions por ICP/OES e de ânions; c) antes de cada coleta é preciso lavar a seringa com a água do ponto e colocar o filtro na ponta seringa (caso haja muita poluição na água, trocar o filtro); d) adicionar 5 gotas de HNO_3 (ácido nítrico) para manter o $\text{pH} < 2$; e) lacrar os tubos com fita vermelha e escrever na tampa e no corpo do tubo a sigla e o número da amostra (Ex.: LM-03); f) colocar na caixa de isopor, para encaminhar ao laboratório.



Foto 1 – Kit completo para amostragem de sedimentos de corrente e água (CUNHA & MACHADO, 2003).

A água de uma bacia hidrográfica é o resultado da água superficial de escoamento (pluviais) e do lençol freático, que infiltra no solo e percorre para o leito. Essa água pode ser formada por compostos mineralógicos, por uma carga iônica e por elementos químicos.

O sedimento de corrente foi coletado de uma forma composta no leito ativo do ribeirão, de forma manual (com uma pá). Em seguida, o material foi acondicionado em sacos de polietileno de 2kg e colocado em sacos de tecido (cru), foram etiquetados com a sigla LMS e o número da amostra (Ex.: LMS-011).



Foto 2 – Ponto de Coleta de água e sedimento de corrente (LM-011)

De acordo com LICHT (2001), a composição de uma amostra de sedimento de fundo de um canal de drenagem natural reflete o quimismo de toda uma bacia hidrográfica, sendo um meio amostral muito utilizado e adequado para levantamentos geoquímicos. A composição dessa amostra é variada e depende da constituição geológica e pedológica, da topografia, das características de drenagens dos perfis de solo, do tipo de clima predominante, da cobertura vegetal e do tempo de atuação dos processos físicos, químicos e biológicos.

5.4. ANÁLISE LABORATORIAL DAS AMOSTRAS DE ÁGUA E SEDIMENTO DE CORRENTE

Através do Programa de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (PGAGM) foram selecionadas 09 amostras de sedimento de corrente (ICP-Fase 1), 1ª. fase, que foram realizadas no ano de 2004, na bacia do ribeirão Anicuns. A análise química dessas amostras foi realizada no laboratório LAMIN, da CPRM, no Rio de Janeiro. A partir das concentrações dos elementos químicos adquiridos, os dados passaram por um tratamento estatístico. Em seguida, realizaram-se a confecção da matriz de correlação e os mapas geoquímicos.

As análises químicas laboratoriais para água e sedimento de corrente, Fase 2, foram realizadas no Laboratório da Universidade Católica de Brasília-UCB (FOTO 03), por Espectroscopia Atômica – ICP/OES (Induced Coupled Plasma) para os seguintes elementos Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sc, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn, Hg. O equipamento usado foi da marca Varian, modelo Liberty Sequential.

As amostras de sedimento, depois de coletadas, foram secas à temperatura ambiente, peneiradas na fração 200 mesh (peneira de nylon) e colocadas em frascos etiquetados, com apenas 10% do material coletado. Esse procedimento foi realizado na CPRM. Em seguida, essas amostras adequadamente preparadas foram conduzidas ao laboratório da Universidade Católica de Brasília. Para esse serviço analítico, no entanto, as amostras inicialmente foram triplicadas, colocadas em tubos digestores etiquetados e depois pesadas. Para o valor da massa foram consideradas quatro casas decimais do valor aproximado da média que é de 1g por amostra.

O procedimento da digestão ou com água régia visa a extrair os elementos químicos das amostras de sedimento de corrente, para a análise de Espectroscopia Atômica. Colocou-se 2,3 mL de HNO₃, (ácido nítrico) nos tubos de vidro do bloco digestor e, em seguida, adicionou-se 7mL de HCl (ácido clorídrico). Os tubos ficaram em repouso por uma hora em capela e foram submetidos a 50^oC, nos primeiros 30 a 40 minutos. Gradativamente a temperatura foi aumentada para 90^oC de 40 a 100 minutos. Logo após, os tubos foram deixados para descansar por 30 minutos, até esfriar. Depois do procedimento de digestão e de resfriamento, o material sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 50mL, ao qual foi adicionada água deionizada na amostra até o volume determinado.

Conseqüentemente, as amostras preparadas por água régia foram quantificadas por Espectroscopia Atômica (Foto 3), a fim de determinar as concentrações dos elementos químicos. Nos casos onde as concentrações das amostras foram encontradas muito acima dos níveis considerados, realizou-se uma diluição triplicada, com água deionizada.

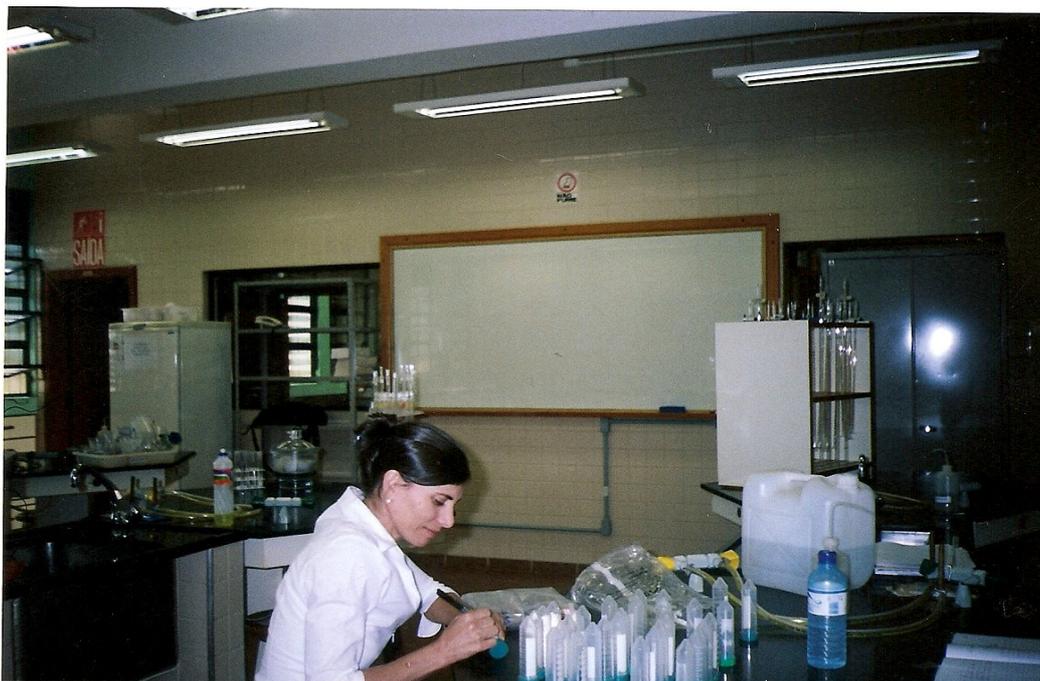


Foto 3 – Laboratório de Espectroscopia Atômica da UCB, 2006.

Obtidas as concentrações dos elementos químicos para água e sedimento de corrente, determinaram-se os cálculos físico-químicos para adquirir o resultado da análise laboratorial. No caso das amostras que foram diluídas três vezes, multiplicou-se o valor encontrado por três. A unidade utilizada para acompanhar os valores das concentrações foi ppm (parte por milhão), ou mg/kg.

Sendo assim, o resultado encontrado da análise laboratorial dos níveis de concentrações das amostras de água foi comparado com a tabela de padrões para elementos químicos do CONAMA (BRASIL, 2005), de acordo com a resolução 357, de 17 de março de 2005, Classe I (ANEXO C). Enquanto que, para a comparação dos resultados de sedimento de corrente, utilizou-se a Tabela da NOAA (LONG & MORGAN, 1991) (ANEXO D). Depois de fazer a análise comparativa dos elementos químicos encontrados com as alterações nos níveis de concentração, os resultados foram submetidos a tratamento estatístico.

Para a confecção de matrizes de correlação foi realizado um tratamento estatístico em que os dados dos consistem dos resultados dos multielementos

das amostras de água e sedimento de corrente. Esse método foi determinado com a utilização do software OASIS 6.1 – Módulo Chimera. Através do tratamento estatístico de cada elemento químico, em uma primeira instância, obteve-se a média aritmética, o desvio padrão, os valores anômalos de 1^a., 2^a. e 3^a. ordens e, em seguida, foram construídas as matrizes de correlação para água e sedimento de corrente.

Por último, comparando os elementos correlacionados, foram confeccionados os mapas geoquímicos de distribuição dos elementos químicos, usando apenas as correlações de relevância para muito forte. Os mapas geoquímicos foram obtidos através do programa Geosoft *Mapping and Processing System* (MPS), associado ao modelamento de software da empresa Canadense Geosoft. Esses mapas foram gridados, cujas cores principais variaram do verde, vermelho e rosa, e as correlações dos multielementos foram expressas de acordo com a variação do nível de concentração - fraca, forte e muito forte - para as cores determinadas. No entanto, esses mapas são apresentados na forma de figuras, divididos em quatro planos: norte, sul, leste e oeste.

5.5. CONSISTÊNCIA DOS RESULTADOS MULTIELEMENTARES DE SEDIMENTO DE CORRENTE FASE 1, FASE 2 E ÁGUA

Considerando-se os dados das amostras de água e sedimento de corrente de ICP (Fase 1 e Fase 2), foi realizada a comparação dos resultados das concentrações dos elementos químicos, analisados através dos mapas geoquímicos. Com essa comparação determinaram-se na bacia do ribeirão Anicuns, os principais pontos das alterações nos níveis de concentrações dos elementos químicos e as possíveis fontes de contaminação antropogênica.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise e a discussão dos resultados foram apresentadas de acordo com a seqüência das etapas realizadas nesta dissertação, de maneira que os dados adquiridos das concentrações multielementares de água e sedimento de corrente, através da geoquímica ambiental, serviram como base para a determinação das possíveis ações antropogênicas e/ou naturais com as verificações geológicas da área.

6.1. SITUAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIBEIRÃO ANICUNS

A análise ambiental da área de estudo foi realizada através da primeira visita de campo, em que foram identificadas as principais causas dos problemas ambientais e determinadas por GPS as coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) dos pontos de amostragens, a toponímia e o preenchimento da ficha geoquímica, adotada pela CPRM. Sendo assim, para diagnosticar a situação ambiental da bacia do ribeirão Anicuns, foram realizadas fotografias mostrando as atividades de uso do solo, o grau de contaminação da região e as principais fontes poluidoras.

6.1.1. Pontos de amostragem e Toponímia

Os pontos de amostragem estão apresentados na tabela 3 e têm por finalidade relacioná-los com as coordenadas geográficas: longitude, latitude, altitude e toponímia. Para se obterem as coordenadas, foi utilizado o GPS – Geo- Processamento de Dados. De acordo com a primeira etapa da pesquisa de campo, foram definidos 24 pontos, na bacia do ribeirão Anicuns. A toponímia refere-se ao nome do lugar onde o ponto foi amostrado e ela ficou

definida como algumas drenagens, nome do bairro, ou lugares específicos de propriedades.

Tabela 3 – Pontos de Amostragem das coordenadas e toponímia da bacia do Ribeirão Anicuns

Amostra	X	Y	Altitude (m)	Toponímia
LM-001	669660	8155228	797	Quebra-anzol, da cruz e da forquilha
LM-002	670234	8155591	781	Bomba de água
LM-003	671561	8156647	772	Córrego: Samambaia
LM-004	673905	8155851	760	Fazenda São José
LM-005	674902	8155004	749	Horticultura do Cláudio
LM-006	674898	8154613	745	Córrego: Salina
LM-007	676722	8155409	742	Fábrica de calçados do Paulo
LM-008	677048	8154674	743	Córrego: Taquaral
LM-009	678189	8155748	730	Ponte: Bairro Goyá
LM-010	678755	8155033	727	Córrego: Macambira
LM-011	679152	8155746	667	Ponte: Jardim Leblon
LM-012	679552	8156355	665	Ponte: Castelo Branco
LM-013	679706	8156769	667	Ponte: Av. Anhanguera
LM-014	680128	8157391	664	Ponte: Capuava
LM-015	681482	8158047	661	Ponte: Vila São José/Setor Perim
LM-016	681654	8156874	671	Córrego: Cascavel
LM-017	682414	8157808	667	Viveiro Deus me deu
LM-018	684090	8158450	664	Ponte: Criméia Oeste/ N.S.Aparecida
LM-019	684823	8159080	671	Ponte: Av. Goiás
LM-020	685170	8159525	670	Córregos: Anicuns/Meia Ponte
LM-021	686116	8157527	695	Córrego: Botafogo
LM-022	68595	8157525	703	Capim Puba/ Botafogo
LM-023	685021	8157281	709	Cemitério Jardim das Palmeiras Ponte Capim Puba/ Setor dos
LM-024	683839	8155747	723	Funcionários

LM – Luísa Miranda; X- longitude; Y – latitude

6.1.2. Mapa base da área de amostragem

O mapa base da área de amostragem foi determinado ao longo da bacia do ribeirão Anicuns, onde foram plotados 24 pontos de amostragem na primeira etapa da pesquisa. Nele estão a sigla (LM), os números dos pontos e as drenagens ou toponímia, de acordo com a sua localização (Figura 6).

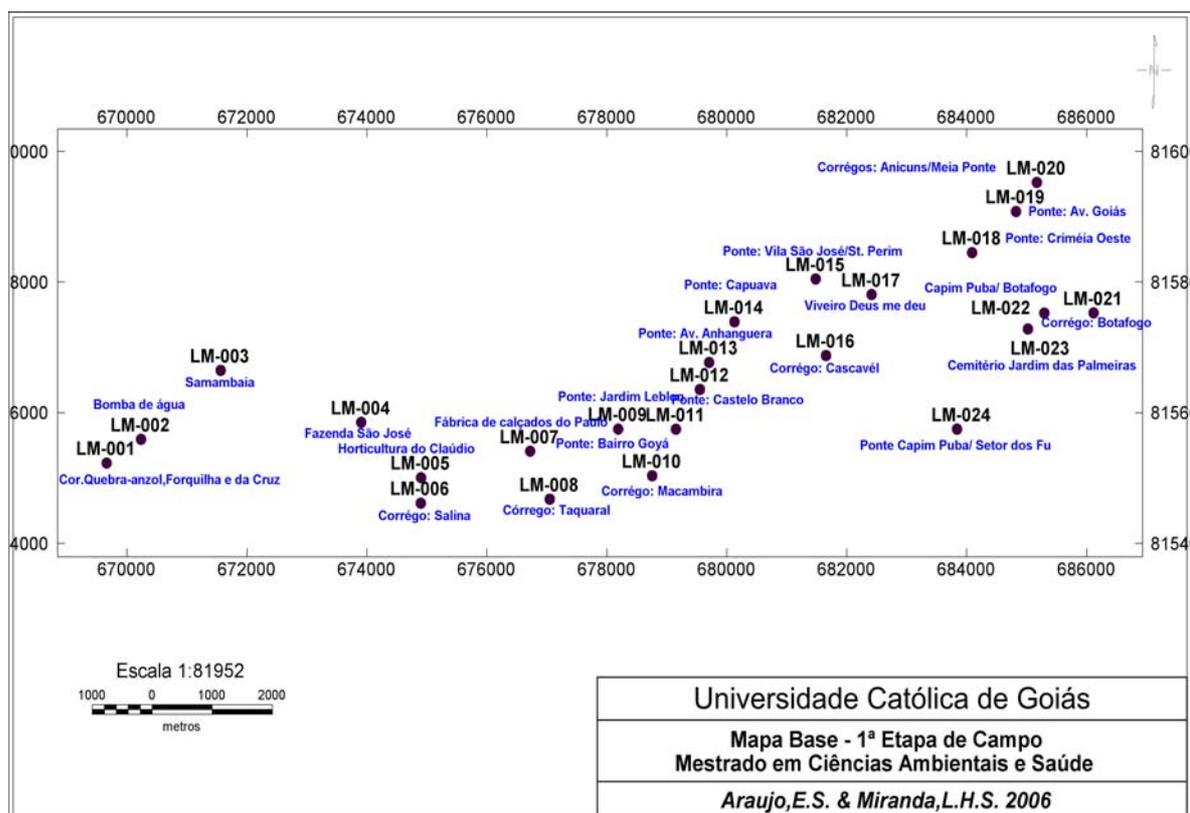


Figura 6 – Mapa base de localização dos pontos de amostragem na bacia do ribeirão Anicuns

6.1.3. Análise dos Padrões Geoquímicos da água e sedimento de corrente

Ainda na primeira etapa da pesquisa de campo, foi preenchida a ficha de amostragem geoquímica, que é utilizada pela Companhia de Pesquisa em Recursos Naturais – CPRM – Serviço Geológico do Brasil, por técnicos e profissionais (Figura 7). Dez pontos desta pesquisa foram utilizados para o preenchimento da ficha de amostragem geoquímica, sendo utilizados na

segunda etapa da pesquisa de campo, em que aconteceu a coleta das amostras de água e sedimento de corrente.

 Serviço Geológico do Brasil - CPRM	FICHA DE CAMPO - AMOSTRA GEOQUÍMICA PROJETO: DATA: /										1 - CENTRO DE CUSTO 2 - SUBCENTRO DE CUSTO 3 - NÚMERO DE CAMPO Coletor Nº da amostra Dupl.			Nº DE LABORATÓRIO		FOLHA TOTAL
4 - Base cartográfica Proced.:				Denominação				5 - Escala			6 - Denominação local					
7 - Latitude Graus Minutos Segundos N/S				8 - Longitude Graus Minutos Segundos			9 - Abscissa (x)		10 - Ordenada (y)		11 - UTM - Longitude		12 - UTM - Latitude		13 - Meridiano central	
14 - Classe amostra	15 - Tipo amostragem	16 - Fonte amostra	17 - Rocha regional	18 - Idade geológica	19 - Material coletado	20 - Pluviosidade	21 - Tipo vegetação	22 - Sit. topográfica	23 - Sit. amostra	24 - Altitude	25 - Profund. da amostragem		26			
27 - Forma ígnea	28 - Situação estrutural	29 - Matriz predominante	30 - Grau de intemperismo/alteração	31 - Tipo alteração	32	33 - Tipo mineral	34 - Caracterização depósito / ocorrência Forma Modo	35	36 - Largura do rio	37 - Profund. do rio	38 - Veloc. corrente	39 - Nível da água	40 - Área drenagem	41 - Turb. da água		
42 - Posic. leito	43 - Cor da água	44 - Grau de turbidez	45 - Volume original	46 - Peso do concentrado	47	48 - Granulometria sedimento / solo Máxima Mínima	49 - Textura do sedimento / solo (%) Cascahol Areia Silte Argila Mat. org.	50 - Cor sed. / solo	51	52 - I. turb. do solo	53 - Tipo de solo	54	55 - Amb. biótico	56		
57 - Eh Sinal		58 - pH	59 - Metal pesado à frio	60 - Outras análises		61 - Outras análises		62 - Outras análises		63 - Outras análises		64 - Codificação livre				
65 - Observações - Comentários																
66 - Observações - Comentários																
										PERF.		Data		PERF. / CONF.	Data	

Figura 7 - Ficha de campo de amostra geoquímica - CPRM, 2006.

Através dos resultados adquiridos pelas fichas de amostragem geoquímica, foram selecionadas algumas características específicas de relevância de água e sedimento de corrente, como: pH, turbidez, cor da água, nível da água e textura do sedimento. Os resultados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Análise das características da água e sedimento de corrente

AMOSTRA	1 -pH	2 - TURBIDEZ	3 -COR DA ÁGUA	4-NÍVEL DA ÁGUA	5-TEXTURA DO SEDIMENTO (%)				
					CAS	ARE	SILT	ARG	MAT ORG
LM-002	6,0	Moderada	Marrom	Normal	3	3	2	1	1
LM-003	6,5	Moderada	Marrom	Normal	3	4	1	1	1
LM-004	6,0	Moderada	Marrom	Normal	3	4	1	1	1
LM-007	6,0	Muita	Marrom	Normal	1	5	1	1	2
LM-013	6,0	Muita	Cinza	Normal	5	1	1	1	2
LM-018	7,5	Muita	Cinza	Normal	2	4	1	1	2
LM-020	7,5	Muita	Marrom	Normal	4	3	1	1	1
LM-022	7,0	Muita	Marrom	Normal	4	2	1	1	2
LM-023	7,0	Moderada	Clara	Normal	4	2	1	1	2
LM-024	7,0	Muita	Cinza	Normal	4	2	1	1	2

pH – Potencial Heterogênico; CAS – Cascalho; ARE – Areia; SIL – Silte; ARG – Argila; MAT ORG – Material Orgânico

Valores de Referência (CONAMA, 2005): pH = 6,0-9,0 (normal); turbidez =<40 unidades nefelométrica

O pH foi semelhante em quase todas as amostras, com valores entre 6,0 e 7,5. Nos pontos de amostragem LM-002, LM-003, LM-004, LM-007, LM-013, a água apresentou o pH levemente ácido, enquanto que os pontos LM-018 e LM-020 foram levemente alcalinos e nos pontos LM-022, LM-023, LM-024, o pH da água permaneceu normal.

Segundo MACEDO (2003), o pH é importante para o monitoramento do poder de corrosão da água, para o conhecimento da quantidade de reagentes necessários para a coagulação e para o crescimento de microrganismos.

O pH das drenagens que repousam sobre as rochas de carbonatos é considerado alto. Muitos elementos metálicos são solúveis apenas sob condições ácidas e, com o aumento do pH, tendem a precipitar como hidróxidos ou sais básicos. A baixa adsorção de metais possui alta capacidade

de tamponamento contra descargas ácidas nos rios (KORFALI & DAVIES, 2003).

LICHT (1998) explica que o valor específico de pH que produz a precipitação de um elemento sob forma de hidróxidos ou sais é denominado pH de hidrólise. E ainda, ressalta que os elementos como o Cu, Pb e Zn são móveis apenas em condições ácidas, já que o pH de hidrólise é entre 5,3 e 7,0. Verifica-se que nas amostras mais próximas da nascente o valor do pH é menor, porém o processo de ação antrópica também é menor.

Considerando os valores elevados de pH apresentados pelas amostras deste estudo, acredita-se que esses ambientes sofrem ação antrópica, como lançamento de efluentes não tratados na água do ribeirão, provenientes dos processos de limpeza doméstica e industrial (alimentícia, química, papel, tinturaria e tecelagem).

A turbidez corresponde à incidência de luz na água, que pode ser alterada por partículas em suspensão, impedindo a absorção de luz. Nos pontos LM-007, LM-013, LM-018, LM-020, LM022 e LM-024 a turbidez foi alta devido grande quantidade de material em suspensão e fontes de poluição que são lançadas na água.

A água pura não produz sensação de odor ou sabor nos sentidos humanos. O odor é reconhecido como sendo uma característica estética prejudicial ao consumo da água para abastecimento urbano ou para recreação. Os produtos que conferem odor ou sabor à água são, usualmente, originados da decomposição da matéria orgânica ou da atividade biológica de microorganismos, ou ainda de fontes industriais de poluição (PORTO, 1991).

6.1.4. Análise físico-química da água de algumas drenagens

As análises físico-químicas da água de algumas drenagens da bacia do ribeirão Anicuns foram realizadas “in loco” e obtidas através de pesquisas realizadas pelo Núcleo de Monitoramento Ambiental do Departamento de Controle Ambiental - DPCA, da Secretaria Municipal do Meio Ambiente de

Goiânia – SEMMA, em 2005, que determinaram os aspectos: temperatura ($^{\circ}\text{C}$); Oxigênio Dissolvido (mg/L); Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L) e Condutividade Elétrica ($\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$). Os aspectos físico-químicos da qualidade da água estão representados na tabela 5. As amostras LM-013 e LM-020, apresentadas na tabela 5, foram realizadas pela DBO Engenharia (DIAS & GÓES, 2004). Nessas amostras não foram determinados os sólidos totais dissolvidos.

Tabela 5 – Aspectos físico-químicos da qualidade da água de algumas drenagens

Amostra	DRENAGENS	TEMP. $^{\circ}\text{C}$	OD (mg/l)	TSD(mg/l)	COND. ELET
			V.R.> 6	V.R.<500	($\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$)
LM-001	Quebra-anzol;samambaia	19,2	6,18	22,2	44,5
LM-006	Cor. Salina;Cav. Morto	19,2	5,18	46,1	92,2
LM-008	Cor. Taquaral	21,1	6,74	22,8	45,4
LM-010	Cor. Macambira	20,3	5,62	56,6	112,0
LM-011	Rib. Anicuns/ Jd. Leblon	20,7	5,36	54,5	108,9
LM-013*	Rib. Anicuns/Av.Anhanguera	27,2	1,95	----	215,0
LM-016	Cor. Cascavel	23,7	4,01	24,2	48,5
LM-020*	Rib. Anicuns/Meia Ponte	24,9	0,45	----	311,3

(CONAMA, 2005), (DIAS & GOES, 2004).

Temp – Temperatura; OD – Oxigênio Dissolvido; TSD – Sólidos Totais Dissolvidos; COND. ELET. – Condutividade Elétrica; V. R. Valor de Referência.

* Pesquisa realizada por DIAS & GÓES (2004).

A temperatura da água mostrou-se maior nos três últimos pontos, o que pode ser caracterizado pela decorrência do recebimento de efluente ao longo do manancial. Conforme ressalta MACEDO (2002), a temperatura influencia nos processos biológicos, na reprodução e nas reações químicas. Com o aumento da temperatura da água, a solubilidade dos gases dissolvidos decresce e a solubilidade dos minerais cresce.

Nas amostras LM-13 e LM-20 ocorreram um baixo valor de oxigênio dissolvido. Acredita-se que este caso está relacionado com o despejo de esgoto doméstico no leito, pois é região habitacional. O baixo teor de oxigênio dissolvido na água indica a presença de matéria orgânica e uma alta biomassa de bactérias aeróbicas. Sendo assim, o oxigênio dissolvido é um fator que indica as condições da existência de vida no ambiente. Dessa forma, há uma alteração nos níveis da cadeia alimentar aquática, pois fica impossibilitada a sobrevivência de animais, como peixes e plantas aquáticas.

Os sólidos totais dissolvidos são constituídos por todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos. Os sólidos podem ser classificados

de acordo com seu tamanho e características químicas (MACEDO, 2002). Os valores elevados encontrados nas amostras LM-006, LM-010 e LM-011 apresentam como determinantes setores de alta população nas margens do leito e com isso surgem os problemas ambientais, como lançamento de esgoto de esgoto doméstico, erosões e depósitos de lixo. Nesses locais encontra-se lavanderia, granja e indústria de papel.

A condutividade elétrica da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions (MAIA, 2004). Em relação à condutividade, observou-se variação nos resultados, sendo que nas amostras LM-10, LM-13 e LM-20 são maiores, o que pode ser devido à presença de indústria química e de tecelagem. À medida que cresce a concentração iônica, a condutividade da solução cresce. Para uma dada concentração iônica, a condutividade aumenta com a temperatura. Isso explica a baixa concentração de oxigênio dissolvido e a elevada condutividade elétrica nos pontos LM-013 e LM-020.

6.1.5. Análise das fontes poluidoras e alterações antrópicas da Bacia do Ribeirão Anicuns

O levantamento das fontes potenciais de poluição da bacia do ribeirão Anicuns foi realizado de acordo com a pesquisa da DBO Engenharia Ltda (DIAS & GÓES, 2004) de reurbanização dos Vales do Macambira e Anicuns, no estudo de impacto ambiental (ANEXO F). Desse modo, relacionaram-se as amostras com as fontes poluidoras. E ainda, foram relatadas as principais alterações que aconteceram na fisionomia da paisagem. As fotografias mostram a degradação ambiental, como a substituição da mata ciliar pela pastagem; os esgotos domésticos e industriais; horticulturas; depósitos de lixos; erosões, enfim várias ações antrópicas.

A nascente do ribeirão Anicuns situa-se entre a confluência dos municípios de Goiânia, Trindade e Aparecida de Goiânia, nos córregos Forquilha, Quebra-Anzol e da Cruz (LM-001). O ponto (LM-002), Bomba d'água, no setor Eldorado, é distante em média 1000m da nascente. Foi assim

definida essa toponímia, Bomba d'água (LM-002), porque no local existe uma bomba que abastece algumas residências do setor Eldorado. Nesses locais existem poucas fontes poluidoras, mas, mesmo assim, encontram-se psiculturas, horticulturas (Foto 4) e plantações de milho. Para a realização dessas atividades, os horticultores utilizam a água do ribeirão Anicuns para regar as plantas e para o controle de pragas eles usam agrotóxicos.



Foto 4 – Horticultura próxima à nascente do ribeirão Anicuns (LM-002)

Nas proximidades do ponto LM-003, Córrego Samambaia, no Conjunto Vera Cruz I e Vera Cruz II, observou-se indústria química, granja, horticultura, criação doméstica de suínos, aves e peixes. No setor Vera Cruz I existe uma área municipal de preservação da nascente de um curso d'água. Acontece que a população ribeirinha apossou-se dessa região para o uso de chácaras. Como consequência, há presença de depósitos de lixo (Foto 5) nas proximidades da área e estão surgindo erosões, proliferação de insetos e contaminação da água.



Foto 5 – Depósito de lixo nas proximidades do ribeirão Anicuns (LM-003)

Os pontos LM-004, LM-005, LM-006, LM-007, LM-008, LM-009 e LM-010, que abrangem os córregos afluentes Cavalão Morto, Salina, Taquaral, Capitão do Mato, Santa Rita e o córrego Macambira, estão localizados nos bairros: Vera Cruz I, Setor das Nações, Parque Industrial João Brás, Serra Azul, Jardim Mirabel e Bairro Goiás. Nesses pontos de amostragem foram localizadas poucas fontes de poluição, como: uma granja, uma indústria alimentícia e um frigorífico. Devido à destruição das matas ciliares foram encontradas grandes erosões, principalmente no ponto LM-010, no córrego Macambira (Foto 6).



Foto 6 – Erosão na drenagem do córrego Macambira (LM-010)

No Jardim Leblon e Vila Mooca fica localizado o ponto LM-011, que apresenta grande alteração antrópica: água túrgida, erosão, canalização de esgotos domésticos, lixo, além de água contaminada para consumo animal (Foto 7). No ponto LM-012, Ponte Castelo Branco, em Campinas, foi encontrado lixo debaixo da ponte e esgoto doméstico canalizado. No setor Esplanada do Anicuns/Capuava, onde fica localizada a ponte na Avenida Anhanguera, LM-13, observou-se nas proximidades uma indústria de papel, que evidentemente joga seu esgoto industrial no ribeirão (Foto 8) e, ainda nessa região, encontram-se depósito de lixo, indústria têxtil cirúrgica e lavanderias.



Foto 7 – Animais ingerindo água contaminada no ribeirão Anicuns (LM-011)



Foto 8 – Lançamento de esgoto industrial no ribeirão Anicuns (LM-013)

Nos pontos LM-014, LM-015 e LM-016, situados no setor Capuava, Vila São José, Setor Perim e Córrego Botafogo foram encontrados nas proximidades depósitos de materiais recicláveis, curtume, indústria alimentícia, indústria de papel e plásticos, erosões com lixo, lançamento de esgoto doméstico e animais mortos (Foto 9).



Foto 9 – Animais mortos sobre a ponte da Vila São José no ribeirão Anicuns (LM-015)

O ponto de amostragem LM-017, ribeirão Anicuns, na ponte da Vila Clemente com Setor Gentil Meireles, não apresenta mata ciliar e devido a isso está surgindo erosão. Nessa região há a presença de curtumes. Não há moradores nas proximidades. No ponto LM-018, ribeirão Anicuns, ponte Criméia Oeste, observou-se canalização de rede de esgoto fluvial, queimadas nas proximidades, solo erodido e poucos moradores na margem do leito (Foto 10). Nesse local encontrou-se revendedora de peças velhas de automóveis. E no ponto LM-019 do ribeirão Anicuns com a Avenida Goiás, no Setor Urias Magalhães, notou-se a presença de plantações de bananeiras na margem, a água é túrgida, fétida e muito escura, há pouca erosão e não há vegetação ciliar.



Foto 10 – Lançamento de esgoto fluvial no ribeirão Anicuns/Criméia Oeste (LM-018)

No encontro do ribeirão Anicuns com o rio Meia Ponte fica localizado o Ponto LM-020, na vila Roriz. Nesse ambiente existe pouca vegetação nativa e a água é totalmente turva e poluída. Na margem esquerda, existe um aterro de material de construção e plantações de hortaliças. Nas margens do ribeirão Anicuns foram encontrados animais ingerindo água e pessoas trabalhando com dragas, retirando areia do leito (Foto 11). Na marginal Botafogo fica situado o ponto de amostragem LM-021, na Vila Nova (Foto 12). Destaca-se, no local, que o leito do córrego foi totalmente modificado e por isso a vegetação nas margens é exótica. É uma região de alto adensamento populacional. Nas proximidades desse ponto encontrou-se uma indústria química.



Foto 11 – Ribeirão Anicuns nas proximidades do rio Meia Ponte (LM-020)



Foto 12 – Drenagem do córrego Botafogo (LM-021)

O córrego Capim Puba faz parte da bacia do ribeirão Anicuns. Nele ficam situados os pontos de amostragem LM-022 (Capim Puba/Botafogo), LM-023 (Fundo do Cemitério Jardim das Palmeiras) (Foto 13) e LM-024 (Setor dos Funcionários/ Setor Aeroporto). Foram encontrados nas margens desses pontos muitos resíduos sólidos domésticos, esgoto doméstico sendo lançado no leito do córrego (LM-024); muitas pedras e pouco sedimento; a água é fétida e escura e erosões (LM-022). Nas proximidades desses pontos há revendedoras de veículos e distribuidora de petróleo. Nas margens do leito existem habitações em caso de risco.

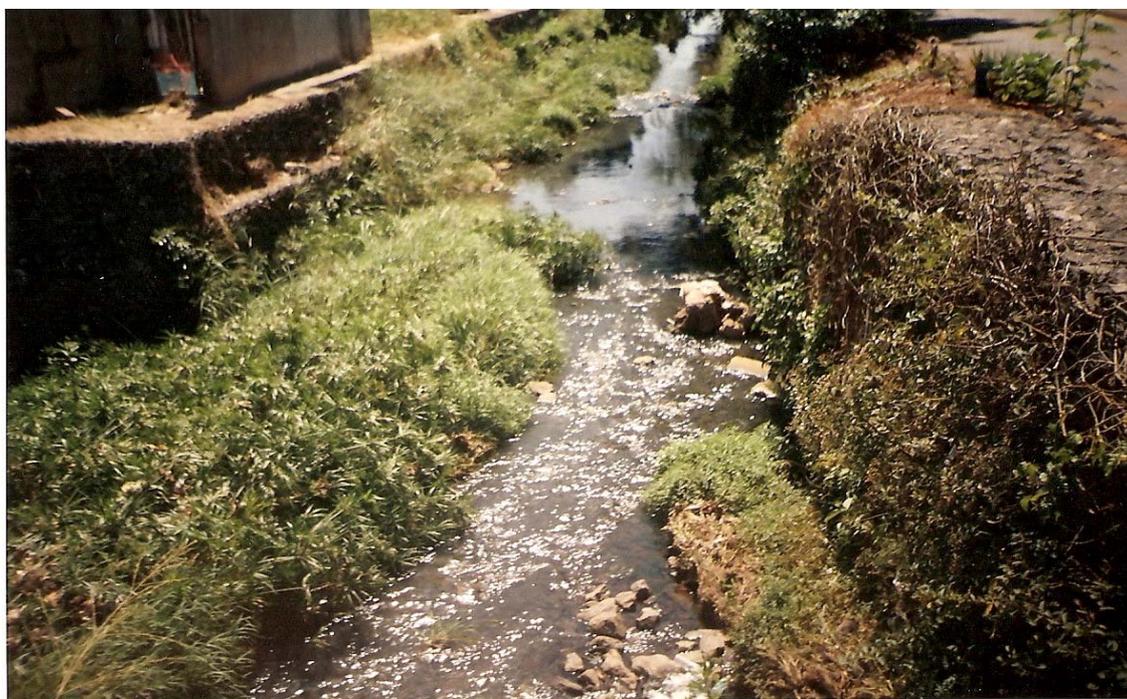


Foto 13 – Capim Puba – Fundo do Cemitério Jardim das Palmeiras (LM-023)

6.2. ANÁLISE GEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR DE SEDIMENTO DE CORRENTE

A composição de uma amostra de sedimento de fundo de um canal de drenagem natural reflete o quimismo de toda uma bacia hidrográfica sendo, por isso, um meio amostral muito utilizado e adequado para levantamentos regionais. A composição do sedimento de corrente é bastante variada e depende de fatores como a litologia geológica, a formação dos solos, a cobertura vegetal, os processos físicos, químicos e biológicos e as condições climáticas onde prevalecem os processos de intemperismo (LICHT, 2001). As amostras foram coletadas em duas fases.

6.2.1. Fase 1

As amostras da primeira fase foram coletadas pela CPRM, entre outubro de 2003 e agosto de 2004, para o Programa de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (PGAGEM) em desenvolvimento em toda a bacia do Rio Meia Ponte. Na bacia do ribeirão Anicuns foi coletado um total de 09 amostras (Tabela 6). As análises químicas foram realizadas no LAMIN – Laboratório de análises da CPRM, no Rio de Janeiro. Para os pontos de amostragem de coleta de sedimento de corrente, utilizou-se a sigla CF-S – Claudionor Francisco – Sedimento, seguida do número do ponto.

Tabela 6 – Pontos de amostragem e Toponímia (Fase 1)

Amostra	X	Y	Toponímia
CF-S-060	684976	8159028	rib.Anicuns
CF-S-061	682289	8153985	Cór. Vaca Brava
CF-S-062	682097	8153817	Cór.Cascavel
CF-S-063	678736	8155048	Cór.Macambira
CF-S-064	677042	8154641	Cór.Taquaral
CF-S-065	674894	8154631	Cór.Salinas
CF-S-066	674479	8155054	Cór.Anicuns Cabeceiras
CF-S-067	685343	8157927	Cór.Capim Puba
CF-S-068	685419	8158087	Cór.Botafogo

Fonte: CPRM, 2006

O mapa base da área foi confeccionado a partir da tabela dos pontos de amostragem. Na figura 8, observa-se a distribuição dos pontos da 1ª Fase. Esse mapa será usado como base para a confecção dos mapas geoquímicos dos elementos selecionados.

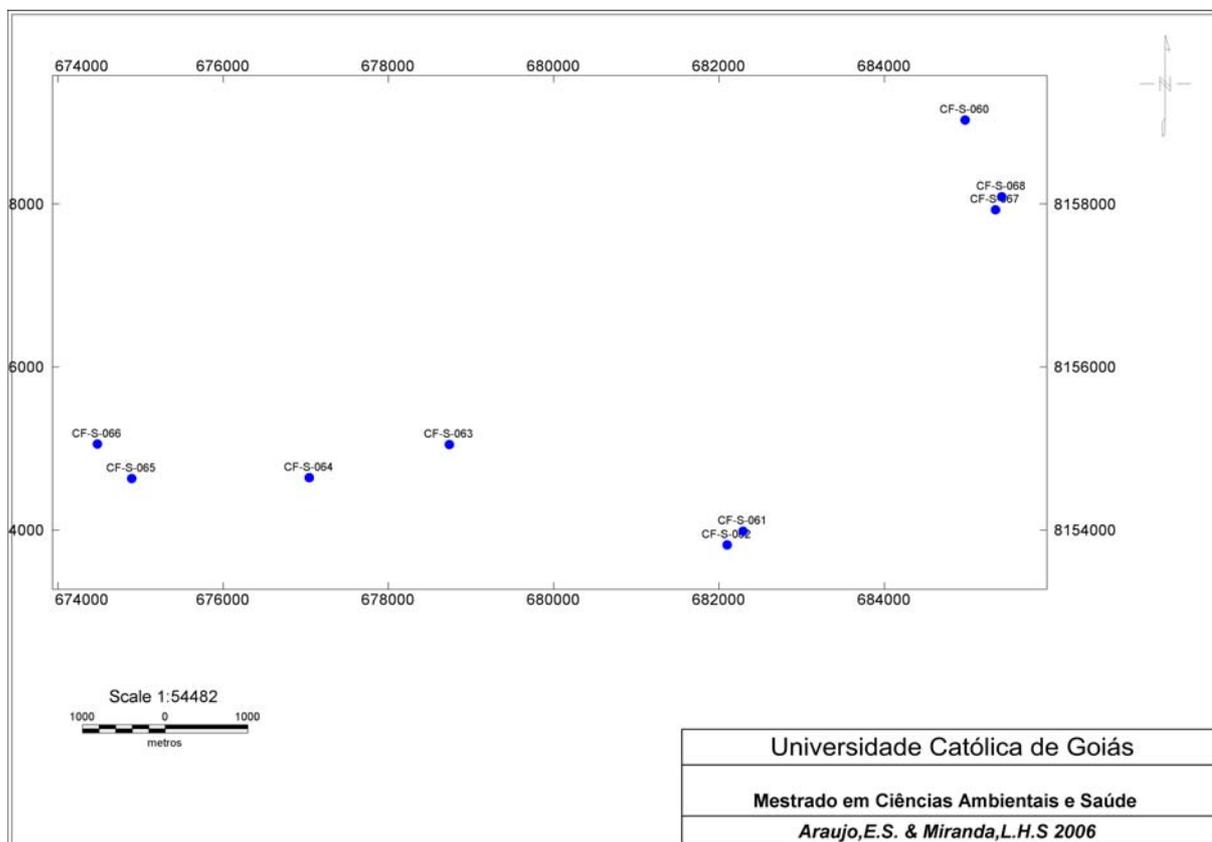


Figura 8 – Mapa base de sedimento de corrente Fase 1

Os resultados das concentrações dos elementos químicos de sedimento de corrente Fase 1, que foram determinados por Espectroscopia Atômica – ICP-OES, estão apresentados na tabela 7. Foram considerados os elementos Cu, Zn, Ag, Sr, Cd, Sb, Hg, Cs, Sn, Tl, K, Bi e Ca. Os outros elementos químicos não foram considerados em função das concentrações estarem abaixo do limite de detecção.

Tabela 7 – Concentrações dos elementos químicos de sedimento de corrente Fase 1 (mg/kg)

Amostra	Cu	Zn	Ag	Sr	Cd	Sb	Hg	Cs	Sn	Tl	K	Mg
CF-S-060	10,06	25,70	291,00	5,20	0,03	0,26	167,00	0,25	2,10	0,02	0,02	0,03
CF-S-061	15,49	32,90	63,00	13,80	0,05	0,19	29,00	0,81	1,70	0,03	0,02	0,04
CF-S-062	14,60	25,90	28,00	3,80	0,04	0,18	18,00	0,65	2,40	0,04	0,01	0,03
CF-S-063	11,57	18,70	38,00	5,80	0,02	0,15	55,00	0,32	1,40	0,02	0,01	0,02
CF-S-064	8,39	12,40	12,00	3,10	0,03	0,12	ND	0,36	0,90	0,02	0,01	0,02
CF-S-065	6,66	12,60	8,00	3,20	0,01	0,13	10,00	0,21	0,80	ND	0,01	0,03
CF-S-066	10,00	22,80	26,00	6,40	0,02	0,11	13,00	0,25	0,40	0,02	0,02	0,04
CF-S-067	34,05	110,2	2211,0	19,90	0,17	0,53	2539,00	0,53	7,30	0,06	0,05	0,11
CF-S-068	22,18	46,60	408,00	13,00	0,05	0,30	106,00	0,64	2,50	0,05	0,03	0,13

(continuação)

Amostra	Bi	Ca
CF-S-060	0,10	0,15
CF-S-061	0,16	0,24
CF-S-062	0,11	0,08
CF-S-063	0,11	0,12
CF-S-064	0,08	0,05
CF-S-065	0,08	0,04
CF-S-066	0,05	0,07
CF-S-067	0,37	0,36
CF-S-068	0,12	0,26

A partir das concentrações dos elementos químicos encontrados nas amostras de sedimento de corrente – fase 1, os dados foram submetidos ao tratamento estatístico utilizando-se o programa OASIS Montaj v. 6.1, módulo Chimera. Para cada elemento químico foram calculados os valores mínimo e máximo das concentrações, a média aritmética e o desvio padrão aritmético. Esses valores estão dispostos na tabela 8.

Tabela 8 - Sumário Estatístico das concentrações dos elementos químicos de sedimento de corrente – Fase 1

Elem	X _{min}	X _{max}	X	S
Ag	8,00	2211,00	342,70	714,9
Bi	0,05	0,37	0,13	0,09
Ca	0,04	0,36	0,15	0,11
Cd	0,01	0,17	0,04	0,04
Cs	0,21	0,81	0,44	0,21
Cu	6,60	34,00	4,70	8,60
Hg	10,00	2539,00	3,67	879,20
K	0,01	0,05	0,02	0,01
Mg	0,02	0,01	0,05	0,04
Sb	0,11	0,53	0,21	0,13
Sn	0,40	7,30	2,10	2,05
Sr	3,10	19,90	7,65	6,02
Tl	0,02	0,06	0,03	0,01
Zn	12,40	110,20	34,20	30,40

X_{min} – valores mínimos; X_{max} – valores máximos; X – Média Aritmética e S – Desvio Padrão

A tabela 9 mostra os limites de primeira, segunda e terceira ordens, que foram calculados a partir dos dados do sumário estatístico. Os valores de 1ª ordem correspondem a valor maior que $X+3S$. Considera-se para a 2ª ordem, $X+2S$ entre $X+3S$. E os valores de 3ª ordem correspondem ao intervalo $X+S - X+2S$. Utilizou-se como referência os valores da Tabela de sedimento da NOAA.

Tabela 9 – Valores de 1ª, 2ª. e 3ª. ordens para as concentrações dos elementos químicos de sedimento de corrente (mg/kg) – Fase 1

Elem	NOAA – mg/kg	1ª Ordem	2ª Ordem		3ª Ordem	
		> $X+3S$	$X+2S$ e $X+3S$		$X+S$ e $X+2S$	
Ag	-	>2487,40	1772,50	2487,40	1057,6	1772,50
Bi	-	>0,40	0,31	0,40	0,22	0,31
Ca	-	>0,48	0,37	0,48	0,26	0,37
Cd	0,003	>0,16	0,12	0,16	0,48	0,12
Cs	-	>1,07	0,86	1,07	0,65	0,86
Cu	0,197	>30,50	21,90	30,50	13,30	21,90
Hg	0,486	>2641,27	1762,07	2641,27	882,87	1762,07
K	-	>0,05	0,04	0,05	0,03	0,04
Mg	-	>0,17	0,13	0,17	0,09	0,13
Sb	-	>0,60	0,47	0,60	0,34	0,47
Sn	-	>8,25	6,20	8,25	4,15	6,20
Sr	-	>25,71	19,69	25,71	13,67	19,69
Tl	-	>0,06	0,05	0,06	0,04	0,05
Zn	0,315	>125,40	95,00	125,40	64,60	95,00

X – Média Aritmética; S – Desvio Padrão

O nível de concentração do mercúrio na amostra CF-067, no Capim Puba, foi alto, superior à concentração padrão estabelecida pela NOAA. Em função disso, a mesma foi retirada e foram feitos novos cálculos, cujos valores de 1ª, 2ª e 3ª ordens são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Sumário Estatístico e valores de 1ª e 2ª ordens para as concentrações dos elementos químicos dos Sedimentos de Corrente Anicuns Fase 1 sem amostra CF-067 – Córrego Capim Puba

Elem	1ª Ordem				2ª Ordem		3ª Ordem		
	X_{min}	X_{max}	\bar{X}	S	> $X+3S$	entre $X+2S$ e $X+3S$	entre $X+S$ e $X+2S$		
Ag	8	408	109,2	152,4	566,4	414,0	566,4	261,6	414,0
Bi	0,05	0,16	0,1	0,03	0,19	0,16	0,19	0,13	0,16
Ca	0,04	0,26	0,12	0,08	0,36	0,28	0,36	0,2	0,28
Cd	0,01	0,05	0,03	0,01	0,06	0,05	0,06	0,04	0,05
Cs	0,21	0,81	0,43	0,22	1,09	0,87	1,09	0,65	0,87
Cu	6,6	22,1	12,3	4,9	27	22,1	27	17,2	22,1
Hg	10	167	56,8	59,0	233,8	174,8	233,8	115,80	174,8
K	0,01	0,03	0,01	0,07	0,22	0,15	0,22	0,08	0,15
Mg	0,02	0,13	0,04	0,03	0,13	0,1	0,13	0,07	0,1
Sb	0,11	0,3	0,18	0,06	0,36	0,3	0,36	0,14	0,3
Sn	0,4	2,5	1,52	0,78	3,86	3,08	3,86	2,3	3,08
Sr	3,1	13,8	5,9	3,7	17	13,3	17	9,6	13,3
Tl	0,02	0,05	0,02	0,01	0,05	0,04	0,05	0,03	0,04
Zn	12,4	46,6	24,7	11,2	58,3	47,1	58,3	35,9	47,1

As concentrações dos elementos químicos em sedimento de corrente de 1ª, 2ª e 3ª ordens são apresentadas na tabela 11, com suas respectivas cores. Para os valores de 1ª ordem, a concentração é representada pela cor vermelha. A cor azul determina os valores de 2ª. ordem e a cor verde, os valores de 3ª. ordem. As concentrações dos elementos químicos abaixo do limite de 3ª. ordem foram consideradas como valores *background*.

Após a identificação dos valores de 1ª, 2ª, e 3ª ordem, foi confeccionada a matriz de correlação dos cátions para sedimento de corrente – fase 1 (Figura 9), através do *software OASIS*, utilizando o nível de significância 95%. Esses níveis de correlação são expressos em cores, consideradas como: muito fortes (rosa), fortes (vermelho), moderadas (laranja), fracas (verde), muito fracas (verde) e nulas (cinza).

Tabela 11 – Valores Anômalos de 1ª, 2ª, e 3ª ordens (mg/kg) dos elementos de sedimento de corrente Fase 1

Amostra	Cu	Zn	Ag	Sr	Cd	Sb	Bi	Ca
CF-S-060								
CF-S-061	15.49			13.8			0.16	
CF-S-062	14.6						0.11	
CF-S-063							0.11	
CF-S-064								
CF-S-065								
CF-S-066								
CF-S-067	34.05	110.2		19.9	0.17	0.53	0.37	0.36
CF-S-068	22.18						0.12	0.26

(Continuação)

Amostra	Mg	K	Tl	Hg	Cs	Sn	Li
CF-S-060							
CF-S-061					0.81		
CF-S-062			0.04		0.65		
CF-S-063							
CF-S-064							
CF-S-065							
CF-S-066							
CF-S-067		0.05	0.06	2539.0		7.3	
CF-S-068		0.03	0.05				

Matriz de Correlação ICP-Sedimentos de Corrente

Pesquisador: Luisa Helena S Miranda

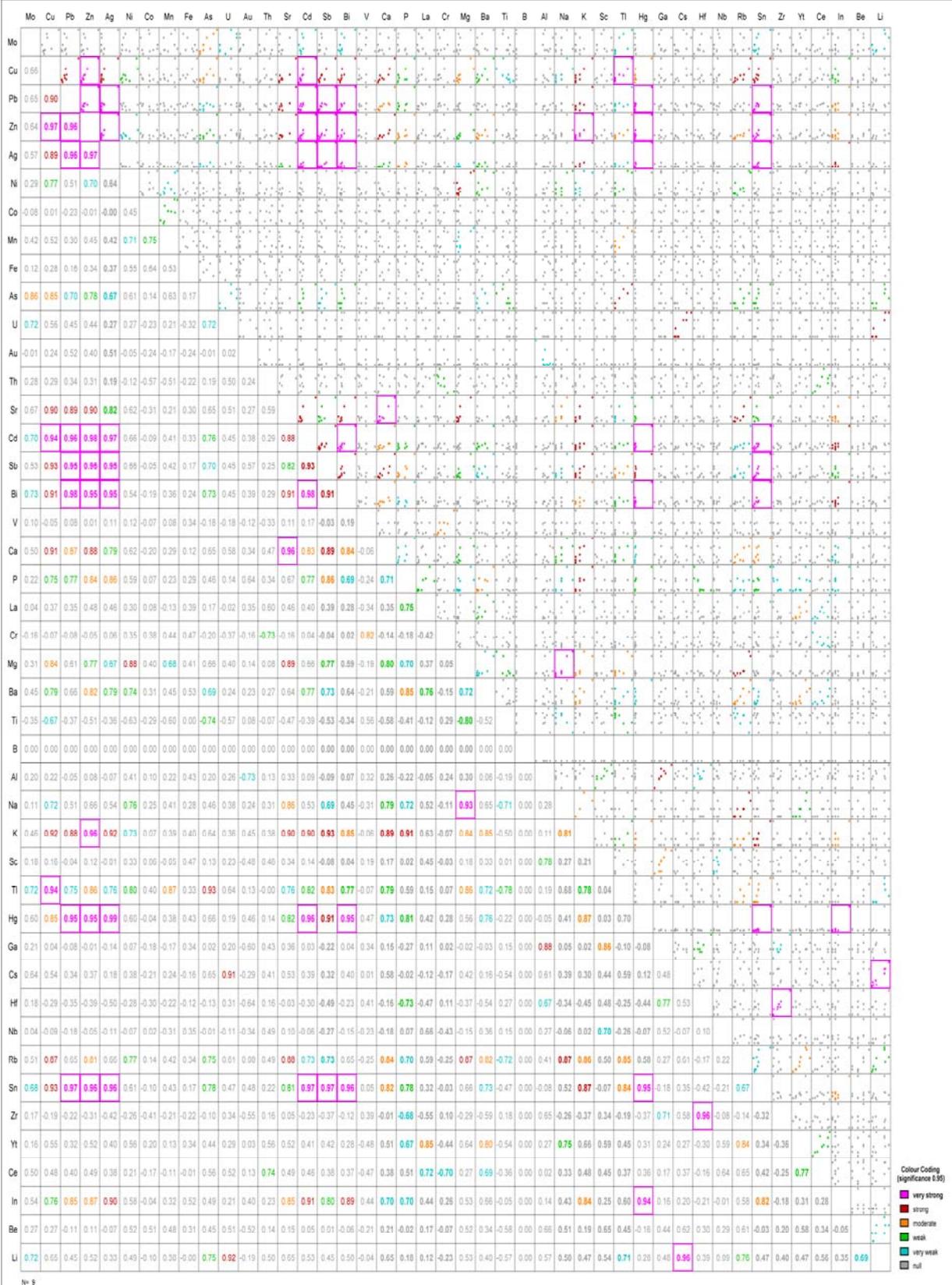


Figura 9 – Matriz de Correlação de sedimento de corrente Fase 1

As correlações encontradas com níveis de significância maiores foram consideradas muito forte. São elas:

NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	CORRELAÇÕES
Muito Forte	$C_{Hg-Ag}=0,99$; $C_{Bi-Pb}=0,98$; $C_{Cd-Cu}=0,98$; $C_{Cd-Zn}=0,98$; $C_{Cu-Zn}=0,97$; $C_{Zn-Ag}=0,97$; $C_{Cd-Ag}=0,97$; $C_{Sn-Pb}=0,97$; $C_{Sn-Cd}=0,97$; $C_{Sn-Sb}=0,97$; $C_{Pb-Zn}=0,96$; $C_{Pb-Ag}=0,96$; $C_{Cd-Pb}=0,96$; $C_{Sb-Zn}=0,96$; $C_{Li-Cs}=0,96$; $C_{Sn-Ag}=0,96$; $C_{Hg-Cd}=0,96$; $C_{Sn-Zn}=0,96$; $C_{Sb-Ag}=0,95$; $C_{Bi-Zn}=0,95$; $C_{Bi-Ag}=0,95$; $C_{Hg-Pb}=0,95$; $C_{Hg-Zn}=0,95$; $C_{Hg-Bi}=0,95$; $C_{Na-Mg}=0,93$.

A partir dessas correlações foram estabelecidas as associações mais significativas dos elementos químicos selecionados.

Associação 1: Cu- Zn- Cd-Tl

Associação 2: Sb-Bi- Hg- Sn

Associação 3: Sr- Ca- K

Associação 4: Cs

Através dessas associações, os mapas geoquímicos dos elementos foram confeccionados. Segundo MAIA (2004), os mapas geoquímicos podem identificar áreas com excesso de elementos químicos potencialmente tóxicos, bem como áreas com deficiência de elementos essenciais, e podem ser úteis para trabalhos e investigações na área da geoquímica ambiental e na saúde.

1ª. Associação Fase 1: Cu – Zn – Cd – Tl (Figuras 10, 11, 12 e 13)

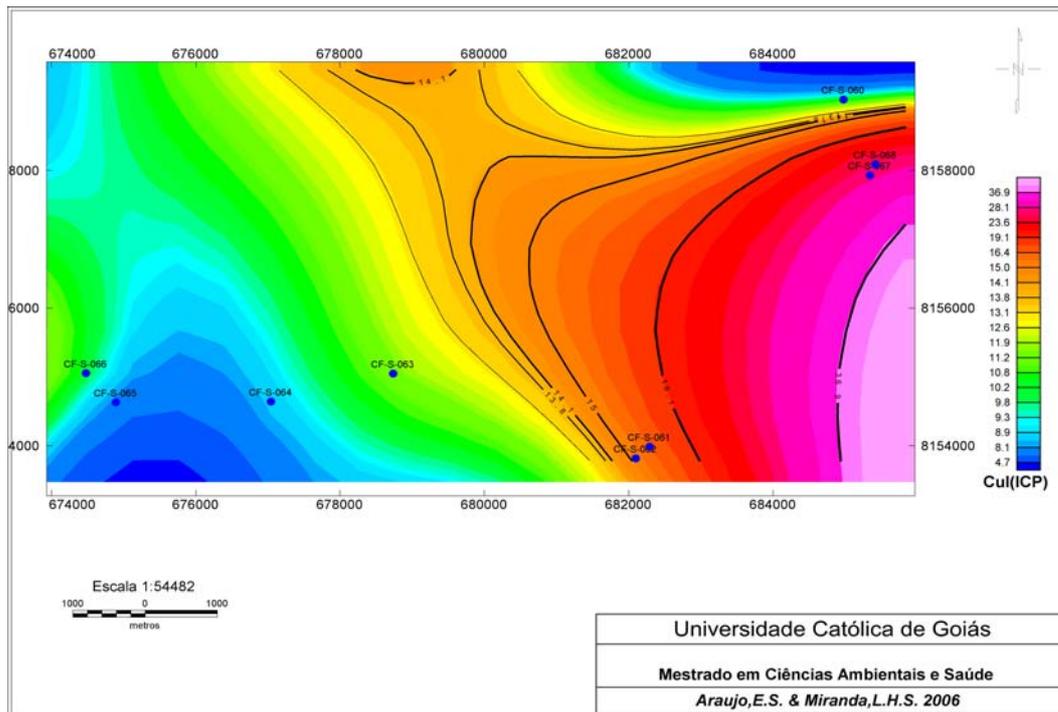


Figura 10 – Mapa geoquímico do Cu de sedimento de corrente Fase 1

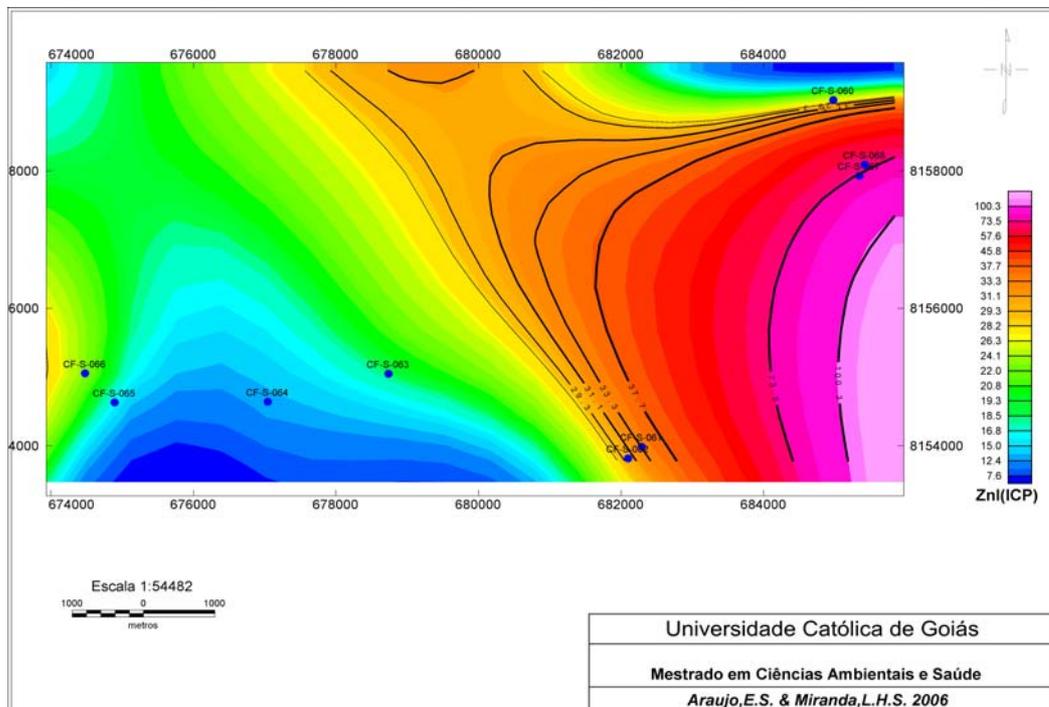


Figura 11 – Mapa geoquímico do Zn de sedimento de corrente Fase 1

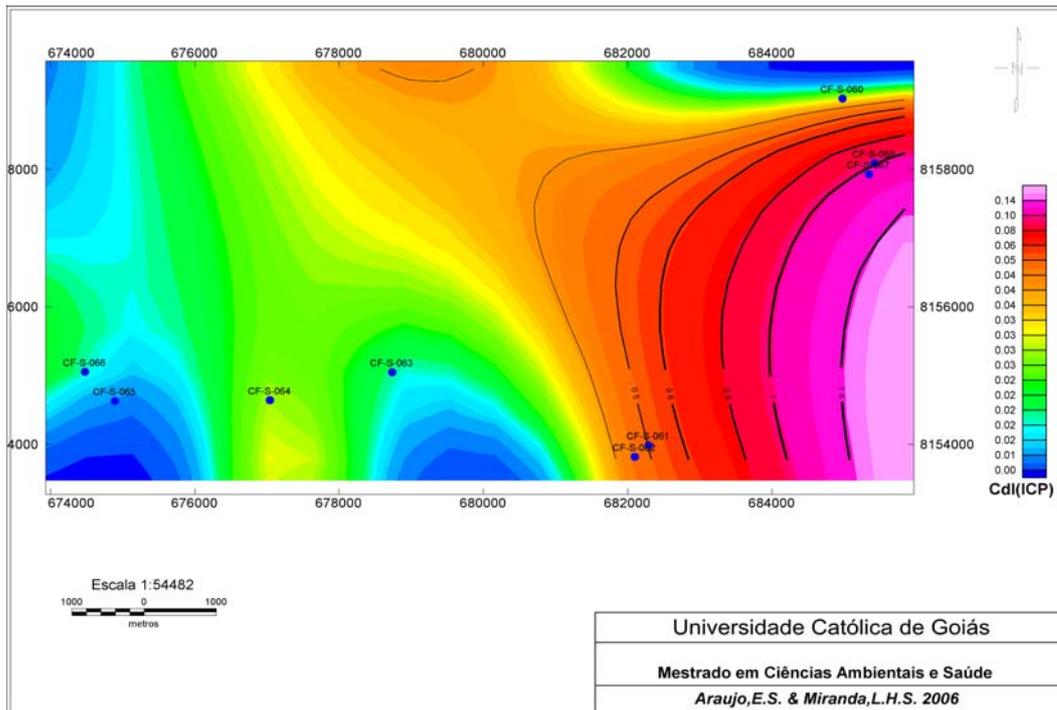


Figura 12 – Mapa geoquímico do Cd de sedimento de corrente Fase 1

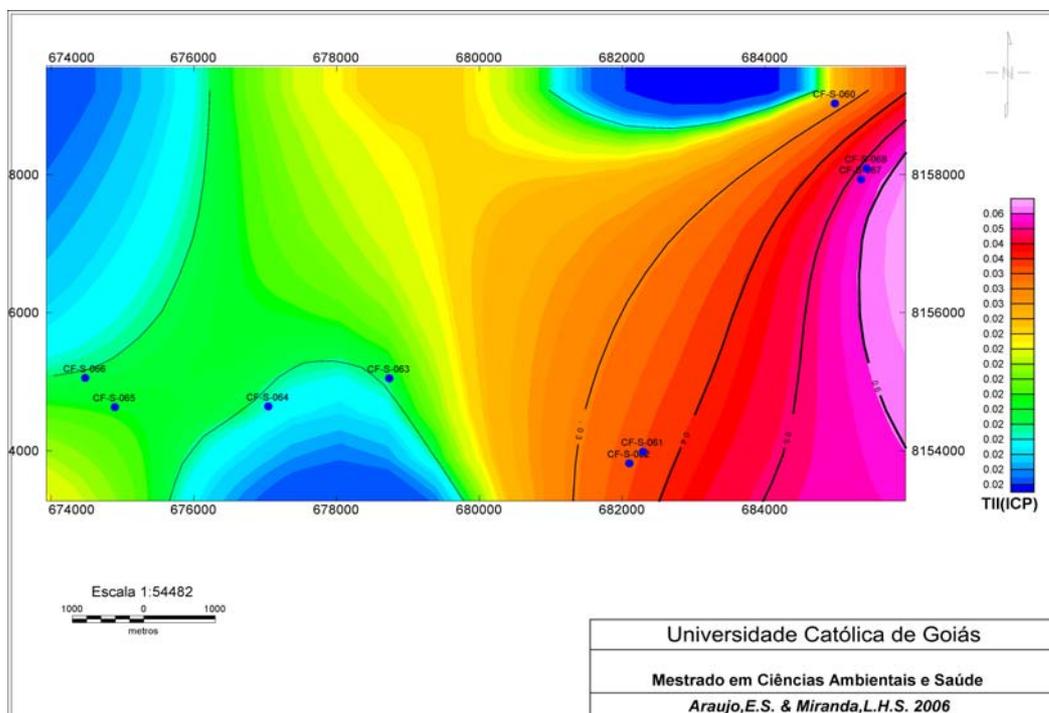


Figura 13 – Mapa geoquímico do TI de sedimento de corrente Fase 1

Através da análise de distribuição dos elementos Cu, Zn, Cd e Tl da associação 1 na região de estudo, observou-se uma maior ocorrência desses elementos nas amostras dos córregos Capim Puba (CF-S-067) e Botafogo (CF-S-068). O córrego Capim Puba apresentou concentrações de 1^a. ordem para o Cu e o Cd e de 2^a ordem para o Zn e Tl. Também foram notados valores de 2^a. ordem para o Tl e o Cu, no córrego Botafogo (CF-S-068). As correlações e os níveis de significância dessa associação foram considerados muito fortes para $C_{Cd-Zn} = 0,98$; $C_{Cu-Zn} = 0,97$ e $C_{Cd-Cu} = 0,98$. Analisando as características geológicas na região, observa-se a presença de calcixisto, metacalcário e quartzito. Os córregos Capim Puba e Botafogo estão situados no planalto embutido de Goiânia, apresentando superfície de formas convexas e têm altitude de 700m a 740m, declividade de 0 a 10%, alta concentração urbana (a área é apta à ocupação urbana). Nessa área de abrangência o solo identificado é o organossolo – aluvial (turfa) e mineral. As principais alterações ambientais e/ou fontes de poluição encontradas nas proximidades do Capim Puba e do Botafogo são indústria de papel, metal e plástico, distribuidora de petróleo, indústria alimentícia, lançamento de esgoto e muito lixo nos talwegues.

Os elementos químicos Cd, Zn, Cu e Tl apresentam no homem a seguinte ação biológica: 1) O Cd é elemento tóxico para os seres humanos e animais. As intoxicações por Cádmio podem causar: salivação, fadiga, perda de peso, fraqueza muscular e disfunção sexual. Suas principais fontes de contaminação: farinha e açúcar refinado; fumaça de cigarros e alimentos contaminados. Ele é usado em produtos industrializados, como corantes (plásticos, detergentes e tintas) e aparelhos eletrônicos. 2) A deficiência de zinco pode produzir retardamento no crescimento, perda de cabelo, lesões oculares e de pele, perda de apetite, perda de peso, aumento do tempo de cicatrização de ferimentos e anomalias no sentido do olfato. 3) O excesso de cobre está ligado às alterações cerebrais, como: distúrbios emocionais, depressão, nervosismo e irritabilidade, sintomas semelhantes aos do mal de Parkinson e alterações semelhantes à esquizofrenia e a outros distúrbios psiquiátricos em virtude de sua elevada condutibilidade elétrica e térmica. É utilizado na construção elétrica, na fabricação de automóveis e de eletrodomésticos (SHILS & SHIKE, 1994). 4) O Tl é usado em lentes ópticas, em tubos fotomultiplicadores e em componentes eletrônicos. O corpo humano

absorve o Tl através da pele, dos órgãos respiratórios e do sistema digestivo. O excesso de Tálío pode estar relacionado com o sistema nervoso e com as articulações (ASTR, 1995).

2ª Associação Fase 1: Sb – Bi – Hg – Sn (Figuras 14, 15, 16 e 17)

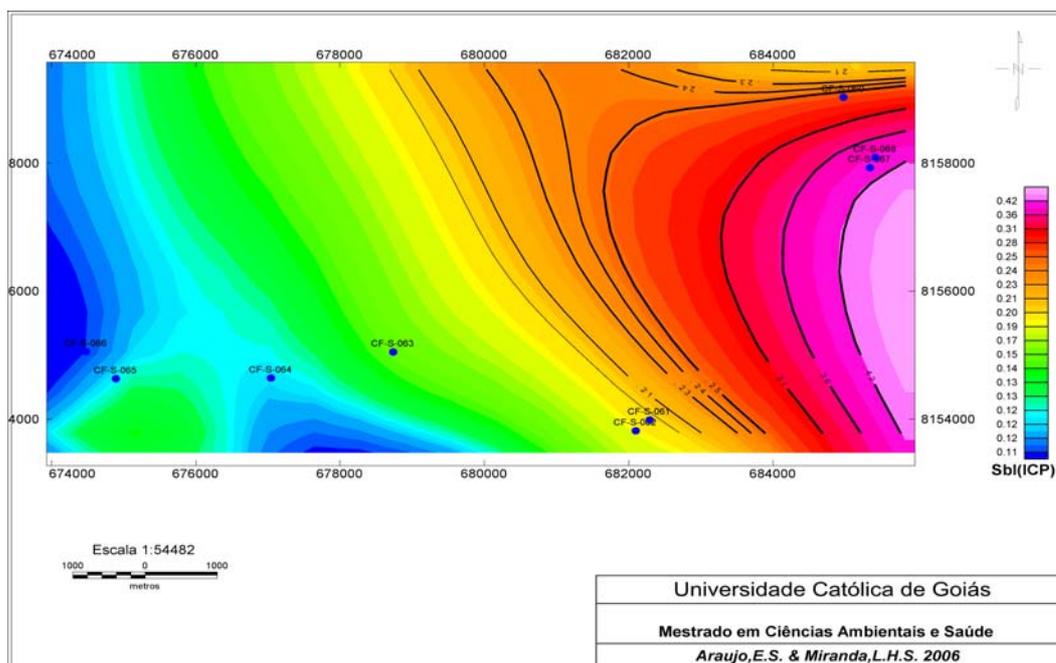


Figura 14 – Mapa geoquímico do Sb de sedimento de corrente Fase 1

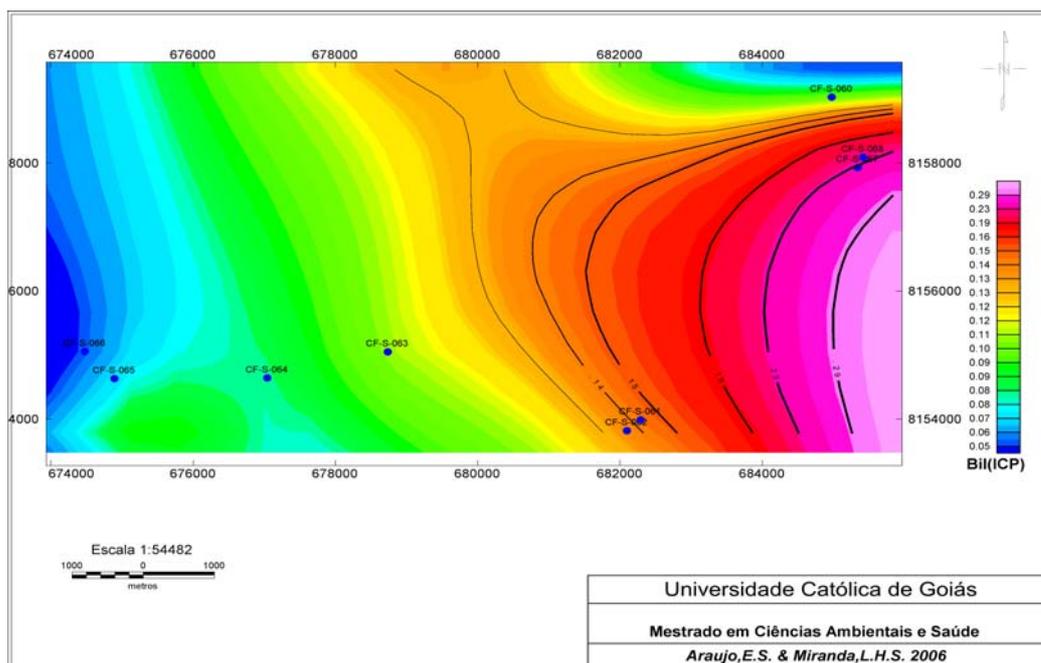


Figura 15 – Mapa geoquímico do Bi de sedimento de corrente Fase 1

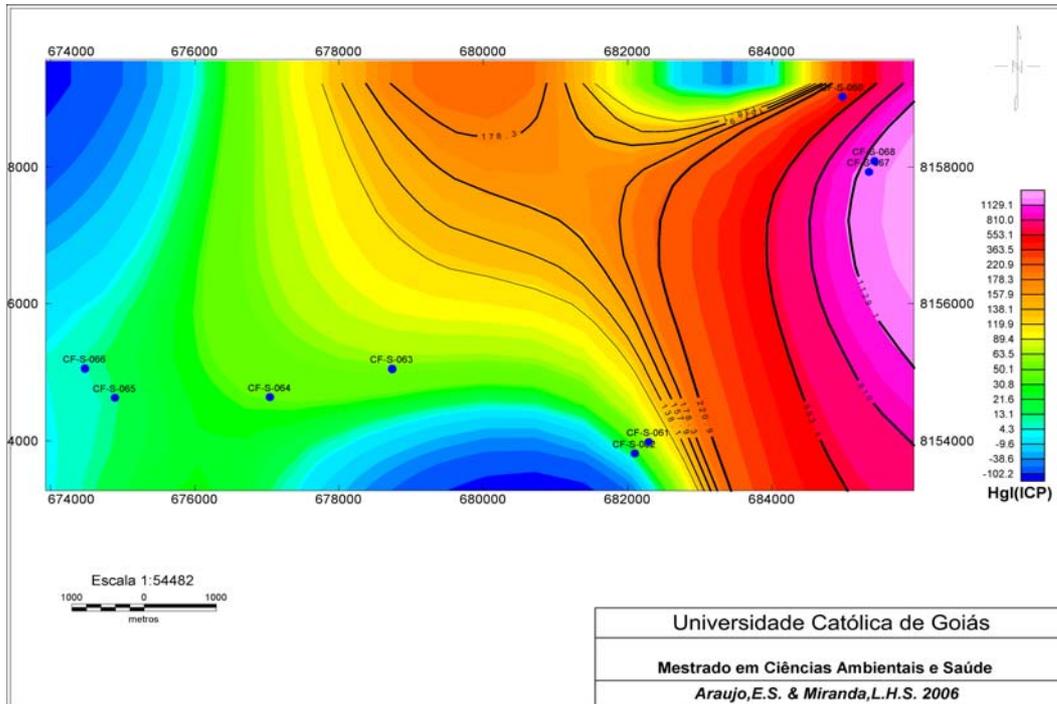


Figura 16 – Mapa geoquímico do Hg de sedimento de corrente Fase 1

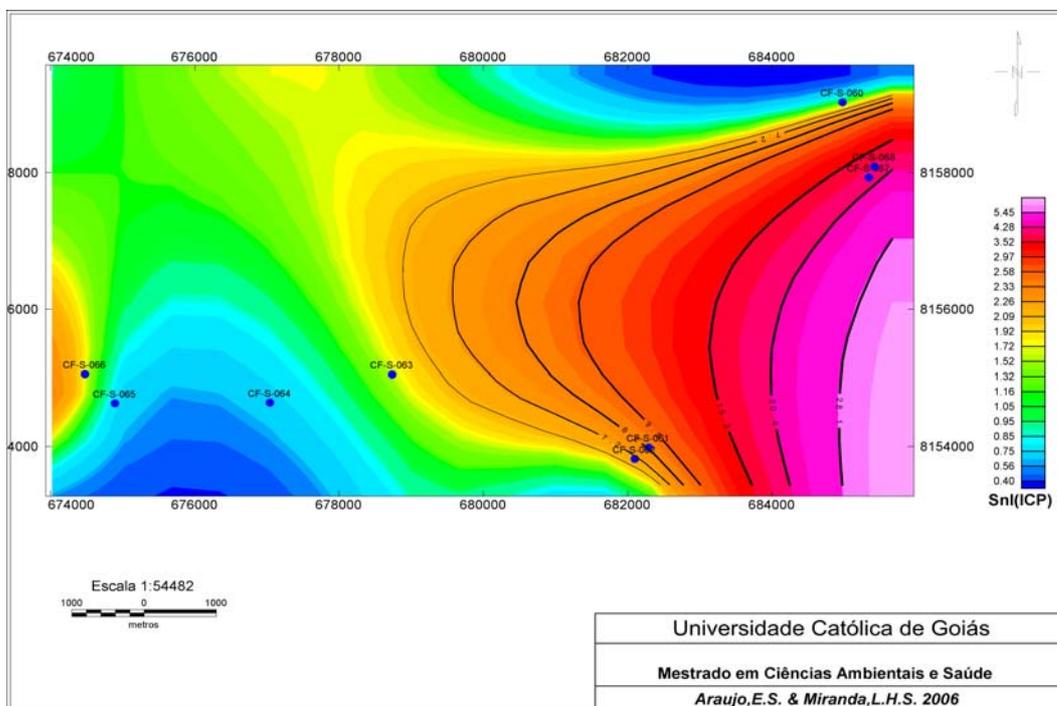


Figura 17 – Mapa geoquímico do Sn de sedimento de corrente Fase 1

As amostras dos Córregos Capim Puba (CF-067) e Botafogo (CF-068) também foram as que apresentaram os valores mais significativos para os elementos da 2ª associação. Os elementos Sb – Bi – Hg – Sn estão localizados na região leste dos mapas geoquímicos. O córrego Capim Puba apresentou valor de 2ª ordem para o Sb, Bi, Hg e Sn. A amostra do córrego Botafogo apresentou concentração de 1ª ordem para o Bi. E ainda, o Bi apresentou concentração de 1ª ordem nas amostras dos córregos Vaca Brava (CF-S-061), Cascavel (CF-S-062) e Macambira (CF-S-063). Consideraram-se as correlações dos elementos químicos dessa associação $C_{Sn-Sb} = 0,97$ e $C_{Hg-Bi} = 0,95$ muito fortes. As características geológicas, geomorfológicas e pedológicas e também as fontes de contaminação são as mesmas citadas na primeira associação.

A ação biológica dos elementos dessa associação Sb – Bi – Hg – Sn apresentam os seguintes efeitos sobre a saúde humana: a) a exposição a elevadas concentrações de metilmercúrio pode provocar cefaléia, edema pulmonar, enfisema, perda da memória, disfunção renal. O mercúrio é encontrado em equipamentos elétricos, tintas, plásticos laboratórios químicos e óleos lubrificantes. b) O Sb é usado em ligas, na fabricação de metal antifricção, sendo amplamente empregado na preparação de placas para baterias, revestimento de cabos e tipos de impressão. c) O Bi e os seus sais causam danos moderados ao fígado. É encontrado na indústria de cosméticos, farmacêutica, reatores nucleares e fábricas de fibras. d) O Sn é localizado em vidros de janelas, soldas de tubulações e espelhos. Sua ação está principalmente associada ao sistema respiratório e nervoso.

3ª Associação Fase 1: Sr – Ca – K (Figuras 18, 19 e 20)

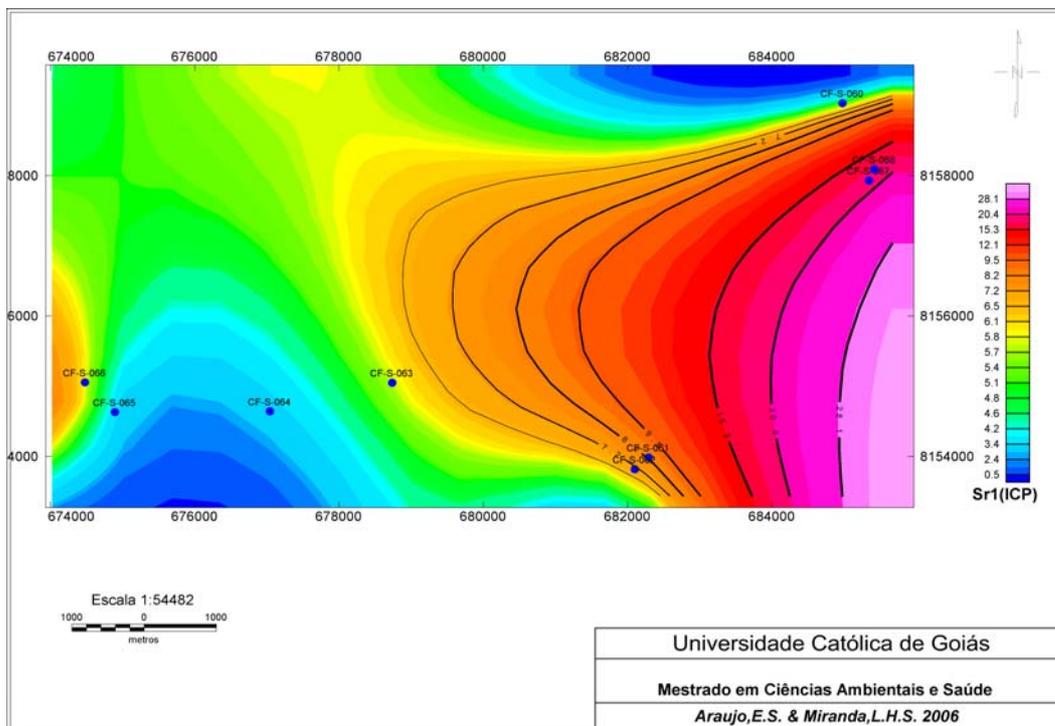


Figura 18 – Mapa geoquímico do Sr de sedimento de corrente Fase 1

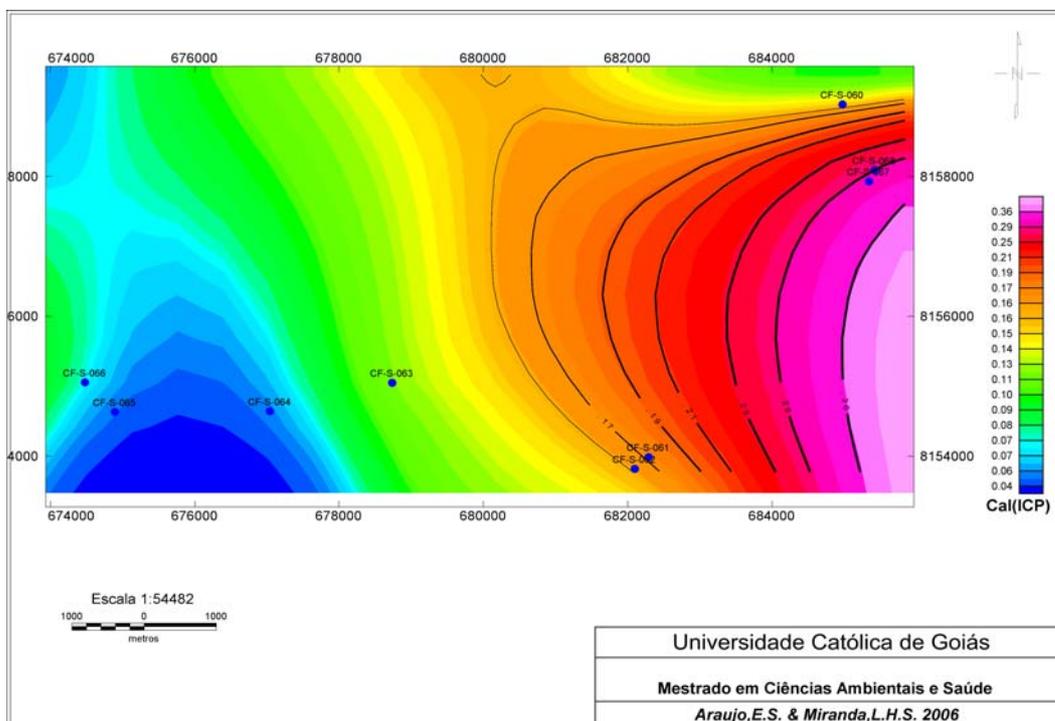


Figura 19 – Mapa geoquímico do Ca de sedimento de corrente Fase 1

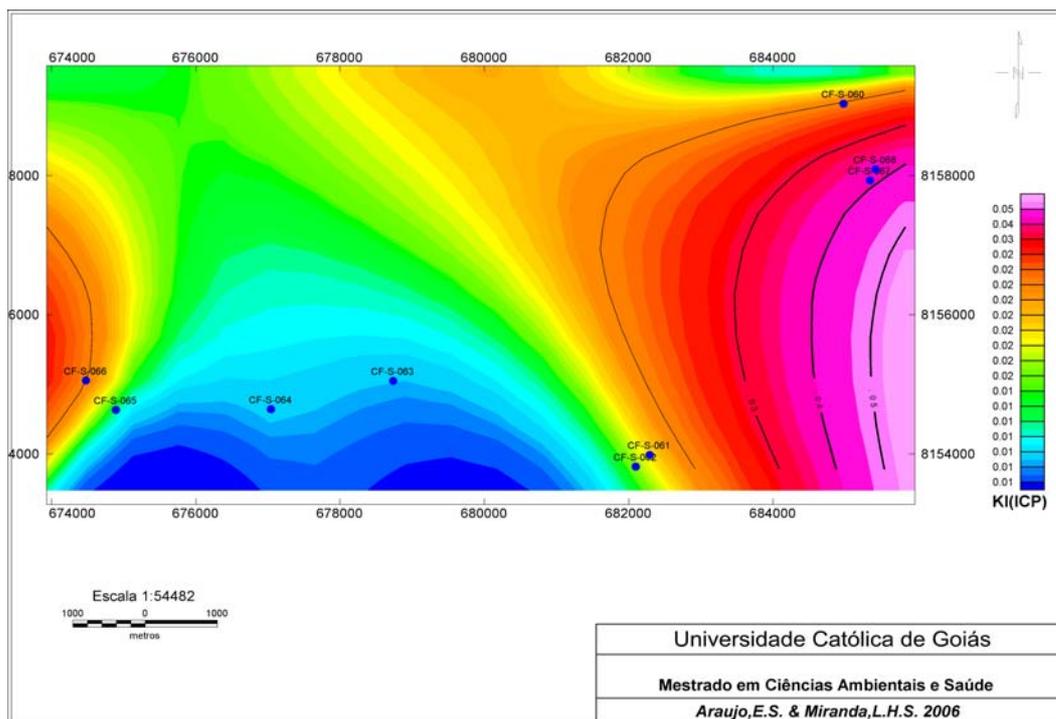


Figura 20 – Mapa geoquímico do K de sedimento de corrente Fase 1

A associação Sr – Ca – K assume uma tendência de distribuição também na região leste, mas o K discretamente aparece na região oeste, próximo à nascente. A amostra do córrego Capim Puba (CF-S-067) apresentou concentrações de 2^a ordem tanto para o Sr quanto para o K e de 3^a ordem para o Ca. O córrego Botafogo (CF-S-068) apresentou concentração de 3^a.ordem para o Ca. O Sr foi encontrado na amostra CF-S-066, Anicuns/cabeceira, em concentração de 3^a ordem. As correlações constituídas dessa associação foram forte para muito forte. As análises geológicas, geomorfológicas e pedológicas, as fontes de contaminação e as alterações ambientais foram as mesmas encontradas na associação 1. Na amostra Anicuns/cabeceira (CF-S-066) os aspectos geológicos encontrados são o granulito básico e o charnoquito. A característica geomorfológica dessa amostra está associada às chapadas de Goiânia superfície aplainada, com escoamento concentrado, declividade de 0 a 5% e altitude de 850 a 900m. Nas proximidades dessa região encontraram-se horticulturas, granja e piscicultura.

O Cálcio está ligado às contrações de fibras musculares lisas, à transmissão do fluxo do sistema nervoso, à atividade plaquetária e atua na formação óssea. É um elemento essencial encontrado em alimentos e no solo,

em forma mineral. Não é encontrado em estado nativo, porém formando compostos industriais como carbonatos e sulfatos. O potássio contribui para o metabolismo e para a síntese de proteínas e de glicogênio no sangue. O distúrbio do potássio aumenta a pressão arterial e provoca a aceleração ou diminuição do ritmo cardíaco. O estrôncio, uma vez ingerido, pode ocupar o lugar do cálcio, atuando como radiação interna, danificando a medula óssea (ECRR, 2004).

4ª Associação Fase 1: Cs (Figura 21).

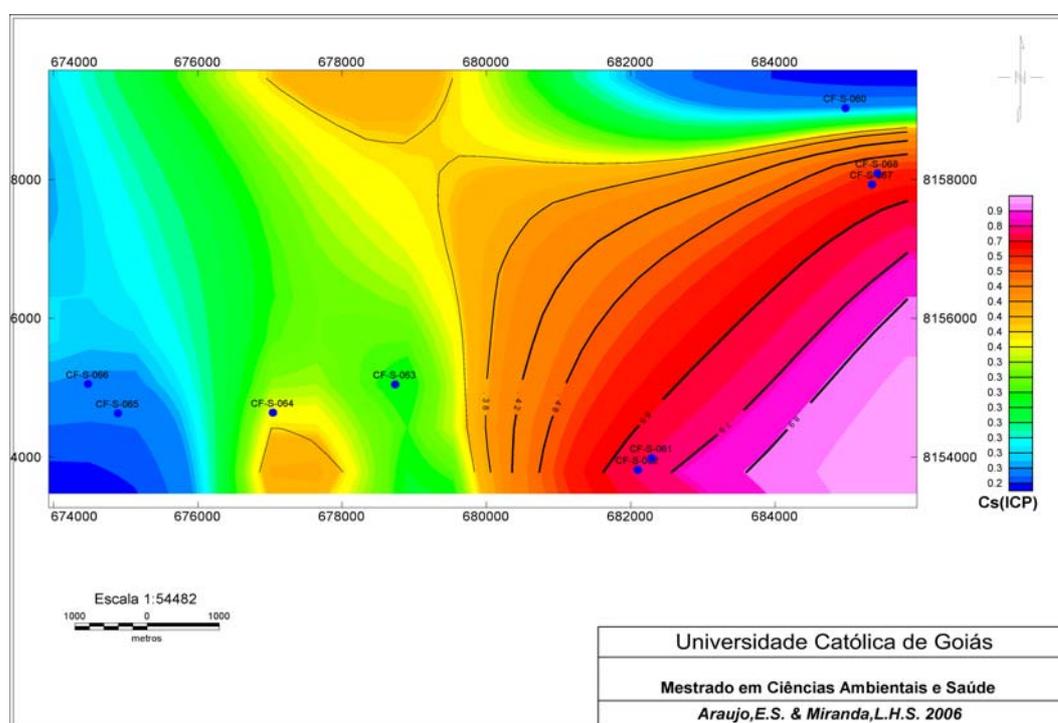


Figura 21 – Mapa geoquímico do Cs de sedimento de corrente Fase 1

Analisando o mapa geoquímico do Césio percebeu-se uma maior significância do elemento na região sudeste da bacia do ribeirão Anicuns, nas amostras dos córregos Vaca Brava (CF-S-061), Cascavel (CF-S-062), Capim Puba (CF-S-067) e Botafogo (CF-S-068). Foram observados os valores de concentração de 3ª ordem para o Césio nas amostras dos córregos Vaca Brava e Cascavel. De acordo com a matriz de correlação, o Césio apresentou uma correlação muito forte com nível de significância 0,96 ($C_{Li - Cs} = 0,96$). Os córregos Vaca Brava e Cascavel apresentam granada-clorita-moscovita-biotita, quartzo, xisto feldspático e calcíferos com intercalações subordinadas de

gnaises paraderivados de moscovita e quartzitos. Esses córregos situam-se no Planalto Embutido de Goiânia, declividade de 0 a 5%, altitude entre 740 a 750m e têm alta concentração de população. Nas proximidades dessas duas amostras ocorrem como fonte de possíveis contaminações: frigorífico, indústria alimentícia e granja. Devido ao adensamento populacional na área existem muitas erosões, consequência do desmatamento da mata ciliar e da ocupação desordenada do solo. Nos córregos Capim Puba e Botafogo, as análises geológicas, pedológicas e geomorfológicas e as principais alterações ambientais estão descritas na associação 1.

O Césio é um elemento químico que se caracteriza como um pó azul brilhante, altamente radiativo, que provoca queimaduras, vômitos e diarreia até a morte. É um elemento mutagênico. O césio 137 é um radioisótopo usado no tratamento do câncer e em processos industriais como fonte de calibração de instrumentos e de medição de radiatividade.

6.2.2. Fase 2

Os resultados de sedimento de corrente Fase 2 foram obtidos utilizando-se 10 amostras de sedimento de corrente, coletadas na bacia do ribeirão Anicuns, no mês de julho de 2006 (Tabela 12). Essas amostras foram encaminhadas ao laboratório de análise química de Espectroscopia Atômica da Universidade Católica de Brasília. As amostras passaram pela fase inicial de digestão, seguida da calibração e leitura dos elementos químicos. Enfim, obtiveram-se os níveis de concentração dos elementos para cada amostra. Esses dados geoquímicos foram submetidos a um tratamento estatístico para definir novamente os parâmetros geoquímicos.

Tabela 12 – Pontos de amostragem da coleta de sedimento de corrente Fase 2

Amostra	X	Y	Altitude	Toponímia
LMS-002	670234	8155591	781m	Bomba de água
LMS-003	671561	8156647	772m	Córrego: Samambaia
LMS-004	673905	8155851	760m	Fazenda São José
LMS-007	676722	8155409	742m	Fábrica de calçados do Paulo
LMS-013	679706	8156769	667m	Ponte: Av. Anhanguera
LMS-018	684090	8158450	664m	Ponte: Criméia Oeste/ N.S.Aparecida
LMS-020	685170	8159525	670m	Córregos: Anicuns/Meia Ponte
LMS-022	685295	8157525	703m	Capim Puba/ Botafogo
LMS-023	685021	8157281	709m	Cemitério Jardim das Palmeiras
LMS-024	683839	8155747	723m	Ponte Capim Puba/ Setor dos Funcionários

LMS– Luísa Miranda – Sedimento; X- longitude; Y – latitude

Após a obtenção da tabela anterior dos pontos de amostragem e das coordenadas geográficas (latitude e longitude), foi confeccionado o mapa base de amostragem para sedimento de corrente Fase 2. Utilizou-se a sigla LMS – Luísa Miranda – Sedimento e em seguida o número do ponto de amostragem. Esse mapa foi utilizado como base para a confecção dos mapas geoquímicos de sedimento de corrente Fase 2 (Figura 22).

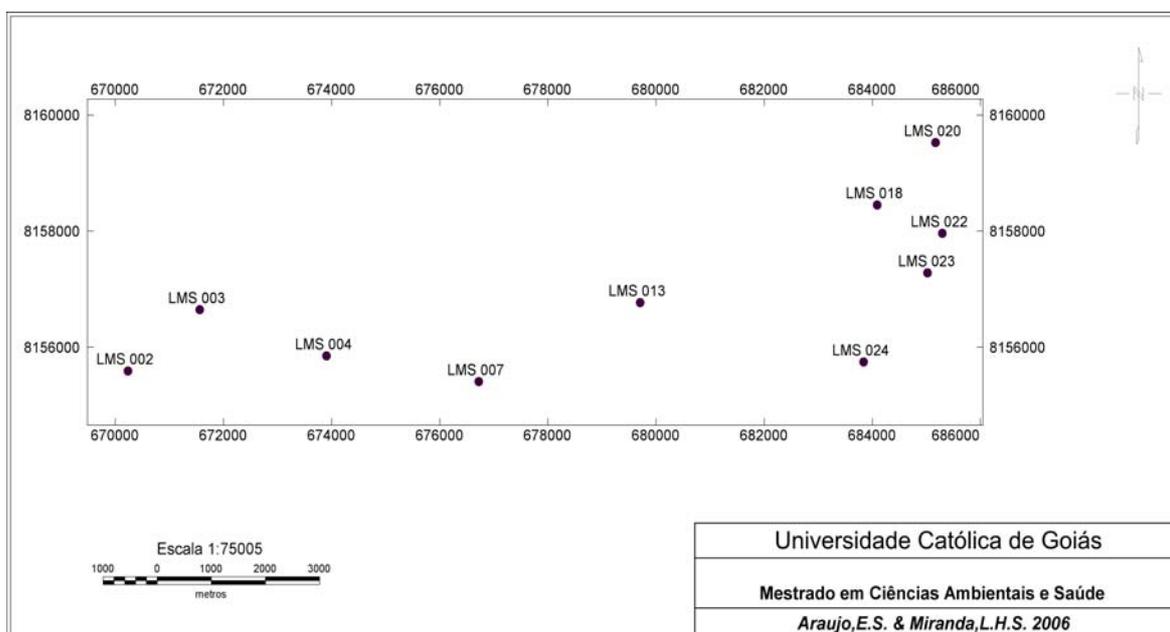


Figura 22 – Mapa base de sedimento de corrente Fase 2

Os resultados das concentrações dos elementos químicos analisados através de ICP-OES estão apresentados na Tabela 13. Os elementos que apresentam valores abaixo do nível de detecção e quantificação, como Sc, Bi, Hg, Ag, La, W, Na, não foram considerados.

Tabela 13 – Concentração dos elementos químicos das amostras de sedimento de corrente Fase 2 (mg/kg)

Amostra	Au	Ga	Nb	Pd	Yt	Zr	Si	Ta	Sr
LMS 002	23,61	30,66	110,07	177,80	17,33	53,032	725,33	1.397,60	0,78
LMS 003	0,01	39,26	116,98	171,33	32,09	29,852	401,63	127,81	19,88
LMS 004	22,41	12,04	165,80	686,45	57,50	79,157	599,62	650,11	21,32
LMS 007	14,37	38,23	112,16	23,75	49,50	22,628	445,97	70,94	69,78
LMS 013	0,01	31,77	188,32	437,40	78,80	28,396	303,68	273,33	137,53
LMS 018	0,61	36,83	172,85	389,37	47,44	45,992	439,64	375,20	81,82
LMS 020	0,01	0,26	108,34	115,65	36,33	31,530	34,47	244,89	84,21
LMS 022	0,96	0,22	125,94	0,01	40,31	37,477	129,33	269,94	283,90
LMS 023	23,02	71,39	167,55	249,76	63,04	52,818	0,30	361,47	342,64
LMS 024	17,70	26,36	165,01	253,44	52,91	52,372	185,82	308,63	307,62

(Continuação)

Amostra	Ca	Co	Al	Cd	Cr	Cu	Li	Mg
LMS 002	640,57	40,50	37.038,25	55,55	651,37	81,99	24,35	2.068,73
LMS 003	2.239,49	90,82	42.988,78	51,17	478,94	89,72	0,65	2.974,74
LMS 004	4.233,52	201,38	17.753,35	71,53	695,91	62,59	0,06	5.735,39
LMS 007	6.457,81	122,38	35.963,79	55,34	509,86	78,24	23,02	5.355,20
LMS 013	44.645,00	119,75	39.999,88	67,23	734,32	185,45	22,60	7.828,09
LMS 018	15.512,30	131,13	20.030,86	63,98	775,31	100,88	0,34	4.709,38
LMS 020	15.691,40	91,03	18.573,02	44,16	500,64	82,75	0,01	4.900,63
LMS 022	21.573,00	91,19	22.431,21	54,65	677,73	270,19	0,80	14.554,50
LMS 023	28.857,70	123,57	32.043,79	77,36	1.000,63	454,97	0,37	13.460,90
LMS 024	60.495,70	94,80	42.795,36	77,37	910,02	595,73	23,97	12.610,80

(Continuação)

Amostra	Ni	Zn	Mo	Pb	Ba	B	Te	Fe
LMS 002	48,19	119,26	683,68	27,84	152,66	610,91	58,02	5.878,42
LMS 003	85,96	146,45	335,36	66,31	339,98	569,26	100,13	5.395,08
LMS 004	55,61	315,77	0,01	82,94	197,14	771,64	276,35	7.248,36
LMS 007	104,36	231,72	340,69	42,65	347,99	272,21	71,75	5.531,74
LMS 013	99,90	358,01	862,75	136,09	349,01	755,47	95,77	7.034,81
LMS 018	67,92	366,92	0,01	133,36	268,34	652,52	185,75	6.254,98
LMS 020	64,27	270,48	0,01	51,50	260,73	414,38	106,44	4.164,22
LMS 022	104,24	913,27	652,36	270,00	388,97	556,76	96,14	5.405,67
LMS 023	121,32	1.219,90	469,15	507,52	496,45	840,39	170,21	7.644,61
LMS 024	150,08	1.727,80	1.428,20	527,11	454,57	846,85	150,28	7.739,80

(Continuação)

Amostra	Bi	V	Sn	As	Mn	Ti	La
LMS 002	0,32	550,59	13,92	0,01	894,36	12.368,49	0,01
LMS 003	0,01	509,81	55,25	39,25	1.999,16	27.825,92	0,44
LMS 004	0,01	900,05	285,31	235,49	2.599,01	73.513,09	50,44
LMS 007	0,50	546,08	31,99	393,79	1.931,24	31.599,44	11,08
LMS 013	0,01	1.008,89	92,79	0,01	1.487,25	38.740,28	11,08
LMS 018	0,01	982,16	141,57	0,01	2.085,30	51.960,57	9,72
LMS 020	0,01	562,47	100,59	139,59	1.529,98	32.565,08	3,63
LMS 022	0,01	670,80	52,74	0,01	1.992,29	33.664,57	9,38
LMS 023	0,01	956,00	152,59	324,17	2.604,04	42.409,28	18,21
LMS 024	0,01	855,12	118,78	248,64	2.170,48	32.503,45	11,70

Fonte: Universidade Católica de Brasília – UCB, 2006

A partir das concentrações dos elementos químicos em sedimentos de corrente (Fase 2), os dados passaram por um tratamento estatístico utilizando o OASIS Montaj v. 6.1, com o módulo Chimera. Para cada elemento analisado foram utilizados os valores mínimos (Xmin) e os valores máximos (Xmax) das concentrações, as médias aritméticas (X) e o desvio padrão (S). Esses valores estão representados na tabela 14.

Tabela 14 – Sumário estatístico das concentrações dos elementos químicos de sedimento de corrente Fase 2

Elem	X_{\min}	X_{\max}	X	S
Al	1775,33	4298,88	3096,18	
As	0,01	39,48	9,85	19,58
Au	0,01	2,36	1,09	1,11
B	41,44	84,68	65,90	14,08
Ba	15,27	49,64	32,56	10,80
Bi	0,01	0,50	0,01	1,18
Ca	64,06	6049,57	2003,47	1968,95
Cd	4,42	7,74	6,18	1,14
Co	4,05	20,14	11,07	4,13
Cr	47,83	100,06	69,35	17,27
Cu	6,26	59,57	20,02	18,56
Fe	4164,22	7739,80	6229,37	1165,3
Ga	0,22	7,14	2,91	2,04
La	0,01	50,44	12,42	14,58
Li	0,01	2,43	1,14	1,07
Mg	206,87	1455,45	741,98	451,78
Mn	89,44	260,40	192,93	51,87
Mo	2,70	142,82	47,02	46,15
Nb	10,83	18,83	14,33	3,12
Ni	4,81	15,01	9,02	3,20
Pd	0,01	68,64	24,98	20,86
Pb	2,78	52,71	18,45	18,87
Sc	1,14	3,97	2,90	0,92
Si	0,30	72,53	32,68	23,93
Sn	1,39	28,38	9,85	19,58
Sr	0,78	34,26	13,56	12,78
Ta	7,09	139,76	40,80	38,11
Te	5,80	27,63	13,11	6,57
Ti	1236,85	7351,31	3771,51	1617,7
V	50,98	100,98	75,42	20,47
Yt	1,73	7,88	4,75	1,72
Zn	11,93	172,78	56,70	53,94
Zr	2,26	7,91	4,33	1,69

Na tabela 15 estão apresentados os limites das concentrações dos elementos químicos de primeira, segunda e terceira ordens. Esses dados foram calculados a partir do sumário estatístico. Os valores de 1ª Ordem correspondem às maiores concentrações. Foram utilizados como referência os valores da Tabela de sedimento da NOAA, 1991.

Tabela 15 – Valores de 1ª, 2ª e 3ª ordens para as concentrações dos elementos químicos de sedimento de corrente (mg/kg) – Fase 2

Elem	NOAA – mg/kg	1ª Ordem		2ª Ordem		3ª Ordem	
		>X+3S	entre X+2S e X+3S	entre X+S e X+2S	entre X+S e X+2S		
Al	-	>6177,87	5150,64	6177,87	4123,41	5150,64	
As	0,02	>68,59	49,01	68,59	29,43	49,01	
Au	-	>4,42	3,31	4,42	2,20	3,31	
B	-	>108,14	94,06	108,14	79,98	94,06	
Ba	-	>64,96	54,16	64,96	43,36	54,16	
Bi	-	>2,27	1,09	2,27	0,01	1,09	
Ca	-	>7910,32	5941,37	7910,32	3972,42	5941,37	
Cd	0,03	>9,60	8,46	9,60	7,32	8,46	
Co	-	>23,46	19,33	23,46	15,20	19,33	
Cr	0,09	>121,16	103,89	121,16	86,62	103,89	
Cu	0,19	>75,70	57,14	75,70	38,58	57,14	
Fe	-	>9725,27	8559,97	9725,27	7394,67	8559,97	
Ga	-	>9,03	6,99	9,03	4,95	6,99	
La	-	>56,19	41,60	56,19	27,01	41,60	
Li	-	>4,35	3,28	4,35	2,21	3,28	
Mg	-	>2097,32	1645,54	2097,32	1193,76	1645,54	
Mn	-	>348,54	296,67	348,54	244,80	296,67	
Mo	-	>185,47	139,32	185,47	93,17	139,32	
Nb	-	>23,69	20,57	23,69	17,45	20,57	
Ni	0,03	>18,62	15,42	18,62	12,22	15,42	
Pd	-	>87,56	66,70	87,56	45,84	66,70	
Pb	-	>75,06	56,19	75,06	37,32	56,19	
Sc	-	>5,66	4,74	5,66	3,82	4,74	
Si	-	>104,47	80,54	104,47	56,61	80,54	
Sn	-	>68,59	49,01	68,59	29,43	49,01	
Sr	-	>51,90	39,12	51,9	26,34	39,12	
Ta	-	>155,13	117,02	155,13	78,91	117,02	
Te	-	>32,82	26,25	32,82	19,68	26,25	
Ti	-	>8624,61	7006,91	8624,61	5389,21	7006,91	
V	-	>136,83	116,36	136,83	95,89	116,36	
Yt	-	>9,91	8,19	9,91	6,47	8,19	
Zn	0,31	>218,52	164,58	218,52	110,64	164,58	
Zr	-	>9,40	7,71	9,40	6,02	7,71	

X – Média Aritmética; S – Desvio Padrão

A tabela 16 apresenta os valores anômalos de 1^a, 2^a e 3^a ordens das amostras de sedimentos de corrente da segunda fase.

Tabela 16 – Valores Anômalos de 1^a, 2^a e 3^a ordens (mg/k) dos elementos de sedimentos de corrente Fase 2

Amostra	Au	Ga	La	Nb	Pd	Yt	Zr	Si
LMS 002	2,3617							72,5337
LMS 003								
LMS 004	2,2416		50,4454		68,6455		7,9157	59,9621
LMS 007								
LMS 013				18,8320		7,8801		
LMS 018								
LMS 020								
LMS 022								
LMS 023	2,3020	7,1397						
LMS 024								

(Continuação)

Amostra	Ta	Sr	Ca	Co	Al	Fe	Cd	Cr
LMS 002	139,7603							
LMS 003					4298,8781			
LMS 004				20,1387				
LMS 007								
LMS 013			4464,5064					
LMS 018								
LMS 020								
LMS 022		28,3907						
LMS 023		34,2641				7644,6104	7,7361	100,0636
LMS 024		30,7621	6049,5718		4279,5365	7739,8042	7,7372	91,0020

(Continuação)

Amostra	Cu	Li	Mg	Mn	Ni	Zn	Mo	Pb
LMS 002		2,4351						
LMS 003								
LMS 004				259,9016				
LMS 007		2,3023						
LMS 013		2,2607						
LMS 018								
LMS 020								
LMS 022			1455,4515					
LMS 023	45,4978		1346,0927	260,4042		121,9992		50,7528
LMS 024	59,5739	2,3974	1261,0881		15,0089	172,7873	142,8206	52,7112

(Continuação)

Amostra	Ba	B	Te	Ti	V	Sn	As
LMS 002							
LMS 003							
LMS 004			27,6358	7351,3098			
LMS 007							39,3791
LMS 013					100,8895		
LMS 018					98,2164		
LMS 020							
LMS 022							
LMS 023	49,6452	84,0390					32,4174
LMS 024	45,4571	84,6853					

A matriz de correlação é representada na Figura 23, e mostra as correlações muito forte, forte, moderada, fraca e nula a um nível de significância de 0,95%. Foram considerados na indicação da associação apenas os elementos que apresentaram correlações muito forte e forte.

Matriz de Correlação ICP-Sedimentos(Fase 2)
Pesquisador: Luisa Helena S.Miranda

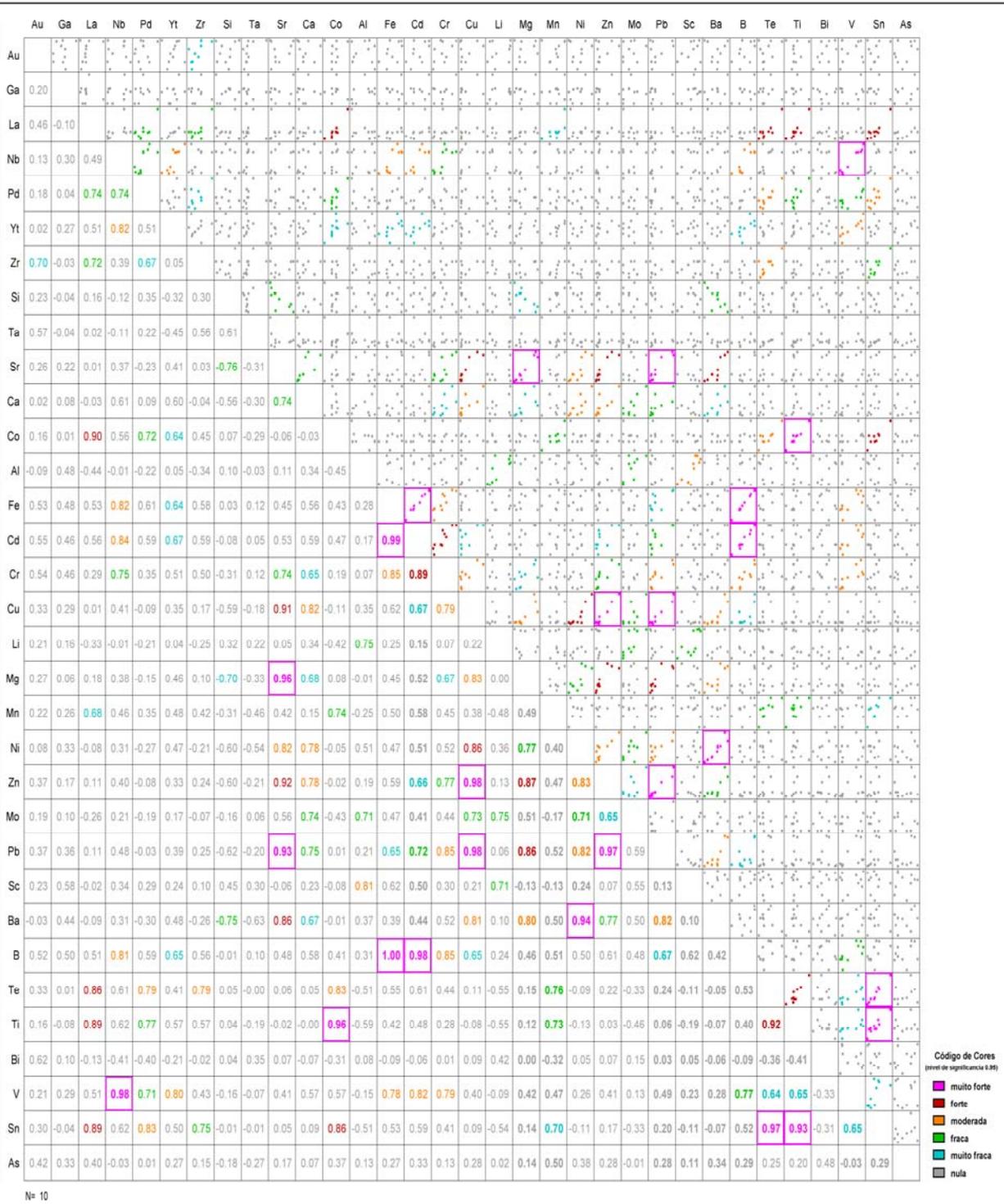


Figura 23 – Matriz de Correlação de sedimento de corrente Fase 2

Foram formadas as seguintes correlações a partir da matriz de correlação:

NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA	CORRELAÇÕES
MUITO FORTE	$C_{Nb-V} = 0,98$; $C_{Sr-Mg} = 0,96$; $C_{Sr-Pb} = 0,93$; $C_{Fe-Cd} = 0,99$; $C_{Fe-B} = 1,0$; $C_{Cd-B} = 0,98$; $C_{Cu-Zn-Pb} = 0,98$; $C_{Ni-Ba} = 0,94$; $C_{Co-Ti} = 0,96$; $C_{Te-Sn} = 0,93$; $C_{Ti-Sn} = 0,93$
FORTE	$C_{La-Te} = 0,86$; $C_{La-Sr} = 0,89$; $C_{Sr-Cu} = 0,91$; $C_{Sr-Ba} = 0,86$; $C_{Co-Sn} = 0,89$; $C_{Ca-Cr} = 0,86$; $C_{Cu-Ni} = 0,86$; $C_{Mg-Zn} = 0,87$; $C_{Mg-Pb} = 0,86$; $C_{Te-Ti} = 0,92$

Associações:

1^a. Nb – V

2^a. Sr

3^a. Fe – B

4^a. Cu – Pb – Zn

5^a. Ni – Ba

6^a. Ti – Te – Co – Sn

7^a. La

1ª Associação Fase 2: Nb – V (Figuras 24 e 25)

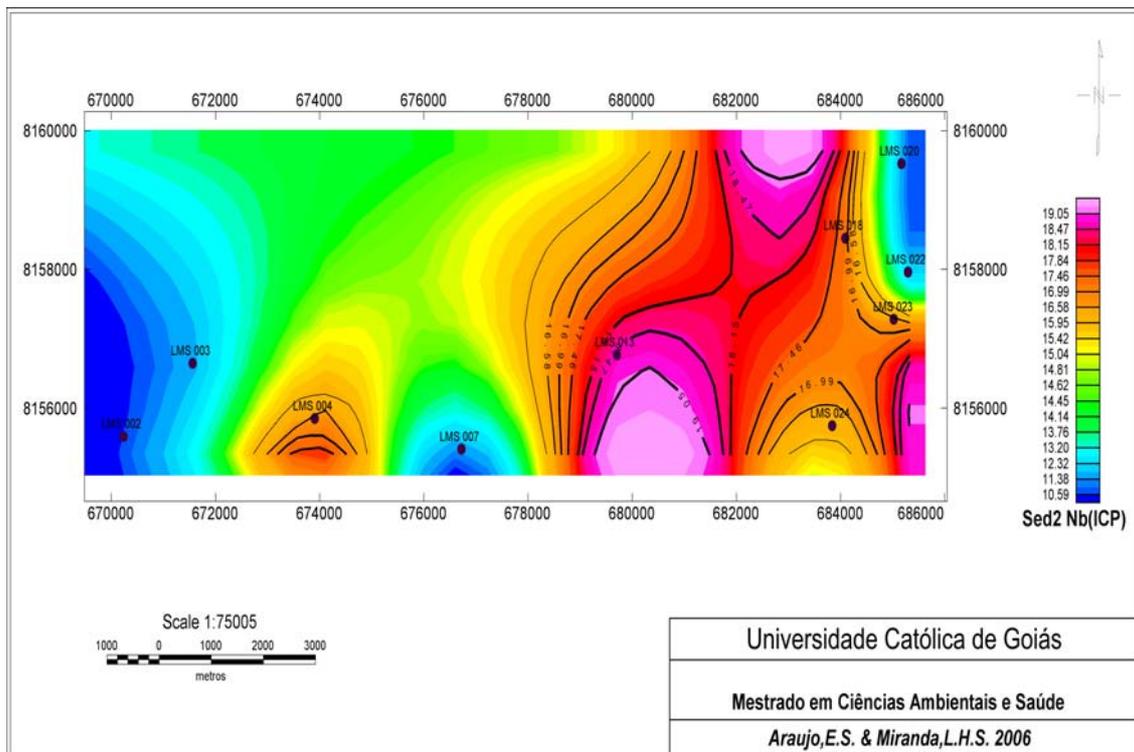


Figura 24 – Mapa geoquímico do Nb de sedimento de corrente Fase 2

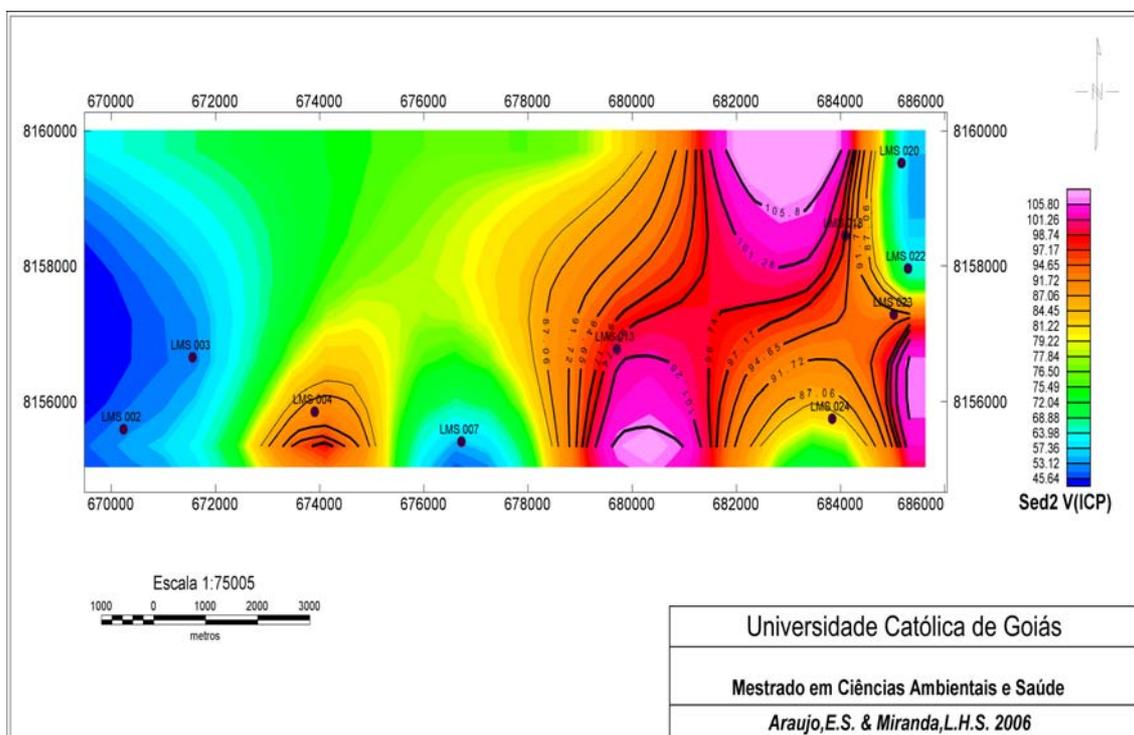


Figura 25 – Mapa geoquímico do V de sedimento de corrente Fase 2

A associação Nb e V localiza-se nos mapas geoquímicos na região sul, assumido uma tendência de distribuição na fazenda São José (LMS-004) e na Avenida Anhanguera (LMS-013). Os valores anômalos encontrados para o Nb e V foram de 3ª ordem, comum para os dois elementos e a correlação para essa associação apresentou uma significância muito forte, $C_{Nb-V} = 0,98$. Nessas áreas a geologia é representada por granulítios básicos e charnoquito. Na Fazenda São José (LMS-004) o terreno mostra uma geomorfologia com rampas coluvionais, declividade de 5 a 10% e tem uma baixa densidade populacional, sendo que o solo é permeável, sem vegetação, constituído com 30% de calcário, 40% de areia, 10% de argila, 10% de silte e 10% de matéria orgânica. Encontram-se nessa fazenda criação de gado e uma lavoura de abóbora. Na região do ponto de amostragem da Avenida Anhanguera (LMS-013) ocorrem erosões em sulcos, declividade de 40%, altitude de 700 a 900m. O solo é rico em calcário e matéria orgânica. Nas proximidades observam-se uma indústria de papel, plástico e lavanderia, depósito de lixo a 100m e lançamento de esgoto industrial.

O Nb é um elemento químico encontrado na tubulação de gases, soldas elétricas, ligas e peças metálicas. O Vanádio atua na contração das fibras musculares cardíacas, no metabolismo de glicídios e na função de bomba de sódio e potássio (SHILS & SHIKE, 1994). Essa associação caracteriza-se por apresentar possíveis influências de contaminação antrópica, principalmente na área do ponto de amostragem LMS-013 (Av. Anhanguera).

2ª Associação Fase 2: Sr (Figura 26).

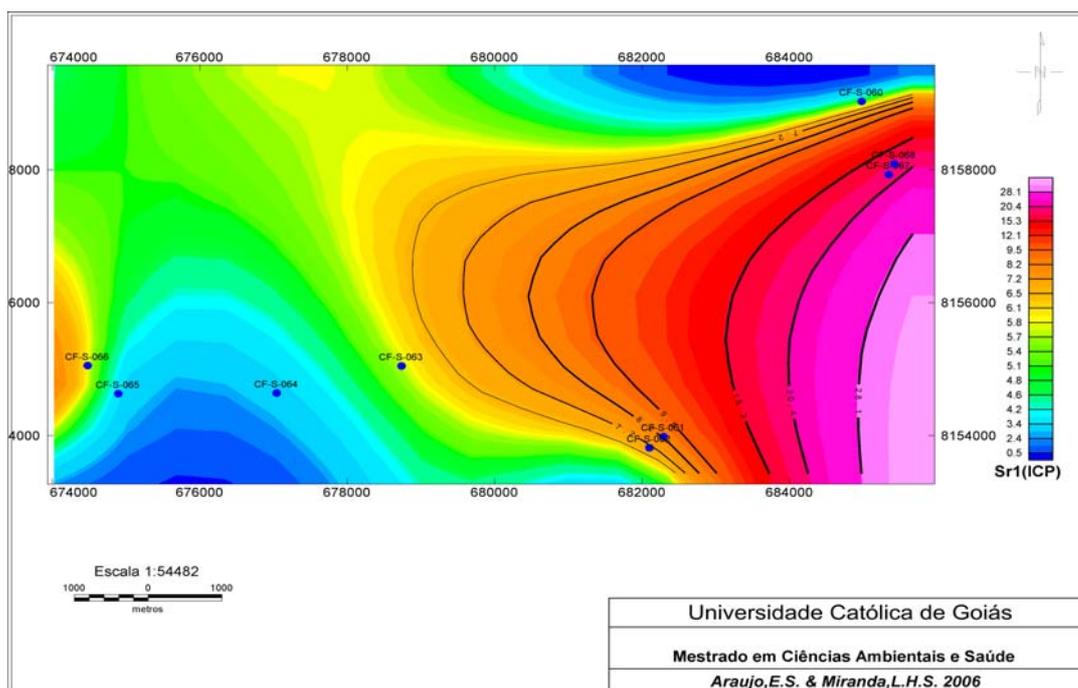


Figura 26 – Mapa geoquímico do Sr de sedimento de corrente Fase 2

Nota-se que o Sr nessa associação apresenta uma tendência significativa na região sudeste da bacia, na ponte Anicuns /Criméia Oeste (LMS-018), no Capim Puba/ Botafogo (LMS-022), no Cemitério Jardim das Palmeiras (LMS-023) e no Capim Puba/ Setor dos Funcionários (LMS-024). Os valores anômalos encontrados nessa associação foram de 3ª ordem para as amostras LMS-022, LMS-023 e LMS-024 e as correlações formadas a partir da matriz foram muito forte ($C_{Sr-Pb}=0,93$) e forte ($C_{Sr-Cu} = 0,91$, $C_{Sr-Ba}=0,86$).

Essa região é uma área urbanizada de grande adensamento populacional e propícia a enxurrada, com declividade variando de 0 a 10%. Na amostra LMS-018, a geologia está apresentada por gnaisse eluminoso com granulítico básico, e nas amostras LMS-022, LMS-023 e LMS-024, o solo apresenta calcixisto, metacalcário quartizito e tem formas tabulares, com 40% de cascalho, 20% de areia, 10% de silte, 10% e argila e 20% de matéria orgânica.

O Sr atua como fonte de radiação interna, podendo danificar a medula óssea e as células sanguíneas em formação, contribuindo para o aparecimento de câncer. Esse elemento é usado na pirotecnia, na produção de fogo de artifício (ECRR, 2004).

3ª Associação Fase 2: Fe – B (Figura 27 e 28).

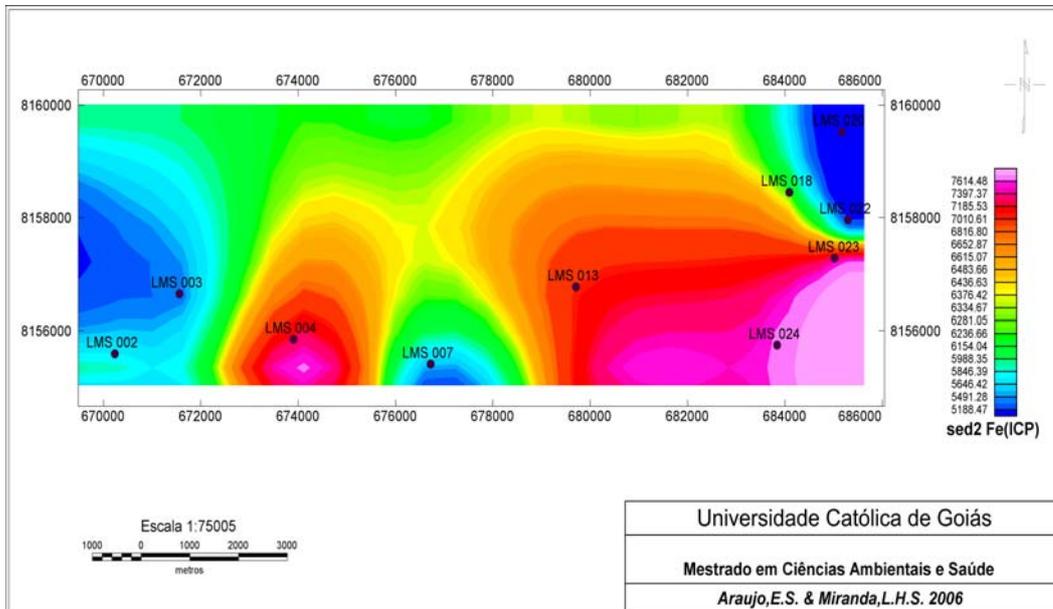


Figura 27 – Mapa geoquímico do Fe de sedimento de corrente Fase 2

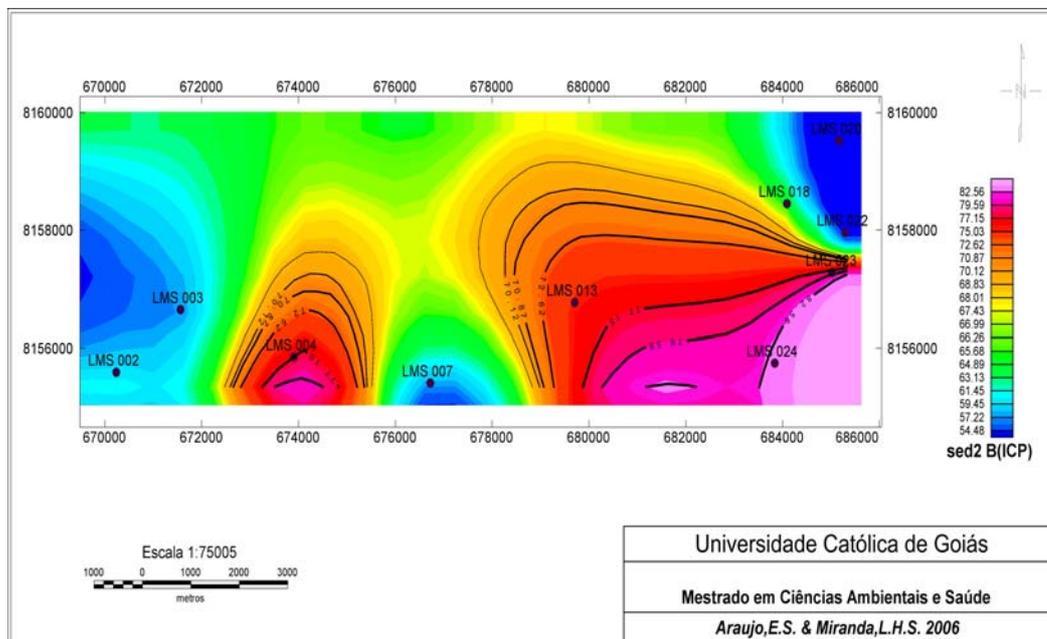


Figura 28 – Mapa geoquímico do B de sedimento de corrente Fase 2

Analisando os elementos dessa associação através dos mapas geoquímicos observou-se maior ocorrência na região sul com tendência a oeste na Fazenda São José (LMS-004). Na ponte da Av. Anhanguera (LMS-013), fundo do Jardim das Palmeiras (LMS-023) e LMS-024, Capim Puba/ Setor dos Funcionários, apareceu na região centro-sul. Nessa associação o Fe e o B apresentaram valores de 3ª ordem para as amostras LMS-023 e LMS-024 e a correlação foi muito forte, $C_{Fe-Cd}=0,99$ e $C_{Fe-B}=1,0$.

Os aspectos geológicos e morfológicos encontrados nos terrenos da Fazenda São José (LMS-004) e no ponto da Avenida Anhanguera com o ribeirão Anicuns foram o granulito básico, chamoquito, com rampas coluvionais de declive de 5 a 10%, ravinamento, e o solo constituído com 30% de calcário, 40% de areia, 10% de silte, 10% de argila e 10% de matéria orgânica, na amostra LMS-004 e na LMS-013, 50% de calcário, 10% de areia, 10% de silte, 10% de argila e 20% de matéria orgânica. Nas amostras LMS-023 e LMS-024 observaram-se calcixisto, metacalcário, granada-clorita-moscovita-biotita, paraderivados, moscovite e quartizito do grupo Araxá Sul de Goiás. Trata-se é uma área urbanizada com temperaturas elevadas, devidas ao adensamento populacional.

Nas proximidades do ponto LMS-013 observou-se, como possíveis fontes de poluição, um frigorífico, indústria de metal (alumínio), plástico, depósitos de lixos e lavanderias, e nos pontos LMS-023 e LMS-24, garagem de veículos, distribuidora de petróleo e indústria de reciclagem de papel.

O Ferro é um metal industrial, sendo destinado à metalurgia de ferro e aço. O óxido de ferro pode compor os resíduos de ferramentas industriais e utensílios domésticos ou urbanos, através da oxidação, pelo simples desgaste.

O Boro, quando em pó muito fino, é abrasivo, pode causar ,indiretamente problema de pele e, quando-se acumula no corpo, atua no sistema nervoso, causando hipertensão, vômitos e diarreia (WINTER, 1998).

4ª Associação Fase 2: Cu – Pb – Zn (Figuras 29, 30 e 31).

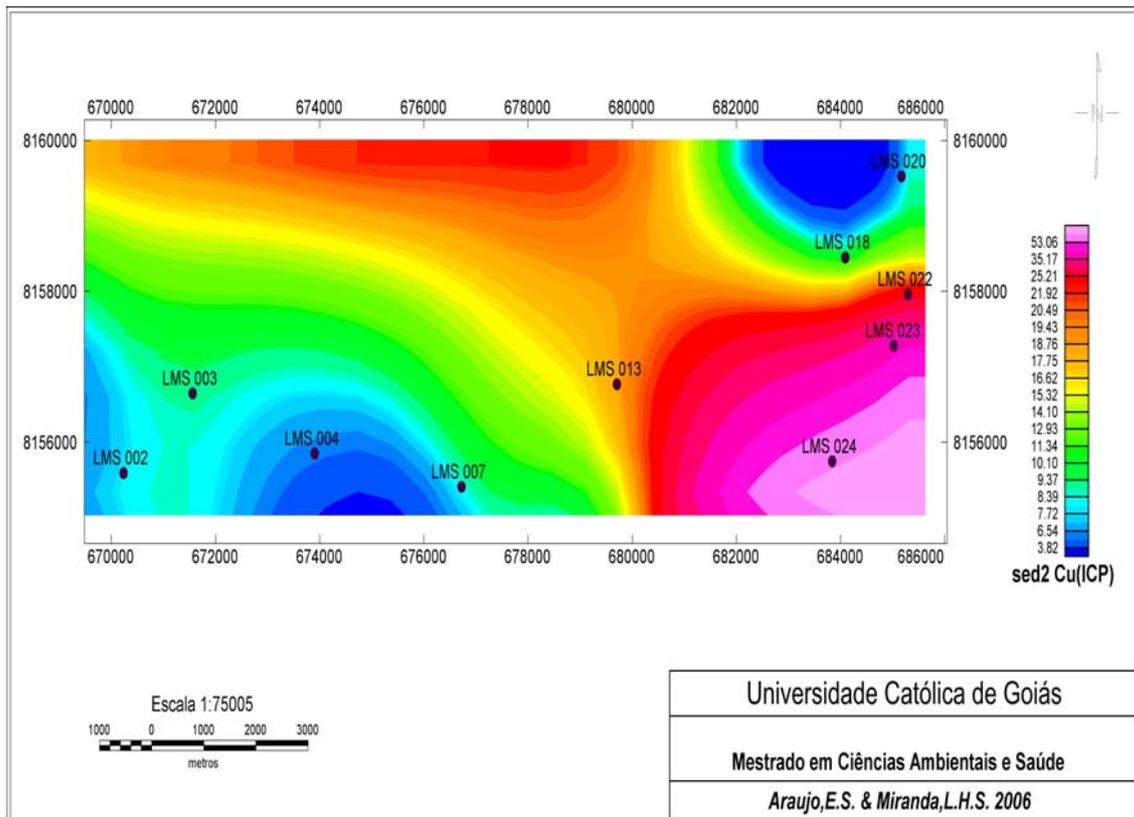


Figura 29 – Mapa geoquímico do Cu de sedimento de corrente Fase 2

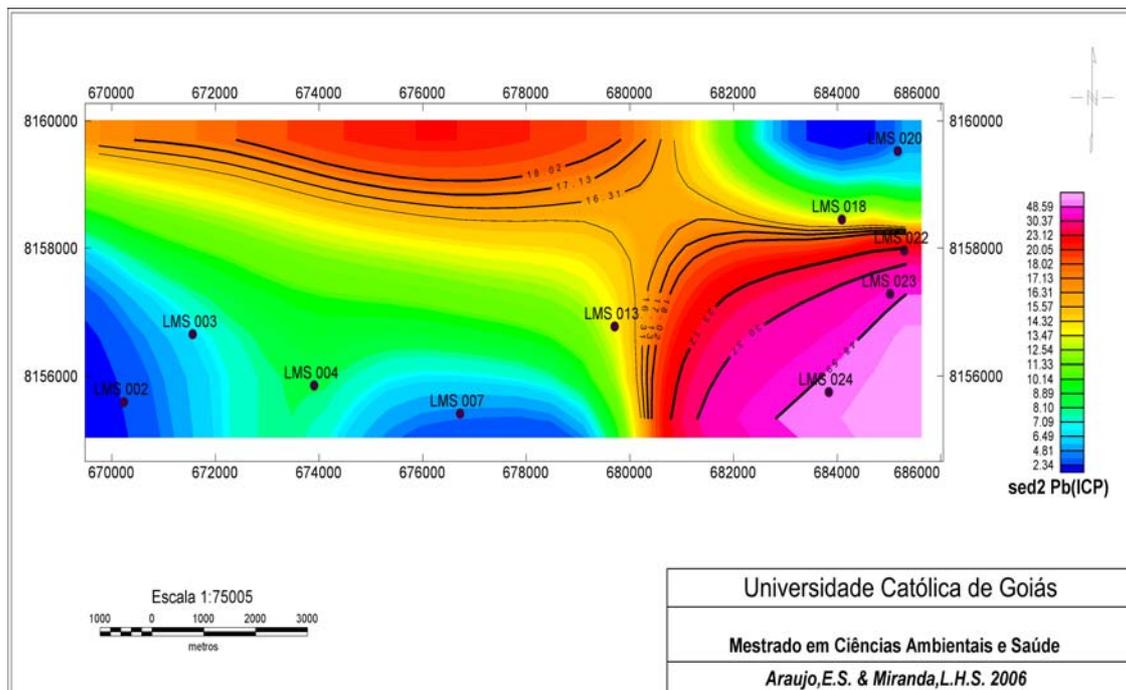


Figura 30 – Mapa geoquímico do Pb de sedimento de corrente Fase 2

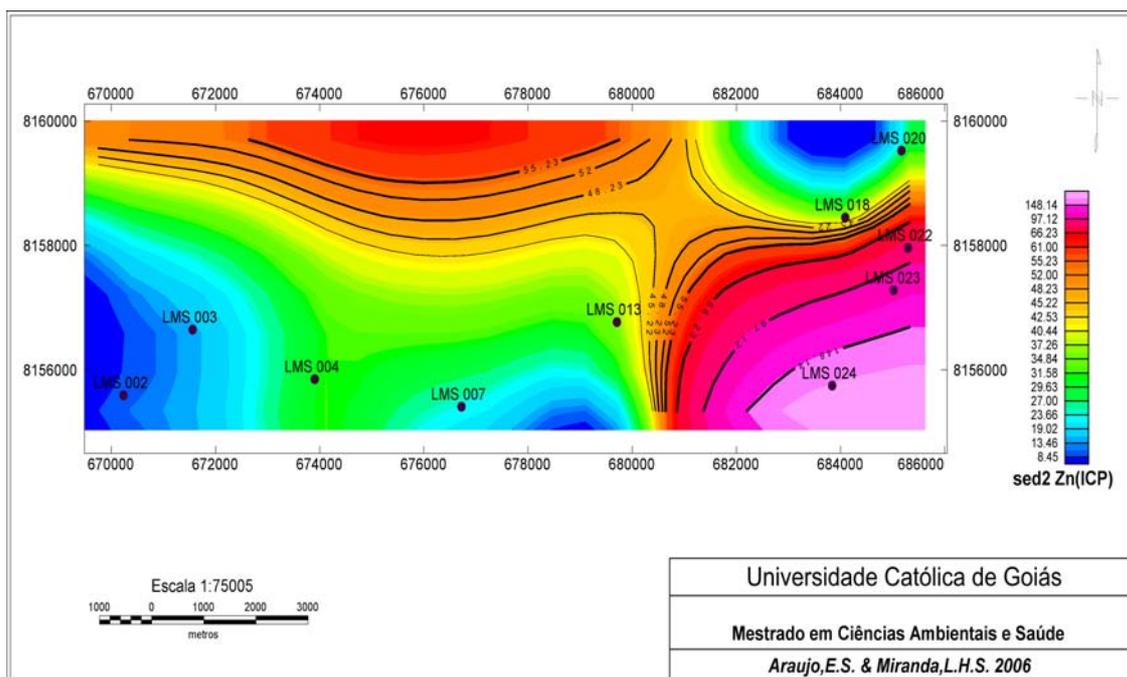


Figura 31 – Mapa geoquímico do Zn de sedimento de corrente Fase 2

Através da análise dos mapas dessa associação observou-se uma incidência desses elementos na região sudeste, nas amostras LMS-022, LMS-023 e LMS-024 do córrego Capim Puba. Todas as amostras apresentam valores anômalos baixos de 2ª ordem para Zn e Cu (LMS-24) e 3ª ordem para todos os elementos da associação (LMS-023 e LMS-024). As correlações encontradas nessa associação foram muito fortes para $C_{Sr-Pb}=0,93$, $C_{Cu-Zn-Pb}=0,93$ e fortes para $C_{Sr-Cu}=0,91$.

As análises geológica e geomorfológica correspondem ao grupo Araxá Sul de Goiás e tem formas tabulares com cobertura detrítico laterítico, com xisto feldispático, e gnaisses paraderivados e metacalcário,

O Zinco tem uma grande variedade de usos, sendo o mais importante deles a galvanização, a produção do latão e o óxido para pigmentos brancos. A pasta de Zinco tem sido muito usada para produtos médicos, como desinfetante e como forma de aumentar a produção de células em ferimentos (LICHT, 2001).

O Cobre é usado em fios telefônicos, elétricos, motores elétricos, tubos de vácuo de forno de microondas e lentes radiológicas. O cobre é um elemento

essencial e sua falta na alimentação provoca anemia, diarreia e distúrbios nervosos. O excesso de cobre provoca problemas no fígado, relacionados à doença de Wilson (CANÇADO, 1999).

O Chumbo é um elemento tóxico, acumula-se principalmente nos ossos e causa danos cerebrais e diminuição da memória. É utilizado como descargas de canos e baterias (SHILS & SHIKE, 1994).

5ª Associação Fase 2: Ni – Ba (Figuras 32 e 33).

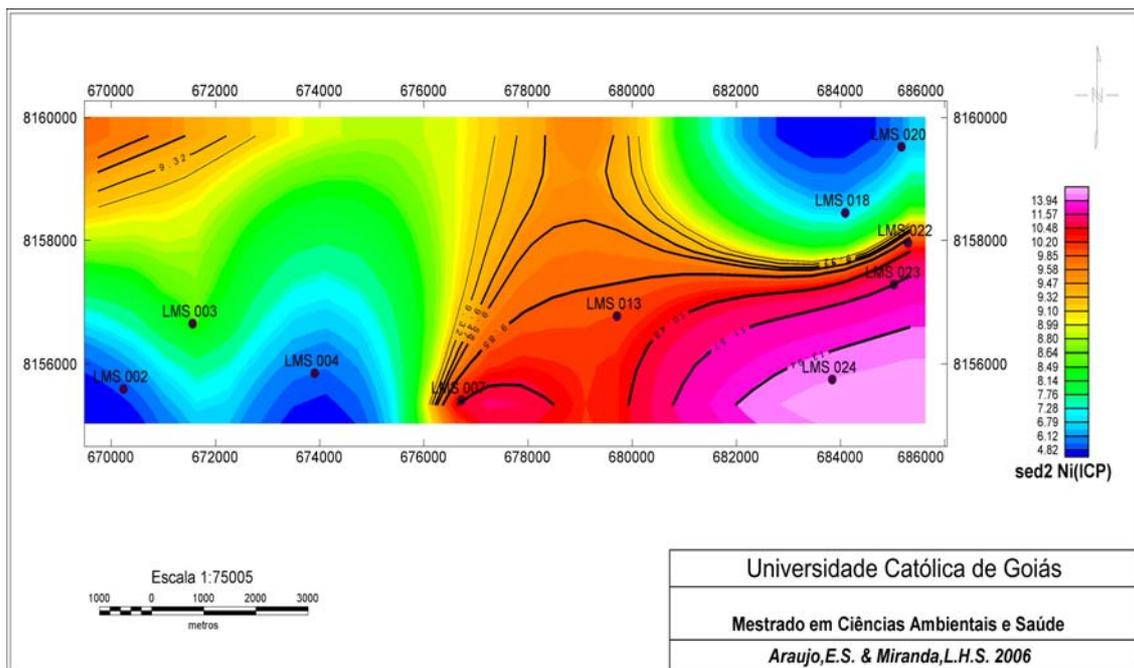


Figura 32 – Mapa geoquímico do Ni de sedimento de corrente Fase 2

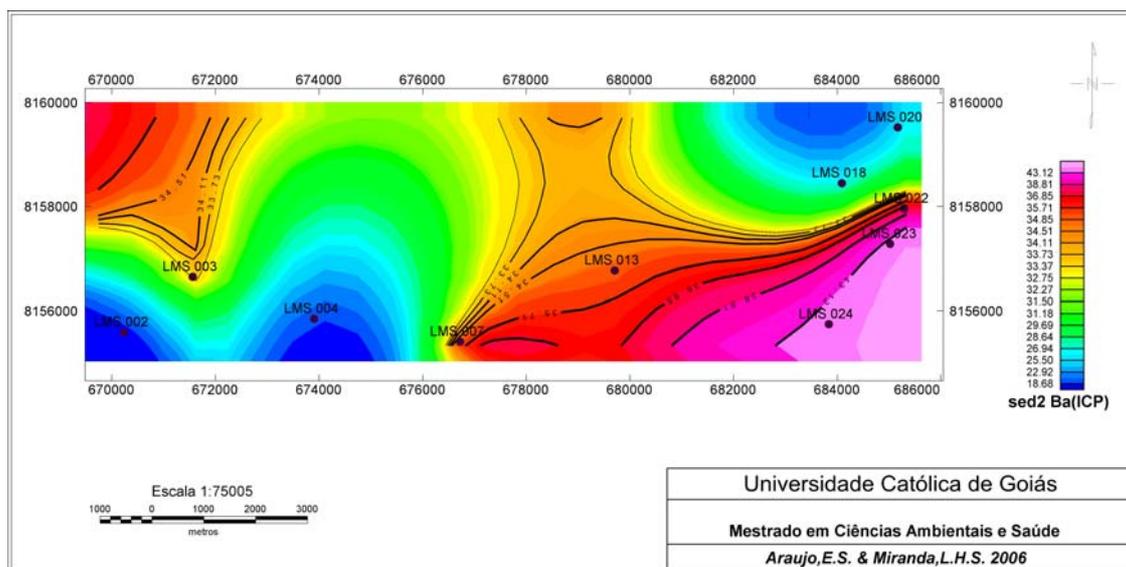


Figura 33 – Mapa geoquímico do Ba de sedimento de corrente Fase 2

Os mapas geoquímicos dessa associação mostraram uma grande concentração de Ni e Ba na região sudeste da bacia do ribeirão Anicuns, no córrego Capim Puba (Botafogo, fundo do Cemitério Jardim das Palmeiras e Setor dos Funcionários), nas amostras LMS-022, LMS-023 e LMS-024. A amostra LMS-023 apresentou valor de 3ª ordem para o Ba, enquanto que a amostra LMS-024 apresentou valor de 3ª ordem para o Ni e Ba. As correlações formadas nessa associação foram: muito forte $C_{Ni-Ba}=0,94$ e forte $C_{Sr-Ba}=0,86$ e $C_{Cu-Ni}=0,86$. Os aspectos geológicos e geomorfológicos são os mesmos citados na 4ª associação, pois as amostras são correspondentes.

O níquel é empregado em aços inoxidáveis, especiais para ferramentas e materiais para a indústria automotiva. É importante por causa de sua resistência à corrosão e por sua qualidade de aumentar a resistência. Está relacionado às lesões cutâneas, distúrbios renais e hepáticos, câncer pulmonar e cefaléias (KOLJONEN, 1992).

Os compostos de Bário solúveis são venenosos quando ingeridos. Ele é estimulante muscular e tóxico para o coração. Está presente em fogos de artifício, em vidros e praguicidas (CORTECCI, 2003).

6ª Associação Fase 2: Ti – Te – Co – Sn (Figuras 34, 35, 36 e 37).

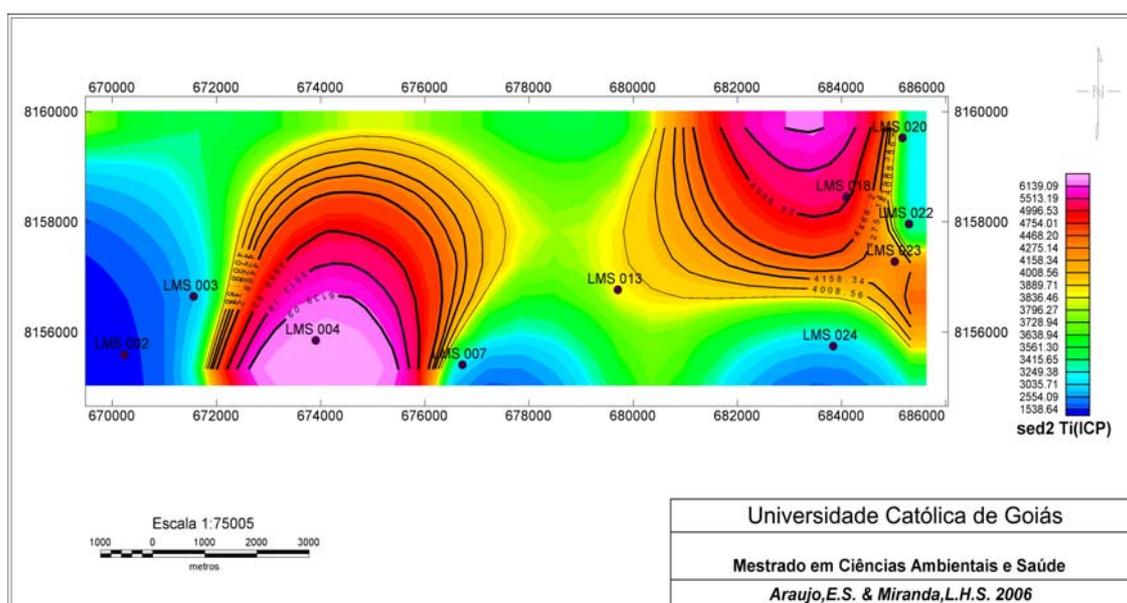


Figura 34 – Mapa geoquímico do Ti de sedimento de corrente Fase 2

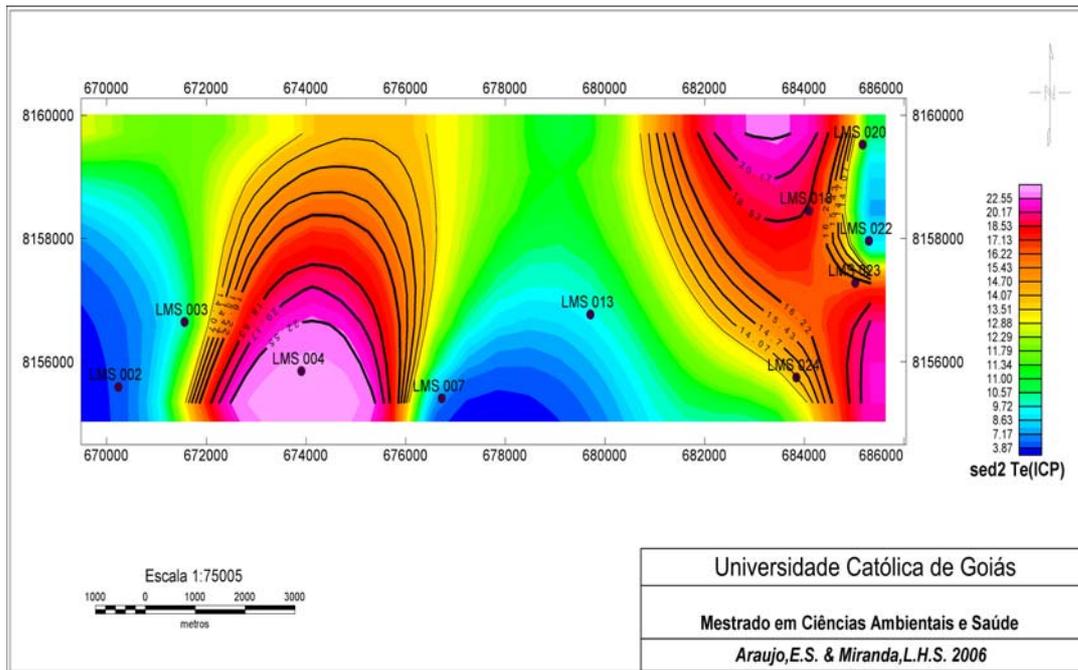


Figura 35 – Mapa geoquímico do Te de sedimento de corrente Fase 2

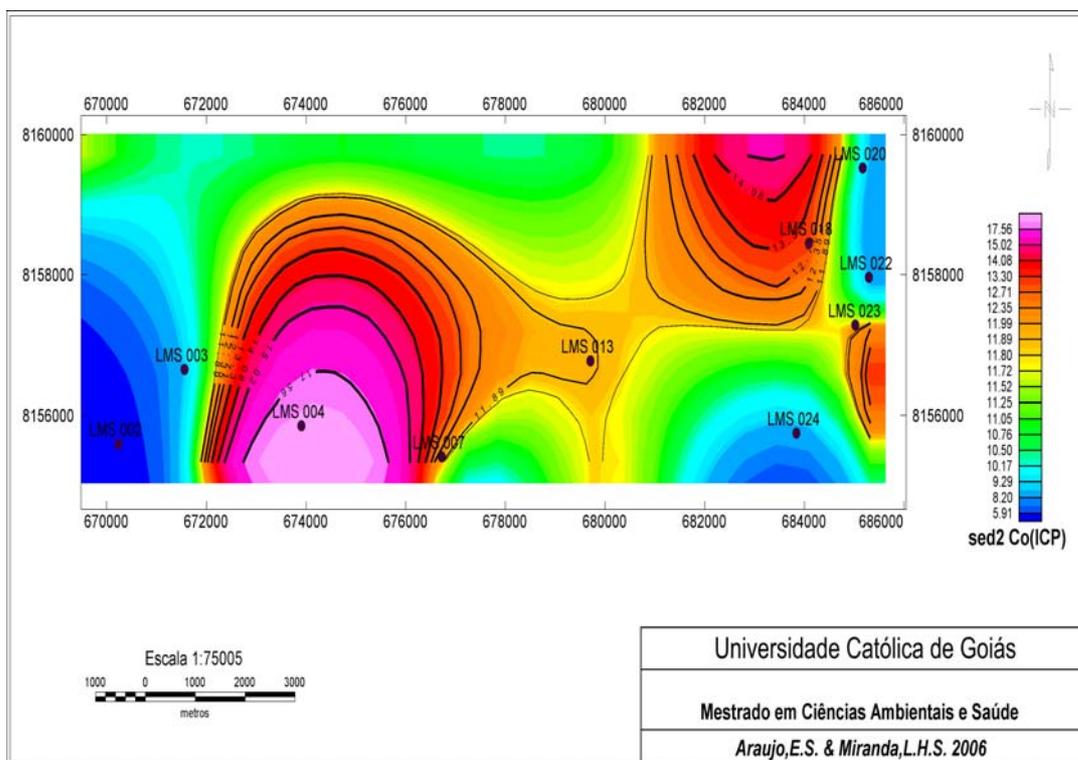


Figura 36 – Mapa geoquímico do Co de sedimento de corrente Fase 2

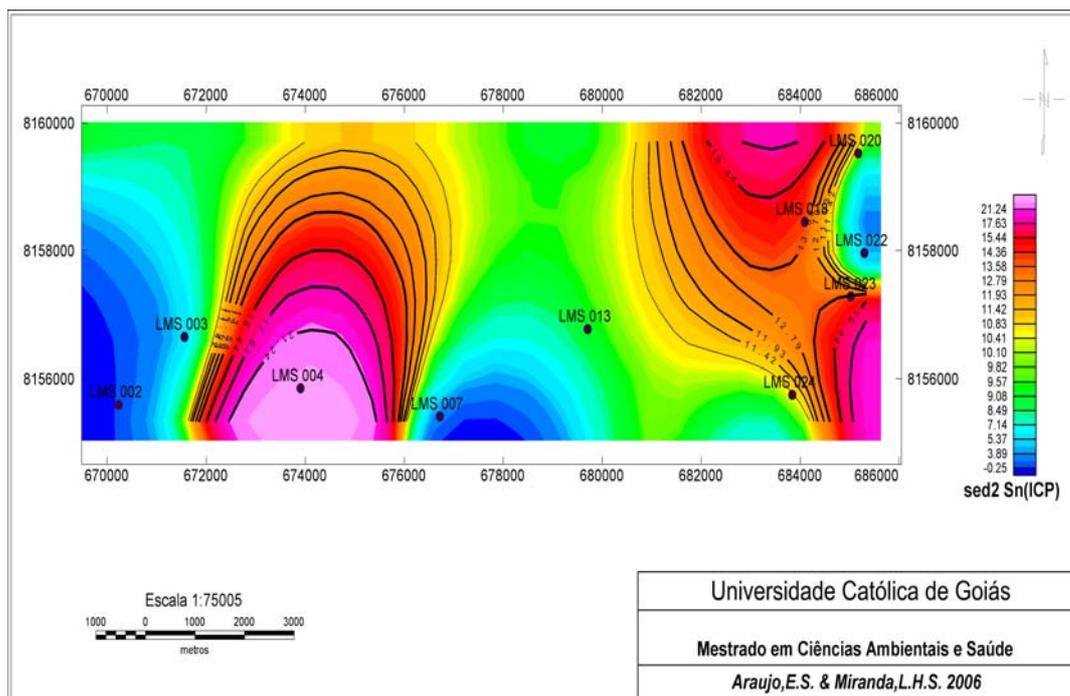


Figura 37 – Mapa geoquímico do Sn de sedimento de corrente Fase 2

A partir dos mapas geoquímicos, notou-se nessa associação que os elementos Ti, Te, Co, e Sn estão presentes na região centro-sul, na amostra LMS-004 (Fazenda São José) e na região nordeste, na amostra LMS-018 (Anicuns/ ponte Criméia Oeste). E ainda, os mapas de Te e Sn mostraram uma maior incidência na amostra LMS-023 (fundo do Cemitério Jardim das Palmeiras), que está localizada na região sudeste da bacia do ribeirão Anicuns, no córrego Anicuns. A fazenda São José (LMS-004) apresentou concentrações de 2ª ordem para todos os elementos dessa associação. As correlações formadas a partir da Matriz de correlação foram muito fortes para $C_{Te-Sn}=0,93$, $C_{Co-Te}=0,96$, $C_{Te-Sn}=0,93$ e fortes para $C_{La-Te}=0,86$, $C_{Co-Sn}=0,89$, $C_{Te-Ti}=0,92$. Na amostra LMS-004, o sedimento é constituído de 30% de cascalho, 40% de areia, 10% de argila e 10% de matéria orgânica.

Na fazenda São José, o solo é utilizado para pastagem e plantações de abóboras. Observou-se, nas proximidades da ponte do Criméia Oeste/ Setor Nossa Senhora Aparecida, que o solo é desprotegido de vegetação, propício à erosão e, na drenagem, há lançamento de esgoto fluvial e lixo domésticos. A água é túrgida e fétida. O córrego Capim Puba/ fundo do Cemitério Jardim das Palmeiras apresenta pouca água e sedimento de corrente e a água é túrgida.

A análise geológica e geomorfológica da Fazenda São José (LMS-004) está descrita na 3ª associação. A amostra do Capim Puba/Cemitério (LMS-023) está localizada no Grupo Araxá Sul de Goiás, com granada-clorita-moscovita-biotita, quartzo, gnaisses paraderivados e metacalcário e apresenta forma tabular com cobertura detrítico laterítico. A região da amostra da ponte do Criméia Oeste (LMS-018) está situada no Complexo Granulítico Anápolis/Itauçu, charnoquitos, xistos e granulitos paraderivados associados e é uma área de alta concentração urbana, com declividade de 0 a 10%.

O cobalto é empregado na produção de aço inoxidável, magnetos permanentes, na sinterização de carbetos, utilizado no aumento da resistência de aço de ferramentas para usos químicos e cerâmicos (KOLJONEN, 1992). O Co é potente toxina para os eritrócitos, inibe enzimas e tem como conseqüências náuseas, diarreia e dor abdominal.

A liga de titânio com outro metal é usada na indústria automotiva, pois essas ligas têm um peso reduzido e têm a capacidade de resistir a temperaturas elevadas. O Titânio é aplicado na produção de tintas domésticas e industriais com pigmento de óxido de titânio. O tetracloreto de titânio é um forte irritante da pele e a inalação do seu vapor é extremamente perigosa (LICHT, 2001).

A mais importante aplicação comercial do estanho ocorre nos estabilizadores de PVC, nos vidros de janelas e nas soldas. É utilizado nos circuitos elétricos e nas peças de fundição. Intoxicações mais elevadas causam dores de cabeça, vertigens e sonolência de tubulações (OMAE, 1989).

Seres humanos expostos à atmosfera com 0.01 mg/m^3 ou menos com telúrio adquirem um hálito desagradável de securo na boca. Intoxicações mais elevadas causam dores de cabeça, vertigens e sonolência. O Telúrio é usado em espoletas de explosivos e tem aplicação em painéis solares (WINTER, 1998).

7ª Associação Fase 2: La (Figura 38)

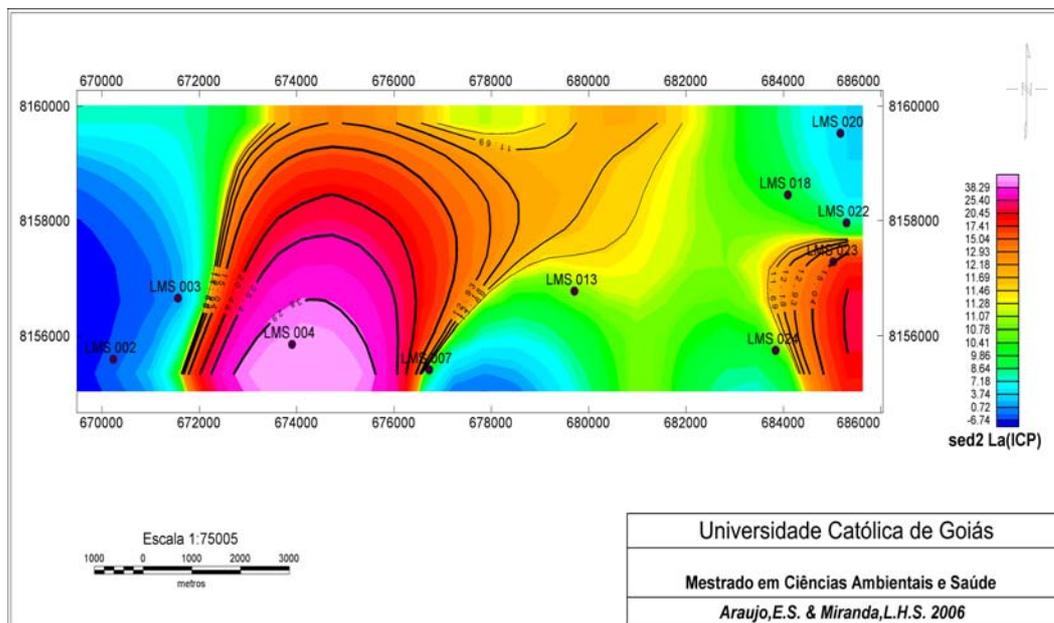


Figura 38 – Mapa geoquímico do La de sedimento de corrente Fase 2

O Lantânio é um elemento químico que apresentou valor significativo na fazenda São José (LMS-004). Conforme aparece no mapa geoquímico o Lantânio está situado na região sul com tendência à região oeste e a concentração do valor anômalo foi de 3ª ordem, para essa amostra. A correlação encontrada para essa associação teve significância forte, $C_{La-Te}=0,86$ e $C_{La-Sr}=0,89$. O sedimento analisado apresenta 40% de areia, 30% de cascalho, 10% de silte, 10% de argila e 10% de matéria orgânica.

O ambiente geológico apresenta predominância de litologia do Complexo Granulítico Anápolis/Itaçu representadas por rochas granulitos paraderivados, associada e charnoquito. O terreno da Fazenda São José é formado por rampas coluvionais, ligadas aos fundos de vales, com declividade de 5 a 10% e altitudes de 800 a 850m . Essa área é de baixa densidade demográfica, porém constituída por ações antropogênicas, como desmatamento da vegetação ciliar, para fins de pastagens e loteamentos.

O Lantânio é usado em eletrodos de carbono para a produção de luz, principalmente para a iluminação de estúdios e projeções na indústria cinematográfica. Quantidades pequenas de La são adicionados ao aço para

melhorar sua resistência ao impacto. Esse elemento tem uma toxicidade de baixa a moderada. Em animais, a injeção de soluções de lantânio produz hiperglicemia, com degeneração do baço e alterações hepáticas (WINTER, 1998).

6.3. ANÁLISE GEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR DA ÁGUA

A água que corre no canal de uma bacia hidrográfica é proveniente da água superficial e da água freática. A água superficial é a da migração das águas pluviais, enquanto que a água freática é proveniente da penetração e percolação da água no solo, que aflora nos talwegues. As amostras de água de drenagem superficiais são compostas por uma carga iônica, contendo as características ambientais por onde elas escorrem.

Os resultados analíticos foram obtidos a partir das 10 amostras de água, que foram coletadas na bacia do ribeirão Anicuns, no mês de julho de 2006, e analisadas no Laboratório da Universidade Católica de Brasília por Espectroscopia Atômica (ICP – OES), sendo utilizada a mesma metodologia do Sedimento de Corrente Fase 2: a digestão e a leitura das amostras. Para cada elemento químico analisado foram obtidas as concentrações, que foram comparadas com os padrões químicos da Resolução 357 do CONAMA (BRASIL,2005). Em seguida, os dados passaram por uma análise geoquímica de tratamento estatístico, com a confecção da matriz de correlação e dos mapas geoquímicos. A tabela 17 mostra os pontos de amostragem de coleta, cuja sigla considerada para água foi LM – Luísa Miranda, as coordenadas geográficas e a toponímia, que é a mesma de sedimento de corrente Fase 2.

Tabela 17 – Pontos de amostragem da coleta de água

Amostra	X	Y	Altitude	Toponímia
LM-002	670234	8155591	781m	Bomba de água
LM-003	671561	8156647	772m	Córrego: Samambaia
LM-004	673905	8155851	760m	Fazenda São José
LM-007	676722	8155409	742m	Fábrica de calçados do Paulo
LM-013	679706	8156769	667m	Ponte: Av. Anhanguera
LM-018	684090	8158450	664m	Ponte: Criméia Oeste/ N.S.Aparecida
LM-020	685170	8159525	670m	Córregos: Anicuns/Meia Ponte
LM-022	68595	8157525	703m	Capim Puba/ Botafogo
LM-023	685021	8157281	709m	Cemitério Jardim das Palmeiras
LM-024	683839	8155747	723m	Ponte Capim Puba/ Setor dos Funcionários

LM– Luísa Miranda – Sedimento; X - longitude; Y – latitude

A partir dos dados obtidos das coordenadas geográficas (latitude e longitude) e dos pontos de amostragem da tabela anterior, foi confeccionado o mapa base de amostragem para a água. Utilizou-se a sigla LM – Luísa Miranda e em seguida, o número do ponto de amostragem. Esse mapa foi utilizado como base para a confecção dos mapas geoquímicos para água (Figura 39).

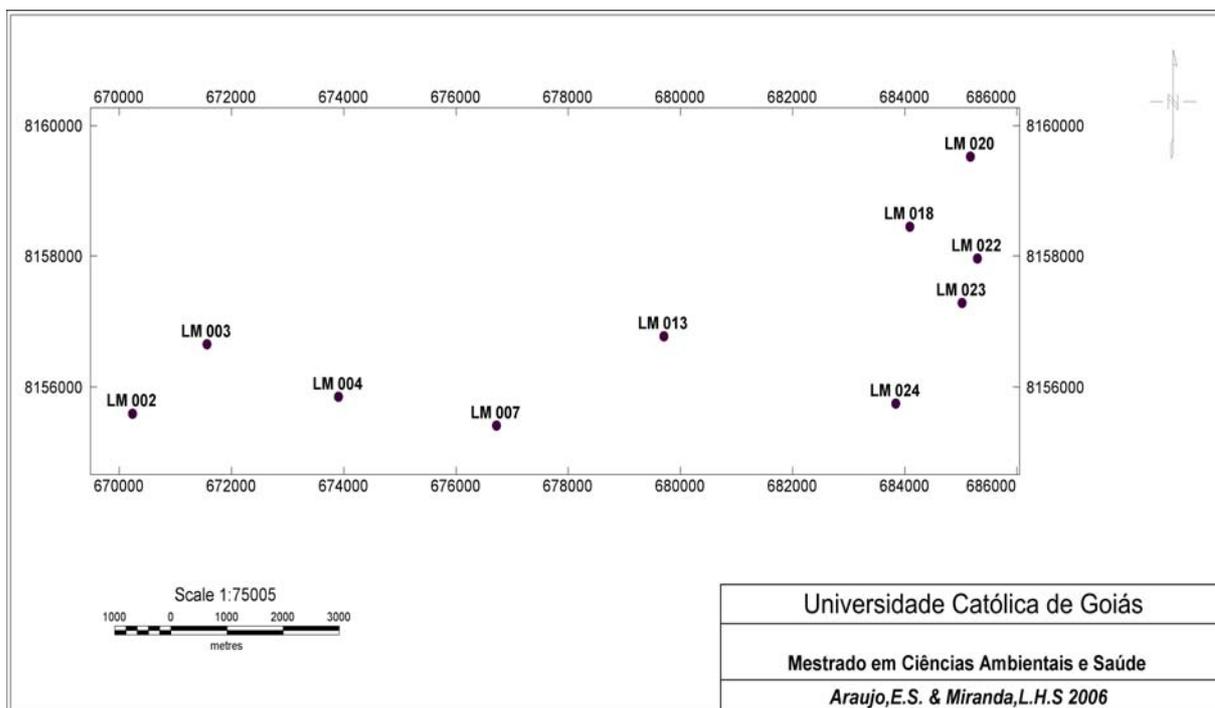


Figura 39 – Mapa base dos pontos de amostragem da água.

Os resultados das concentrações dos elementos químicos de água, que foram determinados por Espectroscopia Atômica – ICP-OES, estão apresentados na tabela 18. Foram considerados apenas os elementos químicos Ga, Si, Ta, Ca, Na, As, Fe, Mg, Mn, Ni, Te, Bi, Sn., pois os outros elementos não considerados estão abaixo do limite de detecção do método. Utilizou-se a tabela do CONAMA, resolução no. 357, de 17 de março de 2005, classe I das águas doces, como valores de referência para a comparação dos limites de concentração dos elementos químicos da água.

Tabela 18 – Concentrações (mg/L) dos elementos químicos das amostras de água.

Amostra	Ga	Si	Ta	Ca	Na	As	Fe	Mg
LM 002	0,01	0,01	0,03	0,28	0,01	0,01	0,27	0,46
LM 003	0,02	0,01	0,04	0,25	27,74	0,11	0,13	0,41
LM 004	0,01	0,49	0,04	47,39	57,06	0,16	10,02	11,87
LM 007	0,01	0,82	0,05	24,19	72,00	0,05	0,64	12,86
LM 013	0,01	10,99	0,05	60,03	104,89	0,09	0,62	16,37
LM 018	0,01	14,56	0,05	101,36	148,92	0,09	0,43	21,67
LM 020	0,01	12,77	0,05	108,51	142,47	0,21	0,38	23,97
LM 022	0,01	17,63	0,04	131,43	179,90	0,09	0,01	26,12
LM 023	0,01	16,81	0,03	125,89	165,51	0,05	0,03	23,45
LM 024	0,05	10,61	0,06	82,72	199,95	0,11	0,10	18,89

(Continuação)

Amostra	Mn	Ni	Te	Bi	Sn
LM 002	0,01	0,01	0,06	0,01	0,03
LM 003	0,01	0,01	0,12	0,01	0,03
LM 004	0,01	0,01	0,06	0,01	0,06
LM 007	0,06	0,01	0,17	0,01	0,09
LM 013	0,07	0,01	0,08	0,03	0,01
LM 018	0,08	0,01	0,13	0,04	0,06
LM 020	0,09	0,01	0,08	0,04	0,15
LM 022	0,01	0,01	0,14	0,06	0,08
LM 023	0,01	0,01	0,09	0,07	0,05
LM 024	0,01	0,01	0,09	0,01	0,03

Fonte: Laboratório da UCB, 2006.

As concentrações dos elementos químicos da água obtida por ICP (Tabela 19) passaram por um tratamento estatístico, em que foram calculados os valores máximos e mínimos, a média aritmética e o desvio padrão. Para determinar o cálculo dos valores estatísticos foi utilizado o programa OÁSIS montaj v.6.1, módulo Chimera.

Tabela 19 – Sumário Estatístico das amostras de água

Elemento	Xmin	Xmax	X	S
Ga	0,01	0,05	0,02	0,04
Si	0,16	1,76	0,93	0,68
Ta	0,02	0,06	0,04	0,01
Ca	0,25	13,14	6,86	4,86
Na	0,83	19,90	10,90	6,96
As	0,08	0,29	0,10	0,58
Fe	0,04	1,02	0,36	0,32
Mg	0,41	2,61	1,64	0,78
Mn	0,01	0,09	0,03	0,03
Ni	0,01	0,01	0,08	0,04
Te	0,06	0,17	0,10	0,03
Bi	0,01	0,08	0,05	0,05
Sn	0,03	0,15	0,06	0,04

Xmin – valor mínimo; Xmax – valor máximo; X – media aritmética e S – desvio padrão.

A tabela 20 mostra os valores de 1^a, 2^a e 3^a ordens, que foram obtidos a partir dos dados do sumário estatístico. Para determinar esses valores utilizou-se a mesma metodologia de sedimento de corrente Fase 1 e Fase 2. Utilizou-se a tabela do CONAMA, resolução nº. 357, de 17 de março de 2005, classe I das águas doces, como valores de referência para a comparação dos limites de algumas concentrações dos elementos químicos da água.

Tabela 20 – Valores de 1ª, 2ª e 3ª ordens para as concentrações dos elementos químicos de água (mg/L)

Elemento	CONAMA mg/l	1ª. Ordem	2ª. Ordem		3ª. Ordem	
		>X+3S	X+2S	e X+3S	X+S	e X+2S
Ga	-	> 0,15	0,11	0,15	0,06	0,11
Si	-	> 2,97	2,29	2,97	1,61	2,29
Ta	-	> 0,07	0,06	0,07	0,05	0,06
Ca	-	> 21,44	16,60	21,44	11,72	16,58
Na	-	> 31,78	24,80	31,78	17,86	24,82
As	0,01	> 1,84	1,26	1,84	0,68	1,26
Fe	0,30	> 1,32	1,00	1,32	0,68	1,00
Mg	-	> 3,98	3,20	3,98	2,42	3,20
Mn	0,10	> 0,12	0,09	0,12	0,06	0,09
Ni	0,02	> 0,20	0,16	0,20	0,12	0,16
Te	-	> 0,19	0,16	0,19	0,13	0,16
Bi	-	> 0,20	0,15	0,21	0,10	0,15
Sn	-	> 0,18	0,14	0,18	0,10	0,14

Os valores anômalos de 1ª, 2ª e 3ª ordens estão apresentadas na tabela 21. Esses valores são representados pelas concentrações dos elementos químicos. Os níveis das concentrações desses elementos correspondem aos valores de 1ª ordem (vermelha), de 2ª (azul) e de 3ª (verde). Os valores considerados abaixo de 3ª ordem não foram considerados na tabela.

Tabela 21 – Valores Anômalos da água - 1ª, 2ª e 3ª. ordem

Amostra	Ga	Si	Ta	Ca	Na	As	Fe	Mg
LM 002								
LM 003					27.741			
LM 004				47.393	57.063		10.023	11.874
LM 007			0.0550	24.197	72.002			12.863
LM 013		10.969	0.0510	60.033	104.894			16.373
LM 018		14.564	0.0595	101.376	148.928			21.671
LM 020		12.773	0.0545	108.512	142.479			23.975
LM 022		17.637		131.438	179.903			26.126
LM 023		16.819		125.899	165.519			23.458
LM 024		10.615	0.0669	82.723	199.959			18.896

(Continuação)

Amostra	Mn	Ni	Te	Bi	Sn
LM 002					
LM 003			0.1228		
LM 004					
LM 007	0.0619		0.1790		
LM 013	0.0751				
LM 018	0.0836		0.1395		
LM 020	0.0902				0.1522
LM 022			0.1478		
LM 023					
LM 024					

A matriz de correlação dos elementos químicos presentes na água (Figura 40) apresenta níveis de significância muito fortes, fortes, moderados, fracos, muito fracos e nulos. O nível considerado para determinar as correlações dos elementos químicos da água foi apenas o muito forte. Considerou-se para a confecção da matriz o nível de significância 0,95.

Matriz de Correlação ICP-Água

Pesquisador: Luisa Helena S. Miranda

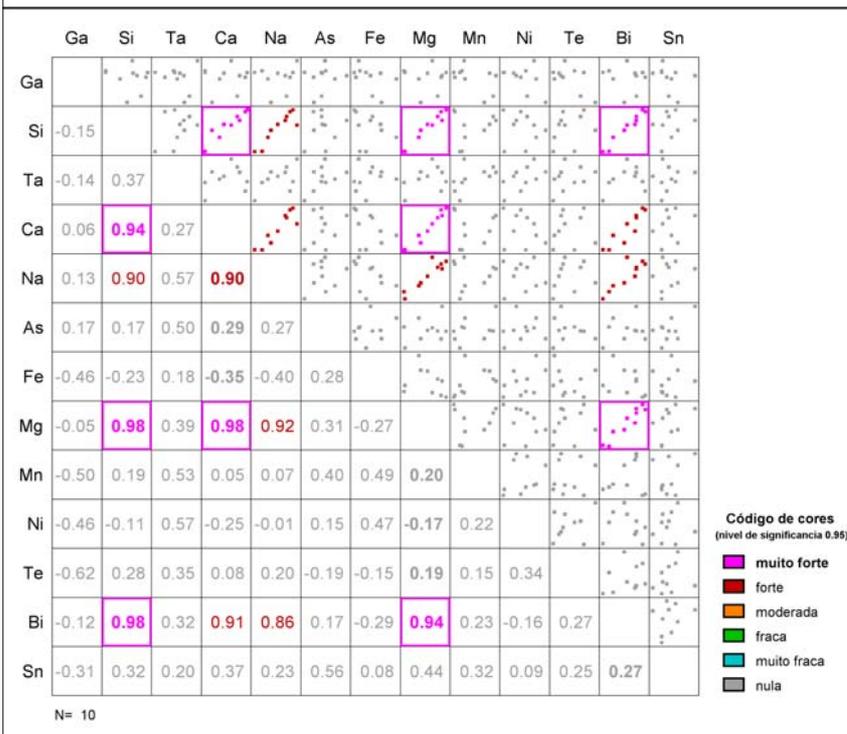


Figura 40 – Matriz de Correlação da água.

A partir da análise da matriz de correlação obteve-se a seguinte correlação dos elementos químicos.

NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	CORRELAÇÃO
Muito Forte	$C_{Ca - Mg} = 0,98$ $C_{Si - Mg} = 0,98$ $C_{Si - Bi} = 0,98$

Considerando as correlações mais expressivas da matriz foi definida apenas a associação: Ca – Mg – Si – Bi, muito forte. Para essa associação foram confeccionados os mapas de distribuição dos elementos químicos (figuras 41 a 44).

Associação da água: Si – Ca – Mg – Bi (Figuras 41, 42, 43 e 44).

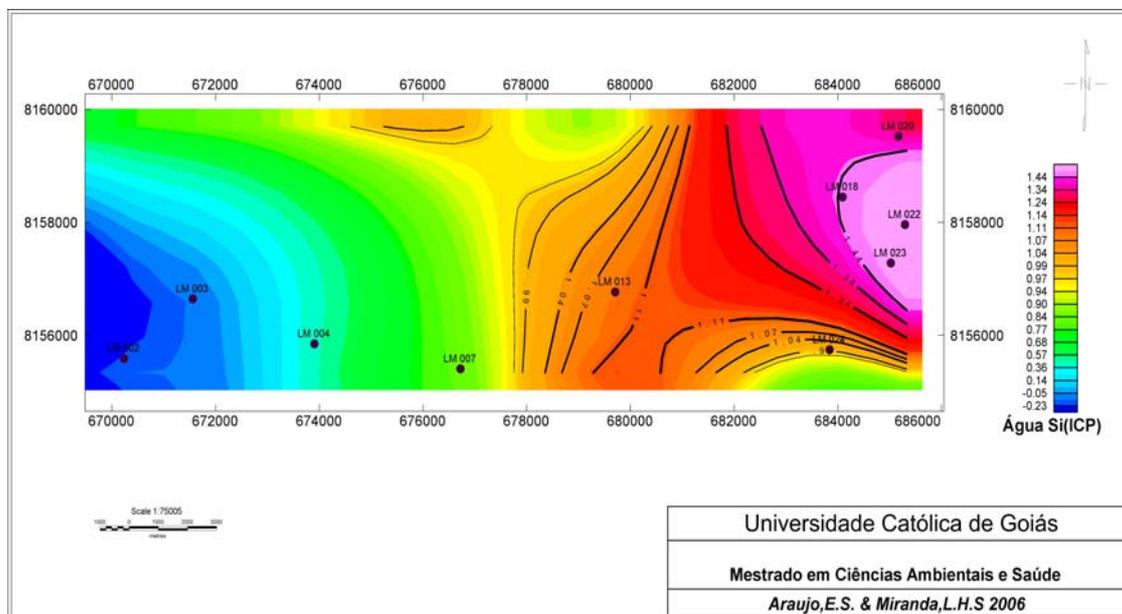


Figura 41 – Mapa geoquímico do Si de água

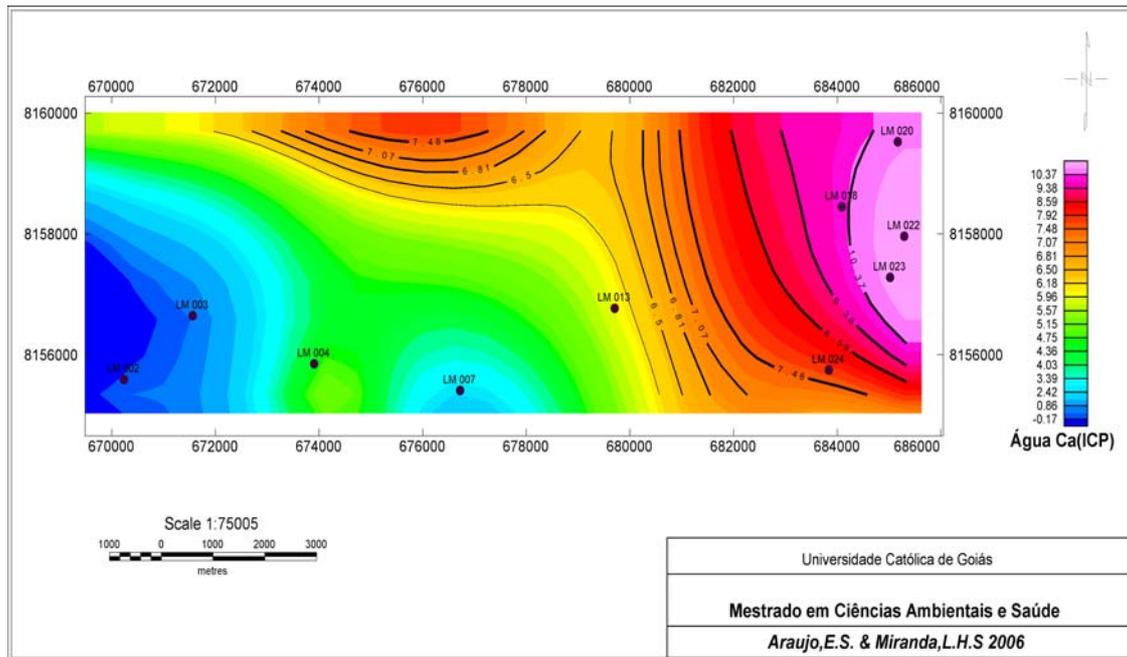


Figura 42 – Mapa geoquímico do Ca de água

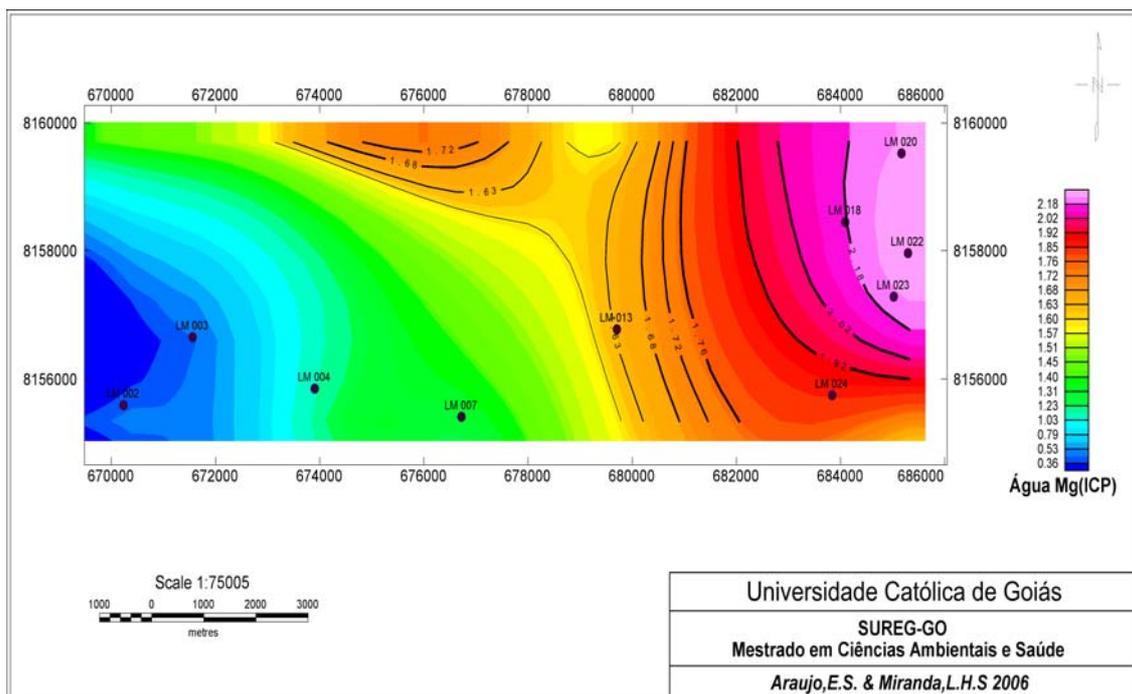


Figura 43 – Mapa geoquímico do Mg de água

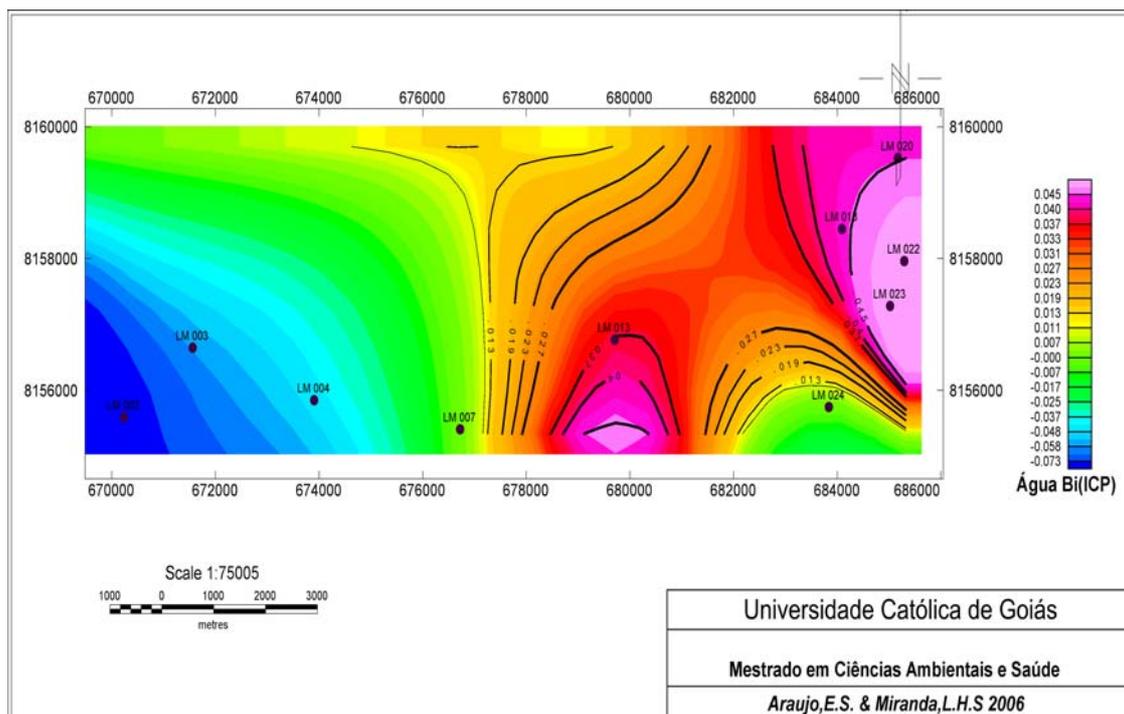


Figura 44 – Mapa geoquímico do Bi de água

As amostras de água superficial da bacia do ribeirão Anicuns que foram coletadas e analisadas mostraram, através dos mapas geoquímicos, a presença dos elementos Si, Ca, Mg e Bi, na afluição do Anicuns com o Meia Ponte (LM-020), no Anicuns/Ponte Criméia Oeste (LM-018) e no córrego Capim Puba (LM-022, LM-023 e LM-024). Pode-se notar que esses elementos estendem-se na direção nordeste/sudeste da área. Observa-se ainda que a concentração de Bismuto, apesar de não ser elevada, está presente no ribeirão Anicuns com a Avenida Anhanguera (LM-013) e situa-se no mapa geoquímico, na região sul.

Os elementos desta associação Si, Ca e Mg apresentaram concentrações de 1ª ordem, enquanto que nas amostras de Bi não houve valores consideráveis. A relação entre os elementos químicos dessa associação foi muito forte para as correlações consideradas $C_{Ca-Mg}=0,98$, $C_{Si-Mg}=0,98$ e $C_{Si-Bi}=0,98$.

Nas amostras dessa associação, os aspectos físico-químicos da água analisados apresentaram turbidez alta, o pH na amostra LM-013 foi 6,0, enquanto que na demais foram 7,0 e 7,5 para LM-020. A temperatura da água no ribeirão Anicuns com a Av. Anhanguera (LM-013) foi 27,2°C e com o rio Meia Ponte (LM-020) foi 24,9°C, consideradas as mais elevadas. A

condutividade aumenta com o aumento da temperatura, por isso nessas amostras foram encontradas altas condutividades (LM-013=215.0 μ s/cm e LM-020=311.1 μ /c m). O baixo teor de oxigênio dissolvido na água das amostras LM-013 (1.95mg/l) e LM-020 (0,45mg/l) indicam a presença de matéria orgânica, podendo alterar a cadeia alimentar, impossibilitando a sobrevivência de animais e plantas aquáticas.

A litologia predominante da região do ribeirão Anicuns com a Avenida Anhanguera (LM-013) e com o rio Meia Ponte (LM-020) é representada pelo Complexo Granulítico Anápolis/Itaçu, onde predominam o granulito básico e o charnoquito e o ambiente litológico do córrego Capim Puba (LM-022, LM-023 e LM-024) é constituído pelo grupo Araxá Sul de Goiás, onde prevalecem o quartizito micácio, o calcixisto e o metacalcarário.

A geomorfologia para a amostra LM-013 corresponde ao fundo de vale, onde o terreno tem acentuada declividade e erosões em sulcos evoluindo para ravinas. A região de confluência do ribeirão Anicuns com o rio Meia Ponte (LM-020) apresenta terraços e planícies sujeitos a inundações periódicas. Essa área é imprópria à habitação, destinada à recuperação da mata ciliar e a preservação do ecossistema. A drenagem do córrego Capim Puba (LM-022, LM-023 e LM-024) encontra-se situada no planalto embutido de Goiânia, o solo apresenta superfície de forma tabular e é uma região com alta concentração de população.

O Cálcio tem presença ativa no controle de impulsos nervosos, ação muscular e na coagulação do sangue. É encontrado na composição dos ossos e dentes e atua no metabolismo celular. O excesso de Ca nos ossos causa a poliartroses.

Devido à sua estrutura eletrônica muito peculiar, o Silício é extremamente importante na indústria eletrônica, como semicondutor. O silício quando é impurificado com outros elementos, como boro, fósforo e arsênio, forma materiais semicondutores, que são os materiais básicos na construção de *chips* de computadores, transistores, diodos de silício, interruptores especiais e vários outros componentes de circuitos eletrônicos. Ele é bastante usado na indústria metalúrgica como agente redutor e na produção de ligas de aços, latões e bronzes. Na forma de sílica (areia), é usado na fabricação de

materiais refratários. Misturado ao cimento, é usado na fabricação de tijolos e de diferentes concretos.

Na natureza, o Silício só ocorre combinado. É encontrado em praticamente todas as rochas, areias, barros e solos.

Os compostos de Magnésio são usados como material refratário em fornos para a produção de ferro e aço, metais não ferrosos, cristais e metais. assim como na agricultura, nas indústrias químicas e de construção.

O Magnésio é um elemento químico essencial para o homem. A maior parte do magnésio no organismo é encontrada nos ossos e seus íons desempenham papéis de importância na atividade de muitas coenzimas e em reações que dependem da ATP (Ácido Trifosfato de Adenosina).

O Bismuto é utilizado na indústria de cosméticos, em aparelhos de medição de temperaturas elevadas, em reatores nucleares e na fabricação de fibras. Entre os metais pesados é considerado o menos tóxico e pode causar danos ao fígado, caso seja ingerido.

6.4. ANÁLISE INTEGRADA DOS RESULTADOS DE SEDIMENTO DE CORRENTE Fase 1, Fase 2 E ÁGUA

Observou-se que nas amostras de sedimento de corrente Fase 1 analisadas, o nível de concentração dos elementos químicos foi baixa nas drenagens dos córregos Vaca Brava (CF-S-061), Cascavel (CF-S-062), Macambira (CF-S-063), Taquaral(CF-S-064), Salina (CF-S-065). As amostras dos córregos Vaca Brava e Cascavel apresentaram concentrações de 3ª ordem para o Césio (Cs). Nas drenagens dos córregos Capim Puba (CF-S-067) e Botafogo (CF-S-068) foram encontrados o maior número elementos químicos: Cu, Zn, Cd, Tl, Sr, Ca, K, e Cs. E ainda, na amostra CF-S-067 encontraram-se os elementos: Bi, Hg, Sb e Sn. Nos resultados da análise química realizada na amostra do Córrego Capim Puba foram encontrados valores para os elementos Hg, Zn, Cd e Cu, com concentrações acima do limite permitido pela NOAA (1991).

Acredita-se que a grande presença de elementos químicos com altas concentrações encontradas nas drenagens dos córregos Botafogo e Capim Puba possam estar relacionadas a ambientes antrópicos, pois essa é uma região de grande adensamento populacional.

Nos resultados da análise de sedimento de corrente Fase 2, notou-se que, quanto mais próximo da nascente da bacia do ribeirão Anicuns, menor é a contaminação antrópica e, conseqüentemente, mais baixas são as concentrações dos elementos traços. A presença de elementos químicos começa aparecer a partir da Fazenda São José (LMS-004) situada a 4 Km da nascente, no setor das Nações. Na fazenda foram detectados os elementos Nb, V, Fe, B, Ti, Te, Co, Zn e La. Essa região é destinada à pastagem e plantações de abóbora. O terreno apresenta uma declividade de 5 a 10%, sujeito à lixiviação e formação de erosões.

No ponto de amostragem do ribeirão Anicuns com a ponte da Avenida Anhanguera (LMS-013), setor Esplanada do Anicuns, foram detectados os elementos Nb, V, Fe e B. Observou-se nessa região que a presença dos elementos químicos é originada das possíveis fontes de contaminação existentes nas proximidades, como: depósito de lixo, indústria têxtil, indústria de material de reciclagem e uma indústria de papel que lança o seu esgoto diretamente no ribeirão Anicuns.

Os elementos químicos Ti, Te, Co, Sn e Sr foram detectados na amostra LMS-018 de sedimento de corrente Fase 2, coletada no ribeirão Anicuns na ponte do setor Criméia Oeste. A presença desses elementos, pode ser caracterizada por se encontrarem nas proximidades do ribeirão fontes de contaminação por curtumes e depósitos de ferramentas de automóveis.

Na drenagem do córrego Capim Puba, nos pontos de amostragem do Botafogo (LMS-022), no fundo do Cemitério Jardim das Palmeiras (LMS-023) e do Setor dos Funcionários com o Setor Aeroporto (LMS-024), foram detectados os elementos químicos Sr, Cu, Pb, Zn, Ni e Ba. Nas amostras LMS-022 e LMS-023 de sedimento de corrente Fase 2 foram encontrados Fe e B, e a associação Ti, Te, Co e Sn apenas na amostra LMS-023. O resultado da análise da concentração dos elementos químicos mostrou maior significância

nas amostras do Capim Puba, principalmente para os elementos Cu, Zn e Ni, que estão acima dos limites de detecção da NOAA, 1991.

Verifica-se nas proximidades dos pontos de amostragem do Capim Puba a possibilidade de contaminação por esgoto fluvial, esgoto doméstico, lixo doméstico, garagem de veículos e distribuidora de petróleo. Na amostra LMS-023 notou-se a presença de grande quantidade de elementos químicos, responsável pela possível fonte de contaminação do lençol freático e da atmosfera, realizado pelo processo de decomposição.

Na análise geral da distribuição dos elementos químicos nas amostras de água, observou-se maior incidência da presença dos elementos Si, Ca, Mg e Bi, na região sudeste, no ribeirão Anicuns – Criméia Oeste (LM-018), no ribeirão Anicuns - Meia Ponte (LM-020), no Capim Puba – Botafogo (LM-022) e no Capim Puba - Cemitério Jardim das Palmeiras (LM-023). As concentrações dos valores anômalos dessas amostras foram de 1ª ordem para os elementos Si, Ca e Mg. Para o Bi, apesar de estar presente nas amostras, as concentrações foram pouco significativas.

As concentrações elevadas de Ca, Na e Mg podem estar refletidas a partir da alteração de feldspatos, freqüentes nas rochas granulíticas do Complexo Anápolis-Itaçu. O Si pode ser encontrado em areias, argilas e cascalhos que formam os solos.

Os elementos químicos encontrados no resultado das análises químicas das amostras de água e sedimento de corrente foram diferentes. Nota-se que os aspectos físico-químicos da água nessa região tiveram influência principalmente na alta condutividade, na turbidez, na dissociação dos elementos e no baixo teor de oxigênio dissolvido. Os elementos químicos são mais transportados de forma isolada na água, que nos sedimentos de corrente. Os sedimentos retêm maior número de elementos e impurezas que a água. Eles refletem o quimismo da região.

Alguns dos metais presentes nos sedimentos de fundo, tanto na forma clástica quanto hidromórfica como Co, Cr, Sc, Ni, Ti, V e Zn, devem estar relacionados com insumos e resíduos de atividades industriais (LICHT, 2001).

Ainda que a quantidade de metais no carvão e no óleo seja pequena, a massa desses materiais, sendo queimada, resulta em quantidades muito grandes de mercúrio, cádmio, selênio e outros elementos, liberados para o meio ambiente (PORTO, 1991).

A contribuição de metais e seus íons na poluição ambiental preocupam principalmente por causa dos efeitos fisiológicos, mesmo em baixas concentrações. Em alguns casos, os efeitos no comportamento e no sistema nervoso são difíceis de serem detectados no seu estágio inicial: alguns metais se bioacumulam no corpo, de tal maneira que se pode passar de um estado crônico para um estado agudo, sem ser percebido. Finalmente, sendo as concentrações ambientais muito baixas, algumas fontes podem se tornar importantes.

7. CONCLUSÃO

A geoquímica é uma ciência holística, sistêmica e tem um enfoque intermultidisciplinar. Ela busca identificar e analisar os elementos químicos nos ambientes naturais e as alterações desses elementos nos ambientes antrópicos. A aplicação da geoquímica e da geologia médica nesta pesquisa apresentou uma base de dados de conhecimento da situação ambiental e das possíveis condições de saúde dos moradores das margens da bacia do ribeirão Anicuns.

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que os objetivos propostos neste trabalho mostraram clareza no desenvolver dos procedimentos metodológicos, assim como na análise e discussão dos dados.

O levantamento da situação ambiental da bacia do ribeirão Anicuns através da análise dos aspectos geológicos, geomorfológicos, das principais fontes de poluição e dos parâmetros físico-químicos da água e das concentrações do sedimento de corrente, apresentou-se como referência para a análise e a interpretação dos resultados obtidos.

Os resultados das amostras de sedimento de corrente Fase 1 (CF-S), coletadas pela CPRM, no programa PGAGEM, após terem sido submetido a um tratamento estatístico, e a confecção e análise dos mapas de distribuição dos elementos químicos selecionados serviram como subsídio para determinar os dez pontos de coletas das amostras de água e sedimento de corrente da Fase 2.

As análises químicas das amostras de água (LM) e sedimento de corrente Fase 2 (LMS) foram importantes para determinar as concentrações dos elementos químicos para definição das associações geoquímicas. Os mapas geoquímicos produzidos a partir das associações mostraram alterações nos níveis de concentrações dos elementos selecionados, de acordo com os pontos de amostragem.

A drenagem do córrego Capim Puba apresentou elevadas concentrações de elementos químicos tanto nas análises de sedimento de corrente Fase 1 (Bi, Hg, Sb, Sn, Hg, Zn, Cu, Cd) e Fase 2 (Sr, Cu, Pb, Ni, Ba, Ti, Te, Ca, Sn, Fe, B), como também na água (Si, Ca, Mg, Bi). Consideram-se

que essas concentrações estão diretamente relacionada à contaminação antrópica, caracterizada pela presença de lixo, esgotos domésticos e industriais, observando-se na água um forte odor de material em decomposição.

Nesta investigação observou-se que as concentrações de Césio e Mercúrio das amostras do córrego Capim Puba foram encontradas apenas em sedimento de corrente Fase1 nas amostras coletadas em 2004. Acredita-se que, com a implantação do projeto municipal Macambira/Anicuns, houve uma sensibilização e conscientização da população em relação à preservação e conservação do meio ambiente. Em função disso, muitas drenagens da bacia do ribeirão Anicuns não apresentaram alterações nos níveis de concentrações dos elementos químicos das amostras analisadas.

Os resultados analíticos do córrego Capim Puba, que foram aqui apresentados, merecem uma investigação mais específica e detalhada das causas e das conseqüências das alterações dos elementos químicos, de sedimento de corrente e água, no meio ambiente e na saúde humana.

A análise geoquímica de água na foz do ribeirão Anicuns com o rio Meia Ponte mostraram baixas concentrações para os seguintes elementos: Si, Ca, Mg, Bi. Essas concentrações podem estar relacionadas à litologia composta por sedimentos arenosos e argilo-arenosos ou mesmo a uma conseqüência da diluição das concentrações em função do maior volume de água.

As alterações das concentrações de Vanádio, Boro, Ferro e Nióbio encontradas nas amostras do ribeirão Anicuns, na ponte da avenida Anhanguera, no Setor Esplanada do Anicuns, revelaram uma contaminação antrópica relacionada à presença de esgotos indústrias, observando-se nas proximidades depósito de lixos, indústrias de papel, plásticos e têxtil.

Todavia, a partir da coleta, da análise e interpretação dos dados e dos resultados obtidos nesta pesquisa, verificou-se a importância de um planejamento político-ambiental e de um trabalho de educação ambiental na região da bacia do ribeirão Anicuns. Sabe-se que essa região abrange 70% da população de Goiânia e na maioria dos bairros não têm infra-estrutura de saneamento básico. No entanto, é necessário sensibilizar e conscientizar a

população ribeirinha da importância de se preservar e conservar a bacia hidrográfica do ribeirão Anicuns e sobre as consequências das alterações nos níveis de concentração dos elementos químicos, a fim de proporcionar uma qualidade na saúde humana dessa população.

Ao finalizar este trabalho notamos que tudo o que foi desenvolvido durante a pesquisa de referências bibliográficas, de campo e de laboratório, assim como as etapas de coleta do material, de seleção e interpretação dos dados, da discussão dos resultados e a conclusão é um começo para uma nova ciência, - a geoquímica – e que não deve ser parada por aqui. A vida depende do meio em que vivemos; portanto, cuidar dele é a nossa meta, para a manutenção da espécie humana e das outras espécies vivas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21. Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Capítulo 18. *Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos*. 1992.

ANDREOLI, C. V.; DALARMI, O. & LARA, A. L. *Limites ao Desenvolvimento da Região Metropolitana de Curitiba, Impostos pela Escassez de Água*. 9º SILUBESA - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA e AMBIENTAL. *Anais*. Porto Seguro, abr., 2000. p.185-195.

ARAÚJO, E. S. *Hidrogeoquímica no entorno de Goiânia (Rios Meia Ponte, João Leite e Santo Antônio): Um estudo comparativo da qualidade da água*. *Gazeta Tecnológica*, Informativa do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. (CREA-GO), Goiânia, v. 8, n.1, p. 2-8, 2002.

ARAUJO, E. S. & SILVA, L. H. *Comparação entre elementos químicos analisados por EE e AA em sedimentos de corrente na bacia do ribeirão Anicuns e sua relação com a saúde*. In: XLIII Congresso Brasileiro de Geologia. Aracaju, setembro de 2006.

ATSDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Evaluation de riesgo en salud por la exposición a residuos perigosos*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta. Georgia, 1995.

BAIRD, C. *Environmental Chemistry*. W.F. Freeman, New York, 1995.

BARBIERE, J. C. *Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da agenda 21*. Petrópolis, RJ. Vozes, 1997.

BIGAZZI, P.E. *Autoimmunity induced by metals*. In: Toxicology of Metals. MA USA, CRC Press, 1996. p. 835-852.

BOFF, L. *Saber cuidar: ética do humano – compaixão pela Terra*. Petrópolis, RJ. Vozes, 1999. p.118.

BRASIL - Ministério da Ciência e Tecnologia. Semana Nacional de Ciência e Tecnologia. *Geologia Médica – Uma nova Ciência*, 2005. Disponível em: <www.semanact.mct.gov.br>. Acesso em: 23 set. 2006. p. 01.

BRASIL. Resolução N^o. 344, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, de 25 de março de 2004. Estabelece diretriz geral e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 07 de maio de 2004.

BRASIL. Resolução N^o. 357, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, de 17 de março de 2005. Estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, março de 2005.

CANÇADO, E. L. Transcrito do Boletim no. 1, ano IX. da Faculdade de Medicina da USP. USP, 1999.

CASSETI, V. & NASCIMENTO, M.A.L.S. *Geomorfologia do município de Goiânia*: subsídios para a elaboração da carta de risco de Goiânia. IPLAM, 1991.

CASSETI, V. *Geomorfologia do município de Goiânia-GO*. Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, 12(1): 65-85, jan/dez., 1992.

CASSETI, V. *Elementos de Geomorfologia*. Goiânia, UFG, 2001.

CORDANI, U.G. *A formação do geólogo brasileiro numa sociedade em transformação* – a proposta da Universidade de São Paulo. A Terra em Revista, Belo Horizonte, 1997.

CORTECCI, G. *Geologia e Saúde*. Tradução Wilson Scarpelli. São Paulo, 2003.

CPRM. *Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil – Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás*. Goiânia, 1999. 176p.

CUNHA, B.C.C. da; BARBOSA, N.S.; PEREIRA, L.G. da M.; NASCIMENTO, M.A.L.S.; LOBATO, B.M.B. PODESTÁ FILHO, J.A. de; TARAPANOFF, I; MAGNANO, H. *Saneamento básico e problemas ambientais em Goiânia*. - 1992. Estudos e Pesquisas Informação Geográfica n. 1. IBGE, DIGEO, Rio de Janeiro, 1999.

CUNHA, B.C.C. *Impactos socioambientais decorrentes da ocupação da planície de inundação do ribeirão Anicuns: o caso da Vila Roriz*. Dissertação de Mestrado. IESA, UFG, Goiânia, 2000.

CUNHA, F.G.; MACHADO, G. J. *Manual simplificado sobre os procedimentos de coleta de água superficial e de consumo doméstico*. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003.

DARNLEY, A. G.; BJORKLUND, A.; BOLKVIDEN, B.; GUSTAVSSON, N.; KOVAL, P.V.; PLANT, J.A.; STEENFELT, A.; *A Global geochemical database for environmental and resource management: Recommendations for International Geochemical Mapping*. Paris: UNESCO, 1995. Final Report of IGCP Project 259.

DIAS, J.E. & GÓES, M.H.B. *Reurbanização dos Vales do Macambira e Anicuns: um estudo de impacto ambiental – EIA/DBO Engenharia Ltda*. Goiânia, 2004.

DISSANAYAKE, C. B.; CHANDRAJITH, R. *Medical Geochemistry of tropical environments*. Earth-Science Reviews, v. 47, 219-258. 1999.

ECRR. Recomendaciones Del Comité Europeo sobre los Riesgos de la Radiación. *Los efectos de la exposición a radiación ionizante a bajas dosis sobre la salud co aplicaciones sobre la protección radiactiva*. AMC. Madrid, 2004.

FREITAS, M. B., BRILHANTE, O. M. & ALMEIDA, L. M. *Importância da análise da água para a Saúde Pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: Enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio*. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro. 17(3): 651. 2001.

GOIÂNIA. Prefeitura Municipal. *Dados Gerais da Cidade de Goiânia*. Disponível em: www.goiania.go.gov.br. Acesso em: 19 de outubro de 2006.

GOIÂNIA. Prefeitura Municipal. Departamento de Estradas de Rodagens do Município de Goiânia – DERMU. *Projeto Macambira Anicuns – Estudo de Impacto Ambiental – EIA*. Goiânia, 2004. 263p.

GONÇALVES, A. & FERRARI, I. *Epidemiologia genética do hidrargirismo em atividades extrativistas no Centro-Oeste*. Manuscrito. Disciplina de Genética Médica, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, 1988.

HOROVITZ, C. T. *Is the major part of the periodic system really inessential for life* / J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis, 1988. p. 135-144.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. *Ocupação de encostas*. São Paulo, 1991.

KOLJONEN, T. *The geochemical atlas of Finland*, Part 2: Till. Geological Survey of Finland, 1992.

KORFALI, S. I. & DAVIES, B. E. A comparison of metal in sediments and water in the river Nahr-Ibrahim, Lebanon: 1996 ande 1999. In: *Environmental Geochemistry and Health*. Netherlands, 2003. p. 41-50.

LEFF, E. *Epistemologia ambiental*. São Paulo. Cortez, 2002. p. 139.

LEFF, E. *Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade e poder*. São Paulo, 2004. p. 313.

LICHT, O. A.B. *Prospecção Geoquímica: princípios, técnicas e métodos*. Rio de Janeiro. CPRM, 1998. 216p.

LICHT, O. A. B. *Geoquímica Multielementar na Gestão Ambiental. Identificação e Caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no estado do Paraná, Brasil*. Curitiba: UFP, 2001. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, 2001.

LIN, N. F., TANG, J. & BIAN, J. M. *O ambiente geoquímico e os problemas de saúde na China*. Tradução de Carlos Alberto Lins. 2003. Disponível em <www.cprm.gov.br/pgagem>. Acesso em 20 de maio de 2005.

LINS, C. A. C. *Manual de Geoquímica do PGAGEM*. CPRM, 2003.

LINDH, U. *Medical Geology: Impacts of the natural environment on public health*. Amsterdam: Elsevier, 2005. p.115-156.

LONG, E. R. & MORGAN, L. G. *The potential for biological effects of sediment-sorbed contaminants tested in the National Status and Trends Program*. NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration. Seattle, 1991 WA. 175 p.

MACÊDO, J. A. B. *Introdução à Química Ambiental: Química e Meio Ambiente & Sociedade*. Juiz de Fora, 2002. 487p.

MACEDO, J. A. B. *Métodos Laboratoriais de Análises físico-químicas e Microbiológicas*, 2ª. Ed. Belo Horizonte, 2003. 450p.

MAGALHÃES, T. *Perigo de morte (ou risco de via)*. *Bio*. 7: 4-9. 1995.

MAIA, Y.L.M. *Análise multielementar em água e sedimentos de corrente da bacia hidrográfica do Rio Meio Ponte na Região Metropolitana de Goiânia e sua relação com a saúde*. Goiânia: UCG, 2004. Dissertação de Mestrado, Universidade Católica de Goiás, 2004. 92 p.

MASON, C. F. *Biología de la contaminación del agua dulce*. S. I. 1980.

MATTOS, S. C. *Agenda 21 local, Plano Diretor e as questões socioambientais do município de Goiânia*. In: IX Simpósio de Geologia do Centro Oeste. Goiânia, 2005.

NEIVA, M.F.G. A qualidade ambiental em Goiânia. In: MARTINS JR., O.P. *Uma cidade ecologicamente correta*. Goiânia, AB. 1996. p.33-39.

NOMURA, S. — *Epidemiology of Minamata Disease*. Study Group of Minamata Disease, Kunamoto University, Japan, 1968.

OMAE, I. *Organotion Chemistry*. Library 21, Elsevier, Amsterdam, 1989. p. 297

PELIZZOLI, M. L. *A emergência do paradigma ecológico: Reflexões ético-filosóficas para o século XXI*. Petrópolis, RJ. Ed. Vozes, 1999. 160 p.

PHILIPPI Jr. A. *Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável*. USP, 2005.

PNUMA – Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes. 2001. Disponível em: <[www.mma.gov.br/qualidade ambiental](http://www.mma.gov.br/qualidade_ambiental)>. Acesso em: 02 de outubro de 2006.

PORTO, R. L. L. (Org.) *Hidrologia Ambiental*. São Paulo. USP, 1991.

PORTO, M.F. A. *Sistemas de gestão da qualidade das águas: uma proposta para o caso brasileiro*. São Paulo; 2002. Tese de Livre-Docência, Escola Politécnica da USP.

QIAN, Y. Simpósio Internacional de Geoquímica Ambiental, 24 a 27 de setembro de 2006. Beijing, China, 2006.

RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. Tradução de Cecília Bueno e Pedro Lima. Rio de Janeiro. Ed. Guanabara Koogan, 1996. 470p.

RODRIGUEZ, A. F. *Os Caminhos da águas. Agronalysis*. 18: 6-22. 1988.

SACCHETTI, A. *L'uomo Antibiologico*. Riconciliare Società e Natura. Feltrinelli, Milano, 1997.

SCARPELLI, W. *Introdução à Geologia Médica*. I FENAFEG Igc da USP, 2003. Disponível em. <www.cprm.gov.br/pgagem>. Acesso em 27 de setembro de 2006.

SHILS, J. & SHIKE, M. Modern Nutrition in health and disease. Biol. Trace Element. *Reserch*. 29: 133-136. 1994.

SGM-GOIÁS - *Diagnóstico Hidrogeológico da Região de Goiânia*. Secretaria da Indústria e Comércio - Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia, 2003.

SILVA, G. & OLIVEIRA, I. J. *Impactos Ambientais na Bacia do Ribeirão Anicuns/Goiânia*. UFG, 2004.

SINGH, H. *Base Teórica para a Geologia Médica*. Programa Nacional de Geoquímica Ambiental – PGAGEM. Tradução de Carlos Alberto Cavalcanti Lins, 2003.

SPIRN, A. W. *O Jardim de Granito*. São Paulo: USP, 1995.

STEINDELLNER. H. *Genotoxic effects of heavy metals: comparative investigation with plant bioassays. Environ Mol Mutagem.* 31: 91-183.1998.

WEBB, J.S. *Environmental problems and the exploration geochemist.* In: *Geochemical Exploration*, 1974. Amsterdam: Elsevier, 1975. p. 5-17.

WILSON, E. O., Org. *Biodiversidade.* Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, 1997. 656 p.

WINTER, M. University of Sheffield. *Web Elements*, 1998.

WHO. *Environmental Health Criteria: Mercury.* Geneva, 1976

WOFF, S. *Legislação Ambiental Brasileira: grau de adequação à Convenção sobre Diversidade Biológica.* Brasília. MMA, 2000.88p.

ANEXOS

Anexo A Tabela de Referência, Sintomatologia e Ação dos Elementos Químicos.

Anexo B Mapa Geomorfológico da bacia do ribeirão Anicuns.

Anexo C Tabela do CONAMA - Resolução N^o. 357/2005.

Anexo D Tabela da NOAA.

Anexo A Tabela de Referência, Sintomatologia e Ação dos Elementos Químicos

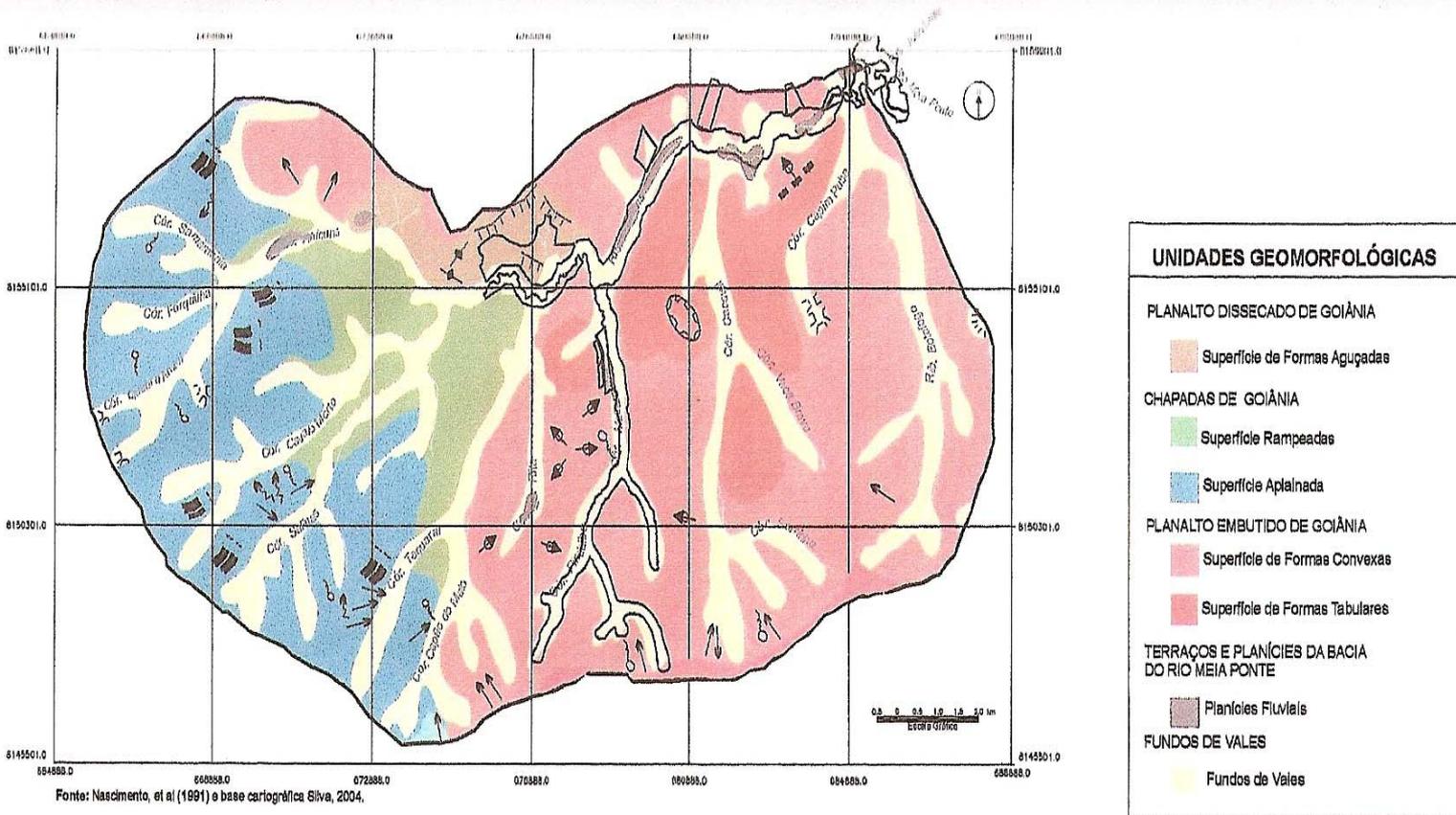
Elemento Químico	Concentração Normal-USRDA	Sintomatologia	Observação
1 - Cobre	100 – 150mg	(B): anemia; (A); complicações hepato-renais, cirrose hepática.	Uso de sulfato de cobre na agricultura
2 - Iodo	150ug	(B): papeira, creatinismo	Solo lixiviado. Alimentação
3 - Fluor	0,5 – 1,5mg	(B): não evita carie; (A): Fluorose dental, esquelética.	Rochas magmáticas
4 – Selênio	0,04 – 0,1mg	(A): câncer, distrofia muscular, degeneração do músculo cardíaco.	Síndrome de Keshan (China)
5 - Arsênio	10 – 50ppb	(A): conjuntivite, queratose, tumores na bexiga, fígado e pulmões.	China, México e região de mineração.
6 – Mercúrio		(A): tonteira, cegueira, surdez e distúrbios na fala, paralisia cerebral.	Baía de Minamata no Japão.
7 - Cádmio		(A): amolecimento dos ossos, danos nos rins, enfisema pulmonar.	Usado em produtos industrializados, corantes.
8 - Manganês	2 – 5mg	(A): oclusões coronárias, artrite reumatóide, alucinações.	Loucura mangânica.
9 - Zinco	12 – 15mg	(B): perda de cabelo, inapetência, disfunções sexuais e congênia	Alimentação: carne, ovos, leite e integrais.
10 - Chumbo		(A): encefalopatia, cancerígenos.	Gases de descargas de automóveis e gasolina.
11 - Alumínio		(A): Doença de Alzheimer, problemas renais, distrofia óssea.	Alumínio liga ao DNA.
12 - Cálcio	800-1200mg	(N): Fortalecimento dos ossos e dentes; coagulação sanguínea.	Decarconização de ligas ferrosas e não ferrosas.
13 - Cromo	50 - 200µg	(N):Metabolismo açúcar (B)resistência a insulina (A): lesões cerebrais, mutagênico.	Produção de aço e curtimento de couros.
14 - Ferro	10 – 15 mg	(N) Constituinte da hemoglobina (B) anemia (A) ferritina	Ferramentas industriais e utensílios domésticos.
15 - Magnésio	280 – 350 mg	(N) Contração muscular e presença em enzimas.	Material refratário e fornos de ferro e aço
16 - Molibdênio	75 - 250µg	(N) enzimas que participam das reações de óxido-redução.	Oxidação de aldeídos.
17 – Fósforo	800 – 1200mg	(N) Saúde dos ossos e produção de energia.	Participam das reações químicas.
18 - Potássio	2000 – 3500mg	(N) Atua nas contrações musculares e transmissão de impulsos nervosos.	
19 - Sódio	500 – 2400mg	(N) Manutenção do equilíbrio hidrossalino e contração muscular.	Transmissão de Impulsos nervosos.
20 - Cobalto		(N) Promove o crescimento e desenvolvimento de animais e atua nos processos biológicos.	Produção de aço, usos químicos e cerâmicos.
21 - Níquel		(A) Alterações cardíacas, neurológicas e musculares; câncer	Indústria automotiva, aços inoxidáveis.

		de pulmões.	
22 - Bário		(A) Hipertensão arterial, diminuição dos reflexos nervosos e destruição do cérebro e fígado.	É usado nas indústrias, na combustão de carbono e óleos.
23 - Boro		(A) diarreia, vômitos, hipotensão e coma.	Reduz a excreção urinária de cálcio e magnésio.
24 - Estrôncio		(A) Mutagênico	O Estrôncio 90 é radiativo, reações nucleares e arma.
25 - Tálho		(A) Destruição do sistema respiratório e digestivo.	Usado em veneno de rato e indústrias eletrônicas.
26 - Titânio		(A) Tetracloreto de titânio é irritante para a pele e sistema respiratório.	Tintas domésticas e industriais e indústria automotiva.
27 - Vanádio		(N) Contração de fibras musculares cardíacas e bomba de sódio.	Usado como aditivo de aços, indústria de cerâmica
28 - Antimônio		(A) Destruição do sistema respiratório	Usado em placas de baterias, revestimento de cabos.
29 - Estanho		(A) Câncer de pulmões	É adicionado ao cigarro, usado no PVC.
30 - Césio		(A) Provoca queimaduras, vômitos, diarreia e até a morte	Altamente radiativo.

FONTE: Cortecci, 2003; Miranda, 2005.

- (A): Alto nível de concentração
 (B): Baixo nível de concentração
 (N): Normal

Anexo B Mapa Geomorfológico da bacia do ribeirão Anicuns



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS		
Drenagem	Limite da Bacia - Influência Indireta	Área de Influência Direta
FORMAS INFLUENCIADAS PELA LITOLOGIA E ESTRUTURA	FORMAS DE VERTENTES	FORMAS DE AGRAÇÃO E DEGRADAÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> Ruptura de Declive Linha de Falha ou Fratura Rupturas de Declive 	<ul style="list-style-type: none"> Cabeceira de Drenagem Crieta Vertente Convexa Vertente Retilínea 	<ul style="list-style-type: none"> Escoamento Laminar Ravina Dela Terraço Estrutural ou Rochoso Escoamento Concentrado

<p>Prefeitura de Goiânia Você fazendo parte</p>	<p>DERMU</p>	<p>DBO ENGENHARIA</p>
EIA DO PROJETO MACAMBIRA-ANICUNS		
TÍTULO: MAPA DE GEOMORFOLOGIA DA BACIA		FIGURA: 03

Anexo C Tabela do CONAMA - Resolução N°. 357/2005

RESOLUÇÃO DO CONAMA N°. 357 DE 17 DE MARÇO DE 2005

PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA – CLASSE 1 – ÁGUAS DOCES

PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila	10µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2mm/L
Sólidos dissolvidos totais	500mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1mg/L Al
Antimônio	0,005mg/L Sb
Arsênio atotal	0,01mg/L As
Bário total	0,7mg/L Ba
Berílio total	0,04mg/L Be
Boro total	0,5mg/L Cd
Cádmio total	0,001mg/L Pb
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,005mg/L CN
Cloreto total	250mg/L Cl
Cloro residual total	0,01mg/L Cl
Cobalto total	0,05mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009mg/L Cu
Cromo total	0,05mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3mg/L Fe
Fluoreto total	1,4mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,020mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário)	0,015mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico)	0,1mg/L P
Lítio total	2,5mg/L Li
Manganês total	0,1mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002mg/L Hg
Níquel total	0,025mg/L Ni
Nitrato	10,0mg/L N
Nitrito	1,0mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH<7,5 2,0mg/L N, para 7,5 < pH < 8,0 1,0mg/L N, para 8,0 < pH < 8,5 0,5mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01mg/L Ag
Selênio total	0,01mg/L Se
Sulfato total	250mg/L SO ₄
Sulfeto (H ₂ S não dissolvido)	0,002mg/L S
Urânio total	0,02mg/L U
Vanádio	0,1mg/L V
Zinco total	0,18mg/L Zn

Anexo D Tabela da NOAA



Screening Quick Reference Table for Inorganics in Solids

These tables were developed for internal use for screening purposes only; they do not represent official NOAA policy and do not constitute criteria or clean-up levels. All attempts have been made to ensure accuracy; however, NOAA is not liable for errors. Values are subject to changes as new data become available.



(values in ppb dry weight)

COMPOUND	FRESHWATER SEDIMENT					MARINE SEDIMENT				SOIL		
	"Background" ¹	Lowest ARCs <i>H. azteca</i> TEL	Threshold Effects Level (TEL)	Probable Effects Level (PEL)	Upper ² Effects Threshold (UET)	Threshold Effects Level (TEL)	Effects Range-Low (ERL)	Probable Effects Level (PEL)	Effects Range Median (ERM)	Apparent ³ Effects Threshold (AET)	Background Geometric Mean Range	
Predicted Toxicity Gradient: ← → Increasing 												
ALUMINUM (Al) (%)	0.26%	2.55%			3,000 M					1.8% N 9,300 E	4.7% 480	0.5- >10% bd-8,800
ANTIMONY (Sb)	160				17,000 I	7,240	8,200	41,800	70,000	35,000 B	5,200	bd-97,000
ARSENIC (As)	1,100	10,798	5,900	17,000						48,000 A	440,000	10,000-0.5%
BARIUM (Ba)	700									3,000 N		
CADMIUM (Cd)	100-300	583	596	3,530	3,000 I	676	1,200	4,210	9,600	62,000 N	37,000	1000-0.2%
CHROMIUM (Cr)	7,000-13,000	36,288	37,300	90,000	95,000 H	52,300	81,000	160,400	370,000	10,000 N	6,700	bd-70,000
COBALT (Co)	10,000									390,000 MO	17,000	bd-700,000
COPPER (Cu)	10,000-25,000	28,012	35,700	197,000	86,000 I	16,700	34,000	108,200	270,000	22% N	1.8%	0.01- >10%
IRON (Fe) (%)	0.99-1.8 %	18.84%			4% I					400,000 B	16,000	bd-700,000
LEAD (Pb)	4,000-17,000	37,000	35,000	91,300	127,000 H	30,240	46,700	112,180	218,000	260,000 N	330,000	bd-0.7%
MANGANESE (Mn)	400,000	630,000			1,100,000 I					410 M	58	bd-4,600
MERCURY (Hg)	4-51		174	486	560 M	130	150	698	710	110,000 EL	13,000	bd-700,000
NICKEL (Ni)	9,900	19,514	18,000	35,900	43,000 H	15,900	20,900	42,800	51,800	1,000 A	260	bd-4,300
SELENIUM (Se)	290									3,100 B		
SILVER (Ag)	<500				4,500 H	730	1,000	1,770	3,700		120,000	bd-0.3%
STRONTIUM (Sr)	49,000									> 3,400 N as TBT	890	bd-10,000
TIN (Sn)	5,000									57,000 N	58,000	bd-500,000
Vanadium (V)	50,000				520,000 M	124,000	150,000	271,000	410,000	410,000 I	48,000	bd-0.29%
ZINC (Zn)	7,000-38,000	98,000	123,100	315,000	130,000 M					4,500 MO		
SULFIDES												

1 "Background" values are derived from a compilation of sources, but come primarily from Int. Joint Comm. Sediment Subcommittee (1988).

2 Entry is lowest, reliable value among a compilation of AET levels: I - Infaunal community impacts; H - *Hyalella azteca* bioassay; M - Microtox bioassay

3 Entry is lowest value among AET levels: I - Infaunal community impacts; A-Amphipod; B-Divalve; M-Microtox; O-Oyster larvae; E-Echinoderm larvae; L-Larval_{max}; or, N-Neanthes bioassays

SOURCES:

Sediments: FTI Environ. Serv., Contaminated Sediments Criteria Rpt., 1988; Wash. Dept. Ecol. Pub. 95-208, 1995 and 97-323a, 1997; J. Great Lakes Res. 22(3):624-638, 1996; Gries & Waldow, Puget Sound Dredged Disposal Analysis Rpt., 1996; Environ. Manage. 19(1):81-97, 1996; The AET Approach: Briefing Rpt. to the EPA SAB, Sept. 1996; Int. Joint Comm., Procedures for Assessment of Contaminated Sediments in the Great Lakes, 1988; Ecotox. (5):255-278, 1996; EPA Rpt. 905-R96-008, Sept. 1996; WAC Chapter 173-204; J. Great Lakes Res. 22(3):602 - 623, 1996.

Soil: Shaklette and Boergen 1984; USGS Prof. Paper 1270; bd denotes below detection limits.

FOR MORE INFORMATION CONTACT:

Michael Buchman
NOAA/HAZMAT

7600 Sand Point Way N.E.
Seattle, Washington 98115-0070
Tel: 206•526•6340
Fax: 206•526•6866
Internet: MFB@HAZMAT.NOAA.GOV

HAZMAT REPORT 99-1