

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**NÚCLEO DE PESQUISAS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - NUPEB**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**LABORATÓRIO DE EPIDEMIOLOGIA**

**Geomedicina: Distribuição geográfica dos  
elementos químicos na água de abastecimento e  
no soro da população urbana de Ouro Preto,  
Minas Gerais, 2006.**

Autora: Cléia Costa Barbosa

Orientador: Prof. Dr. George Luiz Lins Machado-Coelho

Co-orientador: Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Jr.

Ouro Preto - 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**NÚCLEO DE PESQUISAS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - NUPEB**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**LABORATÓRIO DE EPIDEMIOLOGIA**

**Distribuição geográfica dos metais e metalóides na água de  
abastecimento urbano e sua relação com os níveis séricos de elementos-  
traço na população de Ouro Preto, Minas Gerais, 2006.**

Autora: Cléia Costa Barbosa

Orientador: Prof. Dr. George Luiz Lins Machado-Coelho

Co-orientador: Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Jr.

Tese apresentada à Banca Examinadora, Núcleo de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas. Área de concentração: Bioquímica Estrutural e Fisiologia.

Ouro Preto - 2009

*Essa conquista é dedicada aos meus grandes mestres e meus pais Cypriano e Inês, ao meu amor Marcelo e nossos filhos queridos Anna Carolina e Alexandre, minhas eternas fontes de inspiração e alegria. Obrigada, DEUS!*

## **Agradecimentos especiais**

*“O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.”* Assim são as pessoas que muito me auxiliaram nessa etapa:

### *Aos professores*

- George Luis Lins Machado - Coelho, muito mais que orientador; é grande doutor, professor amigo, prestativo, presente e, principalmente, sábio no uso das palavras.
- Hermínio Arias Nalini Junior. - co-orientador, por muitas vezes grande direcionador que soube me acalmar nos momentos difíceis.
- José Fernando Paiva - sempre centrado em suas atividades e criterioso nas etapas de análises.
- Sílvia Nascimento de Freitas - minha eterna professora e que muito auxiliou no treinamento da equipe.
- Roney Luiz de Carvalho Nicolato, do Laboratório de Análises Clínicas da Escola de Farmácia (LAPAC), Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) - sempre confiante, bem humorado e com palavras de carinho e estímulo. Agradeço também à sua equipe.
- Olguita Geralda Ferreira Rocha, do Laboratório da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) - pela oportunidade de ampliação das análises, sempre com muito rigor.
- Aos professores do mestrado em Recursos Hídricos/ Pró-Água, que me deram base para prosseguir.
- Aos professores do doutorado/ NUPEB/UFOP que muito me ensinaram.

### *À minha família*

- Ao meu pai, que a todo instante me reensina como devemos nos amar em primeiro lugar; e à minha mãe, que reza e me apóia incondicionalmente; ao meu esposo Marcelo, minha alma gêmea, sempre presente.
- Aos meus filhos, sobrinhos(as) e mais ainda a Sue, sobrinhos-netos, cunhados (as), irmãos: Cleide, Creni, Ivair, Ivan, Ivaci, Cleusa, Ivaldo, Ivar, Cleise e aos “Barbosa”, que, com o jeito próprio de cada um ser, sempre me apoiaram e entenderam.

### *Aos colegas e amigos*

- Aos alunos de Iniciação Científica e estagiários, bolsistas ou voluntários, que trabalharam comigo, em especial: Larissa, Ana Lara, Peh, Lunara, Patrícia, Nina, Vinícius, Marco, Júlia. Vocês passaram a ser grandes amigos. Podem contar comigo.
- Aos colegas do NUPEB, do LEPI (TODOS e mais ainda os amigos: Silvia, Ana Paula, Marília, Lílian, Alekson e Alexandra), do LgQA (em especial Adriana e Celso), e do LAPAC (em especial Roney, Cássio e Adão) pela agradável convivência. Sentirei saudades desses bons tempos!
- Aos nutricionistas: Gabriel, Luiza, Raquel, Rogéria e Simone que acolheram os participantes deste estudo, dando continuidade aos atendimentos nas Unidades Primárias de Saúde (UPS) próximas aos seus domicílios. Ainda temos muito por fazer!

Aos anjos da guarda que aqui se apresentaram com o nome de: Inez, Déscio França, Geovana, Amâncio, Flávia, Ivaldo, Thomas Schmitz, Cláudia Castro, Andréa, Luciana Savoi, Lili, Beth, Gisela, Lurdinha, Ângela, Marília Borges, Meka, Barbosa, Issa, Gabriel Polli, Bel, Leandra e Marcelo Barbosa.

*Às Instituições/Pessoas*

- Maria Aparecida Reis Trópia, secretária do NUPEB, sempre presente e prestativa.
- Escola de Farmácia, na pessoa de seu Diretor Dr. Luiz Fernando de Medeiros Teixeira.
- Pró- Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação (PROPP/PIB/ UFOP), em especial ao Prof. Tanus Jorge Nahen.
- Fundação Gorceix (FG) – Projeto Cátedra Unesco/UFOP “Água, Mulheres e Desenvolvimento”, principalmente a Telma.
- Empresa Barbosa & Andrade Engenharia e Serviços (B&A).
- Secretarias da Prefeitura Municipal de Saúde de Ouro Preto/MG: Saúde, SEMAE (Cláudio, Xerife, Cristiane), Obras (Júlio, Daniel) e do Meio Ambiente, e seus funcionários.
- Eleonora Deschamps, FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente, e ao IGAM - Instituto Mineiro de Gestão de Águas/SISEMA - Sistema Estadual de Meio Ambiente (João Antônio).
- EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais e seus funcionários: Elmer Luis de Almeida, Márcio Stoduto, Alice, Maurício.
- Grupos de estudo: VAMINAS (KIKI, e todos os membros); NEAMBA- Núcleo Interdisciplinar de Estudos Ambientais Avançados (Cláudio Donnici).
- Biblioteca do Departamento de Medicina da UFOP (minha amiga: Regina Gontijo Cançado Viana).
- E, também, à banca de qualificação, pela leitura e avaliação criteriosa que melhoraram este trabalho.

E agradeço ainda aos que não mencionei e que direta ou indiretamente me auxiliaram, o meu MUITO OBRIGADA! E, é claro, a DEUS!

*"Os antigos que desejaram demonstrar suas virtudes ilustres por todo o império, primeiro organizaram bem seus próprios Estados. Desejando organizar bem seus próprios Estados, primeiro regularam suas famílias. Desejando regular suas famílias, primeiro cultivaram suas personalidades. Desejando cultivar suas personalidades, primeiro corrigiram seus corações. Desejando corrigir seus corações, primeiro procuraram ser sinceros em seus pensamentos. Desejando ser sinceros em seus pensamentos, primeiro aumentaram ao máximo seu conhecimento. Esse aumento de conhecimento baseava-se na investigação das coisas."*

*Confúncio.*



## RESUMO

As doenças não-transmissíveis representam a principal causa de mortalidade e de incapacitação no mundo e são responsáveis por 59% dos 56,5 milhões de óbitos anuais. Ultimamente vem-se considerando o papel dos elementos-traço, que direta ou indiretamente podem ser fatores de risco ou de proteção para doenças. Em Ouro Preto/MG, apesar de existirem indícios sobre a relação da água contaminada com doenças não transmissíveis, as informações sobre o mapeamento da água consumida não são claras e as correlações com as análises em soro ainda não foram estudadas. Desta maneira, esse estudo descritivo teve como objetivo avaliar a correlação entre a concentração dos elementos químicos na água de abastecimento da área urbana e os níveis de elementos-traço no soro dos indivíduos, além de determinar a distribuição geográfica desses elementos. A amostra foi composta pela coleta em 392 domicílios/indivíduos selecionados por setor censitário, de forma aleatória, e 19 pontos da rede de abastecimento. As análises na água foram realizadas pelas técnicas: ICP OES, e voltametria cíclica e as no soro: ICP OES. As informações sobre serviços e infra-estrutura foram obtidas através de questionários e relatórios, envolvendo os 16 sistemas oficiais de abastecimento urbano, que compreendem 36 redes de distribuição de água. No período seco foram observadas concentrações de As, Fe, Mn, Cd e Pb acima das estabelecidas pelas leis vigentes. No período chuvoso, observaram-se alterações anômalas nos valores de Al, Cd, Pb e Fe. As análises do soro apresentaram concentrações de elementos-traço acima dos valores de referência para o Al, Cd, Fe, Mn, Pb, Sr, e apresentaram correlação significativa ( $p < 0.05$ ) entre as regiões geográficas para a ferritina, Pb e Li. Não houve associação significativa entre a dosagem dos elementos-traço no soro estudados e as concentrações observadas na água de abastecimento, mesmo entre os elementos comuns ao Quadrilátero Ferrífero. A média das concentrações de Pb sérico foi maior ( $p = 0,010$ ) entre os homens. Esse estudo delineou as características da água de abastecimento, observou a concentração de elementos-traço nos soros dos indivíduos e agregou novos eventos à saúde urbana de Ouro Preto/MG, fornecendo direcionamento aos gestores. Faz-se, portanto necessário uma maior atuação e controle dos órgãos municipais, sobre a água de abastecimento, visando à melhoria da qualidade de vida da população.

**Palavras chaves:** água potável, elementos químicos, saneamento básico, elementos-traço, georreferenciamento, Ouro Preto.

## ABSTRACT

Non transmissible diseases represent the main cause of mortality and disability in the world and are responsible for 59% of the 56.5 million deaths annually. Nowadays it is being considered the role of the trace elements, which direct or indirectly can be the risk factors or the protector factors for diseases. In Ouro Preto/ MG, in spite of the signs about the relation between the contaminated water with non transmissible diseases, information about the screening of the consumed water are not clear and the correlations with the analyses in serum were still not studied. In this way, this descriptive study assessed the correlation between **chemical elements**' concentrations at the supply urbane area water and the levels of trace elements at the individuals' serum, as well as determining the geographical distribution of these elements. The analyzed sample included 392 residences / individuals selected by census sector, in a random form, and 19 points of the net supply. The water analyses involved two techniques: inductively coupled plasma atomic optical emission spectrometry (ICP OES) and cyclic voltammetry and the serum analyses: ICP OES. Information about services and infrastructure were obtained through questionnaires and reports, containing 16 official supply urbane systems, which provide 36 networks of water distribution. In the dry season, concentrations of As, Fe, Mn, Cd, and Pb observed were higher than the established ones. In the humid season, abnormal alterations were observed in the concentrations of Al, Cd, Pb, and Fe. The serum analyses presented trace elements concentrations higher than the values of reference for Al, Cd, Fe, Mn, Pb, Sr, and presented significant correlation ( $p < 0.05$ ) between the geographical regions for the ferritina, Pb and Li. There was no significant association between the dosage of the studied trace elements and the concentrations observed in the supply water, even between the common elements to the Quadrilátero Ferrífero. The Pb concentrations average was higher ( $p=0,010$ ) between the men. This study outlined the characteristics of the supply water, observed the concentration of trace elements in the individuals' serum and aggregated new events to the urbane health of Ouro Preto/MG, supplying directions to the public managers. It is therefore necessary to increase performance and controlling by municipality body, on the supply water, aiming for the improvement of the quality of the population life.

**Key-words:** drinking waters, chemicals elements, basic sanitation, element-trace, Ouro Preto.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1. Água de abastecimento urbano.....	4
2.1.1. Leis normativas vigentes.....	5
2.1.2. Abastecimento de água da área urbana de Ouro Preto/MG.....	6
2.2. Elementos na água, no solo e no organismo.....	9
2.3. Toxicidade dos elementos químicos.....	11
2.3.1. Elementos essenciais comuns a todas as águas: K, Na, Ca, Mg....	12
2.3.2. Elementos essenciais e simultaneamente microcontaminantes com potencial para toxicidade: Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, Zn.....	14
2.3.3. Elementos microcontaminantes ambientais de maior toxicidade: As, Be, Cd, Cr, Pb, Hg, Ni.....	22
2.3.4. Elementos microcontaminantes ambientais relatados para terapia médica: Al, Sb, Li .....	37
2.3.5. Elementos microcontaminantes ambientais com menor toxicidade: Ba, Ti, Sn,V.....	41
3. JUSTIFICATIVA.....	44
4. OBJETIVOS.....	46
4.1. Objetivo geral.....	47
4.2. Ojetivos específicos.....	47
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	48
5.1. Desenho e período do estudo.....	49
5.2. Área de estudo.....	53
5.3. Critérios de inclusão no estudo.....	53
5.4. População do estudo.....	53
5.5. Instrumentos de coleta de dados.....	55
5.5.1. Coleta de informações sobre serviços, infra-estrutura, comportamentos de vida e suas classificações.....	55
5.5.2. Análise da água.....	55
5.5.2.1. Classificação das redes ou caminhos percorridos pela água....	56
5.5.2.2. Coleta de água.....	56

5.5.2.3. Análises físico-químicas dos elementos químicos na água....	57
5.5.2.4. Padrões de potabilidade para o pH e para dos elementos químicos na água.....	58
5.5.3. Análise de elementos-traço no soro.....	60
5.5.3.1. Coleta do soro.....	60
5.5.3.2. Metodologia de análise de soro.....	60
5.5.4. Geoprocessamento.....	61
5.6. Controle de qualidade.....	61
5.7. Processamento e análise dos dados.....	62
5.8. Aspectos principais das intervenções.....	63
6. RESULTADOS.....	64
6.1. Características sócio-demográficas da amostra.....	65
6.2. Caracterização dos resultados das análises das amostras de água.....	69
6.2.1. Distribuição geográfica dos pontos de coleta da água de abastecimento.....	71
6.2.2. O pH e a temperatura das águas amostradas.....	75
6.2.3. Concentrações dos elementos químicos nas águas coletadas nos domicílios.....	76
6.2.4. Concentrações dos elementos químicos nas águas coletadas nos reservatórios e captações .....	80
6.2.5. Distribuição geográfica das análises realizadas nas amostras da água.....	81
6.2.6. Análise descritiva dos elementos químicos da água nas amostras que apresentaram valores acima do máximo permitido nas legislações vigentes .....	87
6.2.7. Análise descritiva dos elementos químicos quanto aos sistemas e redes de abastecimento de água.....	89
6.3. Caracterização dos resultados das análises das amostras do soro.....	93
6.3.1. Concentração dos elementos-traço no soro.....	93

6.3.2. Análises dos elementos-traço e a distribuição geográfica por PACS.....	94
6.3.3. Correlações entre as concentrações dos diferentes elementos-traço e variáveis sócio-demográficas.....	97
6.3.4. Relação entre os elementos-traço.....	97
6.4. Correlação entre os níveis dos elementos na água e no soro .....	100
7. DISCUSSÃO .....	103
7.1. Saúde urbana.....	104
7.2. Contaminações pontuais do arsênio.....	105
7.3. Contaminações pontuais do ferro e manganês.....	107
7.4. Contaminações pontuais do cádmio.....	109
7.5. Contaminações pontuais do chumbo.....	110
7.6. Contaminação de um percurso específico da rede por alumínio.....	111
7.7. Contaminação específica a altos teores de cálcio, magnésio, sódio e potássio.....	113
7.8. Fatores associados com a contaminação da água.....	113
7.9. Comentários gerais sobre a importância do controle da qualidade da água.....	115
8. LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	117
9. CONCLUSÕES.....	119
10. RECOMENDAÇÕES.....	121
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
12. ANEXOS.....	146

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO I - Distribuição de setores (bairros), por região do programa de agentes comunitários (PACS)	147
ANEXO II - Termo de consentimento	149
ANEXO III - Termo de consentimento pós-informação	151
ANEXO IV - Modelos de questionários aplicados	152
ANEXO V - Orientações gerais do manual de instruções para o entrevistador	167
ANEXO VI - Modelo da ficha A utilizada pelo Ministério da Saúde	170
ANEXO VII - Distribuição da água de abastecimento urbano de Ouro Preto/MG.	172
ANEXO VIII - Quadros (A, B, C, D, E, F): Descrição dos dados observados em relação aos elementos analisados na água coletada.	189
ANEXO IX - Tabela A: Legislações vigentes sobre os valores máximos permitidos ( $\mu\text{g/L}$ ) em água de abastecimento para os elementos químicos encontrados com teores elevados.	197
ANEXO X - Histogramas das concentrações ( $\mu\text{g/L}$ ) dos <b>dos elementos químicos</b> nas amostras das águas coletadas no abastecimento urbano. Ouro Preto, 2006/2007.	198

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AAS - Análise por espectrofotometria de absorção atômica

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR

Al - Alumínio

As – Arsênio ou Arsênico

ATSDR - *Agency for toxic substances and disease registry*

Ba - Bário

Be - Berílio

Ca - Cálcio

CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Cd - Cádmiio

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

Co - Cobalto

COPAM - Conselho Estadual do Meio Ambiente

COPASA -

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONSEA –

Cr - Cromo

Cu - Cobre

DCV - Doenças cardiovasculares

DETEC/EMATER – Departamento Técnico da Empresa de Assistência Técnica e

Extensão Rural de Minas Gerais

ET – Elementos-traço

ETA- Estação de tratamento da água de abastecimento

FEAM – MG - Fundação Estadual do Meio Ambiente

FEBEM –

Fe - Ferro

GEOCOP -

Hg - Mercúrio

IARC - *International Agency for Research on Cancer*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC – Intervalo de confiança (95%)

ICP - MS - Espectrometria de Massa Acoplado a Plasma de Argônio Induzido

ICP OES - Espectrometria de Emissão Ótica Acoplado a Plasma de Argônio Induzido

IDH - Índices de Desenvolvimento Humano

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

ISO -

K - Potássio

LAPAC/EF/UFOP - Laboratório Piloto de Análises Clínicas da Escola de Farmácia da Universidade Federal de Ouro Preto/MG

LDM - Limite de Detecção do Método

Li - Lítio

LgQA/ DEGEO/UFOP - Laboratório de Química Analítica do Departamento de Geologia da Escola de Engenharia Universidade Federal de Ouro Preto/MG

LQ - Limite de Quantificação da Amostra

LQP - Limite de Quantificação Praticável

Mg - Magnésio

Mn - Manganês

Mo - Molibdênio

Na - Sódio

NHANES - *National Health and Nutrition Examination Survey*

Ni - Níquel

NIST - *National Institute of Standard and Technology*

NRC - *National Research Council*

OMS - Organização Mundial da Saúde = WHO - *World Health Organization*

OPAS – Organização Pan Americana da Saúde

PACS – Programa de Agentes Comunitários/ Ministério da Saúde

PMOP – Prefeitura Municipal de Ouro Preto/MG

Pb - Chumbo

RDI - Recomendações Diárias de Ingestão

RDH – Relatório de Desenvolvimento Humano

RR – Risco Relativo

Sb - Antimônio

Se - Selênio

SEMAE - Serviço Municipal de Água e Esgoto



SINVSA - Subsistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental

Sr - Estrôncio

Ti - Titânio

UNESCO –

UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto/MG

UTM -

V- Vanádio

VIGIAGUA - Vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano

VMP - Valor Máximo Permitido

IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry

Zn – Zinco

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Relações entre geodisponibilidade dos elementos químicos e efeitos tóxicos sobre os organismos.	9
Figura 2 - Identificação de fatores de risco maiores para aterosclerose e sugestão da produção de espécies de oxigênio reativo (potencial redox) por excesso de Cu e Fe livres, oxidação de LDL (lipoproteína de baixa densidade) por Fe e Cu, e interação do Fe e Cu com homocisteína.	17
Figura 3 - Mapa acentuando as principais áreas geológicas de MinasGerais/Brasil destacando o Quadrilátero Ferrífero.	50
Figura 4 - Mapa Geológico de Ouro Preto/MG, 2003.	51
Figura 5 - Setores censitários da sede do município. Ouro Preto/MG, 2006.	52
Figura 6 - Distribuição geológica da área urbana do município, por setores censitários. Ouro Preto/MG, 2006.	53
Figura 7 - Fluxograma da coleta de dados. Ouro Preto/MG, 2006/2007.	55
Figura 8 - Fluxograma dos pontos de coleta de água. Ouro Preto/MG, 2006/2007.	70
Figura 9 - Mapa da rede de distribuição de água de abastecimento urbano. Ouro Preto/MG, 2006.	72
Figura 10 - Mapa da distribuição geográfica dos tipos de água dos sistemas de abastecimento urbano. Ouro Preto/MG, 2006.	74
Figura 11 - Mapa da distribuição geográfica dos resultados encontrados nas	78

- análises **dos elementos químicos** , no período seco. Ouro Preto/MG, 2007.
- Figura 12 - Mapa da distribuição geográfica dos resultados encontrados nas análises **dos elementos químicos dos elementos químicos**, no período chuvoso. Ouro Preto/MG, 2006/2007. 79
- Figura 13 - Distribuição geográfica dos resultados das análises **dos elementos químicos** em ambos os períodos de coleta da água de abastecimento urbano. Ouro Preto/MG, 2006/2007. 82
- Figura 14 - Georreferenciamento dos resultados das análises **dos elementos químicos**, no período seco, de acordo com a distribuição geológica da área urbana. Ouro Preto/MG, 2006. 85
- Figura 15 - Distribuição geográfica dos resultados das análises **dos elementos químicos**, no período chuvoso, de acordo com a caracterização geológica da área urbana. Ouro Preto/MG, 2006/2007. 86
- Figura 16 - Gráficos sobre as tendências químicas das águas da região urbana, elaborados no programa AABEL. Ouro Preto/MG, 2006/2007. 91
- Figura 17 - Apresentação dos gráficos correlacionando os valores obtidos para as concentrações de Fe sérico por diferentes métodos (espectrofotometria de absorção atômica –ICP OES e por colorimetria) e para a ferritina, nos indivíduos estudados. Ouro Preto/MG, 2006. 99
- Figura 18 - Distribuição geográfica dos resultados da análise dos níveis de Al elevado no soro e nas amostras da água de água de abastecimento. Ouro Preto/MG, 2006. 101
- Figura 19 - Distribuição geográfica dos resultados da análise dos níveis de ferritina sérica e dos resultados da análise da concentração de ferro na água de abastecimento. Ouro Preto/MG, 2006. 102

**LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Distribuição da população de estudo por renda familiar. Ouro Preto, 2006	65
Gráfico 2 – Distribuição da população estudada segundo a cor da pele. Ouro Preto/MG, 2006.	66
Gráfico 3 - Distribuição da população estudada por escolaridade. Ouro Preto/MG, 2006	66
Gráfico 4 - Distribuição da população estudada segundo área de abrangência (PACS). Ouro Preto/MG, 2006.	68
Gráfico 5 - Correlação entre a concentração de Al sérico e a concentração elevada de Al na água dos domicílios, no período chuvoso. Ouro Preto/MG, 2006/2007.	100

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Proporção de moradores por tipo de abastecimento urbano. Ouro Preto/MG, 1991-2000.	7
Quadro 2 - Domicílios por situação segundo abastecimentos de água. Ouro Preto/MG, 2002.	7
Quadro 3 - Valores máximos permitidos pela legislação brasileira ( $\mu\text{g/L}$ ) para os elementos na água para consumo humano, classificação segundo o seu enquadramento.	59
Quadro 4 - Resultados dos tipos de elementos alterados na água de abastecimento sob controle da Prefeitura por sistemas e PACS. Ouro Preto/MG, 2006/2007.	81
Quadro 5 - Resultados dos elementos alterados na água de abastecimento urbano em relação a sua distribuição por PACS. Ouro Preto/MG, 2006.	88

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Número de amostras de domicílios na área urbana, segundo setor censitário na cidade de Ouro Preto/MG e sub-amostra estratificada, 2006.	54
Tabela 2 - Proporção de indivíduos segundo sexo e faixa etária. Ouro Preto/MG, 2006.	65
Tabela 3 - Níveis de escolaridade agrupada, da população estudada por faixa etária. Ouro Preto/MG, 2006.	67
Tabela 4 - Níveis de escolaridade agrupada, da população estudada por sexo. Ouro Preto/MG, 2006.	67
Tabela 5 - Distribuição segundo a faixa etária da população estudada por área de abrangência. Ouro Preto/MG, 2006.	68
Tabela 6 - Distribuição segundo a escolaridade da população estudada por área de abrangência. Ouro Preto/MG, 2006	69
Tabela 7 - Sistemas de abastecimento urbano de Ouro Preto/MG, 2006.	73
Tabela 8 - Valores do pH e temperatura da água de abastecimento urbano de Ouro Preto/MG, 2006/2007.	75
Tabela 9 - Tipos, valores máximos permitidos (VMP), valores de dispersão e de posição das concentrações dos parâmetros analisados na água coletada em ambos os períodos. Ouro Preto/MG, 2006.	77
Tabela 10 - Caracterização geográfica dos reservatórios da rede municipal de Ouro Preto/MG, 2006.	83
Tabela 11 - Resultados das análises químicas dos elementos alterados na água de abastecimento urbano. Ouro Preto /MG, 2006/2007.	87
Tabela 12- Caracterização da água consumida pela população na área urbana. Ouro Preto/MG, 2006.	92
Tabela 13 - Valores de referências e valores observados dos elementos analisados no soro de 356 indivíduos amostrados. Ouro Preto/MG, 2006.	94
Tabela 14 - Médias e desvio padrão dos elementos-traço, analisados dos indivíduos amostrados por local de residência (PACS). Ouro Preto/MG, 2006.	95

Tabela 15 - *Associações entre os elementos-traço elevados analisados no soro dos indivíduos amostrados e as variáveis sócio-demográficas/comportamentais.*

??

## **1. INTRODUÇÃO**

Ouro Preto/MG foi elevada a Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO em dois de setembro de 1980, quando passou a ostentar o título de Cidade Monumento Mundial. Esse é um dos motivos pelo qual o município atrai grande número de turistas nacionais e estrangeiros que incentivam a economia local. Um dos problemas enfrentados pela população, muitas vezes desinformada, relaciona-se com a qualidade da água publicamente distribuída.

A cidade está representada nos Fóruns das Bacias Hidrográficas do Rio São Francisco e do Rio Doce (sub Bacia do Rio Piracicaba), possuindo um sistema parcial de tratamento de água. A contaminação da água de abastecimento domiciliar por **elementos químicos**, oriundos das rochas, tem recebido atenção especial dos serviços de saúde pública devido às evidências toxicológicas, expressas de forma aguda ou crônica, com potenciais danos à saúde humana. A água representa o principal meio de conexão entre a geoquímica das rochas e solos e a fisiologia humana (CUNHA & MACHADO, 2004; CORTECCI, 2005).

Alguns dos metais mais abundantes na crosta terrestre como Al, Fe, Ca, Na, Mg, K, com exceção do Al, possuem função biológica. O Al e outros elementos, tais como As, Cd, Pb e Hg podem ser tóxicos ao ser humano, na medida em que são bioacumulativos.

Estudos hidrogeoquímicos realizados nas águas superficiais, subterrâneas e nos reservatórios da região do Quadrilátero Ferrífero do Estado de Minas Gerais, Brasil, especificamente nas cidades de Ouro Preto (principalmente na região dos bairros Antonio Dias, Padre Faria e Piedade) e Mariana, no período de 1988 a 2006, demonstraram a existência de As, Pb e Al em concentrações superiores aos valores permitidos para o consumo humano (MATSCHULLAT *ET AL.*, 2000, BORBA *ET AL.*, 2003; BORBA & FIGUEIREDO, 2004; DE CAPITANI *ET AL.*, 2005, PEREIRA *ET AL.*, 2006; PROTI *ET AL.*, 2006; COUTO *ET AL.*, 2007). Entretanto, esses estudos foram pontuais e sem base populacional.

**A cidade apresenta uma complexa rede de distribuição de água potável, o que dificulta muito o seu controle, assim foi... OU** Em função da cidade apresentar uma complexa rede de distribuição de água potável, o que dificulta muito o seu controle, foi proposto o presente estudo com o objetivo de avaliar a hidroquímica urbana e sua relação com os níveis séricos desses elementos. Este estudo também focaliza a situação atual do saneamento básico, descrevendo a distribuição das redes de abastecimento de água e possíveis fontes de contaminação, além de identificar as áreas geográficas da



cidade de Ouro Preto/MG, onde as concentrações de elementos químicos na água de abastecimento urbano estão acima do recomendado pela legislação vigente (BRASIL, 2005a).

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

## 2.1. Água de abastecimento urbano

A partir de 1990, a Organização Mundial de Saúde (OMS) passou a combinar os conceitos de interdependência entre saúde e fatores ambientais (WHO, 1990; PHILIPPI-Jr., 2000). Essa nova postura, através de uma abordagem interdisciplinar, ou mesmo transdisciplinar, resultou em uma contribuição mais aberta e efetiva para o processo de futuras tomadas de decisões relativas ao meio ambiente, ao desenvolvimento e à saúde, sendo a água potável um compromisso com o desenvolvimento sustentável (TEIXEIRA *ET AL.*, 2007).

A água é uma necessidade prioritária e pode acarretar riscos à saúde dos consumidores quando estiver contaminada por **agentes** microbiológicos, químicos, físicos ou radioativos.

Ao se estudar as características da água, deve-se também atentar para as variações hidrológicas, porque os efluentes e o tempo de retenção influenciam significativamente na composição química e estas são influenciadas pela composição geológica do solo, causando males à saúde do seu consumidor.

As águas de rios e córregos, também chamadas de águas superficiais, são alimentadas pelo lençol subterrâneo e podem ser contaminadas por fontes naturais ou antropogênicas de metais, mesmo quando na área não existir atividades mineradoras ou outras fontes poluidoras do ambiente (OLIVEIRA, 1999). Independente de contaminações, todas requerem tratamento para consumo humano (WHO, 2006).

A disponibilidade em quantidade e em qualidade de água no Brasil é uma das maiores do mundo e 25% desta vem dos rios. Atualmente 90% da população têm acesso à água potável e até 2015 a meta é atingir 91,5% (RELATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO HUMANO - RDH, 2006).

O governo brasileiro vem promovendo, de forma mais efetiva, ações de controle, de fiscalização e de monitoramento da qualidade ambiental das suas águas. A pesquisa do IBGE realizada em 2000 (IBGE, 2001), que investigou a relação entre os indicadores de saneamento, recursos hídricos e indicadores sociais e de saúde pública, não observou relação entre a disponibilidade de recursos hídricos e os indicadores sociais, pois regiões com maior disponibilidade possuem índices de desenvolvimento humano (IDH) baixos. Quanto aos serviços de saneamento, a melhoria e aumento da abrangência dos mesmos correlacionaram-se à melhoria dos indicadores de saúde pública (LIBÂNIO, *ET AL.*, 2005; OPAS, 2001).

### 2.1.1. Leis normativas vigentes

A OMS publicou em 1958 o primeiro documento contendo os padrões internacionais para água potável e vem, desde então, revisando-o periodicamente (WHO, 1996). Em 1998, no “*Guidelines for drinking-water quality*” (Guia para qualidade da água potável) foram acrescentadas as diretrizes para as substâncias químicas, em 2002 foi realizada a revisão microbiológica quanto ao uso de alumínio para o tratamento da água (WHO, 2003a) e, por fim, em 2008, foram definidas as recomendações mais atuais (WHO, 2008).

O governo brasileiro vem de longa data promovendo de forma mais efetiva ações de controle, de fiscalização e de monitoramento da qualidade ambiental das suas águas (BRASIL, 1998a), inclusive utilizando-as como a sétima estratégia para a prevenção da mortalidade (JONES *ET AL.*, 2003). Toda água consumida (exceto águas minerais que possuem legislação própria) requerem tratamento prévio conforme sua classificação como água bruta, para assegurar que essas não representem riscos para a saúde de seus usuários (OMS, 1998). Para isso, lança mão de várias leis que regulamentam e controlam a exposição humana (BRASIL, 1997).

A legislação brasileira estabelece normas e padrões para a qualidade das águas pelas resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) N° 20 de 1986, N° 357 (2005), N° 396 (2008) e ainda pela Portaria N° 518 (Brasil, 2005a). O Órgão responsável pelo monitoramento é o Sistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental (SINVSA – BRASIL, 2005b).

A Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM) segue a Deliberação Normativa COPAM N° 10, de 16 de dezembro de 1986, que “*estabelece normas e padrões para a qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de água e dá outras providências*”, com base na Resolução CONAMA 20 (1986).

A Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005 refere-se, em especial, à questão da poluição das águas, que integra as preocupações do desenvolvimento sustentável. A legislação visa controlar o lançamento no meio ambiente de poluentes que podem ser perigosos para os seres humanos e às outras formas de vida. Dispõe também sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais o seu enquadramento, estabelecendo também padrões de lançamento de efluentes e outras providências.

O CONAMA em sua Resolução N<sup>o</sup> 396, de abril de 2008, trata em especial das águas subterrâneas, por se encontrarem em um diferente contexto hidrogeológico e apresentarem características físicas, químicas e biológicas intrínsecas.

A Portaria N<sup>o</sup> 518, decretada pelo Ministério da Saúde em março de 2004, dispõe sobre a qualidade da Água para Consumo Humano, definindo padrões de potabilidade para a água, estabelecendo procedimentos de controle e vigilância da água e atribuindo responsabilidades à União, aos Estados e aos Municípios. Estabelece também exigências para os sistemas de abastecimento de água, regulamentando a concentração de elementos na água, de modo a manter as características que atendam os critérios de potabilidade (BRASIL, 2005a), assim como a implementação do VIGIAGUA, - Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental - relacionada à qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2006a).

O SINVSA (Subsistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental) monitora também a qualidade da água e potenciais de riscos dos sistemas de abastecimento de água, a partir da atualização feita com os municípios (BRASIL, 2005b).

### **2.1.2. Abastecimento de água da área urbana de Ouro Preto/MG**

O abastecimento de água em Ouro Preto/MG é bastante atípico. Ele é constituído por sistemas isolados e soluções alternativas, coletivas e individuais, e águas oriundas de superfície, águas subterrâneas e de minas; muitas sem documentação comprobatória (OURO PRETO, 2005).

O número de reservatórios primários (reservatórios com captação da água direta dos mananciais) e secundários (águas provenientes dos reservatórios primários) necessários para abastecer a rede de domicílios urbanos (um total de 17 ativados) já evidencia a diversidade existente.

É comum a rede municipal ser abastecida por mais de um reservatório e ser proveniente também de diferentes fontes de água antes de entrar nos reservatórios domiciliares. Nos últimos censos, mudanças consideráveis puderam ser comprovadas no tipo de abastecimento de água adotado no município, conforme dados descritos no Quadro 1.

**Quadro 1** - Proporção de moradores por tipo de abastecimento urbano,  
Ouro Preto/MG, 1991-2000.

Abastecimento Urbano	1991 (%)	2000 (%)
Rede Geral	78,3	86,3
Poço ou nascente (na propriedade)	15	12,2
Outra forma	6,7	1,5

Fonte: IBGE - Censos demográficos, 2001.

Segundo dados fornecidos pelo IBGE (2001), a cidade possuía 16.694 domicílios (Quadro 2), sendo urbanos 14.302 (85,67%). Desses domicílios urbanos, possuem água canalizada dentro de casa 13.875 (97,01%), sendo da rede geral 13.425 (94,44%); de fontes alternativas como poços ou nascentes 383 (25,03%) e de outras formas 67 (54,47%) onde, as mais comuns, são as conexões clandestinas do tipo mangueira (NEVES, 2003), principalmente nos bairros: Morro São João, Morro Santana, Morro da Queimada e Taquaral.

**Quadro 2** - Domicílios por situação segundo abastecimento de água.  
Ouro Preto/MG 2002.

Abastecimento de água		Urbana	Rural	Total
Rede Geral	Canalizada em pelo menos um cômodo	13.425	790	14.215
	Canalizada só na propriedade ou terreno	207	36	243
	<b>Subtotal</b>	13.632	826	14.458
Poço ou nascente (na propriedade)	Canalizada em pelo menos um cômodo	383	1.147	1.530
	Sem canalização interna	145	311	456
	Canalizada só na propriedade ou terreno	17	144	161
	Não canalizada	128	167	295
	<b>Subtotal</b>	528	1.458	1.986
Outra Forma	Canalizada em pelo menos um cômodo	67	56	123
	Sem canalização interna	75	52	127
	Canalizada só na propriedade ou terreno	8	7	15
	Não Canalizada	67	45	112
	<b>Subtotal</b>	142	108	250
<b>TOTAL</b>		14.302	2.392	16.694

Fonte: IBGE, 2001

Barbosa (2003), em sua avaliação sobre a qualidade da água em parte da região urbana de Ouro Preto, observou a inadequação do tratamento da água de abastecimento no âmbito higiênico-sanitário para a população local.

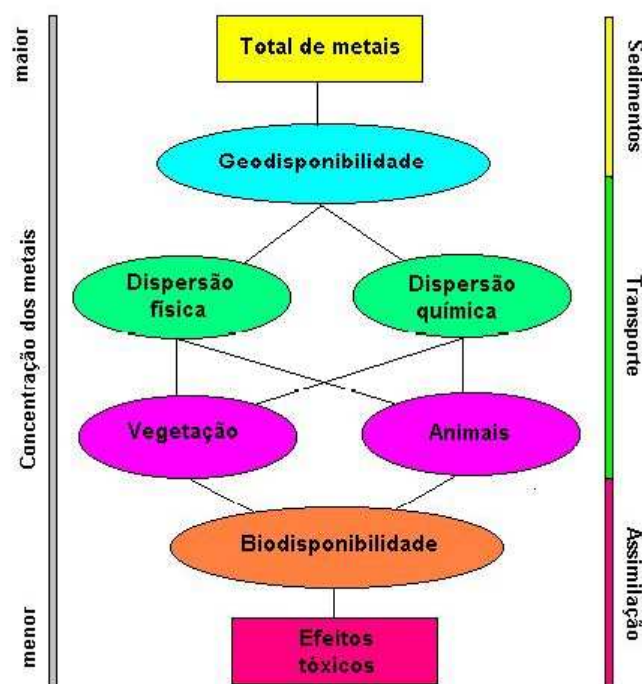
Ouro Preto/MG está na fase inicial de implantação das leis que regem sobre o abastecimento da água e ainda não vislumbra a hipótese de contemplar a ISO 9001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR, 2000), no item 3.4, que se refere ao controle e à garantia da qualidade; e nem à implantação da ISO 14.001 (ABNT NBR, 2004), mesmo após a instituição da Lei complementar nº. 01/96. Essa lei decreta a preservação ambiental de forma prioritária e o acesso de toda população a água em quantidade suficiente e dentro dos padrões nacionais de potabilidade (OURO PRETO, 1996). Entretanto, desde 2004, a prefeitura tem buscado, mais efetivamente, apoio técnico-científico para reestruturar seu plano diretor de desenvolvimento.

Devido também à complexidade que representa o seu abastecimento, esse controle é precário e insuficiente, caracterizando um sistema inadequado de tratamento de água (OURO PRETO, 2005). A água dita potável para abastecer esse município, agora gerenciado pelo serviço autônomo de abastecimento: SEMAE - Serviço de Água e Esgoto - é composta pelos dois tipos de sistemas, tanto o isolado, cuja instalação é responsável por vários setores, quanto o integrado que possui mais de uma unidade produtora para abastecer um único setor. Também conta com soluções alternativas coletivas, dificultando muito o controle da qualidade da água para consumo da população e aplicação de alternativas tecnológicas para remoção dos metais. O SINVSA (BRASIL, 2005b), em cidades como esta, deveria exercer o monitoramento da qualidade da água e vigilância às leis pertinentes com mais rigor, inclusive com cumprimento do decreto n. 5440 (BRASIL, 2005c). A água que chega aos domicílios da área urbana é a “mesma” há muito tempo porque não houve modificações, além das proporcionadas pelo tempo, no abastecimento e nem no tratamento pela rede municipal. Assim, ainda há muito a se fazer para melhorar a saúde, o saneamento e o desenvolvimento (VIOLA *ET AL.*, 2001; PHILIPPI-Jr., 2005; BOFF, 2006; BRASIL, 2009) também de Ouro Preto. Um dos desafios prioritários para a cidade é o tratamento de esgoto e melhoraria da qualidade da água de abastecimento.

## 2.2. Elementos na água, no solo e no organismo

A presença de **elementos químicos** na água e no solo muitas vezes está associada à localização geográfica e, dependendo da dose e da forma química, pode vir a afetar beneficemente ou ser danosa à vida do homem que consome alimentos provenientes do meio ambiente (SALGADO, 2003).

Quanto mais rico um solo é em metais, maior é a possibilidade de ocorrer a biodisponibilidade. Esta pode ser entendida, segundo Cortecci (2005), como a porção de uma espécie química disponível para ingestão, inalação ou assimilação por um organismo vivo. Podendo apresentar efeitos tóxicos que determinam reações anormais na célula (Figura 1), levando à perda da capacidade de compensação celular, causando alterações bioquímicas que, conseqüentemente, podem levar as lesões fisiológicas e morfológicas (COZZOLINO, 2005).



Fonte: Cortecci, 2005

**Figura 1** - Relações entre geodisponibilidade dos elementos químicos e efeitos tóxicos sobre os organismos.

Uma das características mais importantes dos metais, como componente estrutural e funcional dos seres vivos, é a sua propensão em perder elétrons, formando íons com cargas positivas que, em fluidos biológicos, tendem a ser solúveis e passam a



desempenhar suas principais funções biológicas. Os íons metálicos interagem com biomoléculas, como proteínas e DNA (ricos em elétrons), devido à atração entre as cargas opostas. Eles formam complexos de interação (que apresentam ligações covalentes coordenadas entre metais e ligantes), interações estas bastante estáveis, resultando também na deformação do centro metálico pela biomolécula e vice-versa (BENITE *ET AL.*, 2007).

Outro comportamento específico dos metais é formar compostos de quelação, que são também muito estáveis, envolvendo a molécula do ligante com dois ou mais átomos doadores de elétrons (SALGADO, 2003). Consequentemente, os metais podem determinar reações anormais na célula, podendo levar à perda da capacidade de compensação e gerar alterações.

Os metais podem penetrar no glicocálix, rompendo sua barreira contra agentes químicos e físicos externos à membrana plasmática e utilizam dos mesmos mecanismos de transporte para estruturas similares (PEÑA *ET AL.*, 2001). As intoxicações que ocorrem mais frequentemente são causadas por Al, As, Ba, Be, Cd, Pb, Hg, Ni. Esses elementos alteram as estruturas celulares e as enzimas, além de competirem com os metais co-fatores de atividades enzimáticas (PASCALICCHIO, 2000).

O envenenamento por metais ocorre devido a: suicídio ocasional ou tentativa de assassinato, contaminação ambiental, administração de drogas, medicamentos ou cosméticos que contêm sais de metais. O envenenamento é dependente da quantidade ingerida ou absorvida e da duração da exposição. O metal pode estar ligado a compostos orgânicos covalentemente, podendo levar a efeitos tóxicos como: lesão tubular renal, lesões gastrintestinais e lesão neurológica. O diagnóstico da concentração no corpo humano pode ser feito dosando-se: os níveis plasmáticos do metal, a excreção urinária dos metais e a concentração em outros tecidos como o cabelo (GAW, 2001; PEÑA *ET AL.*, 2001; AFRIDI *ET AL.*, 2006).

É de conhecimento geral que a água é o principal vetor de minerais pesados na litosfera (PIMENTEL *ET AL.*, 2003) e, na medida em que o corpo humano é constituído por 70% de água e esta supre 5% das necessidades diárias de elementos-traço, torna-se também um importante veículo de metais tóxicos. A concentração destes na água não corresponde às verdadeiras proporções da contaminação, porque o seu teor é muito maior em sedimentos de rios e lagos (OLIVEIRA, 1999) e são de difícil diagnóstico nos tecidos humanos e na corrente sanguínea.

### 2.3. Toxicidade dos elementos-químicos

Os elementos considerados de interesse toxicológico, quanto à biodisponibilidade na água, no sedimento e no solo são: Al, Be, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, além do metal As e o não metal Se; e os de menor importância: Ag, Ba, Co, Mn, Mo, Na, Tl, V, Zn (FORSTNER & WITIMAN, 1981). Eles são absorvidos pelo organismo humano principalmente através do trato gastrointestinal, são acumulativos e podem ser fatores de risco de doenças importantes para a saúde pública.

Esses micronutrientes estão presentes nos alimentos, inclusive na água, e muitos, quando ingeridos em baixas concentrações, podem resultar em deficiências nutricionais, e em altas concentrações podem resultar em toxicidade (GOLDHABER, 2003), podendo danificar a atividade biológica (MOREIRA & MOREIRA, 2004). No entanto, sua biodisponibilidade dependerá das condições do meio onde o elemento se encontrar (JACOB, 1987). A ingestão excessiva e a exposição não intencional por esses elementos poderá vir a ser um dos maiores problemas do mundo, caso não sejam implementadas medidas de vigilância sanitárias eficientes (DE CAPITANI *ET AL.*, 2005).

Vários autores têm demonstrado os efeitos tóxicos dos metais no organismo humano, como interações com sistemas enzimáticos ou com membranas celulares ou com o metabolismo celular em geral. Elementos como Al, Li e Hg (LACK *ET AL.*, 2001; CORTECCI, 2005) possuem efeitos específicos sobre certos órgãos, como o cérebro e os rins. Esses efeitos são resultados principalmente da ligação dos metais com bionucleófilos, tais como: aminoácidos, polipeptídios, proteínas e enzimas. Eles produzem, como qualquer outro agente químico, dependendo da sua forma, patologias agudas (pouco frequentes), desenvolvidas pelo contato com uma única dose alta, ou patologias crônicas devido à exposição por longo prazo a doses baixas (BENITE *ET AL.*, 2007). A superposição dos efeitos tóxicos pode levar a lesões irreversíveis de modo independente de suas velocidades de eliminação ou de sua degeneração metabólica (PASCALICCHIO, 2000).

Estudos mais específicos correlacionam a ocorrência das doenças com os níveis de substâncias encontradas na água potável e à exposição prolongada do indivíduo, que pode ser gradual e até certo ponto, reversível. O impacto do potencial tóxico pode ser classificado em elementos essenciais comuns a todas as águas: Ca, Na, K, Mg; elementos essenciais e simultaneamente microcontaminantes com potencial para toxicidade: Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, Zn; elementos microcontaminantes ambientais de

maior toxicidade: As, Be, Cd, Cr, Pb, Hg, Ni; elementos microcontaminantes ambientais com menor toxicidade: Ba, Ti, Sr; V e elementos microcontaminantes ambientais relatados para terapia médica: Al, Sb, Li (CPRM, 2007; LIU *ET AL.*, 2008).

### 2.3.1 Elementos essenciais comuns a todas as águas: K, Na, Ca, Mg

REVER A água no planeta encontra-se em todas as formas (líquida, sólida ou gasosa), que se transformam umas nas outras e representam o ciclo hidrológico, que nada mais é do que um gigantesco sistema natural que recicla e purifica a água constantemente. Porém os recursos hídricos potáveis podem ser finitos. Em estado líquido, a água encontra-se nos grandes depósitos do planeta: oceanos e mares (água salgada), rios e lagos (água doce) e no subsolo, constituindo os chamados lençóis freáticos. É um veículo de transporte de substâncias, sendo os nutrientes iônicos principais o K, Na, Ca e Mg.

No organismo dos animais e do homem, a água é o componente mais abundante e encontra-se dividida em compartimentos: a) o intracelular (representa dois terços da água corporal), b) o extracelular (um terço da água corporal total) que pode ser subdividido principalmente em plasma (quarta parte desse compartimento extracelular) e o líquido intersticial (três quartos restantes); c) o transcelular (2% do peso corporal em indivíduos saudáveis, que pode aumentar em circunstâncias patológicas). Estes líquidos no organismo cumprem a lei da eletroneutralidade, ou seja, a concentração total de ânions se iguala à de cátions. O plasma é constituído aproximadamente de 7% de matéria sólida e 93% de água e seus cátions são o  $\text{Na}^+$  (maior concentração),  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ; e os ânions principais são o  $\text{Cl}^-$  e o  $\text{HCO}_3^-$  (GONZÁLEZ *ET AL.*, 2004).

#### *Potássio e sódio*

O potássio (K) e o sódio (Na) são metais alcalinos importantíssimos na regulação osmótica e tem relação direta com a pressão sanguínea, apresentando propriedades diferentes. O volume de distribuição do íon  $\text{Na}^+$  é uma das maneiras utilizadas para estimar o volume de líquido extracelular (GONZÁLEZ *ET AL.*, 2004). É comum encontrar em águas potáveis concentrações de 50mg/L de Na e estas podem vir a ser um problema, principalmente para pessoas com problemas no fígado e rins, por representarem 1 a 2,5mg do consumo dietético diário (CPRM, 2007).

### ***Cálcio e Magnésio***

O cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) são metais alcalino-terrosos altamente envolvidos no sistema de enzimas do miocárdio mantendo o equilíbrio eletrolítico, e suas mudanças podem gerar doenças degenerativas do coração (MASIRONI *ET AL*, 1972).

Tubeck (2007) menciona que a incidência de morte súbita por doenças cerebrovasculares, hipertensão arterial e doença coronária tem sido registrada em maior proporção em áreas abastecidas pelas águas ditas “moles”; portanto, sugere que o Ca e o Mg funcionariam como elementos protetores das doenças cardiovasculares (DCV), principalmente para a trombose e a hipertensão arterial.

Vários estudos ecológicos observaram que altos níveis de dureza na água potável, isto é, altas concentrações de cálcio e magnésio, constituem em um fator de proteção para a mortalidade por DCV (PACKHAM, 1996; CRADFORD, 1971; POCOOCK, 1980; LANCEY, 1984; FORD, 1999; KOUSA, 2004; FERRANDIZ, 2004).

Marque *et al.* (2003) realizaram um estudo ecológico em idosos e analisaram dados sobre as mortes ocorridas em 69 regiões da França durante os anos de 1990 a 1996. Eles concluíram que a “água dura”, devida à concentração excessiva de Mg, apresenta um caráter protetor contra doenças cardiovasculares e cerebrovasculares. No entanto, outros autores (RYLANDER, 1991; VAN DER VIJER, 1992; YANG, 1998) não observaram o efeito benéfico do magnésio na diminuição da mortalidade por essas causas.

O Ca é considerado nutriente essencial para a constituição dos ossos e dentes, como também participa de mecanismos de contra transporte juntamente com o sódio. No sistema de abastecimento urbano, os sais de Ca formam uma película de carbonato de cálcio, quando presentes em pequenas concentrações, protegendo assim as canalizações, porém em excesso são inconvenientes por formarem depósitos de Ca. Ele aparece na água devido aos minerais formados à base de Ca, que se solubilizam quando em contato com a água (TEIXEIRA, 1980).

O Mg está envolvido no metabolismo celular como co-fator de várias enzimas e compete com a absorção de cálcio, sendo que o excesso deste pode inibir a absorção de

Mg (CAMPBELL, 2001; LIU *ET AL.*, 2008). Quando em altas concentrações na água (>125mg/L) produzem um efeito diurético (CLESCERI *ET AL.*, 1998).

### **2.3.2. Elementos essenciais e simultaneamente microcontaminantes com potencial para toxicidade: Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, Zn**

#### ***Cobalto***

O cobalto (Co) é um metal de transição relativamente raro, considerado um nutriente essencial em pequenas quantidades como componente da vitamina B12, sendo que em torno de 80% do Co absorvido é excretado na urina e 15% nas fezes. Os níveis aceitáveis para o sangue é 0,18µg/L e para a urina 1,0µg/L. Sua dispersão é pelo ar contaminado de indústrias, causando irritação respiratória entre 0,002 a 0,01mg/m<sup>3</sup> (LIU *ET AL.*, 2008).

Altas concentrações podem causar uma progressiva fibrose intersticial pulmonar, além de cardiopatia com sinais de falência congestiva do órgão. Esta tem sido associada com ingestão acentuada de cobalto (10mg/dia), particularmente oriundo do consumo excessivo de cerveja (LIU *ET AL.*, 2008).

#### ***Cobre***

O cobre (Cu) é um metal de transição, essencial para manutenção do sistema cardiovascular. É largamente distribuído na natureza, estando presente principalmente nos alimentos e na água potável. A ingestão diária em adultos varia entre 0,9 e 2,2mg (WHO, 2003b).

**REVER** com HUBERT...O excesso de Cu é limitado a áreas geográficas expostas ao uso agrícola de fungicidas, às atividades de mineração e metalurgia. Estas atividades podem contaminar o solo, águas e vegetação (CORTECCI, 2005).

O Cu em estudos *in vitro*, catalisa a oxidação da homocisteína **REVER com Lucinhae reage com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** formando radicais livres (OH<sup>-</sup>) muito tóxicos, favorecendo o estresse oxidativo (STARKEBAUM & HARLAN, 1986). No organismo vivo animal, ele faz parte da formação de proteínas; é uma metaloproteína (a mais importante é a ceruloplasmina), cujas funções envolvem reações de oxirredução com o oxigênio molecular (HULTBERG *ET AL.*, 1998).

Sua deficiência não é comum no ser humano, podendo ocorrer em quadros de desnutrição grave, ou quando ocorre overdose de molibdênio ou o consumo excessivo de zinco (MARET & STANSTEAD, 2006). Nessas duas últimas situações, o Cu pode reagir com esses metais, por mecanismo de competição, resultando em antagonismos biológicos (REIS, 2004). O mesmo ocorre também na presença de Fe e Pb (MARET & STANSTEAD, 2006).

O Cu age beneficemente, evitando anemias ou como protetor de DCV. Em excesso, age maleficamente através de sua interação com a HDL-c, promovendo a formação de placas de gordura (SALONEN, 1991).

#### Estudo realizado em outro país

Marniemi *et al.* (1998), em um estudo de coorte realizado durante 13 anos em idosos na cidade de Turkn/Finlândia, observaram que altas concentrações de Cu sérico estavam associadas com o risco crescente de mortalidade vascular (RR de 2,2 quando ajustados para vários fatores de confusão).

#### Estudo realizado no Brasil

Harboe-Gonçalves *et al.* (2007), em um estudo realizado em Belo Horizonte/MG com uma amostra de 104 indivíduos internados com acidente vascular cerebral isquêmico e 98 controles, observaram, pelo método colorimétrico, que os valores médios do Cu foram significativamente ( $p=0,002$ ) menor no grupo de casos ( $120,9 \pm 29,0 \mu\text{g/mL}$ ) do que no grupo controle ( $133,3 \pm 31,8 \mu\text{g/mL}$ ); porém, segundo os autores, a ocorrência das doenças cerebrovasculares não podem ser atribuídas apenas a essas diferenças.

### ***Ferro***

O ferro (Fe) caracteriza-se por ser um metal de transição, muito abundante na Terra e faz parte do sistema biológico. Encontra-se em grande quantidade principalmente no Quadrilátero Ferrífero (CPRM, 2007; PIMENTEL *ET AL.*, 2003; PROTI *ET AL.*, 2006; PEREIRA, 2004), sendo facilmente liberado para o meio externo, estando presente em alimentos de origem animal e vegetal em diferentes estados de

oxidação. As formações insolúveis de óxido de ferro ( $\text{Fe}^{3+}$ ) e carbonato ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) são as que estão presentes em ambientes naturais (SWAYER *ET AL.*, 1994).

Em água contendo grande quantidade de  $\text{CO}_2$  dissolvido, o carbonato ferroso dissocia-se segundo a reação:  $\text{FeCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}^{++} + 2\text{HCO}_3^-$ . O  $\text{Fe}^{++}$  está presente em águas com altos teores de  $\text{CO}_2$  e deficiência de  $\text{O}_2$ . O  $\text{Fe}^{3+}$  é mais estável em ambientes aquáticos com alto teor de  $\text{O}_2$  (SWAYER *ET AL.*, 1994), sendo que os teores na água normalmente são menores que  $300\mu\text{g/L}$  (WHO, 2003c). Em águas subterrâneas podem conter concentrações que atingem níveis de até  $50000\mu\text{g/L}$  (GREENBERG *ET AL.*, 1992), podendo alterar a sua cor e sabor e favorecer os processos corrosivos. O Fe pode estar presente na água de abastecimento, também, por consequência da corrosão do aço e tubulações de ferro da rede de distribuição ou do uso no tratamento da água de coagulantes do ferro (WHO, 2003d).

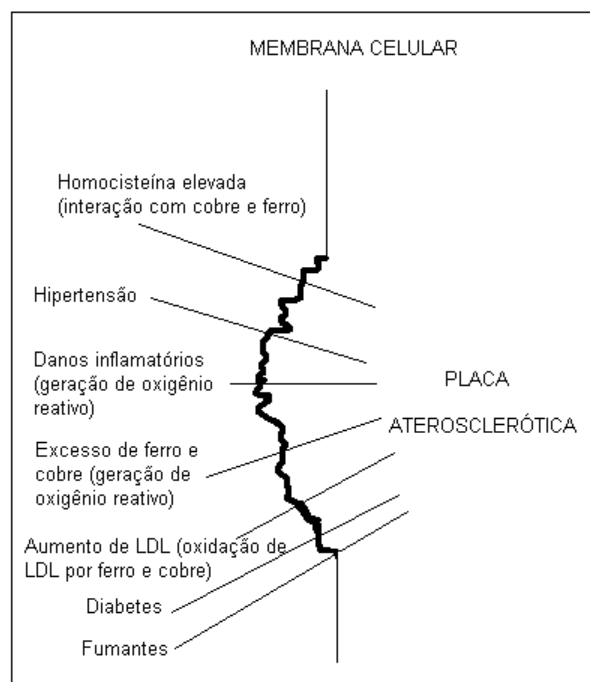
O Fe atua na atividade respiratória e nos processos biológicos redox (CPRM, 2007). O Fe ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$  ou estado oxidado) é a forma química essencial para o organismo humano e a melhor absorvida, agindo como um marcador da concentração de Fe disponível no organismo, agindo benéficamente, evitando anemia ferropriva. Um adulto perde diariamente cerca de 1mg de Fe, por via gastrintestinal ou através da pele (CORTECCI, 2005).

O excesso de Fe no estado livre catalisa a produção de radicais livres do  $\text{O}_2$  no organismo, promovendo a oxidação dos lipídeos, em seres vivos e in vitro (GODOY, 2006). Seu excesso prejudica a absorção de outros metais e quando associado ao manganês pode agravar o mal de Parkinson (CPRM, 2007). A toxicidade crônica do Fe por excesso é comum em adultos (LIU *ET AL.*, 2008)

Esse metal é capaz de formar muitos complexos, aumentar os níveis de reações de espécies de oxigênio e pode reduzir a eficiência da homeostase cardiovascular em ratos (CARDOSO, 2003; CARDOSO *ET AL.*, 2007). Alguns estudos experimentais demonstraram que o Fe está relacionado também com o desenvolvimento de várias doenças como câncer, diabetes, arteriosclerose, falência cardíaca, doença de Alzheimer e outras (CARDOSO, 2003; CARDOSO *ET AL.*, 2007; BREWER, 2007). Outros autores observaram, em ratos/hamsters submetidos à dieta controle, dieta hipercolesterolêmica e dieta hipercolesterolêmica com excesso de Fe, que o excesso de Fe é capaz de aumentar o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (SILVA, 2005; BREWER, 2007; SULLIVAN, 2008).

Sullivan (2008) observou, em humanos, que a **preença de Fe em placas nas artérias pode ser um risco para arterosclerose e, em animais** de experimentação, que a diminuição dos níveis de Fe, por meio de quelação ou restrições na dieta, diminuem o tamanho das lesões e o aumento da estabilidade das placas.

Brewer (2007) menciona que o Fe e o Cu podem ser saudáveis durante a idade reprodutiva, porém podem também ser tóxicos após os 50 anos, podendo contribuir para várias doenças do envelhecimento como a aterosclerose, conforme esquema apresentado na Figura 2.



Fonte: reprodução da tradução de Brewer, 2007.

**Figura 2** - Identificação de fatores de risco maiores para aterosclerose e sugestão da produção de espécies de oxigênio reativo (potencial redox) por excesso de Cu e Fe livres, oxidação de LDL (lipoproteína de baixa densidade) por Fe e Cu, e interação do Fe e Cu com homocisteína.

### Estudos epidemiológicos realizados em outros países

Mainous *et al.* (2005), na sua segunda fase (1979-1982) do *Framingham Offspring Study*, em um estudo caso controle aninhado a essa coorte, para avaliar o risco de câncer, observaram que níveis elevados de Fe sérico (Hazard ratio=1,66, IC 95%:1-2,46) e valores aumentados de VLDL-c (Hazard ratio=1,54, IC 95%:1,04-2,28) apresentaram um risco aproximadamente 50% maior de ocorrência de câncer em relação aos controles. Na presença de ferro elevado e baixos níveis de HDL-c o risco



aumentou em quase três vezes (Hazard ratio=2,82, IC 95%: 1,50-5,28). Os autores sugerem que o aumento de risco de câncer em adultos com mais de 30 anos é influenciado pela interação entre o excesso de ferro e os níveis de colesterol total e frações.

Outros autores, como Salonen *et al.* (1992), em um estudo prospectivo, e Al Buhairan *et al.* (2001), em um estudo caso-controle, observaram que a sobrecarga de Fe no homem pode ser medida pelos níveis de ferritina.

Van Der *et al.* (2005), em um estudo de caso controle aninhado a um estudo de coorte, o “*European Prospective Investigation Into Cancer and Nutrition*”, que avaliou um total de 11.471 mulheres holandesas na pós-menopausa (idade entre 49 e 71 anos), acompanhadas durante sete a três anos, observaram que o Fe sérico e a transferrina saturada não aumentavam o risco de derrame (RR=1,45; IC 95%: 0,87-2,42); no entanto, o aumento nas concentrações de ferritina em mulheres na pós-menopausa estava associado significativamente (RR=2,23; IC 95%:1,05-4,73) com o aumento do risco para derrame isquêmico.

### Estudos epidemiológicos realizados no Brasil

Harboe-Gonçalves *et al.* (2007), no estudo caso controle para doenças cerebrovasculares, citado anteriormente, observaram que a média de ferritina foi significativamente ( $p=0,001$ ) maior para os casos ( $298,1\pm 321,7\text{ng/mL}$ ) que para os controles ( $145,2\pm 161,6\text{ng/mL}$ ). No entanto, os autores sugerem que a ferritina pode ser utilizada como um marcador de *status* de Fe corporal, mas os valores elevados não podem ser atribuídos à ocorrência de doenças cerebrovasculares.

Godoy *et al.* (2006), em um estudo descritivo em 115 pacientes submetidos a cateterismo cardíaco com objetivo de avaliar uma possível relação com os níveis de ferritina sérica, observaram que mulheres com nível de ferritina maior que 80ng/mL apresentaram nove vezes mais coronariopatia obstrutiva de grau moderado e grave do que mulheres com valores menores.

### ***Manganês***

O manganês (Mn) é um metal constituinte normal do ar, rochas, solo, alimentos e água. Esse elemento apresenta na água, concentração inversamente proporcional à

**elevação do pH** (HERMAN, 1996). O manganês raramente é encontrado sozinho em uma fonte de água, geralmente está associado ao Fe (WHO, 2004a), e nessa forma seu efeito é bastante danoso (TEIXEIRA, 1980). Ambos também estão associados em menor escala à dureza da água (WHO, 2003e).

Proti *et al.* (2006), no estudo descritivo realizado em Ouro Preto/MG, citado anteriormente, detectaram em 8% das amostras (4 de 50 analisadas) altos valores de Mn (229, 494, 712 e 935µg/L).

Exposições ambientais ocorrem também ao uso de pesticidas organometálicos com Mn, e intoxicações têm sido registradas após ingestão da água contaminada e ou exposição ocupacional por inalação (ATSDR, 2002a). O cigarro é outra fonte de intoxicação pelo Mn (ATSDR, 2008a).

O Mn integra ossos e cartilagens e é fator essencial nas reações enzimáticas nos metabolismos protéico, lipídico e glicídico (ATSDR, 2002a), mas apenas 1-5% da ingestão de Mn é absorvida (ROTH & GARRICK, 2003).

Exposição a altos teores no meio ambiente pode causar alucinações e demências (CPRM, 2007), assim como surtos psicóticos, dores de cabeça e sonolência (TEO & CHEN, 2001). Crianças menores de um ano são mais sensíveis que os demais grupos populacionais e, quando expostas à níveis muito elevados desse metal na água, apresentam um risco maior de mortalidade. No entanto, essa exposição pode ocorrer também durante a gravidez (ATSDR, 2008a).

#### Estudos epidemiológicos realizados em outros países

Hafeman *et al.* (2007) em um estudo observacional realizado em Bangladesch, em 2001, observaram que o risco de morte de crianças até um ano de vida aumentava naquelas cujas mães ingeriam água de poços cujas concentrações de Mn eram maiores que 400µg/L.

#### **Molibdênio**

O molibdênio (Mo) é um metal essencial e participa como cofator de enzimas que agem no homem. É utilizado em fertilizantes agrícolas, é solúvel em água e raramente é absorvido quando ingerido (LIU *ET AL.*, 2008).

O Mo apresenta baixa toxicidade e sua exposição crônica é caracterizada pelos altos níveis de ácido úrico no soro e na urina do homem. Seus compostos, quando usados em tratamentos, podem ser benéficos para as enfermidades provocadas pelo excesso de Cu, angina, inflamação (BREWER, 2003).

### **Selênio**

O Selênio (Se) é um não metal, que apesar de ser considerado um anti-oxidante pode também ser tóxico (BACCAN, 2008), **pode ser** encontrado na água devido à oxidação de rochas e pode ser liberado na atmosfera por erupções vulcânicas (ATSDR, 2003). Antropogenicamente a contaminação ocorre devido ao uso de muitos fertilizantes fosfatados que contêm o Se, ou pelas indústrias químicas, de semicondutores, de produtos cosméticos e dermatológicos, sendo absorvido por inalação ou pela pele (RIBEIRO *ET AL.*, 2005).

Alguns autores relatam sua função protetora para as DVC (HARBOE-GONÇALVES *ET AL.*, 2007). Outros estudos, no entanto, indicam que a suplementação de Se não previne doenças cardiovasculares (STRANGES *ET AL.*, 2006). Ele retarda o processo degenerativo, evitando oxidação por radicais livres, além de estimular o sistema imunológico. Pesquisas recentes sugerem que a estrutura genética do vírus HIV contém um gene cujo funcionamento depende da disponibilidade de Se; portanto dietas pobres nesse elemento podem retardar o aparecimento das patologias consequentes. A ingestão diária recomendada é em torno de 0,04 a 0,1 mg (CORTECCI, 2005), e a maior parte é ingerida através dos alimentos (ATSDR, 2003). Porém, segundo Ribeiro *et al.* (2005), os compostos de Se são extremamente perigosos. Eles citam que, nas crianças, o excesso de selênio pode atrasar o crescimento e que já foi observado ocorrência de intoxicações crônicas em populações indígenas de regiões cujo solo é muito rico nessa substância.

Sintomas como tonturas, fadiga e irritação da mucosa já foram observados em trabalhadores expostos ao Se da atmosfera e, em casos extremos, pode ocorrer até mesmo edema pulmonar e bronquite severa. O contato com compostos industriais de Se causa irritações nos olhos, vermelhidão, queimação e dor na pele (ATSDR, 2003). Segundo Ribeiro *et al.* (2005) o excesso pode também causar câncer e deformações nas unhas e cabelos, gosto metálico na boca, irritação das vias respiratórias, além de

perturbação das enzimas hepáticas. A intoxicação aguda pode provocar convulsões e sua concentração nas gônadas masculinas é crítica para a higidez dos espermatozoides

Apesar desses efeitos tóxicos, no entanto, sua deficiência na água ou na dieta pode causar cardiomiopatia, distrofia muscular e câncer. Recém-nascidos são os mais sensíveis à deficiência de Se, podendo apresentar complicações pulmonares (ATSDR, 2003).

#### Estudos epidemiológicos realizados em outros países

Stranges *et al.* (2006), em um ensaio clínico randomizado, realizado nos Estados Unidos, não observaram uma associação significativa protetora para doenças cardiovasculares no grupo submetido à suplementação de 200µg/dia de selênio (RR=1,03; IC 95%: 0,78-1,37).

#### Estudos epidemiológicos realizados no Brasil

Ribeiro *et al.* (2005), analisando a concentração de Se de 99 poços de captação da água subterrânea da localidade de Buena, Município de São Francisco de Itabapoana/RJ, observou que 33 deles se encontravam com teores acima do recomendado. Alguns poços apresentaram concentrações iguais ao dobro do permitido por lei (20,0µg/L). Os autores sugerem a necessidade de estudos relacionados com o uso e ocupação do solo, assim como estudos hidrogeológicos e de determinação do escoamento superficial, para explicar a presença excessiva de Se.

Harboe-Gonçalves *et al.* (2007), utilizando a espectrometria de massa por plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) não observaram diferença significativa ( $p=0,099$ ) entre os níveis médios de selênio sérico do grupo de indivíduos com doenças cardiovasculares ( $101,7 \pm 30,7 \mu\text{g/L}$ ) e do grupo controle ( $107,1 \pm 28,71 \mu\text{g/L}$ ).

#### **Zinco**

Zinco (Zn) é um metal amplamente encontrado na natureza e é essencial à saúde humana, é crítico para grande número de funções biológicas, através de enzimas organo-metálicas e está concentrado principalmente no fígado e nos ossos. Possui importância nos processos de crescimento, no sistema imunológico e no funcionamento

do sistema nervoso central. Pode ser originado antropicamente de galvanoplastia e de efluentes industriais (CPRM, 2007).

Apesar de competir com a absorção do cobre, protege contra a toxicidade do cádmio e do chumbo; é abundante nos alimentos, principalmente em carnes, fígado, moluscos, ovos, farinhas integrais e leite (CORTECCI, 2005).

No homem, a deficiência não sistemática de zinco pode provocar distúrbios comportamentais, gastrointestinais, perda de cabelo, irritações cutâneas, anemia e inapetência. Em dietas cronicamente deficientes em zinco ocorrem nanismo, hipogonadismo e imaturidade sexual. Evidências experimentais sugerem correlações entre deficiência de zinco no homem e cancerogênese, deficiência imunológica, doenças vasculares, disfunções sexuais e malformações congênitas (CORTECCI, 2005). Por outro lado, altos teores podem causar problemas pulmonares e distúrbios de concentração mental (CPRM, 2007).

### **2.3.3. Elementos microcontaminantes ambientais de maior toxicidade: As, Be, Cd, Cr, Pb, Hg, Ni**

#### ***Arsênio***

O arsênio (As) ou arsênico é classificado **segundo a IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry como não metal (2002)**, por ter propriedades físicas dos não metais e químicas dos metais, é uma das vinte primeiras substâncias mais perigosas listadas pela *Agency Toxic Substances and Disaster Register - ATSDR* (RIBEIRO, 2007a).

Segundo a WHO (2004b), a contaminação natural vem de formações geológicas ricas em As, cujas fontes são, a maioria, de minas subterrâneas, ocorrendo principalmente como arsenato (As V) e, em pequenas concentrações, em arsenito (As III). Esta última é a forma que acarreta problemas mais sérios para a saúde, ou seja, é a mais móvel e tóxica. A dose letal varia de 1 a 3 mg/kg do peso corporal.

Antropicamente, o As resulta de despejos industriais e herbicidas, podendo ocorrer também naturalmente nas rochas (CPRM, 2007) e, através da dissolução, é introduzido para as águas. O As pode também ser liberado na forma de gás volátil, podendo contaminar águas superficiais, com conseqüente comprometimento do sistema de abastecimento (PROTI ET AL., 2006). Segundo dados da “*National Research*

*Council*” - NRC (2001) 200 milhões de pessoas no mundo apresentam problemas de saúde associados à presença elevada de As na água.

Os efeitos tóxicos do As são relatados desde 1885 (ARHELGER & KREMEN, 1951; DESCHAMPS & MATSCHULLAT, 2007). Segundo Ratnaike (2003) milhões de indivíduos são afetados pelo arsênico, que age como um veneno protoplasmático, inativando cerca de 200 enzimas, em particular, aquelas envolvidas na produção de energia celular e as relacionadas à síntese e ao reparo do DNA.

Uma vez absorvido, o As pode levar a efeitos agudos e crônicos, tais como: neurotoxicidade, lesão hepática, efeitos reprodutivos, teratogenicidade, câncer (principalmente de pele) (KARAGAS *ET AL.*, 2001), queratoses e distúrbios de sistema nervoso (BORBA, 2002; BACCAN, 2008). A ingestão de grande quantidade de As pode provocar intoxicação aguda, apresentando uma variedade de sinais e sintomas envolvendo os sistemas gastrointestinal, dérmico, nervoso, renal, hepático, hemato-poético, cardiovascular, respiratório e ótico (CHEN *ET AL.*, 1992; TSENG, 1999). A exposição crônica com baixas doses de As na água de beber ou de fontes industriais pode causar lesões na pele, problemas neurológicos, arteriosclerose e câncer (CHEN *ET AL.*, 1992; TSENG, 1999; TSENG, 2003; TSENG *ET AL.*, 2003).

#### Estudos realizados em outros países

Karagas *et al.* (2001), em um estudo caso controle, realizado em New Hampshire/EUA, para avaliar os fatores de risco de câncer de pele, observaram uma tendência de ocorrência 2,07 vezes maior (IC 95%: 0,92-4,66) de apresentar câncer de células basais e de 44% a mais para o câncer de células escamosas (IC 95%: 0,74-2,81) nos indivíduos expostos ao As em relação aos não expostos.

Tseng *et al.* (2003), em um estudo realizado em Taiwan, para avaliar a exposição prolongada ao arsênico, observaram uma razão de chance (OR) para a doença cardiovascular igual a 1,6 e 3,6 para aqueles com exposição de As crônica igual a 0,1-14,9 e  $\geq 15$  mg/L ao ano, respectivamente, quando comparados com aqueles não expostos à água rica em As.

Yuan *et al.* (2007), analisando a taxa de mortalidade no período de 1950 a 2000, em duas regiões diferentes do Chile (uma exposta e outra não exposta ao As na água potável), observaram um aumento do risco para infarto do miocárdio para homens de 1,48 (Intervalo de Confiança - IC 95%: 1,37-1,59) e para as mulheres de 1,26 (IC 95%:

1,14-1,40), durante o período de maior exposição ocorrida entre 1958 e 1970. Dez anos após a redução da exposição, a taxa de mortalidade para infarto do miocárdio diminuiu; o mesmo não ocorrendo para as causas devidas ao câncer de pulmão e de bexiga.

Huang *et al.* (2006), em um estudo de 372 casos de hipertensão arterial e 499 controles, concluíram que a metilação do As pode estar relacionada à hipertensão.

Chiou *et al.* (2005), em um levantamento de 28.499 registros médicos, nos anos de 1999-2000, no sudoeste de Taiwan, observaram que a prevalência de doenças microvasculares, neurológicas e renais aumentava significativamente com a exposição ao As; aumento este mais importante ainda entre os diabéticos.

Wang *et al.* (2002), estudando a ocorrência de ateroscleroses da carótida em 199 homens e 264 mulheres residentes em áreas de exposição endêmicas ao As, participantes de um estudo prospectivo realizado em Taiwan, observaram um risco três vezes maior (Odds rate =3,1; IC 95%:1,3-7,4) de adoecer por essa doença naqueles indivíduos que tinham uma exposição acumulada de arsênico  $\geq 20$  mg/L-ano, comparado com aqueles sem exposição ao arsênico pela ingestão de água procedente de poços artesianos.

Smith *et al.* (2000), em um estudo descritivo, detectaram que, em Bangladesh, a contaminação da água subterrânea por arsênio é um problema emergencial. Os autores propõem estratégias para reduzir a exposição, como: identificar todos os locais de contaminação; prover filtros, com periodicidade de trocas para todos os encanamentos; prover produtos químicos de uso diário para remover o As; usar fontes de águas superficiais que tenham sido tratadas e fechar temporariamente as fontes muito contaminadas.

Dogan & Dogan (2007), em um estudo mineralógico e geoquímico, mapearam as áreas com altas concentrações em várias regiões da Turquia, através da análise de 105 tipos de rocha. Essa região caracteriza-se por ser um ponto de convergência entre diferentes processos geológicos - tectônicos, vulcânicos e atividades hidrotermais - que provocam uma redistribuição de As. A análise por espectrofotometria de absorção atômica (AAS) em forno de grafite de 40 amostras de águas determinou que as águas subterrâneas apresentavam uma maior concentração de As, variando de zero a 10.700,0µg/L e nas superficiais a concentração era igual a 10µg/L. Os autores observaram uma relação ecológica dos níveis de arsênico com a prevalência de doenças e/ou de vegetação resistente à exposição ao arsênico.

### Estudos realizados no Brasil

Deschamps (2008) cita que a contaminação por As ocorre principalmente em depósitos auríferos, mais comumente no minério de ouro arsenopirita (FeAsS, liberando principalmente as formas de As III e As V). Ocorre naturalmente nas rochas, sendo liberado pelo processo de oxidação. Pode ser absorvido por plantas e hortaliças (legumes e folhosos), que se consumidas, tornam-se fontes de contaminação. O autor sugere a coibição do uso de águas subterrâneas em áreas sob influência de depósitos antigos (minas de ouro), além de incentivar medidas mitigadoras (como higiene do corpo e do domicílio, retirando a poeira com maior frequência, para diminuir a inalação), como formas de interromper a dissipação do As no ambiente. Concluiu que: *“A questão do As apresenta uma ameaça real para as pessoas que residem em áreas do Quadrilátero Ferrífero no Brasil.”*

Vários autores têm observado baixas concentrações de As nas águas superficiais e até em nascentes em contraste com as elevadas concentrações dos solos e sedimentos. Estas áreas têm apresentado anomalias naturais do As, independentemente da atividade industrial, explicadas pelo processo de intemperismo químico da rocha, influenciado também pelo clima tropical, resultando em solos profundos enriquecidos em ferro e alumínio, e de sedimentos finos que agem como barreiras geoquímicas não permitindo a liberação do As para a água (LIMA, 2003; SAKUMA, 2004; FIGUEIREDO *ET AL.*, 2007).

### Estudos epidemiológicos realizados no Quadrilátero Ferrífero

No Quadrilátero Ferrífero, estudo descritivo realizado, em 1998, por Matschullat *et al.* (2000), detectou, em amostras de urina de 126 crianças com idade de 7-12 anos, uma média de 25,7µg/L de As inorgânico/L, com valor máximo de 40,0µg/L em 20% dessa população estudada. A fim de identificar as fontes de As, os autores realizaram paralelamente um estudo em amostras de águas superficiais, sedimentos, solos e materiais de barragens. As análises das águas indicaram concentrações médias de 30,5µg/L, sendo que na potável o índice ficou bem inferior a 10,0 µg/L; nos sedimentos, as concentrações médias variaram entre 200 a 860mg/Kg (com valores máximos de 3200mgAs/Kg); nas minas a média foi igual a 350mg/kg e nas barragens a média foi de 10500mg/L.



De Capitani *et al.* (2005), em um estudo com 378 crianças expostas ao As e 156 não expostas, observaram que as concentrações medianas de As urinário no 1º grupo (8,07µg/L) foram significativamente maiores que no grupo controle (3,86µg/L); e que a exposição estava associada ao local de moradia e o número de vezes que consumiam carnes, frutas e vegetais.

Gonçalves *et al.* (2007), analisando o As, pelo método de voltametria, 17 amostras de água coletadas em captações de águas subterrâneas de minas de ouro abandonadas na cidade de Ouro Preto/MG, entre os meses de janeiro de 2003 a janeiro de 2004, detectaram concentrações de As variando entre 9,0 a 224,0 µg/ L. Os autores verificaram que em quatro pontos de abastecimento as amostras eram impróprias para o consumo humano (mais de 75% apresentaram valores acima de 10µg/L). Resultados semelhantes foram observados por Daus *et al.* (2005) e Proti *et al.* (2006).

### ***Berilo***

O berilo (Be) é um metal alcalino-terroso, naturalmente encontrado nas rochas da superfície da terra, mas por causa da sua reatividade elevada ele não é livre na natureza e a exposição é devida à sua presença no ar, alimentos e água (seus compostos são pouco solúveis nesse solvente). É comum sua presença entre indivíduos fumantes, porém, uma vez depositado no pulmão, é fracamente liberado para o sangue. Tem sido descrito como carcinogênico e pode levar ao aumento de doenças respiratórias, sendo 0,004mg/L a quantidade máxima estabelecida para água potável (WHO, 1990; ATSDR, 2002b).

Estima-se que, no Brasil, a população exposta ao berilo e seus compostos, por atividade ocupacional, esteja em torno de 21.000 trabalhadores. Na medida em que sua deposição no organismo é acumulativa, a berilose pode manifestar-se 10 a 15 anos após a exposição a pequenas quantidades, como 0,005mg/m<sup>3</sup> ou mais (ATSDR, 2002b)

Estudos experimentais confirmam em 100% a incidência de câncer em ratos por inalação crônica de compostos de Be (GORDON & BOWSER, 2003).

### ***Cádmio***

O cádmio (Cd) é um metal de transição, que ocorre na natureza principalmente em áreas de mineração, como na região do Quadrilátero Ferrífero, ligada à ocorrência

de minas de ouro, ou em rejeitos de metalurgias, indústrias de baterias e de lonas de freios (CUNHA & MACHADO, 2004). Pode ser encontrado também em áreas agrícolas através de fertilizantes, principalmente à base de fosfato (OMS, 1998, WHO, 2004c) ou adubos orgânicos produzidos com esterco de animais, lixo domiciliar e biossólidos (SATURUG & MOORE, 2004). A queima de combustíveis fósseis é outra fonte de Cd para o ambiente (CETESB, 2007).

É altamente acumulativo e tóxico, principalmente quando associado ao zinco, no mineral esfalerita (ZnS), e ao chumbo, no mineral galena (PbS) (CUNHA & MACHADO, 2004). A contaminação é devida também à composição níquel-cádmio das baterias recarregáveis, como as dos telefones celulares, o que vem se tornando um problema ambiental crescente.

Os alimentos, o ar e a água são suas fontes principais, e a média de ingestão diária tolerável é cerca de 100 a 300µg para o ser humano. O cigarro também é fonte de exposição, sendo que apenas uma unidade contém 23µg de Cd, (PASCALICCHIO, 2000, SATARUG & MOORE, 2004, ATSDR, 2008b).

Segundo Berglund *et al.* (1994), a maior absorção do Cd é influenciada pelos menores níveis de Fe, sendo maior em mulheres em idade fértil devido a uma menor concentração da reserva de Fe no organismo. No organismo humano, o Cd segue os mesmos caminhos do zinco e do cobre, atuando também como competidor, inibindo a absorção desses elementos.

Os valores de Cd observados no soro e na água são referentes a exposições recentes (ATSDR, 2008b). Em casos de exposições continuadas podem desencadear enfisemas pulmonares, perda de olfato, distúrbios vasculares e hipertensão (CORTECCI, 2005), além de poder causar osteomalácia, deformação óssea, calcificação nos rins e disfunção renal, câncer, DCV, hepatoxia, fadiga, excesso de saliva, fraqueza, perda de peso, disfunção renal e sexual, retardamento de crescimento e morte (CUNHA & MACHADO, 2004, LIU *ET AL.*, 2008).

#### Estudos epidemiológicos realizados em outros países

O primeiro relato de envenenamento por Cd (doença Itai-Itai) ocorreu no Japão, na época da segunda guerra mundial, em uma população que ingeriu arroz contaminado. A intoxicação causou sérios danos à saúde, representadas por casos de enfraquecimento

e amolecimento de ossos, acompanhados por fortes dores e danos aos rins (CORTECCI, 2005).

Sabione *et al.* (1995) observaram que a concentração sérica média de Cd em uma população composta por 514 italianos foi de 0,62µg/L, sendo maior nos homens, aumentando com a idade, principalmente entre os 20 e 60 anos; nível este atrelado ao tabagismo.

Jarup *et al.* (1998) observou que a meia-vida do Cd em seres humanos é de 20-30 anos, acumulando-se principalmente nos rins, no fígado e nos ossos. 50 a 75% do Cd no corpo concentra-se no fígado e nos rins. 7% da população pode ter alguma alteração renal (como lesão tubular renal proximal em até 4% dos casos de exposição por mais de 10 anos) como resultado da ingestão de Cd (crônica) em níveis menores que 50µg/L. Os autores observaram, em 43 amostras de soro e urina de trabalhadores expostos por até 5 anos, que a média de Z score foi 0,60 (IC 95%: 0,75 a 0,05), estando correlacionada com a baixa densidade mineral óssea, podendo portanto atuar como fator de risco para o desenvolvimento da osteoporose.

Segundo Pascalicchio (2000) os teores de Cd no soro podem atingir 0,1µg/L a 2,0µg/L, provocando a inibição das funções da metationeina.

Navas-Acien *et al.* (2004), em uma população de 2125 estadunidenses, participantes do “*National Health and Nutrition Examination Survey*” (NHANES), observaram uma associação entre os níveis séricos de Cd e as doenças arteriais periféricas, com valores médios (5,0µg/L). Após os reajustes para os fatores de risco demográficos e cardiovasculares a OR da doença arterial periférica, que compara os quartis 2 a 4 da ligação com o quartil mais baixo, foi 1,07 vezes maiores nesse grupo (95% CI, 0,44 – 2,60), 1,30 (95% CI, 0,69 – 2,44), e 2,82 (95% CI, 1,36 – 5,85), respectivamente ( $p= 0,01$ ). Os valores foram mais altos nas mulheres, nos idosos, nos fumantes e nos indivíduos com baixo nível de escolaridade.

Segundo Tenório & Espinosa (2009), em 1986, o consumo de cádmio nos Estados Unidos foi de 4800 toneladas, sendo que 26% foi utilizado na produção de baterias. É importante ressaltar que o descarte anual das baterias de níquel-cádmio representa cerca de 52% de todo o cádmio dos lixos municipais.

### Estudos realizados no Brasil

Matschullat *et al.* (2000) observaram que a concentração média de Cd na urina de 126 escolares do Quadrilátero Ferrífero foi igual 0,13 (0,04 a 0,35µg/L) e na água das cidades a mediana foi de 0,025µg/L.

A toxicidade do Cd culminou com a regulamentação da lei brasileira 11.107/2005 (BRASIL, 2005d), em que obriga as produtoras de baterias compostas por Níquel-Cd, de recolherem gratuitamente esse material dos consumidores, para que o metal possa ser devidamente reciclado.

A CETESB (2007) menciona que sua concentração em águas doces é geralmente inferior a 1µg/L e que ele se acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar.

### **Cromo**

O cromo (Cr) é também um metal de transição originado no ambiente a partir de indústrias (na produção de aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel, fotografias e couro) e é depositado no solo, na água e eventualmente nos sedimentos.

As dietas são pobres nesse nutriente (fornece apenas 60% do mínimo recomendado) e quando suplementado em pacientes com níveis marginais de intolerância à glicose ou com diabetes ou com DCV, melhora os níveis de glicose, insulina e lipídeos, respectivamente.

As formas químicas, como o Cr trivalente ( $3^+$ ), são conhecidas como um importante nutriente essencial para o metabolismo de glicose, é muito pouco absorvido pelo trato gastrointestinal, apenas 1% ou 2% (SEDMAN *ET AL*, 2006). A forma hexavalente ( $6^+$ ), a forma mais tóxica, é sub-produto de processos industriais (ATSDR, 2000), sendo a via aérea a principal via de exposição (SEDMAN *ET AL*, 2006).

O cromo está relacionado ao câncer (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER - IARC, 1990) e, em alta exposição crônica, apresenta efeitos clínicos como: asma alérgica, problemas imunológicos e renais (ATSDR, 2000; ATSDR, 2008c).

O mecanismo de genotoxicidade e carcinogênese do Cr hexavalente é devido a mutações genéticas, causando degeneração e necroses no fígado, conforme explica ACHARYA *ET AL*. (2001), em estudos experimentais em ratos Wistar.

### Estudos realizados em outros países

Na Califórnia/Estados Unidos, alguns autores observaram níveis de cromo hexavalente em um total de 38% da água de superfície, e essa forma de valência tem sido associada ao risco de câncer, mas provavelmente não é a água potável a fonte de exposição maior (COSTA & KLEIN, 2006; SEDMAN *ET AL.*, 2006).

Anderson (1997) cita que o Cr atua como um elemento essencial para o metabolismo normal de carboidratos, lipídeos e proteínas, sendo que a dose adequada de ingestão diária é de 50 à 200µg. Entretanto, em doses até 1mg/dia não se observou toxicidade.

### Estudos realizados no Brasil

Fukuzawa (2008), avaliando o grau de poluição da água do Rio Piranga – MG, no período de dezembro de 2006 a agosto de 2007, verificou que o Cr-Ni são elementos siderófilos e suas concentrações estão intimamente relacionadas com a litologia local, que é composta principalmente por rochas ácidas, na maioria gnaisses. Ela observou, em um total de 52 amostras de água superficiais ao longo do Rio Piranga, que todas as concentrações estavam abaixo do limite de quantificação pela técnica de ICP-OES.

### **Chumbo**

O chumbo (Pb) é um metal com alto risco acumulativo. As fontes naturais são provenientes das emissões vulcânicas, do mar e do intemperismo geoquímico. Antropicamente origina-se de efluentes industriais, de baterias, da mineração, de encanamentos e soldas, contaminando o solo, cujo teor normalmente é entre 10-70mg/Kg. Nas águas superficiais, o valor estimado é de 0,02µg/L (GREENBERG *ET AL.*, 1992; CLESCERI *ET AL.*, 1998; CPRM, 2007). Estima-se que a cada ano um total de 330.000 toneladas é despejado na atmosfera, sendo somente 4% de fontes naturais.

A exposição ao Pb pode também ser secundária a partir de alimentos e bebidas, com concentrações que variam muito de um país para o outro (MARGARIDO & SILVA, 2006).

Geralmente está associado ao zinco, cobre, cádmio, prata, ouro e também co-precipita facilmente em presença de óxidos de ferro-manganês (CLESCERI *ET AL.*,

1998, CPRM, 2007). Em água com pH ácido há maior risco de exposição ao chumbo (SALGADO, 2003).

Ele é muito tóxico, induzindo vários efeitos no homem, dependendo da sua dose e tempo de exposição, podendo ser letal (LIU *ET AL.*, 2008).

Moreira & Moreira (2004) salienta que o Pb não apresenta nenhuma função fisiológica conhecida, não sofre metabolização no organismo humano e de animais, sendo complexado por macromoléculas e ainda até 16% do total ingerido por adultos pode ser absorvido, distribuído para o sangue e depositado, principalmente, nos ossos.

No organismo humano, a assimilação do Pb é maior em pessoas cuja dieta é pobre em cálcio, ferro ou fosfatos, afetando a biodisponibilidade desses (CORTECCI, 2005), sendo que a dosagem no sangue refere-se apenas à exposição recente (PASCALICCHIO, 2000).

A sua excreção é realizada principalmente pelos rins (ATSDR, 2005), comprometendo vários sistemas fisiológicos (BRASIL, 2006b), inclusive pode diminuir a taxa de filtração glomerular. Sua concentração é maior no osso, que é o seu melhor biomarcador (ATSDR, 2007a). Ele desencadeia problemas neurológicos, neuro-comportamentais e de desenvolvimento em crianças, além de efeitos reprodutivos, cardiológicos (eleva a pressão arterial sistólica) e eleva a carcinogênese (IARC, 2004). Os estudos de seus efeitos deletérios imediatos e posteriores na saúde humana são desafios importantes para os profissionais de saúde.

#### Estudos realizados em outros países

O Pb pode estar presente na água como resultado principalmente dos encanamentos contendo soldas com Pb e canos de polietileno (PVC), com componentes de Pb, sendo dependente de vários fatores como a presença de cloro, oxigênio dissolvido, pH, temperatura e “moleza” da água. Os teores encontrados nas águas de abastecimento vêm aumentando ao longo dos anos. Em 1988 foi estimado seu teor em no máximo 5,0µg/L (representando uma ingestão de 3,8µg/dia em crianças e de 10mg/dia em adultos - taxa que pode aumentar com dietas pobres em cálcio e fósforo) em 1,1 % dos sistemas públicos do mundo e, mais recentemente, observaram a média geográfica de 2,8µg/L. Porém na Inglaterra e na Escócia os níveis foram maiores que 50µg/L. Por ser acumulativo, seus efeitos no sistema nervoso central podem ser bem sérios (WHO, 2003f)

A Health Consultation (2005) relatou que águas oriundas de fontes subterrâneas do Kansas/EUA apresentavam teores máximos de  $485\mu\text{g/L}$  e que a contaminação das frutas e vegetais por Pb, provavelmente, foi devido ao solo estar contaminado.

ROJAS *et al.* (2003) realizaram, entre 1998 a 2000, um estudo descritivo em uma área urbana de Valência na Venezuela, considerada em estudos anteriores como uma região crítica a exposição ao Pb. A população estudada foi composta por 60 crianças entre 6 a 8,6 anos (41,6% meninos e 58,3 meninas) residentes no local pelo menos por 12 meses. Os principais pontos de exposição identificados foram: paradas de ônibus (53,5%), oficina de ferreiros (35%), oficinas mecânicas para carros (28,5%), oficinas de reparo para pinturas de carros (11%) e posto de gasolina (3,5%). As análises na água coletadas em torneira e no sangue foram analisadas por espectrofotometria de absorção atômica. Os autores observaram uma média de  $35\mu\text{g/L}$  (desvio padrão  $\pm 25,5$ ) para as águas de abastecimento distribuídas principalmente por canos de plástico. Como resultado, foi encontrada uma taxa de 61% dessa população que apresentavam níveis séricos de Pb elevados ( $10,5\pm 3,0\mu\text{g/L}$ ), sendo que os meninos moradores próximos às oficinas de ferreiros apresentaram valores significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) em relação às meninas.

Navas-Acien *et al.* (2004) observaram que a concentração sérica média de Pb foi de  $0,10\mu\text{g/L}$ , sendo mais alta em idosos, fumantes, naqueles com baixo nível de escolaridade, nos homens, nos indivíduos de cor preta, nos latino-americanos e nos etilistas. Observaram, em 13,8% dos 2125 participantes, valores acima do recomendado e os resultados foram associados à prevalência do aumento da pressão arterial diastólica.

Schober *et al.* (2006), em um estudo coorte, realizado no período de 1994 a 2000, analisaram as informações de 9757 participantes do terceiro NHANES. Os autores haviam medido a concentração de Pb no sangue daqueles que tinham idade maior de 40 anos. Assumindo como referencia um teor de Pb menor que  $5\mu\text{g/L}$ , nos indivíduos com Pb sérico entre  $5-9\mu\text{g/L}$ , os autores observaram um RR para todas as mortes de 1,24 (IC 95%: 1,05-1,48); quando os valores foram maiores que  $10,0\mu\text{g/L}$  o RR foi de 1,59 (IC 95%: 1,28-1,98). Não observaram diferença no risco de morte por doença cardiovascular ou câncer.

### Estudos realizados no Brasil

Kuno *et al.* (2005) observaram, em São Paulo/SP, no ano de 2004, em 161 voluntários, com um histórico previamente conhecido de exposição ao Pb, uma concentração média de Pb sanguínea de 2,2 (0,2 a 10,4 µg/L), sendo significativamente maior nos homens, nos indivíduos entre 40 a 60 anos de idade e nos fumantes. Os autores concluíram que esses níveis baixos podem ser explicados pela restrição de Pb na gasolina, desde 1980.

Cunha *et al.* (2006), durante os anos de 1999 a 2001, investigaram, em um estudo ambiental associado a um monitoramento humano, se a contaminação ambiental atingia os moradores do Alto Vale da Ribeira, no Quadrilátero Ferrífero. Foram coletadas amostras de sangue de 335 crianças (7 a 14 anos) e de 350 adultos (15 a 70 anos), além de amostras do solo, de escórias, rejeitos e da água de abastecimento. No solo, as concentrações variaram de 21 a 916g/g; detectou-se o Pb em 2,5% das escórias e em 0,7% dos rejeitos. Nas águas das torneiras a concentração variou entre 5 a 8µg/L, portanto não estava contaminada. Observaram uma concentração média nas crianças de 7,4g/dL e nos adultos de 48g/dL. Os níveis foram maiores nos homens adultos e nos trabalhadores da usina de refino de Pb.

Pereira (2006) analisou, na cidade de Ouro Preto, durante o ano de 2003, 43 amostras de águas coletadas em residências e fontes alternativas ao longo do bairro Padre Faria (que se localiza em uma das regiões mais antigas da cidade, onde ocorre a presença de várias minas, que atualmente se encontram inundadas). Através da técnica de voltametria, detectou Pb em 95% das amostras, com concentrações variando entre 3,16µg/L a 21,2µg/L. Em 24% das amostras, as concentrações foram acima do limite permitido (10µg/L) pela portaria 518/MS (BRASIL, 2005a), e nas minas e bicas todas as amostras encontravam-se acima do limite.

### ***Mercúrio***

Mercúrio (Hg) é um metal de transição que se movimenta no ambiente atmosférico e pode ser proveniente de fontes naturais (evaporação de oceanos, liberação de gás da crosta terrestre, queima de combustível fóssil) e da ação humana (mineradoras e refinarias, indústrias de despolpamento de madeira e cosméticos, amálgamas dentários, hospitais e medicamentos) O Hg inalado (vapor) é muito mais perigoso que



na forma líquida, caracterizado como Hg elementar toxicologicamente mais importante e encontra-se combinado a outros elementos, sendo o metil-mercúrio a forma orgânica, e o cloreto de Hg, o composto inorgânico (ATSDR, 1999).

É importante saber a via (o ar, a pele ou comida - pode ser acumulado na cadeia alimentar) e a forma como o mercúrio foi absorvido; pois o Hg metálico, mesmo em grandes concentrações (a metade de uma colher de sopa) quase não é absorvido. Já 80% do vapor de Hg vai para a circulação sanguínea e pode permanecer por semanas ou meses nos pulmões, cérebro, rins e outros órgãos (ATSDR, 1999). Sua contaminação pode ocorrer devido à exposição na dieta, à exposição ocupacional, pela ingestão de medicamentos ou acidentalmente (LIU *ET AL.*, 2008).

Ele leva à intoxicação cerebral e pode causar doença imunológica glomerular, principalmente nas crianças (LIU *ET AL.*, 2008). Existe associação direta entre os níveis de Hg no corpo e o risco de doenças cardiovasculares. A mortalidade por essas doenças decorre uma vez que o Hg interage principalmente com as proteínas. Ele liga-se aos radicais sulfidrilas, alterando suas funções, principalmente as das enzimas. Essas, por sua vez, são importantes para o funcionamento do miocárdio. A enzima conversora da angiotensina e enzimas que participam da formação da adenosina têm sua atividade reduzida pelo Hg (VASSALLO *ET AL.*, 1996; VIRTANEN *ET AL.*, 2005; VIRTANEN *ET AL.*, 2007)

Segundo Tenório & Espinosa (2009), o Hg pode estar combinado ao cloro, enxofre e oxigênio, formando compostos inorgânicos de mercúrio, na forma de pó ou de cristais brancos, tais como o cloreto de mercúrio, que aparece nas pilhas descartadas. É utilizado também na produção de gás cloro e de soda cáustica, em termômetros e em amálgamas dentários. A associação cita que, em 1988, o consumo de mercúrio americano foi de 1755 toneladas. Deste total, 13% (225 t) foram usados na produção de baterias, dos quais 73% (173 t) foram usados na produção de baterias de óxido de mercúrio e, aproximadamente, 126 t na produção de baterias para aplicações médicas, militares ou industriais. Portanto, ao menos 56% do mercúrio usado na produção de baterias são usados em baterias "não-domésticas". A legislação brasileira estabelece como limite de tolerância biológica para o ser humano a taxa de 33µg de Hg/g de creatinina urinária e 0,04 mL/ m<sup>3</sup> de ar no ambiente de trabalho. Portanto, pelo fato de o Hg ocupar lugar de destaque entre as substâncias mais perigosas, espera-se que a quantidade de Hg consumido na produção de baterias continue a diminuir, ao contrário do que vem ocorrendo com o Pb e Cd.

### Estudos realizados em outros países

O caso clássico é a contaminação da baía de Minamata, no Japão, que teve início na década de 30, devido à descarga de rejeitos industriais químicos contendo esse metal. Em 1960, apareceram os primeiros casos de paralisia cerebral e sintomas de tonteiras, cegueira, surdez e dificuldades de fala (CORTECCI, 2005). Em 1982, foi diagnosticado o envenenamento por metil-mercúrio, causando a paralisia ou a morte de muitos indivíduos, principalmente entre aqueles envolvidos com a pesca (WEISS, 1996).

Virtanen *et al.* (2005), analisando amostras de cabelo e de sangue venoso de 2682 finlandeses, com idades entre 42 a 60 anos, observaram 282 casos de trombose aguda, 132 casos de doenças cardiovasculares e 91 casos de doença coronária do coração. A média de Hg contida nas amostras de cabelo foi de 1,9 µg/g. Observaram que homens com níveis mais altos de Hg tiveram quase o dobro (RR=1,6; IC 95%: 1,24-2,06) de risco de apresentar doença coronária aguda (DCA), 1,68 (IC 95%: 1,15-1,66) de risco para qualquer morte, quando comparados com homens que tiveram níveis menores de Hg nas amostras de cabelo. Para cada µg de Hg no cabelo, o risco para DCA aumentou em média em 11% (IC 95%: 6-17%), para morte por doença cardiovascular em 10% (IC 95%: 2-19%) e para o risco de doença coronariana em 13% (IC 95%: 3-23%).

### Estudos realizados no Brasil

Matschullat *et al.* (2000) concluíram que além do As e o Cd, também o Hg é um problema em algumas cidades do Quadrilátero Ferrífero. Os autores observaram em 126 escolares que a concentração média de Hg na urina era de 1,1 (0,1 a 16,5µg/L), mais alto que o observado por outros autores, e todas haviam recebido tratamento dentário com amálgamas. Nas amostras da água as medianas para os níveis de Hg foram menores que 0,10µg/L, provavelmente não sendo essa a fonte de contaminação nas cidades de Nova Lima e Santa Bárbara/MG.

Plawiak *et al.* (2005) também fizeram um estudo descritivo, citado na Geologia Médica do Brasil (CPRM, 2006), relacionando os dados disponíveis sobre a presença de Hg no alto do Estado do Paraná, com condicionamento geológico adverso. Detectaram diversas anomalias de Hg nos mapas geoquímicos, após o delineando da mobilização do Hg através dos caminhos percorridos e, considerando o risco à saúde da população

circunvizinha à área antiga de mineração de Ba, Pb e Zn do Vale da Ribeira, concluíram que merecem ser realizados mais estudos sobre as relações de causa e efeito.

### *Níquel*

O níquel (Ni) é também um metal de transição e sua exposição é devida à contaminação do ar, alimentos, água, e ocorre em fumantes (CPRM, 2007). A contaminação do ar advém principalmente através da queima de combustíveis fósseis. Está presente também através da fabricação de alimentos como artigos de panificadores, sorvetes aromatizados e refrigerantes (CETESB, 2007).

É comum em rochas ultrabásicas. A dominância de rochas ácidas explica a baixa concentração desse elemento em águas superficiais. É também encontrando em equipamentos descartados, como: fotográficos, relógio, agenda eletrônica, calculadora, filmadora, notebook, computador, videocassete, baterias e pilhas especiais miniatura, sistema de segurança e alarme (Tenório & Espinosa, 2009).

Os compostos de Ni podem danificar os cromossomas dos núcleos e são classificados como carcinogênicos (COSTA *ET AL.*, 2005).

O Ni, em altas concentrações no meio ambiente, pode causar câncer no trato respiratório e dermatite de contato (CPRM, 2007). A absorção por via gastrointestinal pode ser acompanhada por febre, leucocitose e os casos severos podem progredir para pneumonia, insuficiência respiratória e às vezes, edema cerebral e óbito (LIU *ET AL.*, 2008).

### Estudos epidemiológicos realizados no Brasil

Pascalichio (2000), em seu estudo em pacientes de consultórios na cidade de São Paulo, avaliou por meio do mineralograma capilar (para contaminação crônica), se existe associação entre os indicadores e a contaminação de metais. Observou em 77 indivíduos (sendo 63,4% mulheres e 36,6% homens) que 84,5% apresentaram pelo menos um elemento-traço acima dos padrões, citando várias referências que constataram que o ser humano absorve sem perceber vários elementos tóxicos do ambiente em que vive. A autora salientou que os metais tóxicos podem ser um grave problema de saúde pública, com repercussão de magnitude variável na saúde individual. Quando comparou os resultados médios obtidos pelos dois grupos de pacientes, o dos contaminados e o dos não

contaminados, ela observou, entre outros elementos estudados, que apenas os pacientes contaminados por Ni apresentaram um número médio de características positivas significativas ( $p = 0,017$ ) para os aspectos psicológicos, resultado maior - 4,0 contra 2,3. Concluiu que isso poderia estar relacionado ao fato de que todos os pacientes contaminados por níquel são mulheres. Entretanto não verificou associação entre o resultado e sexo ( $p = 0,364$ ).

#### **2.3.4. Elementos microcontaminantes ambientais relatados para terapia médica: Al, Sb, Li**

##### *Alumínio*

O alumínio (Al) é um metal muito abundante na crosta terrestre (CORTECCI, 2005), sendo mais comumente encontrado no estado de trivalência ( $Al^{3+}$ ). A exposição humana ocorre com alimentos e água potável. No entanto, menos de 1% da dieta é absorvido, sendo excretado na urina (LIU *ET AL.*, 2008).

Alguns estudos apontaram para uma interação entre a solubilidade dos compostos de Al e o pH, onde quanto menor o valor do pH, maior a solubilidade do Al (RONDEU *ET AL.*, 2000). A WHO (2003a) determina que a presença de Al pode variar entre 1 a 50 $\mu$ g/L, em pH próximo a 7, em águas naturais.

É utilizado no processo de floculação no tratamento da água de rede de abastecimento (MCKENZIE, 1895; PACKHAM, 1996), principalmente para os mananciais oriundos de águas superficiais, por estas conterem grande quantidade de partículas em suspensão. Estima-se que o alumínio proveniente da água de consumo pode contribuir para aumentar a ingestão em 4mg/Al/dia (RODEAU, 2000). É também componente de alguns antiácidos, sendo ingerido por via oral na forma de hidróxido de alumínio (CORTECCI, 2005).

A exposição ao Al em idosos tem sido associada ao alto índice de desenvolvimento da doença de Alzheimer (GAUTHIER *ET AL.*, 2000; JACQMIN *ET AL.*, 1994; GILLETTE-GUYONNET *ET AL.*, 2005), laringite crônica, paralisia dos membros inferiores (CPRM, 2007), encefalopatia (KAWAHARA, 2005) e também está correlacionada com a osteoporose, falência renal e à demência por seu acúmulo nos tecidos nervosos (DRUEKE, 2002). Além disso, o Al interfere na absorção de nutrientes

importantes como o fósforo e o selênio (FELIPPE, 2004), assim como de flúor e fosfato, acarretando em desmineralização e hipofosfatemia (CORTECCI, 2005).

#### Estudos realizados em outros países

Exley & Esiri (2006) descreveram um caso específico de uma mulher, na cidade de Camelford, na Inglaterra, que foi altamente exposta ao alumínio na infância, decorrente da contaminação do sistema de abastecimento local por 20 tonéis de sulfato de alumínio, e, 50 anos depois, desenvolveu um caso de deterioração mental grave, com níveis de Al no cérebro geralmente encontrados em pessoas com Mal de Alzheimer, que variam de 3-11 µg/L.

Imandel *et al.* (1994) realizaram um estudo nas cidades de Busher e Borazjan, no Irã, em que analisaram 10 amostras de água, de três pontos de abastecimento, que incluíam águas subterrâneas, superficiais sem tratamento e água tratada. Nas águas superficiais sem tratamento não foram encontrados valores detectáveis de Al, no entanto, na água tratada foram encontrados valores entre 150 a 182 µg/L, com média de 170,02 ( $\pm 12.8$  µg/L); valores muito maiores do que o permitido pela legislação norte-americana, que foi utilizada como referência.

Gauthier *et al.* (2000) realizaram um estudo em Quebec/Canadá, a fim de analisar a associação entre a exposição de Al pela ingestão de água potável e o Mal de Alzheimer. Participaram dos estudos pessoas de setenta anos ou mais, selecionadas de forma aleatória. Foram diagnosticados 68 casos com Alzheimer. Primeiramente não houve correlação entre a exposição de Al com a doença de Alzheimer, mas com os resultados ajustados ao nível educacional, presença de casos na família e exposição específico ao Al orgânico monomérico (Al), chegou-se a conclusão de que houve associação limítrofe com a doença (RR=2,67; IC 95%: 1,04-6,90).

Rondeau *et al.* (2000), em um estudo prospectivo, realizado no sudeste da França, em que foram acompanhados durante 8 anos, 3.777 pessoas com 65 anos ou mais, expostas à água contendo Al, concluíram que níveis de Al na água maiores que 100 µg/L pode ser um risco para o desenvolvimento de demência e doença de Alzheimer (RR=2,14; IC 95%: 1,21-3,80).

#### Estudos epidemiológicos realizados no Brasil

Ribeiro (2007b), preocupado com a demanda por água potável e a má qualidade da água dos rios observou o uso de maiores concentrações de produtos químicos nas Estações de Tratamento de Água (ETAs), gerando uma maior quantidade de resíduos. O autor verificou que, apesar de a água bruta apresentar valor ( $80\mu\text{g/L}$ ) dentro da faixa estabelecida pela portaria 518/MS (BRASIL, 2005a), o lodo possuía altas concentrações de Al, Fe, Ti, Mn, Cr e Cd. Concluiu ser necessária a preocupação com a disposição final dos resíduos, e que a análise do lodo deveria ser utilizada como indicador da avaliação do desempenho das unidades de tratamento.

Pereira (2006), em Ouro Preto, durante o ano de 2003, observou que a maioria das amostras coletadas no Bairro Padre Faria apresentava concentrações de Al acima do permitido. A possível causa foi associada à rede de abastecimento oficial do bairro, à ETA Itacolomi, que adiciona sulfato de alumínio para promover a clarificação das águas, antes da distribuição.

### ***Antimônio***

O antimônio (Sb) é um **metal (IUPAC, 2002)** que dá forma a ligas como Cu e Pb (WHO, 2004d), sendo encontrado em baterias, soldas e tubulações. É componente também de tintas, cerâmicas e até de plásticos.

Pode ser encontrado em baixas concentrações em alguns rios e lagos, expondo suas populações a baixos níveis, geralmente ingerido através de alimentos produzidos nessas áreas. Quando em altas concentrações, pode se alojar no fígado, rins, pulmão, baço e sangue, podendo levar ao óbito (LIU *ET AL.*, 2008).

Indivíduos expostos por longo tempo a níveis baixos podem apresentar irritações dos olhos, perda de pelo, danos ao pulmão e ao coração. Apesar desses efeitos, constitui-se na droga de primeira escolha para o tratamento da leishmaniose, sendo, no entanto, contraindicado em gestantes e em indivíduos com cardiopatias, hepatopatias ou nefropatias (MAYRINK *ET AL.*, 2006).

### ***Lítio***

O lítio (Li) é um metal alcalino amplamente distribuído na natureza e pode também ser encontrado em baterias e materiais fotográficos. Ocorre como contaminante

de águas subterrâneas devido à ação antrópica, através do não controle do esgoto sanitário (KSZOS & STEWART, 2003).

É também utilizado na indústria farmacêutica (LACK *ET AL.*, 2001), na produção de medicamentos para tratamento de doenças, como: transtorno bipolar, depressão e psicoses maníaco-depressivas (NUNES *ET AL.*, 2007). O Li é utilizado para o tratamento de doenças mentais em níveis próximos ao tóxico e, geralmente, sua intoxicação é relacionada ao seu uso medicinal. É rapidamente absorvido pelo trato gastrointestinal, distribuído pelo corpo todo, mas quando em maiores dosagens concentra-se no rim, tireóide e ossos (TIMER & SANDS, 1999; PECES *ET AL.*, 2006). Em modelos animais, o uso crônico do lítio pode reduzir o dano isquêmico (NONAKA & CHUNG, 1998).

#### Estudos realizados em outros países

Dawson *et al.* (1970), em um estudo ecológico analisando a água e a prevalência de doenças mentais de 27 cidades, buscaram fundamentar a hipótese de que as internações hospitalares por psicose maníaco-depressiva deveriam ser menos frequentes nas regiões onde a água de beber fosse rica em Li, quando comparadas a regiões onde a água tem pouca quantidade desse elemento. Eles observaram uma correlação inversa entre o conteúdo de Li na água de beber e internações hospitalares daquela doença.

Nunes *et al.* (2007), em um estudo transversal, compararam a prevalência de Alzheimer entre 66 pacientes idosos com desordem bipolar em tratamento com Li e 48 pacientes com características semelhantes sem recente terapia do lítio. Eles foram pareados quanto à idade, e a doença de Alzheimer foi diagnosticada em 3 pacientes (5%) com uso do Li e em 16 pacientes (33%) que não estavam com Li ( $P < 0.001$ ), sugerindo que o tratamento do Li reduz essa prevalência nos pacientes com desordem bipolar na população idosa geral. Isto está de acordo com relatórios que dizem que o Li inibe processos cruciais na patogênese da doença de Alzheimer.

### **2.3.5. Elementos microcontaminantes ambientais com menor toxicidade: Ba, Ti, Sr, V**

#### ***Bário***

O bário (Ba) é um metal não essencial aos seres vivos do ponto de vista biológico e, mesmo em baixas concentrações no ambiente, já é considerado muito tóxico, uma vez que são acumulativos no organismo dos humanos e animais. Concentrações acima de 550 mg são fatais aos seres humanos (CPRM, 2007).

Quando ingerido em pequenas quantidades, por um curto período de tempo, pode levar a sintomas como vômitos, câimbras musculares, dificuldades respiratórias, alterações da PA e debilidade muscular (ATSDR, 2007b).

### ***Titânio***

O titânio (Ti) é um metal de transição muito resistente à corrosão, por isso é muito utilizado na metalurgia, sendo encontrado em aviões, navios e mísseis. O componente mais utilizado é o dióxido de titânio, que é utilizado como pigmento em tintas, pasta de dente e plásticos e ainda como aditivo em comidas, como na farinha.

Não é muito absorvido pelo trato gastrointestinal, chegando aproximadamente a 3% de toda a ingestão de titânio inorgânico; a estimativa de toda a carga corporal fica em torno de 15mg. A absorção por via aérea é maior, o que leva a uma concentração mais elevada nos pulmões, onde se depositam por muito tempo.

A exposição ocupacional ao dióxido de titânio por inalação leva a efeitos nos pulmões, mas leves e reversíveis. Estudos epidemiológicos não identificaram uma relação entre doenças respiratórias crônicas e câncer com a sua exposição. Alguns autores têm relatado sua atividade quimioterápica (LIU *ET AL.*, 2008).

### ***Estrôncio***

O estrôncio (Sr) é um metal alcalino-terroso, 15% mais abundante na crosta terrestre; é encontrado no meio natural nos minerais celestite e strontianite (ATSDR, 2004). É um dos constituintes da apatita, podendo chegar a concentrações de até 73g/Kg; é encontrando também no carvão e no petróleo. Na água do mar, é o elemento mais abundante, podendo chegar a concentrações de 8000µg/L e, em águas naturais, é encontrado em concentrações que variam entre 21 e 374 µg/L (CABRERA *ET AL.*, 1999).

É constituinte natural de alimentos e bebidas, podendo chegar a concentrações de até 25mg/Kg em cereais. O teor do elemento na dieta humana varia muito de acordo com a área geográfica e o tipo de alimento consumido. A exposição em baixos níveis



ocorre com a ingestão de comida e água, mas para a maioria das pessoas a ingestão de Sr é moderada (ATSDR, 2004). Alguns estudos sugerem sua associação com o aumento da taxa de formação óssea e da densidade óssea, uma vez que na corrente sanguínea se comporta como o Ca (ATSDR, 2004), podendo ter uma aplicação terapêutica em doenças que promovem o remodelamento ósseo e a desmineralização (CABRERA *ET AL.*, 1999).

Sua ingestão pela via gastrointestinal não é muito grande, apenas uma pequena parcela entra na corrente sanguínea, em que a intensidade da absorção varia com a idade, chegando a 90% em crianças e apenas 10% em idosos e é inversamente proporcional nas dietas ricas em cálcio e fósforo. Quando aspirado (via não preferencial) através de componentes solúveis em água, entram na corrente sanguínea de um modo relativamente rápido, mas quando não o são, ficam depositados no pulmão (CABRERA *ET AL.*, 1999; ATSDR, 2004).

Estudos já reportaram a associação de altas doses de estrôncio com o surgimento da osteomalácia e disfunção renal em ratos (CABRERA *ET AL.*, 1999). O estrôncio radioativo pode danificar os ossos e provocar anemia, enquanto o cromato de estrôncio pode causar câncer do nariz, pulmão, pele e leucemia. Pode também afetar o crescimento dos ossos nas crianças (ATSDR, 2004).

#### Estudo realizado no Brasil

Rocha *et al.* (2005), em um estudo de caso-controle, com 123 casos de insuficiência renal, procedentes de três hospitais de Belo Horizonte/MG e 137 controles, observaram que as concentrações médias do Sr sérico eram significativamente maiores nos pacientes hospitalizados ( $245 \pm 48 \mu\text{g/L}$ ) do que a do grupo de controle ( $37 \pm 10 \mu\text{g/L}$ ), com exceção de um hospital avaliado. Os estudiosos concluíram que pacientes em diálise podem apresentar níveis de estrôncio elevados, provavelmente em função dos altos teores de Sr encontrando nas soluções de diálise.

#### **Vanádio**

O vanádio (V) é um metal de transição muito utilizado nas indústrias metalúrgicas para fazer ligas, produção de ferramentas de aço para ser usado em peças para automóveis, molas e rolamentos de esferas e quando misturado ao Fe é utilizado para fazer peças de aeronaves. Também são utilizados em borracha, plásticos, cerâmica e outros produtos. A exposição ocorre pelo ar, água e alimentação. Há ocorrência natural de vanádio nas rochas e no solo e a maior parte de sua entrada (cerca de 10 a 20µg/dia) é a partir dos alimentos (ATSDR, 1992; FELIPPE Jr. & WILKE, 1998).

O V é pouco absorvido (1% a 5% da ingesta), sendo excretado nas fezes. Valores séricos acima de 1,0ng/mL indicam exposição excessiva (OMS, 1998), causando principalmente irritação do sistema respiratório ou desordens neurológicas tais como o Alzheimer (SANTANA, 2008). Pode causar diminuição do apetite, diarreia, agravamento da psicose maníaco depressiva, além de ser neurotóxico e nefrotóxico (FELIPPE Jr. & WILKE, 1998). Masironi (1972), em um estudo epidemiológico, observou que baixas ingestões de V podem estar associadas à doença cardiovascular.

Sua função biológica é pouco conhecida e provavelmente é um importante cofator no controle de reações enzimáticas, como regulação de troca de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase e outras (OMS, 1998; SANTANA, 2008).

**3. JUSTIFICATIVA**

As doenças não-transmissíveis representam a principal causa de mortalidade e de incapacitação no mundo e são responsáveis por 59% dos 56,5 milhões de óbitos anuais. As doenças vasculares apresentam uma série de fatores de risco e ultimamente vem-se considerando o papel dos elementos-traço, que direta ou indiretamente afeta um ou mais fatores de risco, tais como efeitos na hipertensão, circulação de lipídeos, níveis de lipoproteínas e diabetes (VAHOUNY, 1982). No Brasil, as doenças cardiovasculares (DCV) são responsáveis por 34,4 % dos óbitos. Em Ouro Preto, Ferreira (2004) observou uma prevalência de 37,7% de hipertensão, em indivíduos com idade maior que 15 anos, seguido de 24,9% de dislipidemia, 19,1% de obesidade e 3,9% hiperglicemia.

Estudos dos danos causados ao organismo devido à exposição aos tóxicos que se encontram no meio ambiente indicam ser necessária a análise da rota de exposição.

Diversos autores vêm estudando fatores clínicos, geoquímicos e epidemiológicos, buscando estabelecer associação entre a concentração dos elementos químicos na água e a ocorrência de doenças nos seres vivos (DISSANAYAKE & CHANDRAJITH, 2007; RAPANT *ET AL.*, 2007), evidenciando a necessidade da construção de um sistema de vigilância ambiental para a saúde pública. Como a “Blackfoot”, que é uma doença endêmica causada pela exposição a longo prazo ao As ingerido na água (TSENG *ET AL.*, 2003) e exposição aguda com diarreia grave e náuseas (WHO, 2004b) e outras relacionadas ao excesso de metais no organismo: fluorose (excesso de fluor); saturnismo (excesso de chumbo) e associação de substâncias químicas com a morbi- mortalidade por doenças não transmissíveis, tais como as DCV e seus fatores de risco e câncer.

A vigília da qualidade da água deve, portanto, ser uma preocupação sempre presente dentre os membros da comunidade e seus representantes, e a busca da segurança hídrica deve ser um grande desafio. A visualização da distribuição geográfica dos elementos químicos na água e dos elementos-traço no soro poderá identificar as áreas de risco, e, ainda através de eventual detecção de possíveis correlações com as doenças, poderemos demonstrar que o uso de água com teores adequados de elementos químicos pode ter forte impacto favorável à saúde da população estudada, justificando a aplicação prática desse estudo.

#### **4. OBJETIVOS**

#### 4.1. Objetivo geral

Analisar a distribuição geográfica dos níveis séricos dos elementos-traço e da contaminação da água de abastecimento urbano por **elementos químicos na população de Ouro Preto/MG**.

- *Hipótese geral*: na medida em que Ouro Preto/MG se apresenta como parte de uma das áreas de maior complexidade geológica do Brasil, pode-se elaborar as seguintes premissas: existe alteração dos níveis permitidos **dos elementos químicos** na água potável e/ou dos elementos-traço no soro sanguíneo, isto é, indivíduos expostos aos **elementos químicos** presentes na água de abastecimento apresentam alterações de elementos-traço no soro.

#### 4.2. Objetivos específicos

- a) Caracterizar os sistemas de água de consumo urbano de Ouro Preto/MG
- b) Determinar a concentração dos **elementos** (Ba, As, Ba, Be, Ca, Cd, Pb, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Sr, Se, Ti, Zn) em águas de abastecimento da área urbana de Ouro Preto/MG.
  - *Hipótese*: O município não tem estação de tratamento de água para todo seu abastecimento localizando em área rica geologicamente, portanto, espera-se que a sua potabilidade química não esteja adequada.
- c) Identificar os teores de elementos-traço em amostras de soro sanguíneo dos **moradores da região**.
  - *Hipótese*: como se espera que os elementos químicos da água de abastecimento urbano estejam acima dos valores máximos permitidos na legislação vigente, espera-se por sua vez que a concentração desses elementos esteja alta em amostras de soro dos indivíduos.
- d) Investigar a correlação entre os elementos-traço em amostras de soro sanguíneo e a concentração **de elementos químicos** na água de abastecimento.
  - *Hipótese*: existe correlação entre **os elementos químicos** na água coletada nos domicílios e os elementos-traços no soro dos indivíduos estudados.

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

## 5.1. Desenho e período de estudo

Esse estudo descritivo foi realizado em cinco etapas de trabalho.

A primeira: aplicação de questionário específico sobre saneamento domiciliar e características socioeconômicas familiar;

A segunda: coleta de amostras de sangue para obtenção de soro;

A terceira: coleta de amostras de água dos domicílios e reservatórios sob responsabilidade direta da administração municipal em dois períodos de tempo;

A quarta: definição da rede de abastecimento de água;

A quinta: análise físico-química da água e bioquímica do soro.

O estudo foi realizado no período de março de 2006 a março de 2007, sendo as coletas de amostras da água de abastecimento coletadas em dois períodos climáticos: o seco (março a setembro de 2006); e chuvoso (novembro 2006 a março 2007).

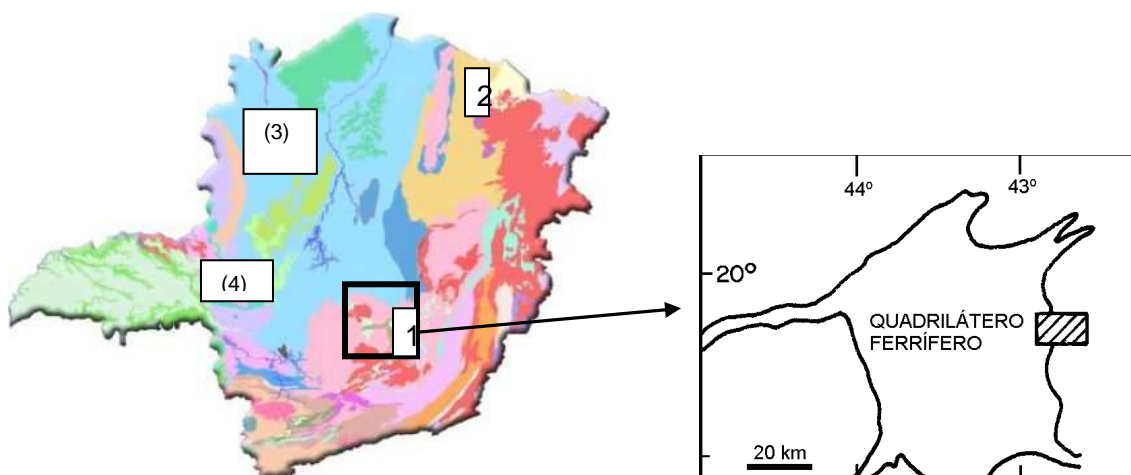
As análises séricas foram realizadas no período de dezembro de 2008 a maio de 2009.

## 5.2. Área de estudo

O Estado de Minas Gerais (MG) é considerado o berço das águas da região sudeste. Pode ser caracterizado segundo as bacias hidrográficas (um total de 06 bacias-IGAM, 2003) e suas diferentes áreas geológicas no Quadrilátero Ferrífero (Figura 3), áreas com solo alcalino e calcáreo (3), unidades ricas quartzito (2) e em basalto (4) e outras (CPRM, 2003).

O Quadrilátero Ferrífero é importante distrito mineral, que compreende uma área de 7.200 Km<sup>2</sup>, localizada na porção centro-sul de Minas Gerais. Este apresenta uma constituição geológica de rochas metassedimentares e metavulcânicas pertencentes aos supergrupos Minas e Rio das Velhas, onde as formações ferríferas hospedam os corpos de minérios mais ricos em ouro (BORBA, 2002), além de jazidas de ferro e manganês (MENESES *ET AL.*, 2007).





Fonte: adaptação dos mapas elaborados pela Cotemig, 2009 e por Mello *et al.*, 2000.

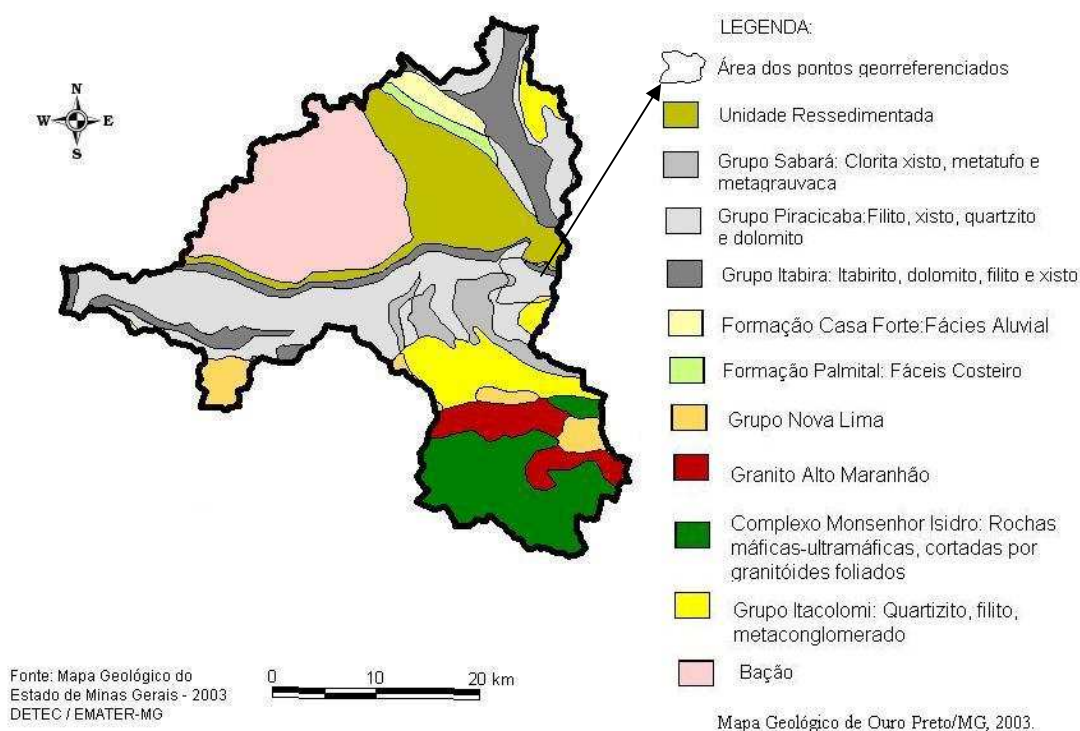
**Figura 3-** Mapa acentuando as principais áreas geológicas de Minas Gerais/Brasil, destacando o Quadrilátero Ferrífero.

Ouro Preto está localizada no Quadrilátero Ferrífero/MG. A cidade foi fundada em 1698, durante o ciclo de ouro do Brasil colônia, e foi elevada a Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO em 1980 (CEPAL, 1996). Está localizada entre as coordenadas geodésicas  $20^{\circ}23'28''$  de latitude sul e  $43^{\circ}30'20''$  de longitude oeste em uma região de clima tropical de altitude, sendo classificado como sub-úmido com 4 a 5 meses de seca (MENESES *ET AL.*, 2007). Apresenta uma altitude média de 1.116 metros e uma área de  $1.247\text{Km}^2$  (MINAS GERAIS, 1995). A média pluviométrica anual é de 1.670,3 mm/ano, com distribuição irregular, com concentração maior nos períodos chuvosos no verão. A temperatura máxima é de  $23,2^{\circ}\text{C}$  e a mínima anual de  $14,6^{\circ}\text{C}$ , apresentando média anual de  $18,5^{\circ}\text{C}$  (MELLO, *ET AL.*, 2008).

O município, em 2005, possuía 68.395 habitantes e uma população na sede composta por 38.297 habitantes. As atividades econômicas são, além do turismo e serviços, a extração do alumínio, de pedra-sabão, de topázio imperial e outras gemas. A exploração aurífera nessa região iniciou-se no final do século XVII. Primeiramente os garimpeiros exploraram o minério superficial oxidado e depois, com o seu esgotamento, deu-se início a exploração da lavra subterrânea do minério fresco (BORBA, 2002, BORBA *ET AL.*, 2003). Essa atividade mineradora trouxe consequências para a região, como a dispersão de **elementos químicos** (ferro, alumínio chumbo, mercúrio e o **arsênio**) e a contaminação das fontes de água potável, como mananciais, rios e lençóis freáticos que consequentemente afeta os sistemas de abastecimento de água (CARVALHO *ET*

AL., 2004). A lixiviação, decorrente da topologia, da elevada precipitação e diferente pluviamento, acentua a contaminação.

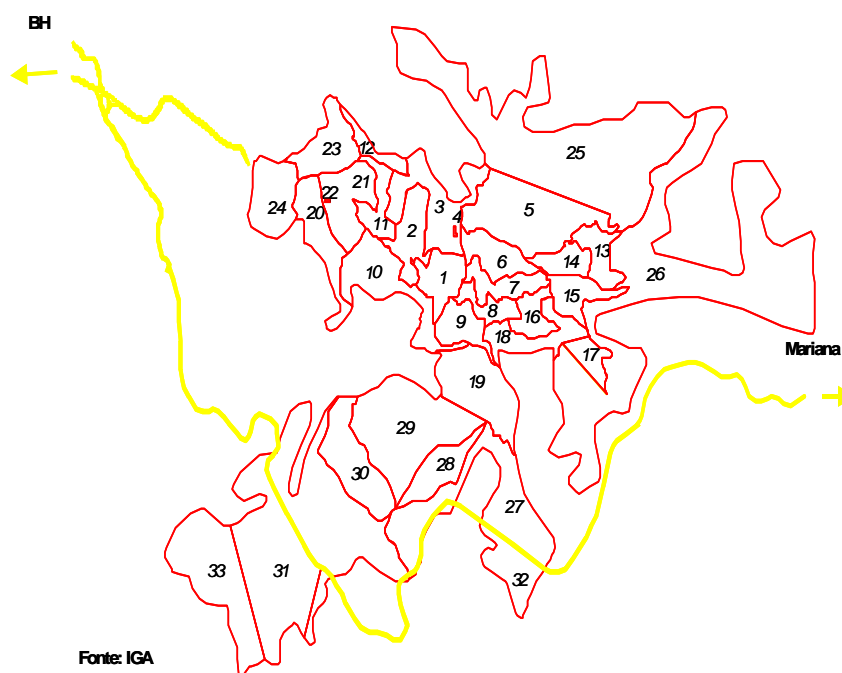
A geologia (Figura 4) na área urbana pode ser classificada nos Grupos: Piracicaba (filito, xisto, quartzito e dolomito) em sua maior parte; Sabará (clorita xisto, metatufo e Metagrauvaca); Itabira (itabirito, dolomito, filito, xisto); Itacolomi (quartzito, filito, metaconglomerado), e uma pequena parte é de unidade ressedimentada, provenientes de rochas metassedimentares e metavulcânicas (MELLO *ET AL.*, 2008; CPRM, 2006). O trabalho realizado pela EMATER-MG (MELLO *ET AL.*, 2008) analisou amostras superficiais (0 a 20 cm de profundidade) do solo, observando que na área urbana apresentaram pH baixo (4,5 a 5,4), que é inadequado à maioria das culturas; já a saturação por alumínio foi considerada baixa a muito baixa, com uma acidez potencial (H + Al) média e acidez trocável (Al) baixa a muito baixa. Em relação às bases, cálcio e magnésio enquadram-se também em muito baixa concentração e o potássio disponível é baixo. Deschamps & Mello (2007), em suas análises do solo no Quadrilátero Ferrífero, observaram que a geoquímica do As é móvel e que sua presença excede os valores permitidos na maioria das amostras analisadas.



**Figura 4-** Mapa Geológico de Ouro Preto/MG, 2003

A escolha dessa cidade histórica deve-se ao fato de, além de pertencer ao Quadrilátero Ferrífero, ser contemplada com nascentes de duas grandes bacias hidrográficas (Rio Doce e São Francisco).

A cidade é dividida em 33 setores censitários (Figura 5). A área urbana de Ouro Preto foi dividida pela Secretaria Municipal de Saúde/ Prefeitura Municipal (PMOP) conforme especificações do Ministério da Saúde, em seis diferentes áreas geográficas, correspondendo aos VI Programas de Agentes Comunitários de Saúde – PACS existentes (Anexo I). Seu abastecimento de água é constituído por 22 captações de água, 16 sistemas públicos ativados, um sistema privado e mais dois pertencentes às escolas do governo federal.

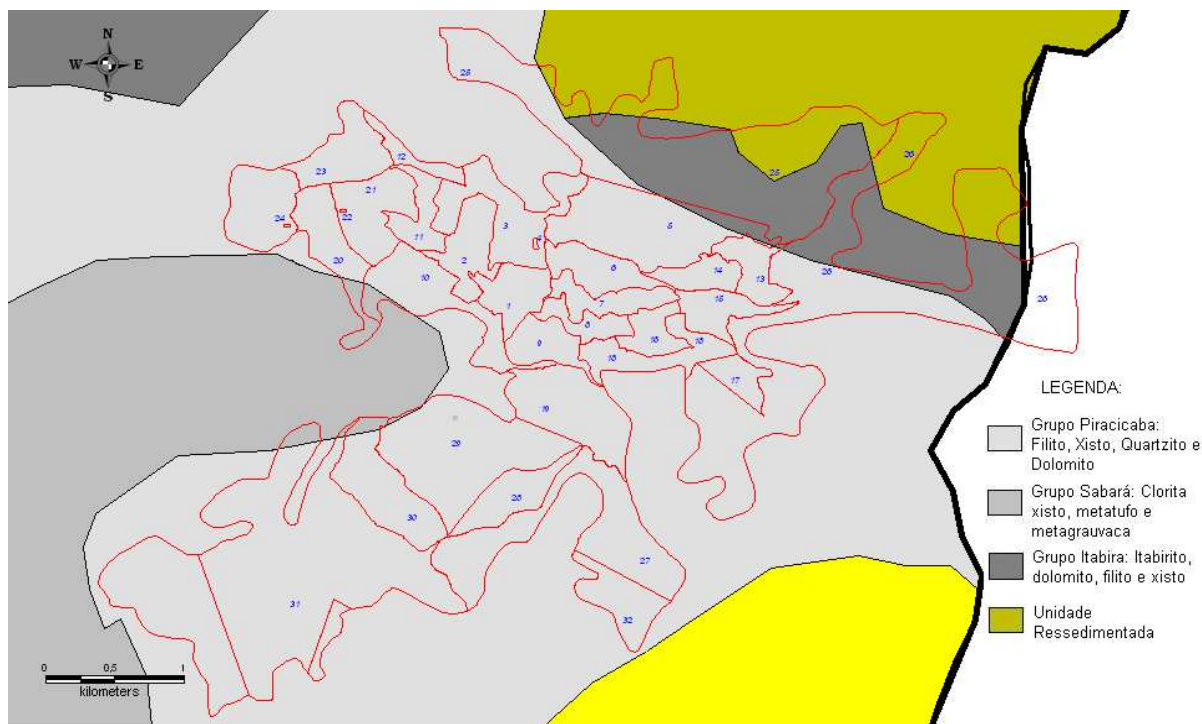


**Figura 5-** Setores censitários da sede do município. Ouro Preto/MG, 2003

Nota: Números correspondentes aos setores censitários estão listados na Tabela 1.

Do município, apenas o sistema (Itacolomi- S01) possui tratamento convencional (OURO PRETO, 2006), realizado na Estação de Tratamento de Água (ETA), onde predominam águas doces de classe 2. Nos demais sistemas de captação, cujas águas são classificadas como de classe especial, são realizadas apenas desinfecções (cloração) ou não possui nenhum tipo de tratamento.

A figura 6 delinea os setores censitários sobrepostos ao mapa geológico.



**Figura 6-** Distribuição geológica da área urbana do município, por setores censitários. Ouro Preto/MG, 2006.

### 5.3. Critérios de inclusão no estudo

Para fazer parte do estudo, os indivíduos deveriam preencher os seguintes critérios: possuir idade superior a 20 anos; morar em domicílios na área urbana **no mínimo há cinco anos**; concordar em participar de todas as etapas da pesquisa, mediante assinatura de termo de consentimento livre e esclarecido.

### 5.4. População do estudo

Na Tabela 1 está apresentada a frequência relativa e o percentual (%) do total de domicílios (que correspondem também ao total de indivíduos participantes desse estudo), por setor censitário. Também foram incluídas no estudo amostras de duas nascentes, 14 reservatórios, duas minas e um chafariz.

**Tabela 1-** Número de amostras de domicílios na área urbana, segundo setor censitário na cidade de Ouro Preto/MG, 2006.

Setor Censitário*		Número de domicílios n (%)
Número correspondente	Nome	
1	Centro	06 (1,53)
2	Rosário	06 (1,53)
3	Rodoviária	07 (1,79)
5	São Sebastião 1	12 (3,06)
6	Lajes	06 (1,53)
7	Antônio Dias 1	07 (1,79)
8	Antônio Dias 2	15 (3,83)
9	Barra	15 (3,83)
10	Vila São José	05 (1,28)
11	São Cristovão	07 (1,79)
12	Veloso 1	11 (2,81)
13	Morro Santana 1	15 (3,83)
14	Morro Santana 2	18 (4,59)
15	Alto da Cruz	16 (4,08)
16	Santa Efigênia	08 (2,04)
17	Padre Faria	12 (3,06)
18	Alto das Dores	04 (1,02)
19	Vila Aparecida	15 (3,83)
20	Jardim Alvorada	08 (2,04)
21	Cabeças	11 (2,81)
23	Veloso	23 (5,87)
25	Morro São Sebastião 2/São João	27 (6,86)
26	Morro Santana/Taquaral	56 (14,29)
27	Nossa Senhora do Carmo	14 (3,57)
28	Bauxita	30 (7,65)
29	Campus- UFOP	11 (2,81)
30	Vila Operária	07 (1,79)
31	Saramenha	11 (2,81)
32	Novo Horizonte	09 (2,30)
Total		392 (100)

Fonte: \*IBGE, 1996/Pereira, 2006

Nota: \* Domicílios não amostrados: setor 4 (Educandário) 22Asilo), 24 (FEBEM) e 33 (Parque do Tripuí).

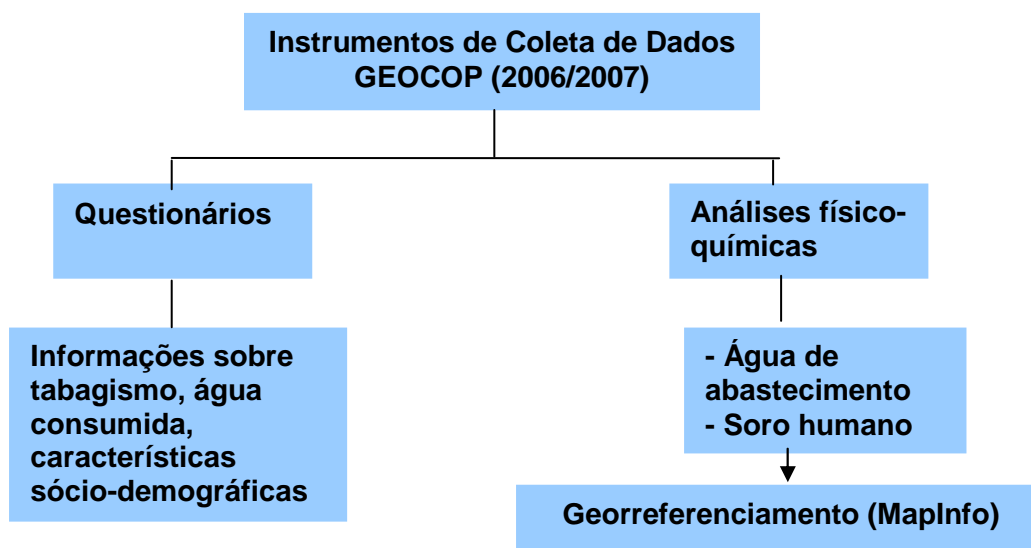
## 5.5. Instrumentos de coleta de dados

Aos voluntários ou responsáveis, após a leitura do termo de consentimento, de acordo com as Normas da Resolução nº. 196 do Conselho Nacional de Saúde de 10/10/96, e informados sobre os objetivos da pesquisa, o protocolo e os procedimentos a serem realizados, bem como os riscos e benefícios da participação no estudo, foi solicitado assinatura no novo termo de consentimento de participação por escrito (Anexos II, III).

O termo de concordância para a coleta e análises das águas públicas foi obtido nas Secretarias Municipais de Saúde e de Obras da Prefeitura Municipal.

O Projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFOP – Câmara Humana nº. 2006/70 CAAE – 0003.0.238.000-06 – FR 88187.

Toda a equipe foi previamente treinada para aplicação e medição dos instrumentos de coleta de dados de acordo com o manual (Anexos IV e V) e fluxograma abaixo (Figura 7).



**Figura 7** - Fluxograma da coleta de dados. Ouro Preto/MG, 2006/2007.

### **5.5.1. Coleta de informações sobre serviços, infra-estrutura, comportamentos de vida e suas classificações**

As informações sobre serviços e infra-estrutura foram obtidas através dos relatórios técnicos e também com profissionais técnicos (comunicação verbal) do Serviço de Água e Esgoto da cidade e através de aplicação de questionário nos domicílios catalogados por duplas treinadas previamente. Para obtenção das informações sobre a água seguiu-se como base o modelo do protocolo do Ministério da Saúde, a ficha A – SIAB (BRASIL, 1998; Minas Gerais, 2008), também aplicado previamente por Barbosa (2003), vide o Anexo VI.

Os entrevistados foram questionados também quanto às características comportamentais (NETO *ET AL.*, 2005) como alcoolismo e tabagismo (tipo, frequência e quantidade) e quanto às doenças acometidas.

O tabagismo foi classificado em função do risco diferenciado entre fumante, ex-fumantes e não fumantes, segundo adaptação do Vigitel (BRASIL, 2006c). Foi categorizado em: 1) fumante: todo indivíduo que fuma, independentemente da frequência e intensidade do hábito de fumar; 2) ex - fumante: todo não fumante que já fumou em alguma época de sua vida; 3) não fumante: todo indivíduo que nunca fumou.

### **5.5.2. Análise da água**

#### **5.5.2.1. Classificação das redes ou caminhos percorridos pela água**

Primeiramente foi feita uma visita aos reservatórios públicos e depois tracejado os possíveis caminhos, com base nos relatórios obtidos no SEMAE e na opinião de técnicos. Foram verificadas as coordenadas geodésicas, realizados novos reajustes às rotas e definidos em conjunto, as possíveis redes com os domicílios correspondentes que recebem água dos reservatórios e nascentes. Na primeira coleta, observou-se os domicílios que utilizavam águas de minas, e novas adaptações aos fluxogramas foram realizadas, tornando mais claras a distribuição destas redes dentro dos sistemas definidos pela prefeitura (Anexo VII). Um total de 36 redes foi delineado e estudado.

### 5.5.2.2. Coleta da água

A sistemática de coleta e preservação das amostras seguiu a metodologia proposta no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (CLESCERI ET AL., 1998) e foram avaliados segundo os parâmetros descritos na Portaria n°. 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005a), na Resolução n°. 357 (CONAMA, 2005) e a n°. 396 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (2008).

A coleta da água para análise física foi realizada em um béquer de 100mL, previamente ambientalizado com a amostra específica, por três vezes.

As amostras para análises químicas foram coletadas em frascos de polietileno (tereftalato de etileno) de cristal com tampa branca de 60mL, previamente lavados com ácido nítrico (10%) e bem enxaguados com água destilada e deionizada. No momento da coleta, fez-se ambiente três vezes com a própria água a ser coletada, após ser filtrada em filtro de acetato de celulose de 0,45µm de tamanho de poro (Millipore®) exceto para as amostras em nascentes. Coletou-se dois frascos até 3/4 do seu volume total e gotejou-se 5 gotas de solução de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>-Merck 65%) a 2,5% p/p, para sua preservação.

Foram coletadas amostras da água da torneira da cozinha dos domicílios dos indivíduos estudados (caso não houvesse água saindo desse ponto primário de entrada de água da rede, a amostra foi coletada no seu reservatório como, por exemplo, tambor) e na rede municipal de abastecimento, durante o período seco e chuvoso da região.

Nos reservatórios, os frascos foram mergulhados a 15 cm de profundidade. Nas torneiras, as amostras foram coletadas após deixar sair os primeiros jatos e, logo após, correr o fluxo lento de água por três minutos.

As amostras foram lacradas, rotuladas e transportadas sob refrigeração para o laboratório LgQA/DEGEO/UFOP, onde foram devidamente acondicionadas a 4°C até a realização das análises, e conservadas por seis meses.

### 5.5.2.3. Análises físico-químicas dos elementos químicos na água

Foram medidos “*in loco*” o pH e a temperatura da água com o equipamento portátil meter W –H 340. O medidor de pH foi previamente calibrado com soluções



tamponadas de pH 4,0, 7,0 e 9,0. O procedimento para obtenção das leituras no medidor de pH foi realizado por três vezes.

Foram incluídas análises químicas por métodos espectrofotométricos dos elementos químicos na água de abastecimento nos domicílios e nos reservatórios da Prefeitura de Ouro Preto/MG em dois períodos sazonais (chuvoso e seco). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Química Analítica (LgQA) do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto (DEGEO/UFOP), segundo as práticas especificamente normatizadas por Procedimento Operacional Padrão (POP) e Controle de Qualidade Interno e Externo.

A análise dos elementos químicos de todas as amostras da água foi realizada por duas técnicas: Espectrofotometria de Emissão Ótica Indutivamente Acoplada a Plasma (ICP OES) e Voltametria Cíclica (propriamente Volt Amperometria) ou Polarografia.

Os elementos para serem lidos com margem de segurança deveriam apresentar uma concentração mínima, também conhecida como Limites de Quantificação (LQ), segundo os padrões estabelecidos no LgQA para os LQ na espectrofotometria óptica de emissão atômica com fonte de plasma indutivamente acoplada (ICP-OES) marca SPECTRO modelo CIRUS CCD. Os LQ foram: Al -7,5µg/L, As -85,0µg/L, Ba-0,5µg/L, Be -2,0µg/L, Ca - 0,1µg/mL, Cd - 8,0µg/L, Co -16,0µg/L, Cr -10,0µg/L, Cu - 5,0µg/L, Fe- 6,0µg/L, K- 0,05µg/mL, Li -0,75µg/L, Mg - 0,05µg/mL, Mn -2,5µg/L, Mo -25µg/L, Na -0,005µg/mL, Ni -20,0µg/L, Sc- 0,25µg/L, Sr- 0,10µg/L, Ti -2,5µg/L, V - 5,25µg/L, Y - 2,0µg/L, Zn - 4,0µg/L. Foi utilizado material de referência internacional para águas naturais, o padrão do *National Institute of Standard and Technology* - NIST n<sup>o</sup> 1643e, para estimativa de exatidão.

As análises de Cd, Pb, Zn, Cu, Se, Hg e As foram realizadas em um polarógrafo METROHM rohm modelo COMPUTRACE 757 VA, e os valores de LQ foram, respectivamente, 0,1µg/L, 0,5µg/L, 4,0µg/L, 0,5µg/L, 0,3µg/L, 1,0µg/L e 5µg/L. A técnica utilizada foi a voltametria com “stripping” anódico e pulso diferencial, sobre eletrodo de gota pendente de mercúrio. Optou-se por realizar outra análise estatística, que abrangeu 58 domicílios escolhidos aleatoriamente e em frações proporcionais aos números de domicílios participantes por setor, que concordaram em participar desse estudo, além das 14 amostras de água que apresentaram concentrações de As acima do LQ na técnica ICP OES e todas as 19 amostras de nascentes/ reservatórios/ minas e chafariz.

#### 5.5.2.4. Padrões de potabilidade para o pH e para os elementos químicos na água

Os limites estabelecidos para o pH na água varia na faixa de 6 a 9 pelo CONAMA e a Portaria 518/MS (Brasil, 2005a) recomenda para o sistema de distribuição que seja mantido entre 6 a 9,5.

No Quadro nº 3 encontra-se uma descrição dos valores máximos permitidos nas legislações vigentes no Brasil.

**Quadro 3** - Valores máximos permitidos pela legislação brasileira para os elementos ( $\mu\text{g/L}$ ) na água para consumo humano, classificação segundo o seu enquadramento.

Parâmetros	Reservatórios públicos e de domicílios		Águas superficiais CONAMA nº 357	Águas subterrâneas (Mina/Chafariz) CONAMA nº 396
	Portaria 518/MS	CONAMA 20 COPAM 10		
<i>Elementos essenciais comuns a todas as águas: Ca, Na, K, Mg</i>				
Ca	-	-	-	-
K	-	-	-	-
Mg	-	-	-	-
Na	20.000,00	-	-	20.000,00
<i>Elementos essenciais e simultaneamente microcontaminantes com potencial para toxicidade: Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, Zn</i>				
Co	-	200,00	50,00	-
Cu	2.000,00	20,00	9,00	200,00
Fe	300,00	300,00	300,00	300,00
Mn	100,00	100,00	100,00	100,00
Mo	-	-	-	70,00
Se	10,00	10,00	10,00	10,00
Zn	5.000,00	180,00	5.000,00	180,00
<i>Elementos microcontaminantes ambientais de maior toxicidade: As, Be, Cd, Cr, Pb, Hg, Ni</i>				
As	10,00	50,00	10,00	10,00
Be	-	100,00	40	4,0
Cd	5,00	5,00	1,00	5,00
Cr	50,00	50,00	50,00	50,00
Pb	10,00	30,00	10,00	10,00
Hg	1,00	0,2	0,2	1,00
Ni	25,00	25,00	25,00	20,00
<i>Elementos microcontaminantes ambientais com menor toxicidade: Ba; Sn; Sr; Ti; V</i>				
Ba	700,00	1000,00	700,00	700,00
Sr	-	-	-	-

Ti	100,00	-	-	-
V	-	100,00	-	50,00
<i>Elementos microcontaminantes ambientais relatados para terapia médica: Al, Sb, Li</i>				
Al	200,00	100,00	100,00	200,00
Sb	5,00	-	5,00	5,00
Li	-	2500,00	2500,00	-

Fontes: Brasil, 2005a, COPAM, 1986, CONAMA, 1986; 2005; 2008.

Os elementos estudados, tais como, Ca, K, Mg, Sr, por não possuírem limites estabelecidos na legislação, foram analisados através de suas médias e variação.

### 5.5.3. Análise de elementos-traço no soro

#### 5.5.3.1. Coleta do soro

Foram coletadas, no Laboratório Piloto de Análises Clínicas da Escola de Farmácia da Universidade Federal de Ouro Preto/MG (LAPAC/EF/UFOP), **em tubos tipo vacutainer sem anticoagulante as amostras de sangue dos indivíduos, após jejum de 12 horas, centrifugadas por 20 minutos e o soro sanguíneo foi armazenado em dois frascos de polietileno tipo endorff de 2,0mL (em duplicata), em freezer -80°C no Laboratório de Epidemiologia (Departamento Ciências Medicas da UFOP), devidamente rotulados.**

#### 5.5.3.2. Metodologia de análise de soro

O ferro foi analisado por três metodologias. Primeiramente as análises sorológicas de ferro sérico e de ferritina no soro foram realizadas de acordo com as normas e rotinas padronizadas no LAPAC/EF/UFOP, em aparelhos previamente calibrados.

A metodologia utilizada para ferro sérico foi o colorimétrico para automação no aparelho Randon Access Clinical Analyses, marca; WIENER LAB. CM 200, passando pelo controle interno diário. Lote 703645, cuja faixa de normalidade se encontra entre os valores de 50 à 150mg/dL. Para determinação quantitativa dos níveis de ferritina utilizou-se o método quimiluminescência no aparelho ACCESS – Immunoassay System

– Lote 825676. Valores de referência para homens de 23,9 a 336,20ng/mL e para mulheres: 11 a 306,8ng/mL. Faixa com 95% de normalidade para ambas as análises.

Os ensaios dos elementos também foram realizadas no Laboratório de traços metálicos, da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais LTM/CETEC, sob a supervisão da Dra. Olguita Geralda Ferreira Rocha.

Os ensaios de Al, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr e Zn foram realizadas pelas técnicas: Espectrofotômetro óptico de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) e os valores de LQ foram, respectivamente, 74 µg/L, 33 µg/L, 13 µg/L, 101 µg/L, 8 µg/L, 15 µg/L, 202 µg/L, 6 µg/L, 5 µg/L, 2 µg/L, 563 µg/L, 33 µg/L, 797 µg/L, 1 µg/L, 21 µg/L. Foi realizado um rigoroso controle das possíveis fontes de contaminação externas e todas as análises quantitativas foram realizadas dentro de uma área limpa classe ISO 7, equipada com fluxo laminar ISO 5 classificada de acordo com a Norma ISO 14644 – 1 (ISO, 1999), no equipamento ICP OES, PERKIN ELMER - modelo **OPTIMA 3000, com calibração e controle de qualidade conforme procedimento de laboratório (o controle da curva de calibração feito a cada 20 amostras). As amostras foram diluídas em TRITON 1% em HNO<sub>3</sub> 0,2 % utilizando micropipeta marca Gilson calibradas. Essa metodologia foi validada por ROCHA ET AL. (2005) utilizando recomendações organismos oficiais. Para estimativa da exatidão utilizou-se o material de referência.??ver com Olguita...**

#### **5.5.4. Geoprocessamento**

O mapa geológico do Estado de Minas Gerais foi cedido pelo departamento técnico da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (DETEC/EMATER), que serviu de base para o mapeamento da área urbana de Ouro Preto e também para a classificação dos grupos geológicos.

As coordenadas geodésicas (latitude e longitude) foram coletadas por GPS (Global Position System) - marca Garmin Etrex – utilizando o Sistema de projeção “Universal Transversal Mercator” (UTM) na categoria SAD 69, na zona 23.

A partir das informações georreferenciadas foram construídos mapas temáticos no programa MAP-INFO, versão 8.5 (Professional TM corp.), para visualizar as redes de abastecimento de água e a distribuição geográfica dos pontos com contaminação nos diferentes períodos de tempo.

## 5.6. Controle de qualidade do estudo

O controle de qualidade foi garantido pelo treinamento prévio de todos os entrevistadores, a partir de manuais do entrevistador desenvolvidos para o estudo e para as provas laboratoriais. Após o preenchimento destes pelos entrevistadores, eles foram avaliados quanto à qualidade das informações. Para a aprovação dos questionários para digitação considerou critérios de qualidade e de autenticidade e a digitação dos dados obtidos realizada em dupla, a fim de minimizar eventuais erros de entrada. Para as análises físico-químicas foram estabelecidos procedimentos para as coletas, manuseio, transporte e armazenamento das amostras (água e soro) objetivando minimizar eventual contaminação pelos **elementos químicos** durante o processo analítico.

O controle laboratorial ocorreu por ter seguido os procedimentos operacionais padrão dos respectivos laboratórios e por repetição aleatória de ensaios.

## 5.7. Processamento e análise dos dados

Todos os questionários foram revisados pelo coordenador de campo. Problemas com o preenchimento dos questionários foram resolvidos posteriormente no retorno dos indivíduos selecionados.

Todos os dados foram analisados no programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) – versão 13 **comparados** com os dados originais para detecção de erros de digitação. As análises de consistências foram verificadas também no programa AABEL 2 **para computadores Apple**, com o qual foram elaborados gráficos binários e ternários entre as concentrações dos elementos na água para uma melhor visualização de suas características.

Foi realizada análise descritiva (medidas de tendência central: média e mediana e de dispersão: amplitude e desvio padrão).

Foi observado graficamente e utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov, para verificar se as variáveis quantitativas seguiam a distribuição normal. As variáveis de concentração dos elementos que não apresentaram normalidade foram transformadas em logarítimo. Análise de correlação de Pearson foi utilizada para avaliar a relação entre os níveis de **elementos químicos** na água e os níveis de elementos traços no soro.

O teste *t* de Student foi utilizado para comparar as concentrações médias dos elementos na água entre os dois grupos de indivíduos: com e sem teores elevados de elementos-traço no soro.

O teste Quiquadrado ( $X^2$ ) foi utilizado para verificar as associações entre as variáveis categóricas (sóciodemográficas *versus* geográficas).

Foi utilizado o intervalo de confiança de 95% para estabelecer as diferenças estatísticas.

## **5.8. Aspectos principais das intervenções**

Foram gerados relatórios técnicos consolidados para as Secretarias Municipais de Saúde e Obras da Prefeitura, que se responsabilizaram pelas intervenções necessárias nos indivíduos/domicílios e reservatórios com níveis alterados.

Foram oferecidos 15 treinamentos sobre a higienização de caixas d'água à população alvo, aos funcionários da prefeitura e do hospital Santa Casa da Misericórdia de Ouro Preto/MG. O objetivo foi capacitar pessoas que pudessem efetuar, convencer e ajudar a realizar as mudanças necessárias de conduta, além de oferecer o apoio social e ambiental necessários, além de manter a periodicidade e manejo correto da higienização da água de abastecimento.

**6. RESULTADOS**

## 6.1. Características sócio-demográficas da amostra

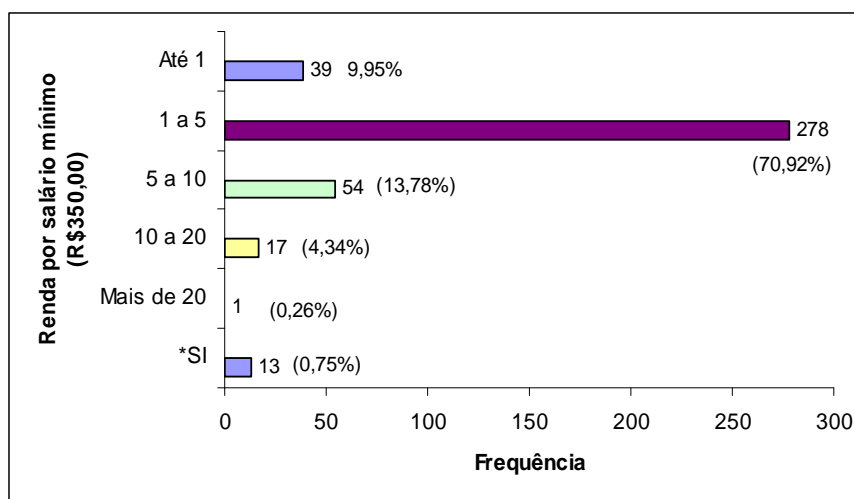
Tabela 2 está apresentada a proporção de indivíduos da amostra segundo sexo e idade. A população estudada foi composta por 277 (70,66%) indivíduos do sexo feminino e 115 (29,34%) do sexo masculino. A faixa etária de maior frequência foi a de 40 a 60 anos.

**Tabela 2-** Proporção de indivíduos segundo sexo e faixa etária. Ouro Preto/MG, 2006.

Faixa Etária	Sexo – n (%)		Total – n (%)
	Feminino	Masculino	
20 a 40 anos	76 (19,39)	41 (10,46)	117 (29,85)
40 a 60 anos	123 (31,38)	48 (12,24)	171 (43,62)
Maior que 60 anos	78 (19,90)	26 (6,63)	104 (26,53)
Total	277 (70,66)	115 (29,34)	392 (100,00)

$p=0,23$

Observou-se a média de 3,9 indivíduos por grupo familiar, variando de 1 a 8 pessoas por domicílio. Um total de 278 (70,92%) famílias apresentou renda financeira entre 1 a 5 salários mínimos vigentes na época (R\$350,00), como descrito no Gráfico 1.

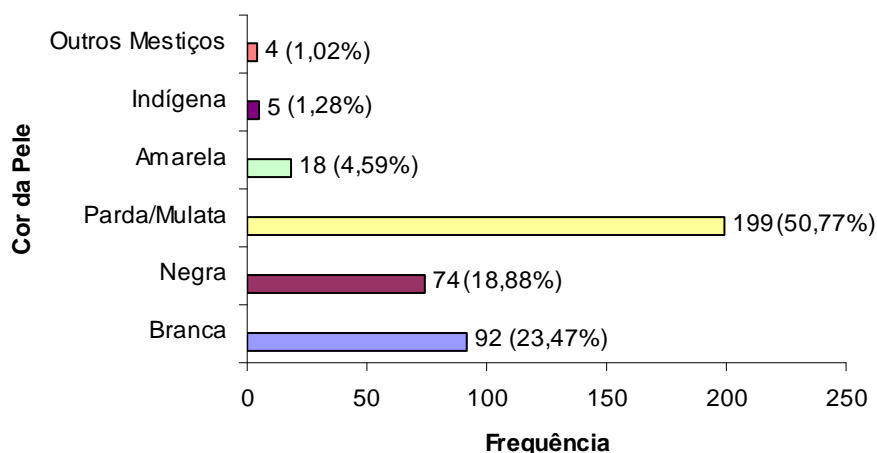


Nota: \*SI = Sem Informação

**Gráfico 1:** Distribuição da população de estudo por renda familiar. Ouro Preto/MG, 2006.

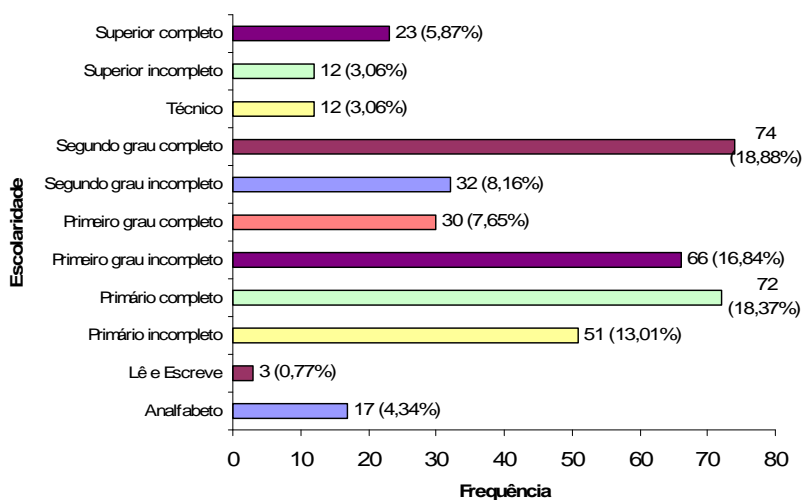


A cor da pele parda foi a mais mencionada, isto é, por 199 indivíduos (50,77%) conforme apresentado no Gráfico 2.



**Gráfico 2:** Distribuição da população estudada segundo a cor da pele. Ouro Preto/MG, 2006.

Os níveis de escolaridade (Gráfico 3) mais frequentes foram primário completo e segundo grau completo, sendo a maioria nessa faixa (n=208; 53,06%). Ainda encontramos indivíduos analfabetos (17; 4,34%) e semi-analfabetos, isto é, que apenas lê e escreve (assina) seu nome e um pouco mais (3; 0,77%). A grande maioria cursou o ensino fundamental (325,82,91%) e apenas 23 indivíduos (5,87%) tinham curso superior.



**Gráfico 3:** Distribuição da população estudada por escolaridade. Ouro Preto/MG, 2006.

As Tabelas 3 e 4 apresentam a distribuição dos indivíduos relacionando idade e sexo com grau de escolaridade. Os indivíduos da faixa etária maior de 60 anos apresentam um grau de escolaridade menor que as demais faixas ( $p < 0,001$ ). Apesar de não ter sido observada diferença significativa entre o grau de escolaridade e sexo ( $p = 0,38$ ), o analfabetismo foi mais frequente no sexo feminino.

**Tabela 3-** Níveis de escolaridade agrupada, da população estudada por faixa etária. Ouro Preto/MG, 2006.

Escolaridade	Idade – n (%)			Total – n (%)
	20 a 40 anos	40 a 60 anos	Maior que 60 anos	
Superior completo e incompleto	15 (42,86)	15 (42,86)	5 (14,28)	35 (100,00)
Ensino médio completo e incompleto*	58 (49,15)	48 (40,68)	12 (10,17)	118 (100,00)
Ensino fundamental completo e incompleto **	43 (19,63)	102 (46,58)	74 (33,79)	219 (100,00)
Lê e escreve pouco e analfabeto	1 (5,00)	6 (30,00)	13 (65,00)	20 (100,00)
<b>Total</b>	<b>117 (29,85)</b>	<b>171 (43,62)</b>	<b>104 (26,53)</b>	<b>392 (100,00)</b>

Nota: \* é o agrupamento dos cursos técnico e segundo grau completo e incompleto;

\*\* é o agrupamento dos cursos de primeiro grau completo e incompleto.

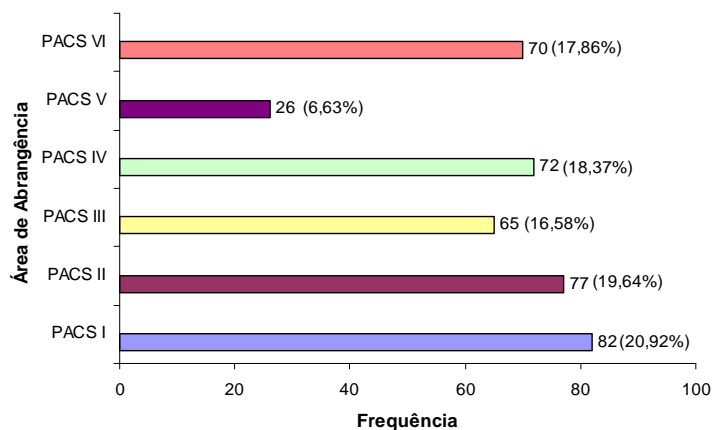
**Tabela 4-** Níveis de escolaridade agrupada, da população estudada por sexo. Ouro Preto/MG, 2006.

Escolaridade	Sexo – n (%)		Total – n (%)
	Feminino	Masculino	
Superior completo e Incompleto	21 (60,00)	14 (40,00)	35 (100,00)
Ensino médio completo e incompleto*	82 (69,49)	36 (30,51)	118 (100,00)
Ensino fundamental Completo e incompleto **	158 (72,15)	61 (27,85)	219 (100,00)
Lê e escreve pouco e analfabeto	16 (80,00)	4 (20,00)	20 (100,00)
<b>Total</b>	<b>277 (70,70)</b>	<b>115 (29,30)</b>	<b>392 (100,00)</b>

Nota: \* é o agrupamento dos cursos técnico e segundo grau completo e incompleto;

\*\* é o agrupamento dos cursos de primeiro grau completo e incompleto.

O Gráfico 4 apresenta a distribuição dos participantes do estudo de acordo com a área de abrangência classificada pelo PACS para melhor atuação da equipe de profissionais da rede municipal e controle das ações para promoção da saúde. Na Tabela 5 essa distribuição também é apresentada segundo a faixa etária.



**Gráfico 4:** Distribuição da população estudada segundo área de abrangência (PACS). Ouro Preto/MG, 2006.

**Tabela 5 -** Distribuição segundo a faixa etária da população estudada por área de abrangência. Ouro Preto/MG, 2006.

Área de Abrangência	Idade			Total – n (%)
	20 a 40 anos	40 a 60 anos	Maior que 60 anos	
PACS I	17 (20,73)	29 (35,37)	36 (43,90)	82 (100,00)
PACS II	24 (31,17)	35 (45,45)	18 (23,38)	77 (100,00)
PACS III	18 (27,69)	32 (49,23)	15 (23,08)	65 (100,00)
PACS IV	28 (38,89)	31 (43,06)	13 (18,06)	72 (100,00)
PACS V	6 (23,08)	14 (53,85)	6 (23,08)	26 (100,00)
PACS VI	24 (34,29)	30 (42,86)	16 (22,86)	70 (100,00)
<b>Total</b>	117 (29,85)	171 (43,62)	104 (26,53)	392 (100,00)

Fonte: Relatórios PMOP sobre a distribuição dos PACS.

Observou-se que no PACS I (Antonio Dias, Barra, Centro, Morro São Sebastião, Alto das Dores, Santa Efigênia, Rosário, Pilar) residem 20,92% dos participantes; no PACS II (Padre Faria, Alto da Cruz, Santa Cruz) são 19,64%; no PACS III (Pocinho,

Bauxita, Novo Horizonte, Vila Itacolomi) são 16,58%; no PACS IV (Morro Santana, Morro São João, Morro da Queimada, Piedade, Taquaral) são 18,37%; no PACS V (Saramenha, Vila Aparecida, Tavares) são 6,63% e no PACS VI (São Cristóvão, Veloso, Água Limpa, Cabeças) são 17,86%.

A estrutura etária varia significativamente ( $p=0,02$ ) de acordo com os PACS, sendo que a maioria da população estudada (Tabela 5) encontra-se na faixa etária entre 40 a 60 anos.

Na tabela 6 está apresentada a distribuição por nível de escolaridade dos participantes do estudo, de acordo com a área de abrangência (PACS). Também, como era de se esperar observa-se uma diferença significativa do grau de escolaridade por PACS ( $p=0,005$ ). Todos os moradores do PACS VI, frequentaram a escola ao contrário dos demais.

**Tabela 6** - Distribuição segundo a escolaridade da população estudada por área de abrangência. Ouro Preto/MG, 2006.

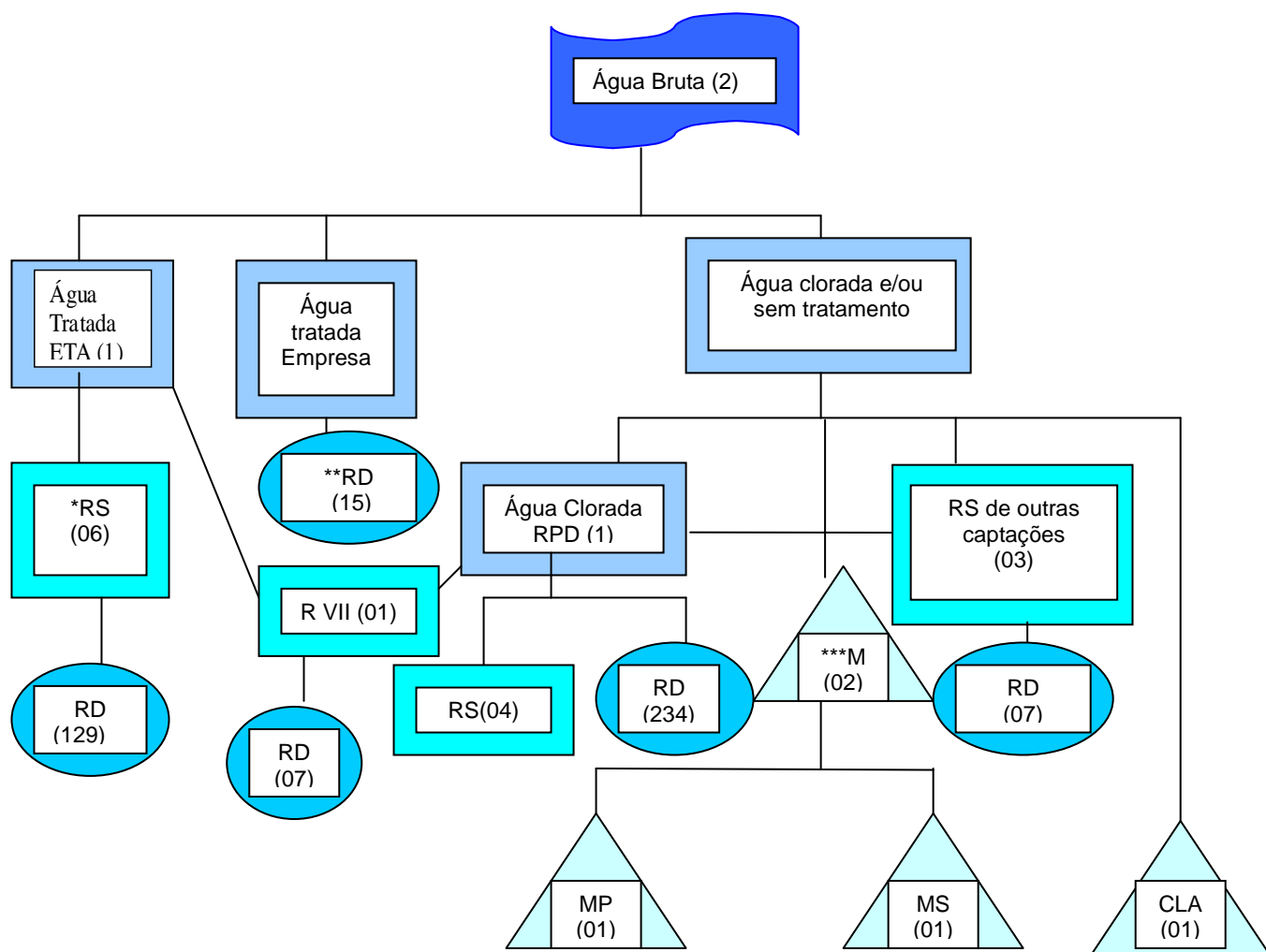
Área de Abrangência	Escolaridade				Total - n (%)
	Superior completo e Incompleto	Ensino médio completo e incompleto*	Ensino fundamental completo e incompleto **	Lê e escreve pouco E analfabeto	
PACS I	12 (14,63)	20 (24,39)	47 (57,31)	3 (3,63)	82 (100)
PACS II	5 (6,49)	24 (31,17)	43 (55,84)	5 (6,49)	77 (100)
PACS III	8 (12,31)	24 (36,92)	29 (44,62)	4 (6,15)	65 (100)
PACS IV	1 (1,39)	15 (20,83)	50 (69,44)	6 (8,33)	72 (100)
PACS V	0 (0,00)	14 (53,85)	10 (38,46)	2 (7,69)	26 (100)
PACS VI	9 (12,86)	21 (30,00)	40 (57,14)	0 (0,00)	70 (100)
<b>Total</b>	<b>35 (8,93)</b>	<b>118 (30,10)</b>	<b>219 (55,87)</b>	<b>20 (5,10)</b>	<b>392(100,00)</b>

Notas: \*engloba os cursos técnicos e segundo grau; \*\*do primário ou 1ª.série ao primeiro ou grau 8ª.série

## 6.2. Caracterização dos resultados das análises das amostras de água

Nos dois períodos de coleta, seco e chuvoso, foram analisadas 822 amostras de água de abastecimento. Em cada um foram coletadas 411 amostras, correspondendo aos 392 domicílios, além de 02 captações tipo superficiais (água bruta de 02 mananciais)

dos 02 reservatórios primários (ETA, RPD), 12 reservatórios secundários (RVA, RRP, RMC, RCX, RNH, RVII, RRS, RCX3, RPI, RAL, RSJ, RSS), 02 minas (RPII e outra particular – MMQ), e também 01 chafariz (CLA) muito utilizado pela população (totalizando mais 19 amostras de água). O fluxograma, na Figura 8, apresenta a quantidade de amostras e os pontos de água coletados em cada período.



Notas: \*RS = Reservatório Secundário, \*\*RD= Reservatório Domiciliar; \*\*\*M= Mina; MP= Mina Particular ou MMQ; MS= Mina pertencente ao Sistema de Abastecimento Municipal ou RPII, O RS-RVII recebe água da ETA (Estação de Tratamento de Água) e do RPD (Reservatório do Passa Dez). CLA= Amostra coletada no chafariz.

**Figura 8** - Fluxograma dos pontos de coleta de água, 2006/2007.

Não foi possível analisar cinco reservatórios da rede pública devido à dificuldade de acesso (Saramenha de Cima, Santa Cruz e o reservatório da Empresa particular) ou a falta de água nos momentos das coletas (Alto da Dores e São Sebastião-II), mesmo após revisita ao local.

Houve ausência de higienização e manutenção periódica dos reservatórios. Em 100% dos reservatórios primários e secundários da rede não havia higienização por mais de 20 anos e nos domicílios no período seco um total de 253 (65,5%) e no chuvoso 283 (70,9%).

### **6.2.1. Distribuição geográfica dos pontos de coleta da água de abastecimento**

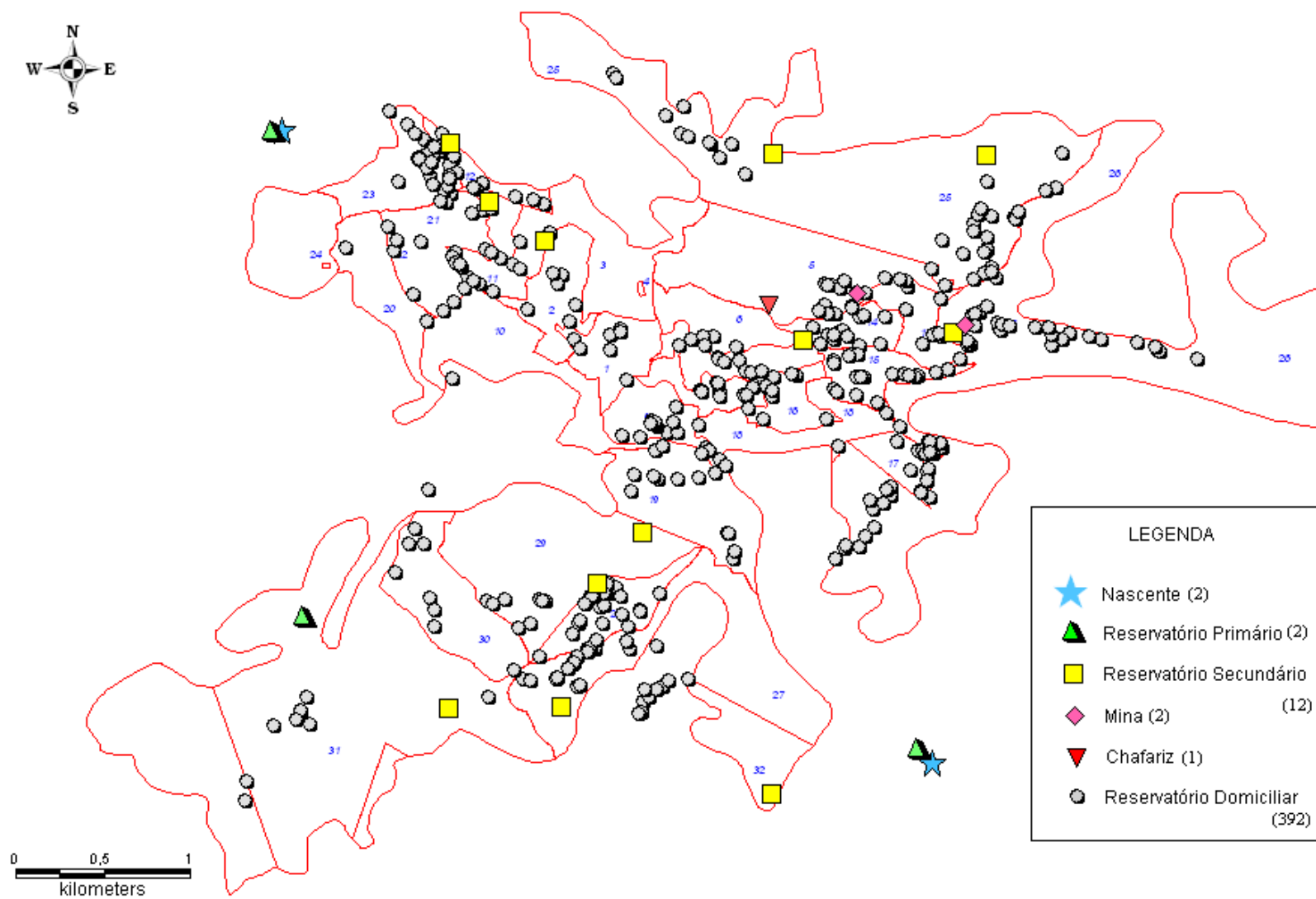
Na Figura 9, está apresentada a localização geográfica dos reservatórios da rede municipal, primários (ETA e RPD) e suas nascentes ou manancial (água bruta), secundários (o restante) e os 392 reservatórios domiciliares e as minas e chafariz.

A água do manancial que abastece a ETA Itacolomi recebe tratamento convencional (captura, coagulação, floculação, decantação, filtração e cloração). Esse manancial localiza-se no Parque Estadual Itacolomi (setor Nossa Senhora do Carmo) e abastece um terço da população urbana (Barbosa, 2003). O manancial do Passa Dez (com apenas cloração como tratamento na época da realização das coletas das amostras da água), localizado no Jardim Botânico (setor São Cristovão), abastece mais da metade da área urbana. Ambos possuem grandes tubulações a base de ferro (Anexo VII).

Na Tabela 7 está representado os 16 sistemas de abastecimento estudados de 36 redes diferentes (Anexo VII), com os seguintes tipos de água: 04 sistemas com captação de águas superficiais, 04 com águas subterrâneas, 01 poço artesiano e 07 com águas oriundas concomitantemente de captações superficiais, mina antiga (subterrâneas) e/ou poços artesianos. Os tipos de sistemas observados foram: isolado (04) ou integrado (11) e 02 soluções alternativas coletivas, sendo 01 privado (S16) e outra o Chafariz (CLA).

A Figura 10 mostra a origem dos diferentes tipos de abastecimento. A grande maioria procede de águas superficiais.





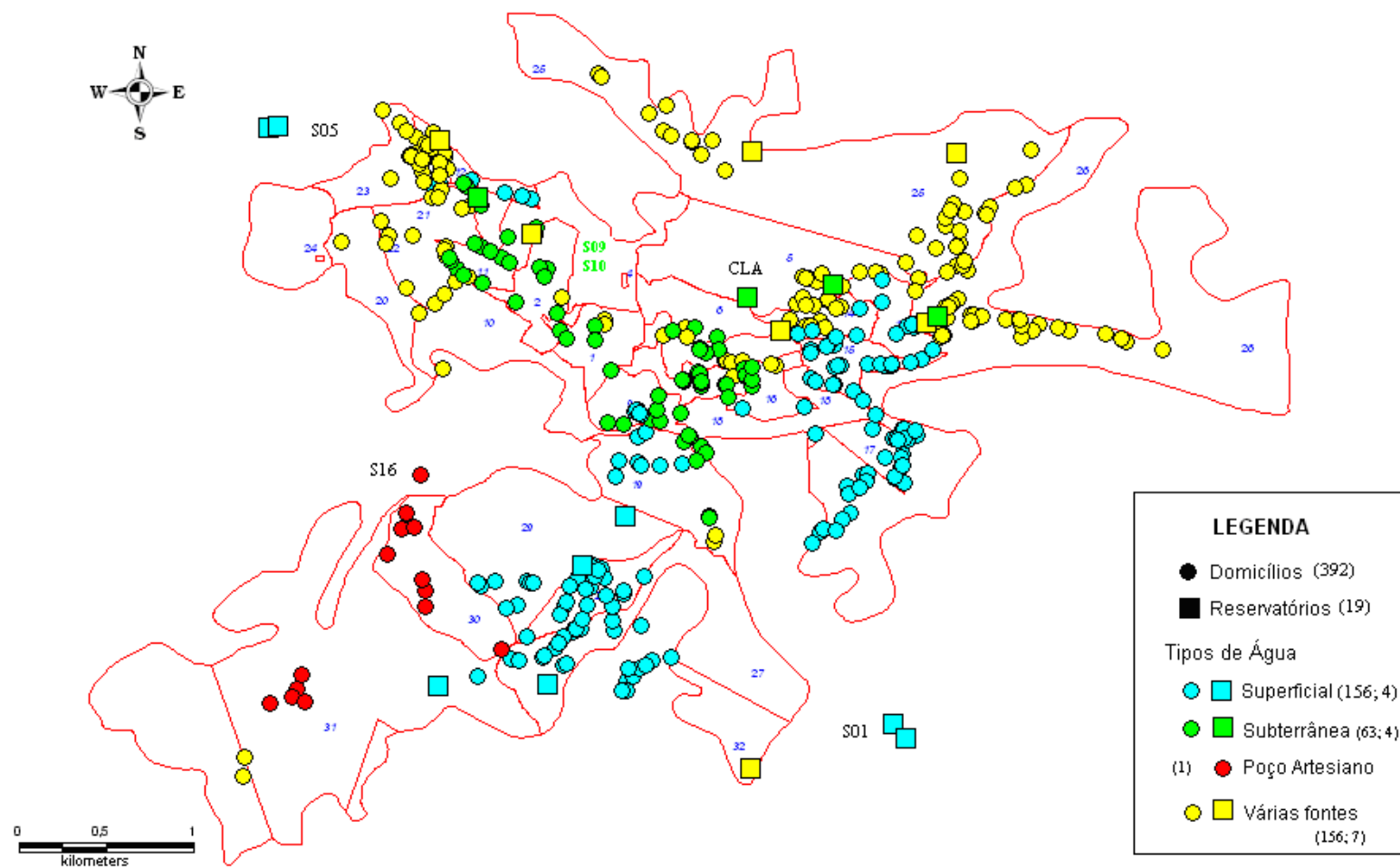
**Figura 9:** Mapa da rede de distribuição de água de abastecimento urbano. Ouro Preto/MG, 2006.



**Tabela 7** - Sistemas de abastecimento urbano de Ouro Preto/MG, 2006.

Sistemas	Reservatórios Primários, Secundários e Minas Analisados	Número das Redes Correspondentes	Total de Domicílios Amostrados n (%)	Tipo de Água	Tipo de Sistema*
S01 – Itacolomi	ETA, RVA, RRP, RMC, RCX	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 e 35	127 (32,40)	Superficial	Isolado
S02 – Nossa Senhora do Carmo	RNH	7	2 (0,51)	Superficial	Integrado
S03 – Encardideira	RVII	12	7 (1,79)	Superficial e Subterrânea	Integrado
S04 – São João	RSJ	22 e 23	28 (7,14)	Superficial	Integrado
S05 – Jardim Botânico	RPD, RRS	16 e 17	23 (5,87)	Superficial	Isolado
S06 – Sistema III	RCX3, RRS	15 e 24	51 (13,01)	Subterrânea	Integrado
S07 – Piedade	RPI e RPII	18, 19, 20 e 21	30 (7,65)	Superficial e Subterrânea	Integrado
S08 – 15 de Agosto	RPII e MMQ	20 e 19	14 (3,57)	Superficial e Subterrânea	Integrado
S09 – Água Limpa	RAL	25, 26, 27, 28 e 29	59 (15,05)	Subterrânea	Isolado
S10 – Banheira	Não houve coleta	14	5 (1,28)	Subterrânea	Isolado
S11 – Sistema II	Não houve coleta	33	7 (1,79)	Subterrânea	Integrado
S12 – João Augusto e Catra	Não houve coleta	31 e 32	8 (2,04)	Superficial e Subterrânea	Integrado
S13 – São Sebastião	RSS	30	12 (3,06)	Superficial e Poço Artesiano	Integrado
S14 – Pico do Amor	Não houve coleta	36	2 (0,51)	Superficial e Subterrânea	Integrado
S15 – Saramenha de Cima	Não houve coleta	34	2 (0,51)	Superficial	Integrado
S16 – Água de Empresa	Não houve coleta	13	15 (3,83)	Poço Artesiano	Solução alternativa
Chafariz das Lages	CLA	-	-	Mina	Solução alternativa

Fontes: \* Decreto N°. 5.440 (Brasil, 2005c); CONAMA, 2005; CONAMA -20; COPAM 10 (1986)



Nota: O sistema S01 (Sistema Itacolomi), o sistema S05 (Sistema Jardim Botânico) além dos sistemas S09 (Sistema Água Limpa) e S10 (Sistema Banheira) são classificados como tipo isolado. O sistema S16 (Sistema Água de Empresa) e o CLA (Chafariz das Lajes) são do tipo solução alternativa e os demais são tipo integrado.

**Figura 10:** Mapa da distribuição geográfica dos tipos de água dos sistemas de abastecimento urbano. Ouro Preto/MG, 2006.

### 6.2.2. O pH e a temperatura das águas amostradas

Na Tabela 8 estão demonstrados os valores do pH e da temperatura das amostras coletadas. Os valores encontrados para o pH variaram entre 3,99 e 9,50, sendo a média geral 6,40; portanto, mostrando em alguns pontos tendência para acidez. Não se observou associação entre o pH da água coletada e o tipo de tubulação no período seco ( $p=0,644$ ) e no chuvoso ( $p=0,980$ ), porém houve associação com o tipo de reservatório do domicílio (seco  $p=0,008$  e no chuvoso  $p=0,009$ ). No período seco, observou-se que o pH menor que 6,00 foi característica de águas subterrâneas de minas (MMQ, RPII, RCX3 e CLA), oriundas de uma mesma região, ou seja, próximas ao São Cristóvão (PACS 06) e de 41 domicílios de 06 sistemas. No chuvoso, a média do pH foi 6,35 para domicílios, 5,98 para as nascentes/reservatórios e 5,81 para minas, ocorrendo em 11 sistemas e 127 domicílios.

**Tabela 8** - Valores do pH e temperatura da água de abastecimento urbano de Ouro Preto/MG, 2006/2007.

Amostras (n)	Período	pH			DP	T°C		T°C Média	DP
		Mínimo	Máximo	Média		Mínimo	Máximo		
Domicílios (392)	Seco	4,56	9,5	7,11	0,96	11,87	31,40	19,12	2,78
	Chuvoso	3,99	9,38	6,35	0,88	15,57	31,60	22,79	2,02
Captação (2)	Seco	6,03	6,93	6,48	0,65	16,33	18,23	17,38	1,20
	Chuvoso	5,77	6,26	6,02	0,35	20,27	21,93	21,10	1,25
Reservatórios Primários (2)	Seco	6,11	6,96	6,54	0,60	16,57	19,73	18,15	2,23
	Chuvoso	5,86	6,20	6,03	0,24	21,60	23,37	22,48	1,25
Reservatórios Secundários (12)	Seco	5,02	7,99	6,54	0,76	17,97	23,00	19,52	1,52
	Chuvoso	4,76	6,56	5,90	0,45	18,50	23,57	20,42	1,65
Mina (2)	Seco	5,86	5,90	5,88	0,03	17,60	20,47	19,04	2,03
	Chuvoso	5,78	5,83	5,81	0,04	19,33	23,07	21,20	2,65
Chafariz (1)	Seco	5,83	5,38	5,38	0,00	17,37	17,37	17,3	0,00
	Chuvoso	5,63	5,63	5,63	0,00	20,10	20,10	20,10	0,00

Notas: análises realizadas no potenciômetro: pH meter. DP= Desvio Padrão, T°C = Temperatura.

### 6.2.3. Concentrações dos elementos químicos nas águas coletadas nos domicílios

A concentração dos elementos analisados na água de abastecimento urbano não é homogênea na cidade de Ouro Preto/MG e a contaminação ocorreu em 76 dos 392 domicílios (19,39%), compreendendo 31 das 36 redes (86,11%), em ambos os períodos de coleta.

Os elementos As, Cd, Cu, e Zn foram analisados em ambas as técnicas utilizadas e apresentaram, por ICP OES, valores observados abaixo dos LQ ou dentro do VMP na legislação. E apenas o As (em 14 amostras) e o Cd (em 58 amostras), analisados por polarografia, apresentaram teores elevados.

Na Tabela 9 estão apresentados os valores mínimo, máximo, a mediana, a média e o desvio padrão das concentrações ( $\mu\text{g/L}$ ) encontradas para cada elementos químicos avaliado. Os que apresentaram valores acima do máximo permitido pela legislação brasileira em ambos os períodos de coleta das amostras foram: o Cd, Pb e Fe , e no período seco foram presos também os elementos: As, e Mn, já no período chuvoso foi o Al. Em todas as amostras, o Be, Hg, Ni, Mo e Sb apresentaram valores abaixo ou igual ao LQ.

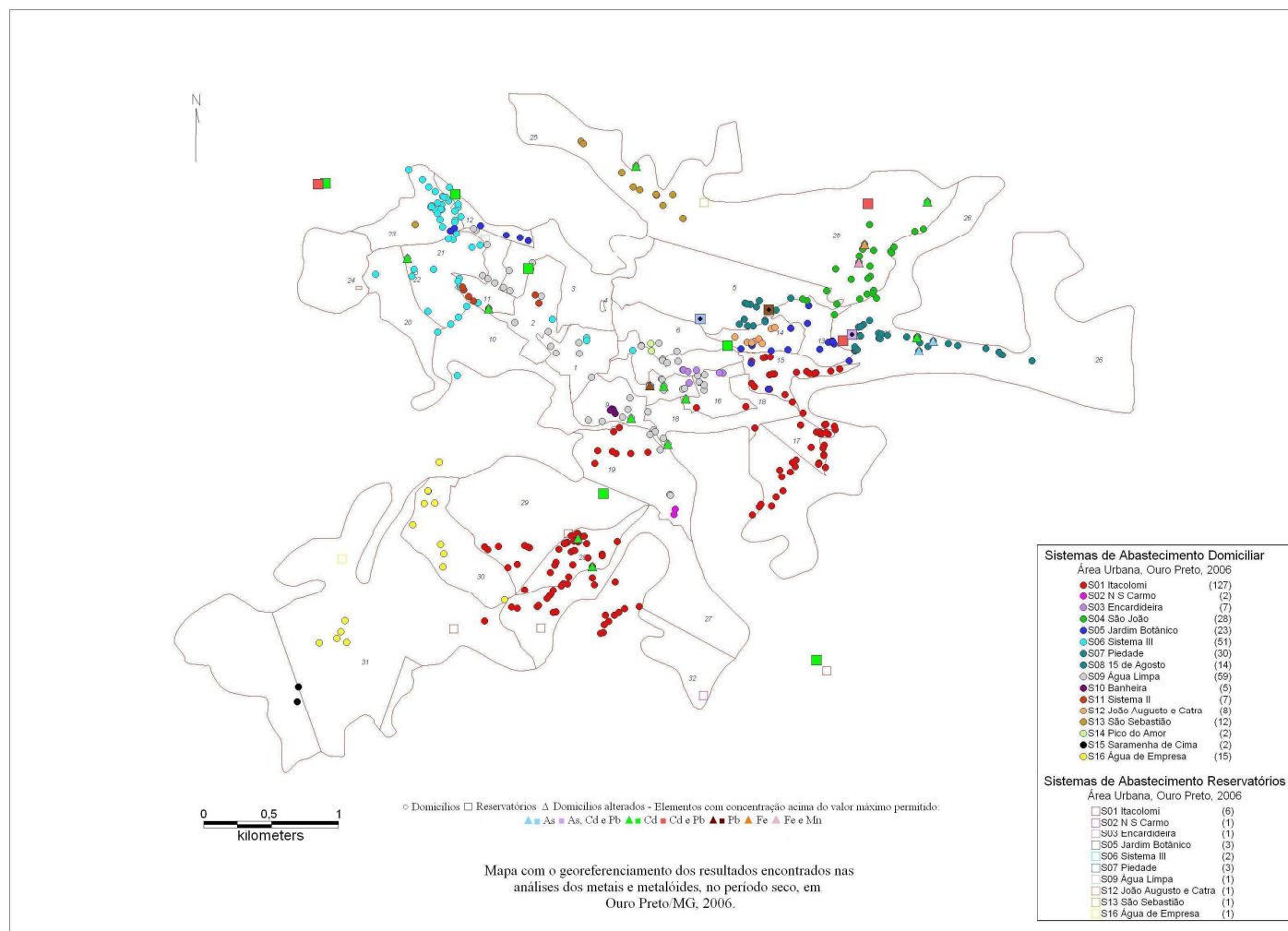
As Figuras 11 e 12 apresentam o georreferenciamento dos resultados das análises das amostras da água coletadas nos domicílios e reservatórios. Foram apresentadas as posições geográficas das concentrações dos elementos químicos acima do recomendado pela legislação brasileira pertinente. Os domicílios e reservatórios foram agrupados de acordo com o sistema de abastecimento de água ao qual pertencem, e foi descrito o total de amostras correspondentes.

**Tabela 9** - Tipos, valores máximos permitidos (VMP), valores de dispersão e de posição das concentrações dos parâmetros analisados na água coletada em ambos os períodos. Ouro Preto/MG, 2006

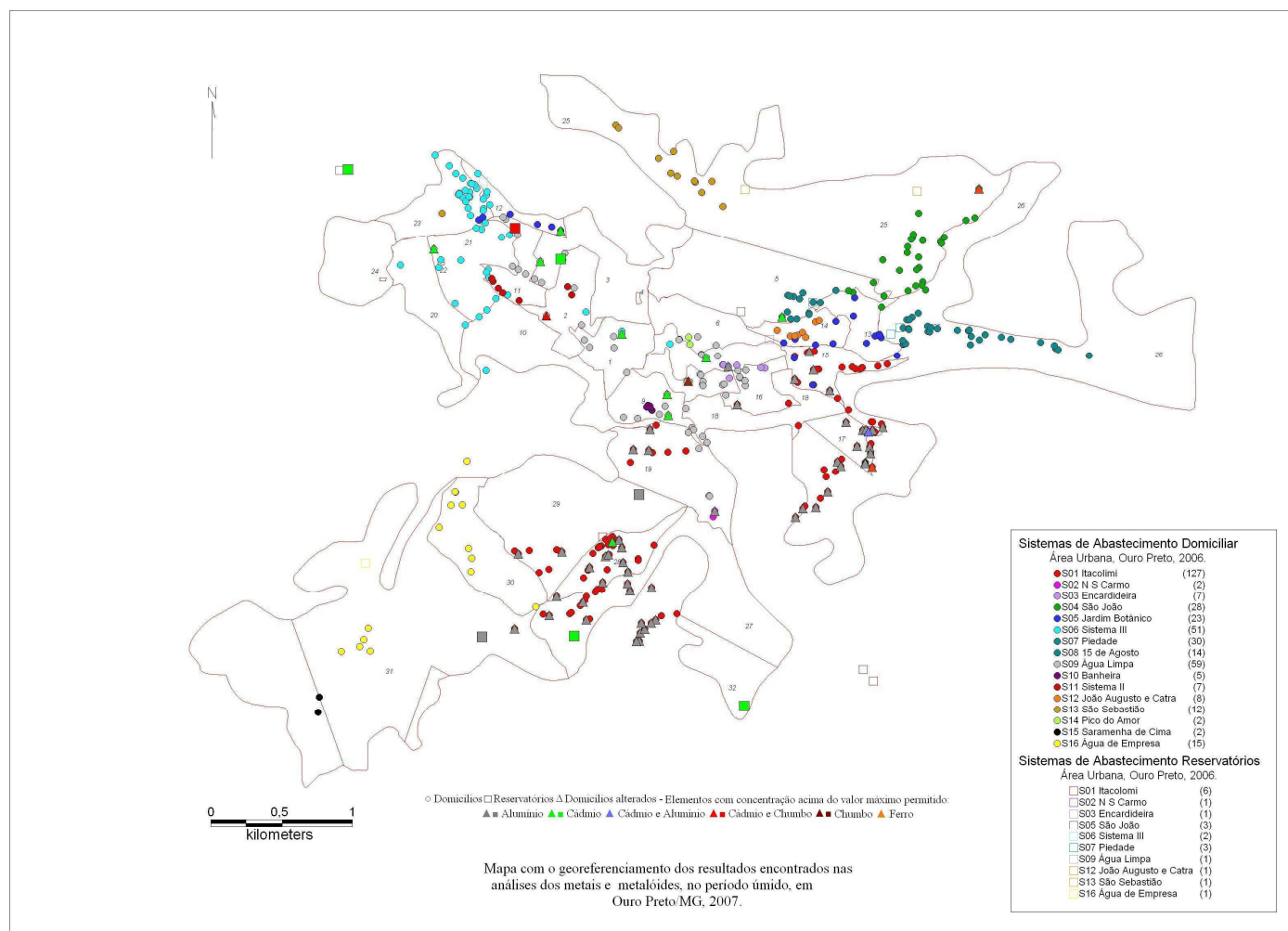
Parâ- Metro	VMP* µg/L	Períodos de Coleta (valores em µg/L)									
		Período Seco					Período chuvoso				
		Mín***	Máx	Med	Média	DP	Mín	Máx	Med	Média	DP
<i>elementos essenciais comuns a todas as águas</i>											
Ca	-	<0,10	53,40	2,81	3,26	3,26	0,36	17,86	2,49	3,19	2,62
K	-	<0,05	3,40	0,22	0,47	1,27	<0,05	3,43	0,22	0,53	0,72
Mg	-	<0,05	30,80	0,90	1,08	2,00	0,06	9,77	0,42	0,78	1,17
Na	20.000,00	0,03	7,63	0,42	0,97	1,27	0,14	8,49	1,23	1,63	1,38
<i>elementos essenciais e simultaneamente microcontaminantes com potencial para toxicidade:</i>											
Co*	200,00	<16,00	<16,00	<16,00	<16,00	0,00	<16,00	18,86	<16,00	16,01	0,17
Cu**	2.000,00	<0,50	37,23	5,00	2,97	0,02	<0,50	197,80	5,00	11,82	22,16
Fe	300,00	<6,00	<b>567,00</b>	11,80	18,52	41,34	<6,00	<b>569,00</b>	32,97	47,28	52,88
Mn	100,00	<2,50	<b>106,60</b>	<2,50	4,10	6,50	<2,50	52,90	4,95	6,25	5,30
Mo	-	<25,00	<25,00	<25,00	<25,00	<25,00	<25,00	<25,00	<25,00	<25,00	<25,00
Se**	10,00	<1,00	9,00	1,18	<1,00	1,64	<1,00	4,05	1,03	<1,00	1,23
Zn**	5.000,00	<4,00	264,60	6,20	14,77	54,41	<4,00	<4,00	27,00	49,92	112,98
<i>elementos microcontaminantes ambientais de maior toxicidade</i>											
As**	10,00	<5,00	<b>18,52</b>	<5,00	6,50	4,01	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	0,00
Be*	100,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Cd**	5,00	<0,10	<b>177,55</b>	0,88	6,96	24,47	<0,10	<b>267,00</b>	1,31	9,16	35,83
Cr	50,00	<10,00	13,89	<10	10,04	0,31	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	0,00
Pb**	10,00	<0,50	<b>12,68</b>	1,15	1,45	1,67	<0,50	<b>16,29</b>	1,22	1,88	2,62
Hg**	1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Ni*	25,00	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00
<i>elementos microcontaminantes ambientais com menor toxicidade</i>											
Ba	700,00	<0,50	200,80	4,50	6,29	6,29	1,67	81,40	5,31	6,92	8,06
Sr	-	<0,10	60,60	7,80	9,68	7,12	1,01	87,30	9,47	11,73	8,98
Ti	-	<2,50	7,36	<2,50	2,80	0,81	<2,50	6,31	<2,50	2,61	0,44
<i>elementos microcontaminantes ambientais relatados para terapia médica</i>											
Al	200,00	<7,50	112,30	<7,50	13,89	11,87	<7,50	<b>528,00</b>	14,76	69,58	92,10
Li*	2500,00	<0,75	4,28	<0,75	0,80	0,80	<0,75	1,67	0,75	0,77	0,10
Sb	5,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00

Fonte: Brasil, 2005 e CONAMA, 2005.

Notas: Máx= Máximo; Med= mediana; DP= Desvio Padrão; \* Amostras classificadas segundo o CONAMA 20/MS, \*\* Resultados das análises realizadas no Polarógrafo: As, Cd, Cu, Hg, Pb, Se e Zn, sendo específicos a sub amostra = 58 e para o As apenas as com valores maiores que o LQ no ICP (OES) = 14 amostras. \*\*\*Valores mínimos (Mín) foram iguais ao LQ. Valores em negrito correspondem aos mais elevados.



**Figura 11-** Mapa da distribuição geográfica dos resultados encontrados nas análises dos elementos químicos, no período seco. Ouro Preto/MG, 2007.



**Figura 12:** Mapa da distribuição geográfica dos resultados encontrados nas análises dos elementos químicos, no período chuvoso. Ouro Preto/MG, 2006/2007.

#### 6.2.4. Concentrações dos elementos químicos nas águas coletadas nos reservatórios e captações

Nas análises das amostras dos reservatórios/nascentes/minas/chafariz, os elementos que apresentaram teores iguais ou menores que o LQ, em ambos os períodos de coleta, foram, pela técnica ICP OES: Be, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, e por polarografia: Hg.

No Quadro 4 estão apresentados os resultados observados referentes aos elementos químicos elevados nos reservatórios públicos e os sistemas e PACS ao qual pertencem a sua rede de abastecimento. Neste estudo detectaram-se níveis elevados, ou seja, acima dos limites estabelecidos pela legislação, dos elementos: Al (período chuvoso), As (período seco), Cd, e Pb (ambos os períodos). A contaminação por um ou mais elementos foi observada nos 02 reservatórios primários (100%), em 10 dos 12 secundários (83,3%) e em 04 das 05 nascentes/minas/chafariz (80%). No período seco ocorreu contaminação em um maior número de pontos de coleta.



**Quadro 4** - Resultados dos tipos de elementos alterados na água de abastecimento sob controle da Prefeitura por sistemas e PACS. Ouro Preto/MG, 2006/2007.

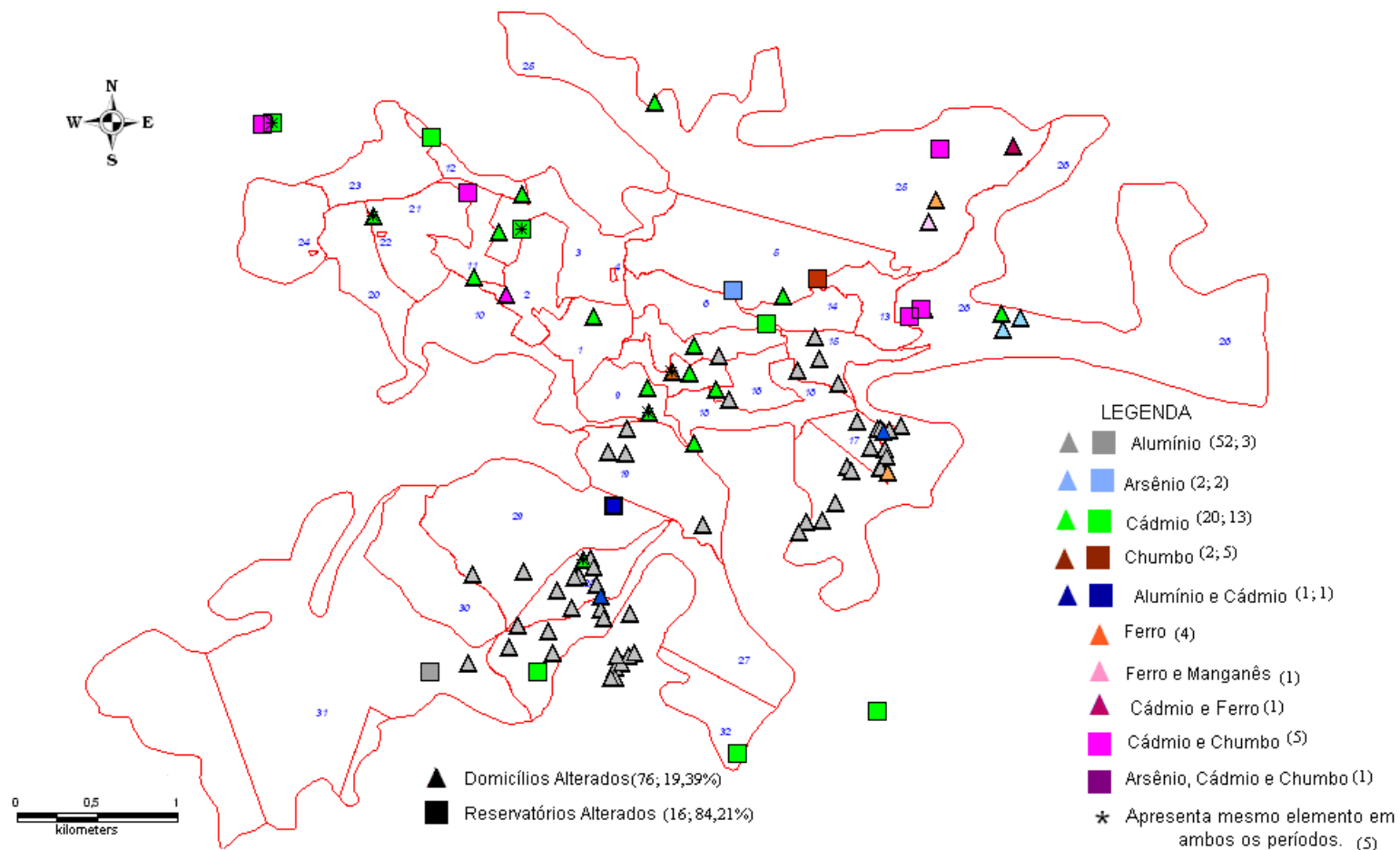
Pontos de Coleta	Sistema Que pertecem	Localização por PACS	Elementos alterados na água	
			Período Seco	Período chuvoso
<b>Mina/Chafariz</b>				
MMQ	7	IV	Pb	-
RPII	7	IV	As, Pb, Cd	-
CLA	5	II	As	-
<b>Nascentes</b>				
RPD E1	5	VI	Cd	Cd
ETA E1	1	III	-	-
<b>Reservatório 1°</b>				
RPD D2	5	VI	Pb, Cd	-
ETA D2	1	III	Cd	Al*
<b>Reservatório 2°</b>				
RVII	3	II	Cd	-
RVA	1	V	Cd	Al
RSS	13	I	-	-
RSJ	12	IV	Pb, Cd	-
RRS	6	VI	Cd	-
RRP	1	III	-	Cd
RNH	2	III	-	Cd
RMC	1	III	-	-
RCX3	6	I	Cd	Cd
RCX	1	III	-	Al
RAL	9	VI	-	Pb, Cd
RPI	7	IV	Pb, Cd	-

Notas: Os elementos foram analisados por polarografia, exceto o Al que foi por ICP OES, classificados segundo a legislação vigente. \* Concentração elevada segundo o tratamento convencional (CONAMA, 1986) e o padrão de referência para águas superficiais (CONAMA, 2005).

#### 6.2.5. Distribuição geográfica das análises realizadas nas amostras da água

A Figura 13 mostra a distribuição espacial da contaminação da água utilizada para consumo, visualizando a ocorrência em reservatórios e domicílios, em toda a extensão urbana de Ouro Preto/MG.

A área urbana de Ouro Preto é composta macroscopicamente por solos compostos por quartzito, itabirito, xisto-quartzito e quartzito-itabirito, comum aos grupos Piracicaba, Itabira e Itacolomi (nesses dois primeiros, predominam solos neossolos litolíticos, considerados solos pouco evoluídos e rastos, de difícil percolação de água e expostos a enxurradas e cambissolos argiloso, sujeito a erosão), segundo o IGA (1995).



Notas: O total geral de domicílios alterados foram 76 dos 392 estudados, sendo que 7 (9,21%) em ambos os períodos; e de reservatórios foram 16 dos 19 estudados, sendo 4 (21,05%) em ambos os períodos. Reservatórios alterados incluem os reservatórios primários, secundários/ nascentes/minas/chafariz. (n)

**Figura 13-** Distribuição geográfica dos resultados das análises dos **elementos químicos** em ambos os períodos de coleta da água de abastecimento urbano. Ouro Preto/MG, 2006/2007.

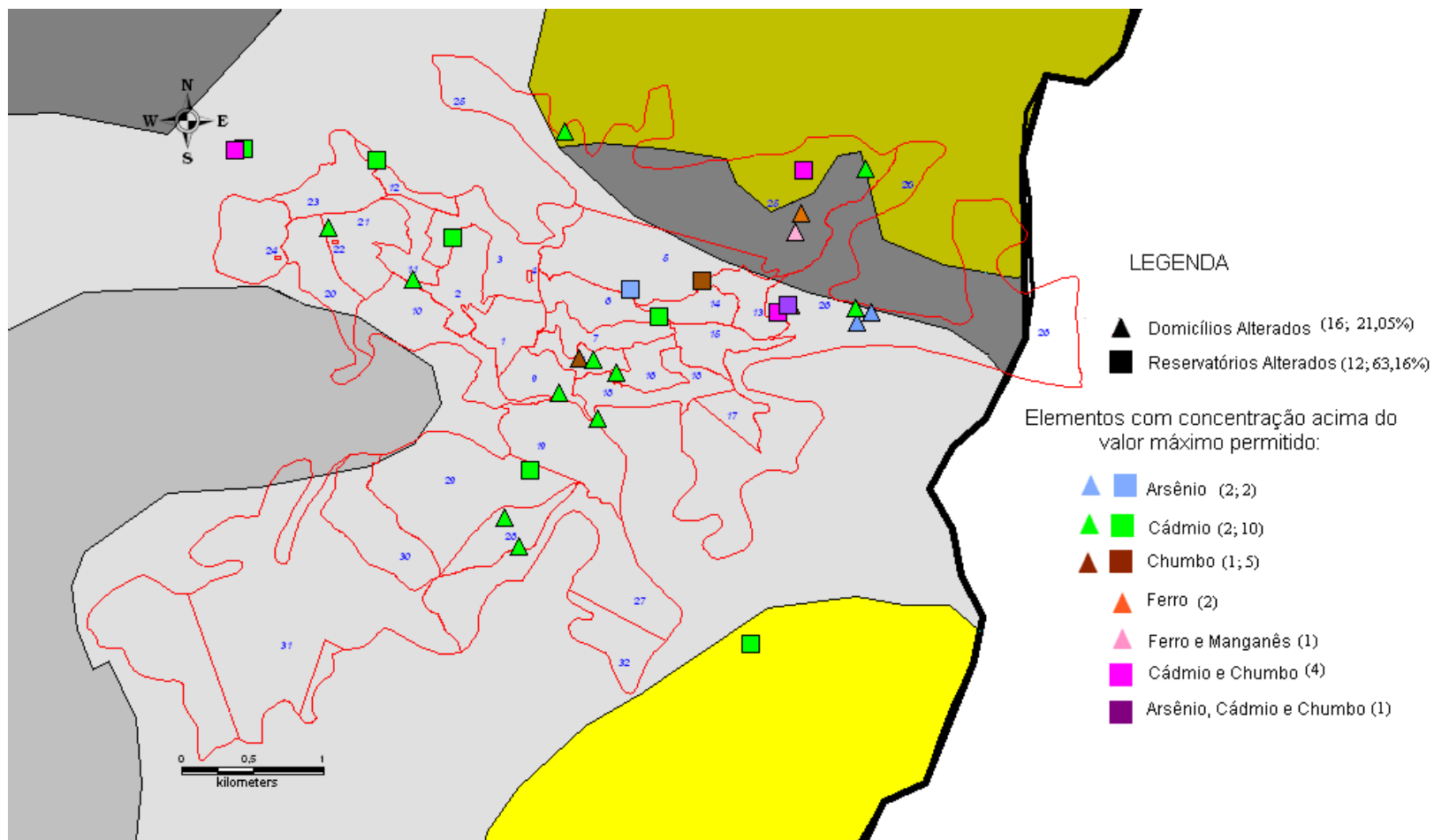
Na Tabela 10 está apresentada a caracterização geográfica dos reservatórios da rede municipal e o mais comum é o composto por quartzito, presente no manancial que abastece a ETA Itacolomi e, conseqüentemente, quase um terço da população. O manancial Passa Dez, que abastece a metade do outro lado da cidade, é composto por solo de itabirito.

**Tabela 10** - Caracterização geográfica dos reservatórios da rede municipal de Ouro Preto/MG, 2006.

Pontos de coleta –Reservatório (R) de distribuição	Elevação	Latitude	Longitude	Característica do solo*
RRMC (R. Morro do Cruzeiro)	1220	655821	7743746	Quartzito
RRP (R. Alto Perimetral)	1236	655620	7743046	Quartzito
RNS (R. Nossa Senhora do Carmo)	1183	656818	7742552	Quartzito
RPETA D2 (ETA Itacolomi Água tratada)	1089	657665	7742812	Quartzito
RPETA E1 (ETA Itacolomi Água Bruta)	1089	657730	7742732	Quartzito
RVII (R. Encardideria)	1149	656996	7745139	-
RMS (R. Morro Santana)	1120	657904	7745212	-
RPII (Mina do Tassara Piedade)	1183	657870	7745178	Itabirito
MMQ (Morro da Queimada – mina particular)	1528	657302	7745402	-
RSJ (R. Morro São João)	1390	658036	7746186	Xisto-Qtzito
RSS (R. São Sebastião)	1431	656825	7746196	Qtzito-Itabto
RAL (R. Água Limpa)	1153	655205	7745926	Itabirito
Reservatório Banheira	1124	655525	7745705	Itabirito
RVA (R. Vila Aparecida)	1210	656079	7744042	Quartzito
RRS (R. Redondo São Cristóvão)	1208	654984	7746255	Itabirito
RRCX (R. Caixa 600)	1177	652972	7743042	Quartzito
RPI (R. Piedade)	1078	657852	7745178	Itabirito
RPD D2 (R. Passa 10 –após coloração)	1148	653971	7746331	Itabirito
RPD E1 (R. Passa 10- Água Bruta)	1135	654027	7746339	Itabirito
RRANA (R. Água de Empresa)	-	654151	7743564	Xisto-Filito
RRCLA (Chafariz das Lages)	-	656796	7745336	Quartzito

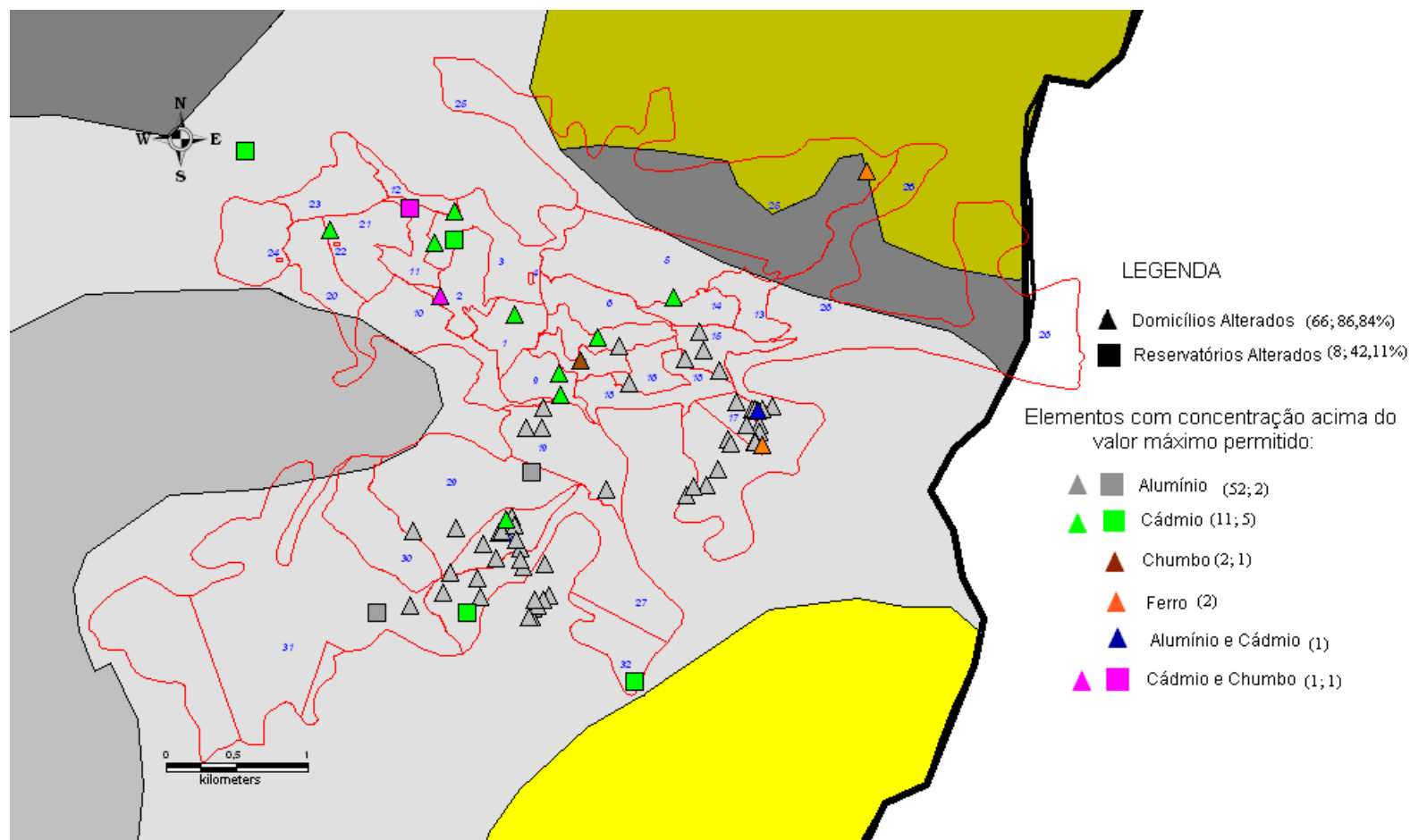
\*Fonte: Procedência da água descrita pelo IGA, 1995 Nota: Qtzito-Itabto = quartzito- itabirito.

Os mapas temáticos foram sobrepostos ao mapa geológico correspondente à área estudada, possibilitando maior visualização da distribuição geológica da área urbana. Os níveis **dos elementos químicos** na água de consumo, de acordo com o tipo de solo em ambos os períodos de coleta da água, foram distribuídos geograficamente a partir do trabalho descrito pela EMATER-MG (MELLO *ET AL.*, 2008). Nas Figuras 14 e 15, estão apresentadas as localizações geográficas das amostras com concentrações **dos elementos químicos** acima do esperado, observados no período seco e chuvoso, respectivamente. Observou-se, na distribuição espacial e temporal, que houve contaminações pontuais dos elementos: As; Cd; Pb; Fe e Mn e uma contaminação difusa do elemento Al, que seguiu um caminho específico em apenas um período (o chuvoso).



Notas: Em ambos os períodos, o total de domicílios alterados foram 76 e de reservatórios foram 16. Reservatórios alterados incluem os reservatórios primários, secundários/ nascentes/minas/chafariz. (n)

**Figura 14-** Distribuição geográfica dos resultados das análises dos elementos químicos, no período seco, de acordo com a distribuição geológica da área urbana. Ouro Preto/MG, 2006.



Notas: Em ambos os períodos, o total de domicílios alterados foram 76 e de reservatórios foram 16. Reservatórios alterados incluem os reservatórios primários, secundários/ nascentes/minas/chafariz. (n)

**Figura 15-** Distribuição geográfica dos resultados das análises dos elementos químicos, no período chuvoso, de acordo com a caracterização geológica da área urbana. Ouro Preto/MG, 2006/2007.

### 6.2.6. Análise descritiva dos elementos químicos da água nas amostras que apresentaram valores acima do máximo permitido nas legislações vigentes

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados médios, desvio padrão, mínimo e máximo dos teores elevados dos elementos químicos e o percentual de amostras com teores acima do limite permitidos na legislação em domicílios, nascentes, reservatórios, minas e o chafariz. **Dos 24 parâmetros analisados na água coletada em ambos os períodos, destes 06 (25%) apresentaram valores elevados na água de abastecimento. OU POR ABAIXO???**

O tempo de moradia das pessoas nas residências, onde foram coletadas as amostras de água que apresentaram níveis elevados dos elementos químicos, apresentou intervalo de 6 a 86 anos, cuja média foi de 34,49, a **mediana foi de 20 anos e não houve significância ( $p=0,559$ )**.

**Tabela 11** - Resultados das análises químicas dos elementos alterados na água de abastecimento urbano de Ouro Preto /MG, no período de 2006/2007.

Pontos de Coleta	Elemento (n)	VMP	Número de amostras acima do *VMP	% Total	Resultados referentes às concentrações elevadas				
					Média	DP	Valores mínimos	Valores máximos	
<b>Período seco</b>									
Domicílio <sup>(a)</sup>	As* (14)	10	2	14,28	15,52	4,23	12,53	18,52	
	Cd** (58)	5	12	20,68	30,53	48,32	6,74	177,55	
	Fe (392)	300	2	0,51	504,40	88,53	441,80	567,00	
	Mn (392)	100	1	0,26	106,6	-	-	-	
	Pb** (58)	10	1	1,72	12,68	-	-	-	
	<b>Período chuvoso</b>								
	Al (392)	200	52	13,27	263,59	59,69	200,20	528,00	
	Cd** (58)	5	11	18,97	43,13	75,77	5,51	267,00	
Fe (392)	300	2	0,51	446,30	173,52	323,60	569,00		
Pb** (58)	10	2	3,44	13,76	3,57	11,24	16,29		
<b>Período seco</b>									
Nascentes <sup>(b)</sup> Reservatórios <sup>(a,c)</sup> Minas <sup>(d)</sup> Chafariz <sup>(d)</sup>	As* (19)	10 <sup>(a,b,d)</sup> 50 <sup>(c)</sup>	2	10,53	13,71	0,47	13,38 <sup>(d)</sup>	14,04 <sup>(d)</sup>	
	Cd** (19)	1 <sup>(b,c)</sup> 5 <sup>(a,d)</sup>	10	52,63	52,27	80,40	6,23 <sup>(a)</sup>	226,00 <sup>(a)</sup>	
	Pb** (19)	10 <sup>(a,b,d)</sup> 30 <sup>(c)</sup>	5	26,32	13,58	5,90	10,09 <sup>(a)</sup>	23,88 <sup>(d)</sup>	
	<b>Período chuvoso</b>								
	Al (19)	100 <sup>(b,c)</sup> 200 <sup>(a,d)</sup>	2	10,53	302,65	93,12	167,80 <sup>(b,c)</sup> 236,80 <sup>(a)</sup>	368,50 <sup>(a)</sup>	
	Cd** (19)	1 <sup>(b,c)</sup> 5 <sup>(a,d)</sup>	5	26,32	40,57	31,24	7,07 <sup>(a)</sup>	71,56 <sup>(a)</sup>	
Pb** (19)	10 <sup>(a,b,d)</sup>	1	5,26	14,40	-	-	-		

30<sup>(c)</sup>

Notas: \* amostras com valores acima do LQ pela técnica ICP OES foram lidas também por polarografia;  
 \*\* análises realizadas no Polarógrafo. Para as minas e nascentes VMP = Valor máximo permitido na legislação, <sup>(a)</sup>  
 Classificação segundo a Portaria 518/MS (Brasil, 2005); <sup>(b)</sup> CONAMA 357 (2005); <sup>(c)</sup> classificação segundo a  
 Resolução CONAMA 20 (1986) e <sup>(d)</sup> CONAMA 396 (2008);

Dos 24 parâmetros analisados na água coletada em ambos os períodos, destes 06 (25%) apresentaram valores elevados na água de abastecimento.

Tabela ??? Frequência relativa das concentrações acima do VMP para as fontes e reservatórios, por período OU POR ESCRITO <SEM TABELA VIDE APRESENTAÇÃO DA TESE???

Elemento	Frequência relativa (%)					Total
	Minas	Chafariz	Nascentes	Reservatórios 1º	Reservatórios 2º	n = 19 (%)
Cd	S: 5,3 (1/2)	S: -	S: 5,3 (1/2)	S: 10,5 (2/2)	S: 31,5 (6/12)	S: 52,6
	C: -	C: -	C: 5,3 (1/2)	C: -	C: 21,0 (4/12)	C: 26,3
Pb	S: 10,5 (2/2)	S: -	S: -	S: 5,3 (1/2)	S: 10,5 (2/12)	S: 26,3
	C: -	C: -	C: -	C: -	C: 5,3 (1/12)	C: 5,3
As	S: 5,3 (1/2)	S: 5,3 (1/1)	S: -	S: -	S: -	S: 10,6
	C: -	C: -	C: -	C: -	C: -	C: -
Al	S: -	S: -	S: -	S: -	S: -	S: -
	C: -	C: -	C: -	C: 5,3 (1/2)	C: 5,3 (1/12)	C: 10,6



No Quadro 5 estão apresentados os resultados para domicílios e nascentes/reservatórios/minas/chafariz avaliados por PACS. Todos os valores mais elevados ocorreram em amostras coletadas em domicílios, abrangendo todos os PACS. E as amostras da água de captações (chafariz - CLA e a RPII), que apresentaram teores elevados de As, foram coletadas no mesmo dia, apresentando pH neutro nos domicílios (20 e 283) e ácido para aquelas com temperaturas variando entre 18 a 20 °C.

**Quadro 5** - Resultados dos elementos alterados na água de abastecimento urbano em relação a sua distribuição por PACS. Ouro Preto/MG, 2006.

*EQ	**PACS I n - Med(DP)	PACS II n - Med(DP)	PACS III n - Med(DP)	PACS IV n - Med(DP)	PACS V n - Med(DP)	PACS VI n - med(DP)	Total n - med(DP)	P Valor
<b>Período Seco</b>								
<i>Amostras em Domicílio</i>								
As	-	-	-	2- 15,53 (4,24)	-	-	2 - 15,53 (4,24)	-
Cd	5- 25,32 (18,99)	-	2- 8,72 (0,93)	3 - 11,04 (4,44)	-	4- 48,57 (86,09)	14 - 26,53 (45,59)	0,713
Fe	-	-	-	2- 504,40 (85,53)	-	-	2 - 504,40 (85,53)	-
Mn	-	-	-	1- 106,60	-	-	1	-
Pb	1 - 13,30	-	-	-	-	-	1	-
<i>Amostras em Reservatórios</i>								
As	-	2-9,52 (6,39)	-	-	-	-	-	-
Cd	1-22,23	1-6,23	1-77,96	3-81,10 (125,51)	1-18,72	3-18,10 (19,10)	10 -52,27 (80,40)	0,683
Pb	-	-	-	4 -14,40 (16,48)	-	1- 10,30	5- 13,58 (5,91)	0,611
<b>Período chuvoso</b>								
<i>Amostras em Domicílio</i>								
Al	2- 222,00 (19,51)	21-267,45 (72,30)	25- 261,75 (50,98)	-	4- 275,60 (57,67)	-	52-263,59 (59,69)	0,753
Cd	5- 79,92 (6,29)	1- 6,30	1- 15,70	1- (27,73)	-	3-8,33(2,52)	11- 43,13 (75,77)	0,785
Fe	-	1- 323,60	-	1- 569,00	-	-	2- 446,30(17 3,52)	-
Pb	1-13,30	-	-	-	-	-	1	-
<i>Amostras em Reservatórios</i>								
Al	-	-	1- 368,50	-	1- 236,80	-	2- 302,65 (93,13)	-
Cd	-	-	2- 41,39 (42,66)	-	-	3-40,01 (32,26)	5-40,56 (31,24)	0,969
Pb	-	-	-	-	-	1-14,14	1	-

Notas: \* EQ= Elemento Químico; \*\*PACS n - Med (DP): PACS = Programas de Agentes Comunitários, n = número de amostras observadas com o elemento elevado, Med = Média e DP = desvio padrão.

### 6.2.7. Análise descritiva dos **elementos químicos** quanto aos sistemas e redes de abastecimento de água

O sistema Itacolomi (S01) apresentou os valores mais relevantes para o Cu (136,70µg/L), Sr (60,66µg/L) e Ti (7,36µg/L) em ambos os períodos. O sistema Piedade (S07) apresentou amostras com os maiores teores de As (18,52µg/L) e Cr (13,89µg/L). O sistema 15 de Agosto (S08) mostrou teor elevado de V (7,86µg/L) no período seco. O Zn apresentou-se elevado no sistema S04 (1809,00µg/L) no período chuvoso, na rede 23. O sistema Água Limpa (S09) apresentou maior concentração de Cd (267,00µg/L) no período seco e, também, para o Pb (12,68µg/L, seco e 16,29µg/L, chuvoso). O sistema Água de Empresa (S16), correspondente a Rede 13, também apresentou as maiores concentrações de Ba (200,80 µg/L), Li (4,28µg/L) e Ba (81,40 µg/L), Co (18,86µg/L) no período chuvoso.

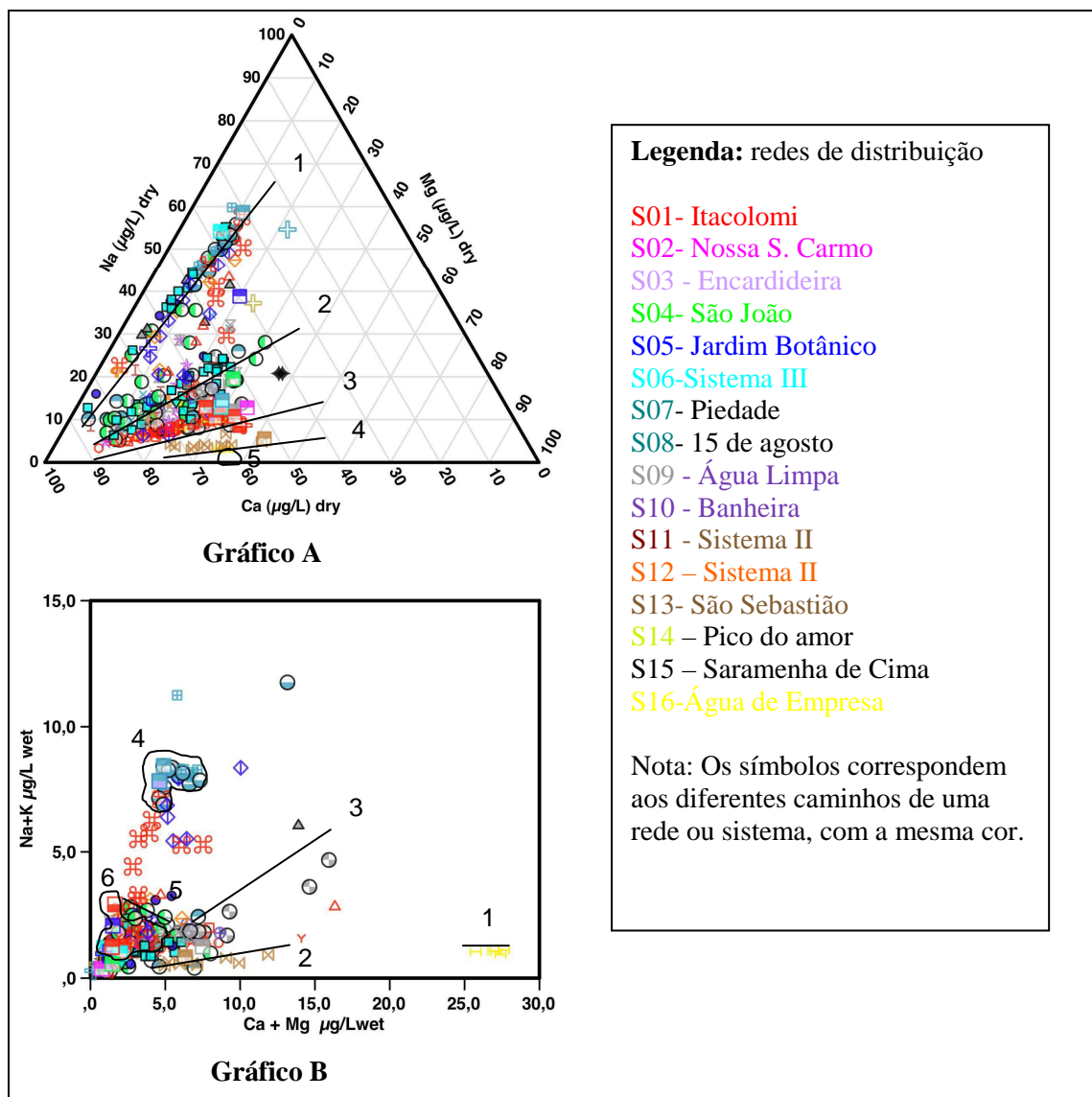
Os sistemas Banheira (S10), VIII - João Augusto e Catra (S12), Pico do Amor (S14) e Saramenha de Cima (S15) não apresentaram nenhuma amostra com **elementos químicos** alterados. O restante sistema II (S11), sistema III (S06) e sistema São Sebastião (S13) apresentaram apenas uma amostra elevada de Cd, com os respectivos teores 177,55µg/L, 22,01µg/L e 9,08µg/L.

Quanto às amostras provenientes das antigas minas de ouro, ambas pertencentes ao sistema S08, todas apresentaram contaminação no período seco, a MMQ por Pb (23,88µg/L) e a RPII por Pb (10,09µg/L), Cd (11,07µg/L) e As (13,38µg/L).

**Em relação aos elementos essenciais**, utilizando o programa AABEL-2, pode-se perceber que o sistema de abastecimento água de Empresa (S16) apresentou características distintas em relação aos demais sistemas, com teores relativamente altos para os elementos Ba, Ca, Li e Mg ao ser comparado ao K; e ainda, no período seco, ocorreu uma concentração decrescente de Ba, Ca e Mg próximo à fonte (poço artesiano) até os domicílios mais longínquos. Observaram-se concentrações aglomeradas dos metais Ca, Mg e Na distintas nos sistemas estudados. Na Figura 16 estão apresentados os gráficos, delineando os caminhos de tendências diferentes que constituíram as redes de água com a concentração desses metais estudados. No período seco, notou-se que no gráfico ternário A, cinco linhas de tendências destacaram-se: a nº 1, representando os sistemas Piedade e 15 de Agosto (S07/S08), com maiores concentrações de Na e Ca; a nº 2: o sistema São João (S04) mostrou valores médios para os três elementos (Na, Ca e Mg); a nº 3: valores mais altos de Ca e Mg e menores de Na, correspondendo ao S01

(exceto para a rede 35, que está representada com o símbolo de trevo em vermelho, por apresentar teores mais elevados de Na). Quando comparados com a linha nº. 4, sistema São Sebastião (S13), e a nº 5, sistema Jardim Botânico (S16), esta última apresentou-se mais aglomerada, com teores mais constantes de Ca. O restante dos sistemas não apresentou características próximas quando analisados esses metais em conjunto no mesmo período. Quando analisados de forma pareada (B - gráfico binário) quanto aos elementos K x Ca x Mg x Na, salientaram seis linhas e campos (aglomerados) com características de tendências específicas: a linha de tendência nº 1: sistema Água de Empresa (S16) é mais rica em Ca e Mg, com maior concentração do que a linha nº 2: sistema São Sebastião (S13); a linha nº 3: sistema Água Limpa (S09) e o campo nº 5: sistema São João (S04) apresentaram tendência diretamente proporcional dos elementos estudados. O campo nº 6 apresentou teores baixos destes elementos, exceto a rede 35 do sistema Itacolomi (S01) e o aglomerado 4 dos sistemas Piedade e 15 de Agosto (S07/S08), que apresentaram maiores concentrações de Na e K.

Cabe ainda ressaltar que o sistema de abastecimento Água de empresa (S16) apresentou características distintas em relação aos demais sistemas, com teores relativamente altos para os elementos Ba, Ca, Li, Mg ao ser comparado ao K; e ainda no período seco uma concentração decrescente de Ba, Ca e Mg da fonte até os domicílios mais longínquos.



Notas: a) **Gráfico A** - Ternário com concentrações de Na x Ca x Mg,  
 b) **Gráfico B** - Binário com o somatório das concentrações Na + K e Ca + Mg

**Figura 16-** Gráficos sobre as tendências químicas das águas da região urbana, elaborados no programa AABEL. Ouro Preto/MG, 2006/2007.

Na Tabela 12 estão apresentadas as características da construção das redes de abastecimento. Não foi observada nenhuma diferença significativa (todos com  $p > 0,05$ ) entre o percentual de elementos alterados de acordo com o tipo de água consumida, tipo de tubulação, tipo de tratamento da água utilizada para cozinhar, tipo de material utilizado na fabricação dos reservatórios domiciliares (caixas d'água) e em relação a origem da água utilizada para o abastecimento do domicílio.

Apenas 6 (7,89%) dos indivíduos consomem água mineral para beber em seu domicílio, porém eles utilizavam água da torneira para cozinhar.

**Tabela 12 - Caracterização da água consumida pela população na área urbana. Ouro Preto, 2006.**

Variáveis estudadas	Elementos químicos – n (%)		
	Alterados	Não alterados	P***
<b>Tipo de água consumida</b>			
Filtração, fervura e cloração	67 (88,16)	277 (87,66)	0,874
Mineral	6 (7,89)	21 (6,65)	
Não faz	3 (3,95)	18 (5,70)	
<b>Tipo de cano do domicílio*</b>			
PVC	69 (90,79)	294 (93,33)	0,382
Ferro fundido/Galvanizado	5 (6,58)	17 (5,40)	
Cobre	2 (2,63)	2 (0,63)	
Mangueira de plástico	0	2 (0,63)	
<b>Água para cozinhar</b>			
Não faz	59 (77,63)	241 (76,27)	0,872
Filtração	9 (11,84)	35 (11,08)	
Fervura	8 (10,53)	40 (12,66)	
<b>Caixa d'água da cozinha**</b>			
Polietileno/plástico	14 (18,42)	57 (18,21)	0,939
Fibra/amianto	58 (76,32)	242 (77,32)	
Cimento	3 (3,95)	9 (2,88)	
Ferro (tambor)	0	2 (0,64)	
Direto da rua	1 (1,32)	3 (0,96)	
<b>Abastecimento da casa*</b>			
Rede publica	75 (98,68)	293 (93,02)	0,166
Mina	1 (1,32)	19 (6,03)	
Rede publica e mina	0	3 (0,95)	

Notas: n = 392; n\* = 391; n\*\* = 389; \*\*\* p valor de X<sup>2</sup> significância a 0,005.

No Anexo VIII (Tabelas A, B, C, D, E, F) foram detalhados os resultados das análises físico-químicas obtidas da água de abastecimento desta região estudada e os dados referentes à coleta e à análise das amostras da água por elementos alterados.

No Anexo IX está apresentado uma tabela com os valores máximos permitidos (µg/L) nas legislações vigentes no Brasil e em outros países, para os elementos químicos alterados na água encontrados nesse estudo.

No Anexo X está apresentada a distribuição gráfica dos resultados da análise das concentrações dos **elementos químicos** nas amostras de água estudadas.

### **6.3. Caracterização dos resultados das análises das amostras do soro**

As análises séricas foram realizadas em 356 indivíduos procedentes dos 392 domicílios amostrados, apenas 9,28% não aceitaram participar desta etapa.

#### **6.3.1. Concentração dos elementos-traço no soro**

Na Tabela 13 estão apresentados os valores das medidas de posição e de dispersão das concentrações ( $\mu\text{g/L}$ ) observadas para cada elemento-traço avaliado. Os elementos: Al, Cd, Cr, Mg, Mn, Sr e Li foram observados como logarítmo da concentração e descritos na tabela após transformação do inverso do logarítmo. Observou-se que os elementos-traço estudados: Ca, K, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Al, Li, Sr, Cd, Cr e Pb apresentaram valores maiores que os previamente estipulados na revisão literária. Não foram realizadas as análises dos elementos-traço: As, Ba, Be, Co, Hg, Na, Sb e Ti.

**Tabela 13** - Valores de referências e valores observados dos elementos analisados no soro de 356 indivíduos amostrados. Ouro Preto/MG, 2006.

Elemento analisado	Valores de Referência (VR)*	Total de amostras com concentração acima do VR (%)	Concentrações observadas nas amostras séricas para os valores acima do LQ correspondentes– Técnica ICP OES (µg/L)				
			Teor Mínimo	Teor Máximo	Mediana	Média	DP
<i>Elementos essenciais comuns a todas as águas</i>							
Ca	470,00***	100 (28,09)	103,90	148280,27	92433,25	91723,54	25823,99
K	195000,00***	98 (27,53)	1296,37	389313,52	177882,79	174059,46	48932,56
Mg	1700-22000**	98(27,53)	17,78	95837,99	21409,18	13338,29	4,06
<i>Elementos essenciais e simultaneamente microcontaminantes com potencial para toxicidade</i>							
Cu	H= 800 – 1100 M= 1.100 -1400	169 (47,47)	H=178,79 M=26,16	H=3177,09 M=4427,00	1312,43	1350,58	496,86
Fe	800 -1200	291 (81,74)	44,23	7369,57	1225,13	1335,58	772,53
<sup>(a)</sup> Fe	50 – 150,00 mg/dL	137 (35,31)	3,00	440,00	126,00	137,24	64,65
<sup>(b)</sup> Ferritina	H= 23,9 - 336,20 M= 11 –36,20ng/mL	24 (6,22)	4,10	1404,40	115,54	138,79	136850,00
Mn	0,5-1	214 (60,11)	2,30	127,72	30,77	14,81	47,67
Zn	800 -1.100	206 (57,87)	21	4294,96	1176,06	1129,22	476,01
<i>Elementos microcontaminantes ambientais com menor toxicidade</i>							
Sr	28-44**	260 (73,03)	01	1720,91	64,54	51,65	2,18
<i>Elementos microcontaminantes ambientais com maior toxicidade</i>							
Cd	0,1-0,3	90 (25,28)	13,33	118,73	23,31	30,17	1,94
Cr	0,1-0,2	340 (95,51)	105,79	584,29	178,90	185,52	1,42
Pb	<1,0	78 (21,91)	797,33	3817,98	797,00	951,30	433,05
<i>Elementos microcontaminantes ambientais relatados para terapia médica</i>							
Al	1-5	167 (46,91)	75,93	2203,24	222,59	220,09	1,78
Li	0,2-0,8	132 (37,18)	6,02	124,35	6,00	10,99	2,51

Fontes: \*OMS,1998; \*\*Caroli *et al.*, 1999, \*\*\*Távora, 2006, todos os valores em µg/L. Notas: Os elementos foram analisados pela técnica ICP OES e para o <sup>(a)</sup>Fe (colorimetria, n= 388) e a <sup>(b)</sup>ferritina (quimiluminescência, n= 386) foram consideradas também as técnicas e avaliações utilizadas no LAPAC; índice permitido para mulheres =M e para homens =H; DP = desvio padrão. Houve uma perda de 36 amostras (9,18%) em relação ao total de questionários aplicados (392); os elementos As, Se não foram ensaiados por ICP OES.

No Anexo X foi demonstrada a distribuição gráfica dos resultados da análise das concentrações dos elementos-traço nas amostras de soro dos indivíduos estudados.

### 6.3.2. Análises dos elementos-traço e a distribuição geográfica por PACS

Na Tabela 14 estão apresentados os resultados das médias e do desvio padrão das concentrações dos elementos-traço de acordo com a localização geográfica

distribuída por PACS. Houve diferença significativa (95% de Intervalo de Confiança) para o Pb entre o PACS I com o PACS II e o PACS IV com o PACS VI ( $p = 0,052$ ); para o Li entre os PACS I, II, IV, VI com os PACS III e O PACS V ( $p = 0,003$ ) e para a ferritina entre o PACS III com os PACS I e o PACS VI ( $p = 0,032$ ). Observou-se uma tendência de significância ( $p = 0,093$ ) para o Mg entre o PACS V e os outros PACS (I, II, III, IV, VI). O K em 98 amostras (27,53%) foi considerado acima do valor de referência segundo TÁVORA (2006); o Cd em 90 amostras (25,28%); o Cr em 340 (95,5%), Cu em 169 (47,47%); Fe em 291 (81,74%); Li em 132 (37,18%); Mn em 214 (60,11%); Pb em 78 (21,91%); Zn em 206 amostras (57,87%) estavam com valores acima da referência segundo a OMS (1998). O Mg em 98 amostras (27,53%) e o Sr em 260 (73,03%) apresentaram valores elevados segundo as referências citadas por CAROLI ET AL. (1999).

**Tabela 14** - Médias e desvio padrão dos elementos-traço com concentrações elevadas ( $\mu\text{g/L}$ ), analisados no soro dos indivíduos amostrados por local de residência (PACS).

Ouro Preto/MG, 2006.

ET*	PACS I n-Média (DP)	PACS II n-Média (DP)	PACS III n-Média (DP)	PACS IV n-Média (DP)	PACS V n-Média (DP)	PACS VI n-Média (DP)	TOTAL n-Média (DP)	p valor
<i>Elementos essenciais comuns a todas as água</i>								
	24	31	09-	11-	03-	22-	100-	
Ca	256,42 (152,15)	91731,29 (23593,43)	96191,51 (15019,87)	98178,11 (1600,27)	917229,48 (9364,64)	93982,04 (27132,93)	92639,73 (24248,24)	0,921
	21	14-	27-	13-	08-	15-	98-	
K	222122,40 (18531,92)	212362,28 (13190,89)	228081,30 (29499,14)	216131,50 (20630,88)	240015,60 (61381,75)	212924,70 (14688,09)	221628,00 (27399,86)	0,116
	23-35809,57 (15722,11)	21	07	20	05	22	98	
Mg <sup>(a)</sup>		302110,12 (5164,81)	29762,98 (6740,63)	33807,24 (13424,22)	52694,94 (29803,77)	36578,03 (20465,01)	34803,26 (15844,02)	<b>0,093</b>
<i>Elementos essenciais e simultaneamente microcontaminantes com potencial para toxicidade</i>								
	31	30	33-	28	11	35	168	
Cu	1672,29 (294,21)	1616,42 (276,72)	1757,25 (385,15)	1603,78 (348,00)	1935,24 (885,08)	1757,22 (442,21)	1702,50 (414,12)	0,172
	25	18	27	34	13	20	137	
Fe**	194,56 (32,22)	207,00 (50,53)	224,85 (64,74)	209,94 (47,11)	208,92 (45,65)	187,70 (53,24)	206,34 (50,70)	0,163



	07	02	03	03	02	07	24	
Ferritina	475,44	595,85	538,77	490,47	1013,20	437,96	529,15	<b>0,032</b>
(b)	(140,21)	(73,33)	(146,90)	(152,45)	(553,24)	(140,92)	(228,31)	
	43-	34	31	24	12	39	183	
Fe***	1915,65	1699,92	1751,89	1933,78	2062,66	1801,18	1835,45	0,592
	(978,62)	(420,42)	(463,66)	(881,23)	(937,39)	646,59	(733,55)	
	50	54	21	40	13	36	214	
Mn	47,02	46,82	42,03	45,52	48,53	54,74	47,59	0,206
	(16,63)	(14,84)	(25,39)	(17,59)	(33,90)	(19,92)	(19,45)	
	43	31	41	33	16	41	205	
Zn	1447,89	1360,70	1359,63	1470,41	1447,86	1382,92	1407,68	0,613
	(337,70)	(214,47)	(231,11)	(539,41)	(361,92)	(293,47)	(338,97)	
<i>Elementos microcontaminates ambientais de maior toxicidade</i>								
	21	18	06	25	07	13	90	
Cd	39,52	32,53	31,97	40,66	45,34	35,67	37,83	0,852
	(23,49)	(24,52)	(20,72)	(30,93)	(25,75)	(29,78)	(26,48)	
	09	12	08	13	07	14	63	
Cr	203,27	221,30	183,92	184,68	156,36	217,59	198,38	0,557
	(74,20)	(123,32)	(32,18)	(61,88)	(58,67)	(95,38)	(83,43)	
	15	14	20	15	04	10	78	
Pb <sup>(c)</sup>	1808,73	1262,78	1430,78	1706,39	1781,35	1079,46	1499,24	<b>0,052*</b>
	(970,32)	(520,24)	(576,97)	(676,66)	(494,99)	(359,79)	(687,29)	
<i>Elementos microcontaminates ambientais com menor toxicidade</i>								
	58	58	41	47	17	40	261	
Sr	76,61	77,33	103,96	80,02	77,75	85,25	83,08	0,831
	(20,06)	(20,14)	(259,42)	(22,38)	(30,41)	(26,04)	(104,25)	
<i>Elementos microcontaminantes ambientais relatados para terapia médica</i>								
	33	44	15	27	10	38	167	
Al	256,42	253,29	195,71	318,96	249,98	291,34	267,81	0,662
	(152,15)	(125,94)	(106,04)	(416,74)	(102,12)	(286,56)	(238,15)	
	25	23	32	26	14	12	132	
Li <sup>(d)</sup>	45,99	48,76	27,42	45,68	24,96	47,92	39,86	<b>0,003</b>
	(28,80)	(25,57)	(19,03)	(30,43)	(17,53)	(26,92)	(26,66)	

Nota: *p* valor do teste *t* de *student* significância  $\alpha \leq 0,05$ . \*ET= Elemento-traço avaliado; (\*\*\*)Fe analisado por colorimetria no LAPAC, (\*\*\*\*)Fe analisado por ICP OES. A ferritina foi por quimiluminescência no LAPAC. PACS n - Med (DP) corresponde a: PACS = Programas de Agentes Comunitários, n = número de amostras observadas com o elemento elevado, Med = Média e DP = desvio padrão.

(a) Houve associação limítrofe entre os valores observados para o Mg sérico entre o PACS V e os PACS I; III; IV e VI. (b) Houve associação significativa ( $p < 0,05$ ) quando observados os valores para a ferritina entre o PACS V e todos os outros PACS (I; II; III; IV e VI). (c) Houve associação significativa ( $p < 0,05$ ) quando observados os valores obtidos para o Pb sérico entre o PACS I e o PACS II; e entre o PACS IV e o PACS VI. (d) Houve associação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os valores observados para o Li entre os PACS II; IV; VI com os PACS I; e VI.

### 6.3.3. Associações entre as concentrações dos diferentes elementos-traço e variáveis sócio-demográficas/comportamentais

Na tabela 15 estão apresentados os resultados em relação as associações entre os elementos-traço elevados e as variáveis sócio-demográficas/comportamentais, observou-se significância entre o sexo masculino com a ferritina ( $p = 0,000$ ) e com o Fe ( $p = 0,043$ ); a faixa etária com Mg ( $p = 0,036$ ) e com Sr ( $p = 0,020$ ) nos maiores de 60 anos; escolaridade mais alta com o Fe ( $p = 0,027$ ); a renda entre 5 a 10 salários mínimos com a ferritina ( $p = 0,032$ ) e o ex- fumantes com a ferritina.

Tabela 15 - Associações entre os elementos-traço elevados analisados no soro dos indivíduos amostrados e as variáveis sócio-demográficas/comportamentais.

Elementos ( $\mu\text{g/dL}$ )	Variáveis - Associações n (%)			$p$ valor
	<i>Feminino</i>	<i>Masculino</i>		
Ferritina	7 (2,6)	<b>17 (14,9)</b>		0,000
Ferro*	90 (32,8)	<b>47 (41,2)</b>		0,043
	<i>Faixa etária (anos)</i>			
	20 - 40	[ <b>40 – 60</b> [	> 60	
Ferritina	3 (2,6)	<b>14 (8,3)</b>	7 (6,7)	0,063
Mg	28 (27,2)	37 (23,9)	<b>33 (33,7)</b>	0,036
Sr	68 (66)	109 (70,3)	<b>83 (84,7)</b>	0,020
	<i>Escolaridade</i>			
	Baixa	Média	Alta	
Fe**	110 (49,8)	54 (52,4)	<b>19 (59,4)</b>	0,027
	<i>Renda (SM)</i>			
	< 1 - 5	[ <b>5 -10</b> [	10 - > 20	
Ferritina	19 (6,9)	<b>4 (7,7)</b>	1 (5,9)	0,032
	<i>Tabagismo</i>			
	Não fumante	Ex	<b>Fumante</b>	
Ferritina	8 (33,3)	6 (25)	<b>10 (41,7)</b>	0,047

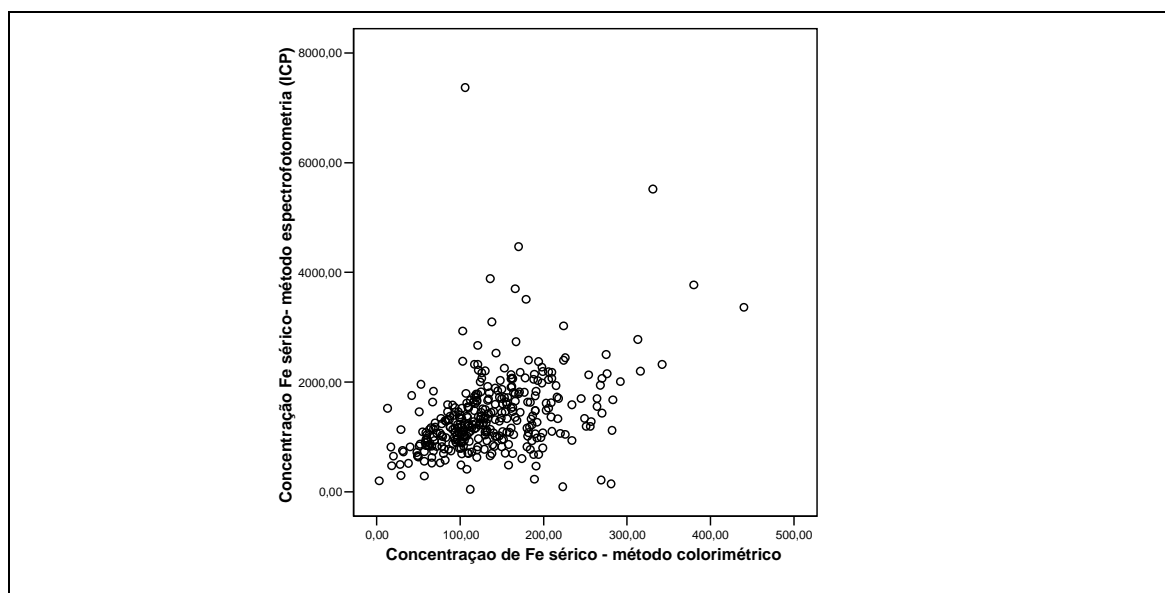
Notas: \* método colorimetria, \*\* espectrofotometria ICP OES.

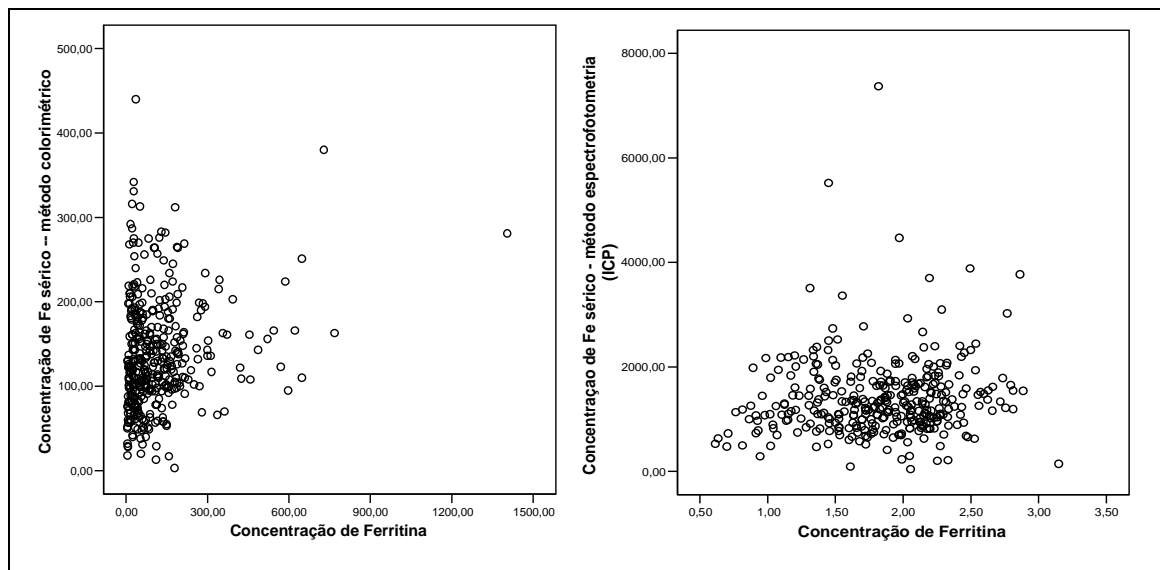
### 6.3.4. Relação entre os elementos-traço

As interações entre os elementos observadas nesse estudo foram significativas (correlação de Pearson significância à nível de 0,001) para Fe/Cu, ( $r = 0,345$ ) e Na/K ( $r = 0,325$ ), que podem ser um indicador para a avaliação da exposição no indivíduo (AMORIM, 2003). As mesmas podem ser observadas entre os nutrientes presentes nos alimentos, de acordo com a sua biodisponibilidade (REIS, 2004).

Na correlação bivariada, quando se correlacionou os resultados obtidos das concentrações de Fe pelos métodos colorimetria e espectrofotometria (ICP OES), observou-se correlação ( $r = 0,169$ ) e, também, quando comparado às concentrações do Fe pelo método colorimétrico com a ferritina, pelo método quimiluminescência ( $r = 0,402$ ). Não houve correlação significativa entre os elementos-traço Pb e Cd ( $p = 0,454$ ) com o tabagismo.

Na Figura 17 estão apresentados os gráficos correlacionando os valores obtidos para o Fe sérico por diferentes métodos (colorimetria e espectrofotometria ICP OES) e também com a ferritina. Houve associação significativa ( $p=0,001$ ) entre os níveis de Fe sérico (método colorimétrico) e a ferritina.





**Figura 17-** Apresentação dos gráficos correlacionando os valores obtidos ( $\mu\text{g/L}$ ) para as concentrações de Fe sérico por diferentes métodos (por colorimetria e espectrofotometria por ICP OES) e para a ferritina, nos indivíduos estudados. Ouro Preto/MG, 2006.

#### 6.4. Correlação entre os níveis dos elementos na água e no soro

A tabela 16 descreve a frequência do somatório dos dois períodos (as 392 amostras de domicílio mais as 19 coletadas em fontes e reservatórios, totalizando 822 amostras analisadas na água de abastecimento e o total (356 amostras) do soro coletados nos indivíduos estudados, observou-se que cada elemento analisado (exceto o As que não foi avaliado no soro) apresentou concentrações elevadas em ambas as variáveis.

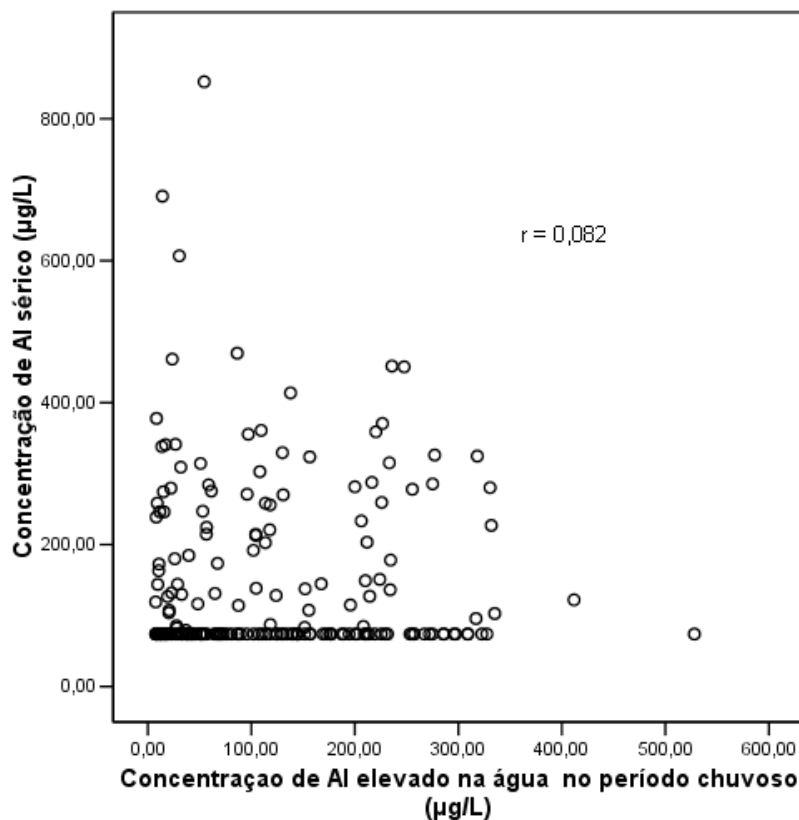
Tabela 16 – Frequência relativa dos elementos com concentrações elevadas na água de abastecimento e no soro dos indivíduos estudados.

Elementos químicos acima do valor de referência	Variáveis estudadas n (%)	
	Água *	Soro
As	4 (0,5)	-
Al	54 (6,5)	167 (46,9)
Pb	9 (1,1)	78 (21,9)
Cd	38 (4,6)	90 (25,3)
Fe	4 (0,5)	291(81,7)
Mn	1 (0,1)	214 (60,1)

Nota: \* somatório geral de todas as amostras da água de abastecimento urbano analisadas nos dois períodos do estudo (822 amostras).

Não foram observadas associações significativas entre os níveis séricos dos elementos-traço em relação aos níveis desses na água de abastecimento, em relação a ambos os períodos, quando avaliados em conjunto ou separadamente (seco e chuvoso).

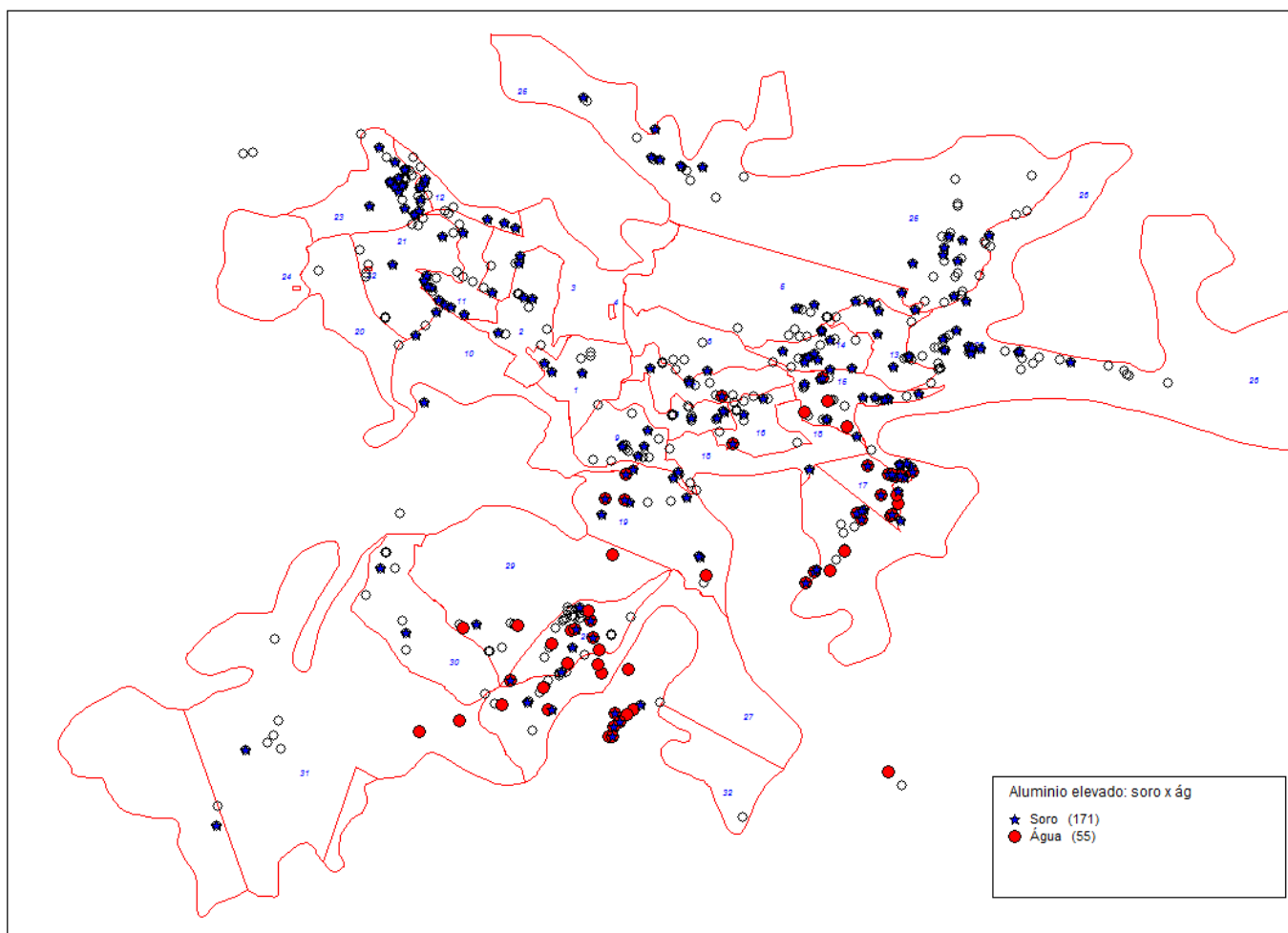
No gráfico 5 está apresentado a correlação ( $r = 0,082$ ) entre a concentração do Al no soro e na água, no período chuvoso.



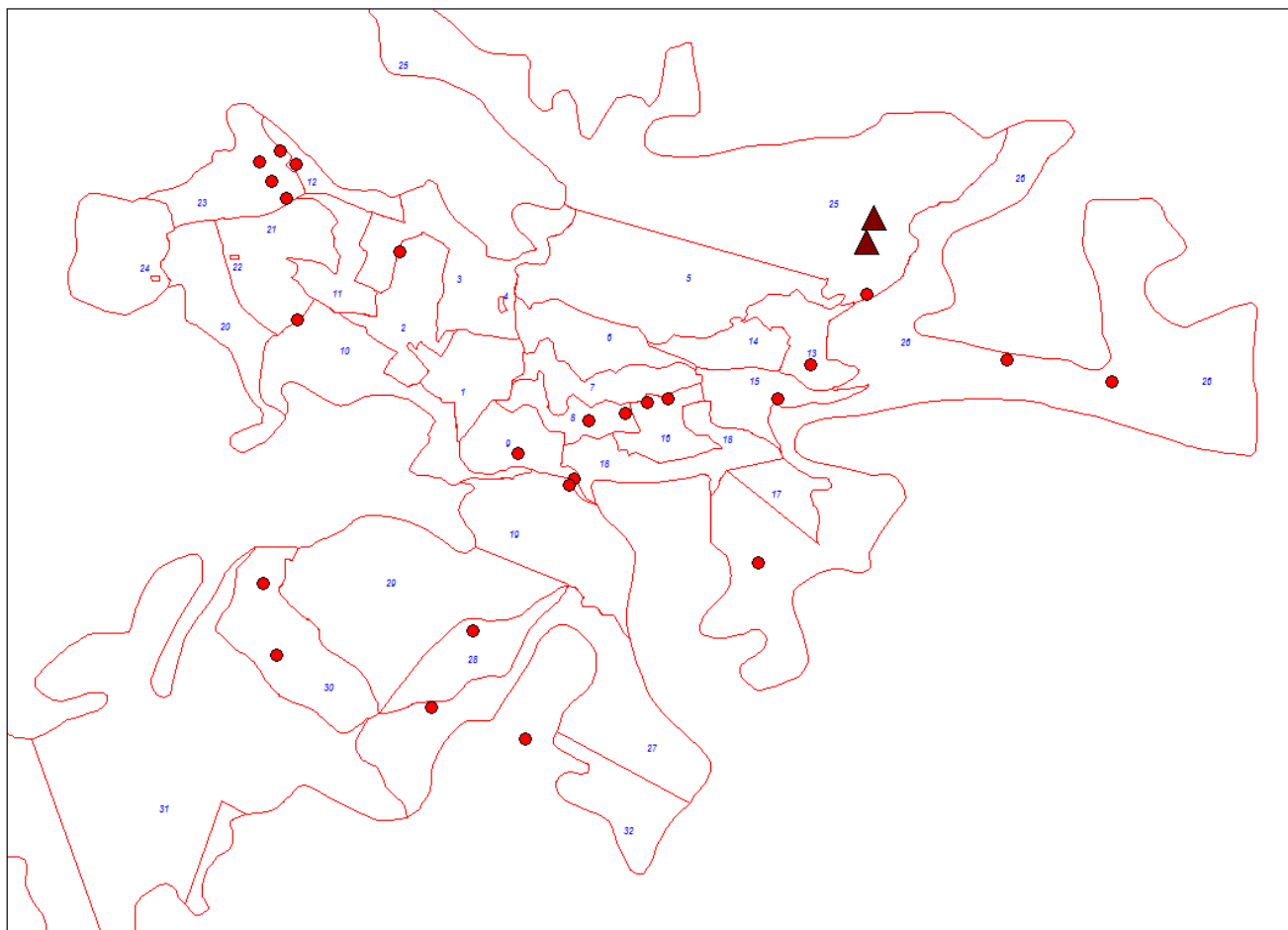
**Gráfico 5** - Correlação entre a concentração de Al sérico e a concentração elevada de Al na água dos domicílios, no período chuvoso. Ouro Preto/MG, 2006/2007.

Na Figura 18 está apresentado a distribuição geográfica dos resultados obtidos dos níveis de Al sérico e na água de abastecimento, no período chuvoso. Os indivíduos de 55 (32,16%) domicílios apresentaram concentrações elevadas de Al sérico.

Na Figura 19 evidenciou-se a distribuição geográfica dos resultados encontrados dos níveis de ferritina sérica e também os domicílios onde a água apresentou concentrações elevadas de Fe. Esses resultados foram pontuais em toda a área urbana.



**Figura 18-** Distribuição geográfica dos resultados da análise dos níveis de Al elevado no soro e nas amostras da água de água de abastecimento. Ouro Preto/MG, 2006/2007.



**Figura 19-** Distribuição geográfica dos resultados da análise dos níveis de ferritina sérica e dos resultados da análise da concentração de Fe na água de abastecimento. Ouro Preto/MG, 2006.

## **7. DISCUSSÃO**



## 7.1. Saúde urbana

*“Métodos participativos são essenciais para tal processo, o conhecimento científico e o conhecimento tradicional são os responsáveis pelo aperfeiçoamento da tecnologia explicada às resoluções de problemas específicos”.* (BUCKES, 1995)

A complexidade do processo saúde-doença e a evolução do perfil epidemiológico brasileiro exigem um novo modelo de saúde coletiva e vigilância ambiental com ênfase nos aspectos de promoção e prevenção (PHILIPPI Jr. *ET AL.*, 1999; PHILIPPI Jr. *ET AL.*, 2002; AUGUSTO, 2003), com entendimento do papel do ambiente urbano na modulação da saúde da população (COHEN *ET AL.*, 2004; OMPAD *ET AL.*, 2007).

A complexidade da interpretação dos dados e dimensionamento de novas ações é um desafio na promoção da saúde e vigilância ambiental. Quando se pensa na saúde urbana (MARANDOLA Jr. & HOGAN, 2004; CAIAFFA *ET AL.*, 2005; FREUDENBERG & GALEA, 2006; CAIAFFA, *ET AL.*, 2008), devemos ir além do modelo de fator de risco modificáveis ou não, causadores da saúde ou da doença; assim, este estudo populacional, ao determinar as áreas com contaminação de água, pode direcionar intervenções que melhorem a saúde da cidade, sendo necessária uma maior atuação e controle dos setores públicos municipais, visando a melhoria da qualidade de vida dessa população.

A visão das situações estudadas possibilita o reconhecimento das multicausas e a percepção do contexto sócio, ambiental e cultural que permitem a construção de novas estratégias. É provável que a saúde dos moradores de Ouro Preto/MG, já avaliada quanto ao risco nutricional (FREITAS *ET AL.*, 2007; CÂNDIDO *ET AL.*, 2008), possa ser melhor estudada à partir também do conhecimento dos seus sistemas de distribuição das águas superficiais, subterrâneas e de poços artesianos, bem como da concentração dos **elementos químicos** e sua disposição geográfica. Com a geração de novas informações a partir dos dados avaliados e com o favorecimento de novas pesquisas geomédicas e epidemiológicas, poderá haver ainda mais direcionamento das ações em prol do ambiente, desenvolvimento e da saúde urbana.

Além disso, a falta de limpeza e manutenção dos reservatórios, comprovados nesse estudo, alerta para a necessidade de novas orientações educativas, como

periodicidade na promoção de cursos de higienização de caixas d'água, cartilhas e orientações sobre higienização de reservatório, dentre outras ações, já que esse comportamento de não limpeza periódica está enraizado nos moradores. E cabe lembrar que a chave para o desenvolvimento é a participação, a organização, a educação e o aumento do poder individual e coletivo das pessoas (PORTO, 1996).

A determinação dos riscos à saúde provenientes de contaminação ambiental é um processo complicado e complexo que envolve a interação de diversos campos da ciência, tais como epidemiologia, medicina, geoquímica, geologia, entre outras (RAPANT *ET AL.*, 2007). E deve ser trabalhado no município em conjunto com várias Secretarias e seus Conselhos representativos (Saúde, Meio Ambiente, Obras, SEMAE, Educação, Ação Social, Cultura), respeitando as suas interfaces, porém com o mesmo objetivo final que é a promoção da saúde dos cidadãos.

As contaminações observadas por As, Cd, Fe e Mn, Pb ocorreram em amostras coletadas em determinados setores, sendo consideradas pontuais. As maiores concentrações dos elementos: Al (acima do padrão de aceitação para o consumo humano), Ca e Mg, nas amostras de água coletadas, foram caracterizadas como seguindo um caminho específico da rede de abastecimento.

## **7.2. Contaminações pontuais do arsênio**

A água é um vetor importante de contaminação do As para o indivíduo (MAZUMDER, 2000), tanto que a contaminação das águas subterrâneas por As se tornou um problema de escala mundial (RAPANT *ET AL.*, 2007).

Vários estudos populacionais vêm demonstrando que o As, em água potável, pode causar câncer de pulmão, de bexiga e de pele, e outros apontam para efeitos nas doenças cardiovasculares. Os casos graves são causados principalmente devido ao consumo de água subterrânea contaminada localizada em formações geológicas arseníferas de grande extensão, sendo relatadas as intoxicações mais graves em Bengala Ocidental, Bangladesh, México, Chile e Argentina (SMEDLEY & KINNIBURGH, 2002).

O As inorgânico  $3^+$ , observado nesse estudo, ocorreu no PACS II e IV, apenas no período seco, em 02 (10,5%) dos 19 reservatórios/minas/chafariz/nascentes, que foram abastecidos também pelo reservatório RPII (que é uma mina subterrânea, com

teor de 13,38 $\mu\text{g/L}$ ) e nas águas do chafariz (CLA, com 14,04 $\mu\text{g/L}$ ); e apresentou contaminação até quase duas vezes maior que o VMP por lei, em 02 (14,3%) dos 14 domicílios analisados pertencentes ao sistema Piedade (S07), a amostra 20 apresentou concentração igual a 18,53 $\mu\text{g/L}$  e a amostra 283, 12,53 $\mu\text{g/L}$ . Em vários locais observam-se valores de As na água bem mais elevados, porém na mesma região de Ouro Preto eles se apresentam elevados ao longo dos anos.

Smedley & Kinniburgh (2002) citaram que houve exposição endêmica, na década de 60 em Taiwan, onde as águas consumidas apresentaram uma faixa de 10 a 1800 $\mu\text{g/L}$ ; no Chile foi elevada em águas superficiais (cidade de Antofagasta: 500 $\mu\text{g/L}$ ); na Argentina, em águas subterrâneas, com concentrações altíssimas (Córdoba: 6 a 11 $\mu\text{g/L}$ ; Lagunera: 8 a 624 $\mu\text{g/L}$ ; Sonora: 2 a 305 $\mu\text{g/L}$  e La Pampa: menor que 4 a 5280 $\mu\text{g/L}$ ). Segundo Smith *et al.*, 2000, em Bangladesch ocorreu, em 1983, um grande alerta para o mundo, apresentando alto índice de câncer com o consumo de água subterrânea, sendo que os teores desse elemento cancerígeno estavam abaixo de 50 $\mu\text{g/L}$ . Rapant *et al.* (2007) observaram que 11% do território da Eslováquia apresentam riscos altos de câncer decorrente da contaminação das águas subterrâneas por As.

No Brasil, os estudos observaram altas concentrações de As em águas de abastecimento público no Quadrilátero Ferrífero, principalmente na região de Santa Bárbara/MG e Ouro Preto/MG. Os resultados de determinação de As em águas de nascentes de Santa Bárbara foram na faixa de 2,18 a 21,45 $\mu\text{g/L}$  (VASCONCELOS *ET AL.*, 2007). Na região do Quadrilátero Ferrífero, os processos geoquímicos contribuem para a liberação do arsênio a partir das rochas mineralizadas, provavelmente devido à oxidação de arsenopirita, presente nas minerações de ouro (MATSCHULLAT *ET AL.*, 2003; BORBA & FIGUEIREDO, 2004; PROTI *ET AL.*, 2006) e sua mobilização e transporte pode seguir caminhos diferentes como águas superficiais, de percolação, de chuva e em materiais particulados suspensos (VASCONCELOS *ET AL.*, 2007).

Em Ouro Preto, Pimentel *et al.* (2003) observaram pontos coletados nessa mesma área (região do Bairro Padre Faria e adjacências) com teores médios sazonais de 160 $\mu\text{g/L}$  no verão e 170 $\mu\text{g/L}$  no inverno; Borba *et al.* (2004) observaram concentrações de 12 $\mu\text{g/L}$  em uma mina; Gonçalves *et al.* (2005) na mesma região, e no verão, detectaram teores de 28,7  $\mu\text{g/L}$  em mina (Piedade) e em águas de domicílios entre 10,1 a 129 $\mu\text{g/L}$ . Pereira (2006) observou altos valores entre 10,1 a 189 $\mu\text{g/L}$  em domicílios, também no Bairro Padre Faria, que é vizinho ao Bairro Taquaral, pertencente ao PACS IV.

Sabe-se que os sedimentos (camada superior do solo) com altos teores de enxofre (S) e de Fe podem se ligar as ambas formas (V e III) de As (MENG *ET AL.*, 2001), formando a arsenopirita (FeAsS) após oxidação na presença de O<sub>2</sub> e pode ser transportado para a fase aquosa e liberar o As, acarretando doenças na saúde humana (DESCHAMPS & MELLO, 2007), caracterizando uma exposição a longo prazo, (BORBA & FIGUEIREDO, 2004) e este pode ser o caso dessa área estudada. Além de ser uma área de minas abandonadas, a presença de solos com fendas ou fraturas provenientes da rocha estratificada (MASTCHULLAT, 2000) também pode explicar a presença do As na água.

Não foi possível realizar as análises da concentração de As no soro, devido a limitação da técnica, utilizando ICP (OES) para a detecção desse elemento. Mas, segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2004a), as quantidades encontradas tipicamente dentro da água potável, quando ingeridas, podem levar a valores mais elevados dentro dos sistemas biológicos; assim essa exposição é um risco potencial à saúde da população estudada, e essas águas devem ser tratadas adequadamente antes de serem consumidas e até mesmo haver coibição do seu uso temporariamente. É aconselhável que Ouro Preto/MG também seja incluído nas pesquisas estaduais realizadas pela FEAM, para monitoramento periódico das suas águas e dos seus consumidores.

### 7.3. Contaminações pontuais do ferro e manganês

O excesso de Fe sérico foi observado em mais de 38% dos indivíduos, com variação da frequência dependente do método empregado, isto é, em 183 amostras pelo aparelho ICP-OES e em 137 (35,31%) amostras pelo método colorimétrico. O Fe sérico é um marcador conhecido e é útil como medidor da predisposição a sobrecarga de Fe no organismo (MAINOUS *ET AL.*, 2005) **que pode ocorrer devido a vários fatores como inflamações e infecções.**

Em relação à ferritina, que ao contrário do Fe sérico, mede a exposição crônica, isto é, aquela exposição a longo prazo de doses baixas (BENITE *ET AL.*, 2007), os resultados demonstraram também uma alta frequência de indivíduos expostos ao excesso de Fe (24; 6,22%). E essa frequência foi estatisticamente significativa em relação a distribuição por PACS ( $p = 0,032$ ), podendo ser um agravante para o aumento dos riscos para infarto, com já foi observado por Tuomainen *et al.* (1998).

Observou-se uma correlação positiva significativa entre os níveis de Fe sérico e os níveis de Fe na água de abastecimento; o mesmo não foi observado em relação à ferritina. Essa correlação foi maior no sexo masculino. Os estoques de Fe no corpo aumentam após a adolescência em homens, e nas mulheres após a menopausa (HOWES *ET AL.*, 2000). As mulheres em idade fértil são mais susceptíveis a apresentarem baixos teores de Fe, provavelmente devido a menor ingestão, fato agravado pela menstruação (AL - BUHAIRAN & OLUBOYEDE, 2001).

Para o Ferro da água, observaram-se níveis altos (0,5%) de Fe acima do VMP (BRASIL, 2005a) no sistema S04, sendo que as duas amostras chegaram a apresentar níveis acima de 567,00µg/L, isto é, quase o dobro do limite permitido.

Em um caso, além do ferro, também foi observado um elevado teor de Mn (106,6µg/L). Esses altos valores de Fe/Mn, nas águas, também foram observados por Pimentel *et al.* (2003) e Proti *et al.* (2006), corroborando resultados deste estudo. Tais valores foram atribuídos ao fato de a região de estudo se encontrar no Quadrilátero Ferrífero.

Isso pode ser explicado pelo fato dos metassedimentos à base de quartzito, com textura predominantemente arenosa, comuns também ao solo itabirito (com alto teor mineral de Fe e Mn), apresentarem falhas e fraturas, e possuírem bom potencial armazenador e circulador de água (IGA, 1995; CPRM, 2006). Os elementos geoquímicos que compõem o subsolo podem modificar a concentração desses nos alimentos e na água que abastece os municípios (OMS, 1998, CPRM, 2007), e como o sistema de abastecimento de água de Ouro Preto encontra-se principalmente nos Grupos Piracicaba e Itabira, que constituem grupos com ecossistemas frágeis, principalmente quando submetidos à remoção mecânica dos solos (MELLO *ET AL.*, 2008), poderia explicar o excesso de ferro nessas águas e conseqüentemente no soro humano. Outro aspecto importante é o tipo de solo da região do Quadrilátero Ferrífero, que além da baixa capacidade de reter e eliminar poluentes, possui alta densidade de fendas abertas, pelas quais os poluentes podem se infiltrar e chegar rapidamente até às águas subterrâneas, que são vulneráveis à contaminação.

A WHO (2003d) menciona que concentrações de Fe encontradas na água para beber até 2,0mg/L (correspondendo a 10% da ingestão diária recomendada do peso corporal para adultos, isto é, 0,8mg/Kg de peso) não oferece riscos à saúde humana. Ele é essencial no metabolismo energético celular e no transporte de O<sub>2</sub>; mas, quando livre, é altamente reativo e danoso, por participar como catalisador de reações oxidativas e,

em consequência, na síntese de radicais superóxidos e radicais hidroxilas. Por isso, no processo de evolução, os seres vivos desenvolveram mecanismos mais elaborados capazes de manter o ferro ligado à proteína de transporte ou sob a forma de ferritina ou hemossiderina (CANÇADO, 2007).

No entanto, a sobrecarga de Fe no organismo humano está diretamente proporcional aos riscos de morbidade e mortalidade, principalmente, devido ao comprometimento cardíaco. Este metal é armazenado gradativamente em vários órgãos, sendo seu maior local o fígado, devido, usualmente, ao excesso de absorção por via intestinal (CANÇADO, 2007).

Com certeza não podemos afirmar que o excesso de Fe no organismo pode ser proveniente da água, considerando sua biodisponibilidade, pois o ferro presente na água é o ferro ferrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ), menos absorvido que o ferro ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Além disso, sua concentração é bem maior em outras fontes de alimentos. Mas, com a obrigatoriedade governamental (Lei????) de haver necessidade de fortificar os alimentos com o Fe, além da propaganda comercial, ou da suplementação de Fe em estados mais vulneráveis da vida humana, sem uma avaliação diagnóstica individual prévia e considerando ainda essa localidade no Quadrilátero Ferrífero, esta água de abastecimento pode ser mais um agravante para as doenças relacionadas com a sobrecarga de Ferro nessa cidade. Acreditamos que novos estudos deverão ser realizados para nortear novas discussões, inclusive sobre os VMP na Portaria 518/MS (BRASIL, 2005a).

#### 7.4. Contaminações pontuais do cádmio

No soro observaram-se 2,53% (n=90) de indivíduos com concentrações elevadas de Cd; apresentando valores mais altos na faixa etária entre 40 a 60 anos (n=46; 51%); nos indivíduos com baixo nível de escolaridade (n=55; 61,11%) e naqueles com baixa renda, isto é, até cinco salários mínimos (n=76; 84,44%), porém não apresentaram diferença significativa.

Apesar de alguns autores relatarem uma associação entre o nível de Cd e o tabagismo (MANTHEY *ET AL.*, 1981; SATURUG & MORÃES, 2004), nesse estudo não foi observado correlação significativa em relação ao Cd no soro ( $p = 0,454$ ).

O Cd elevado foi encontrado em ambos os períodos nos domicílios (20,7% no seco e 19% no chuvoso, dos 58 analisados) e nos reservatórios (52,6% no seco e 31,6% no chuvoso). A contaminação na ETA E2 e RPD2 é provavelmente devida ao

tratamento ou cloração da água bruta dessas unidades. Já na ETA Itacolomi e no Passa Dez a contaminação por Cd e/ou Pb é devida à presença de antigas canaletas de cimento, que ocorre também em quase todos os reservatórios secundários, com exceção de dois: o RMC, pertencente ao sistema 01 (que recebe água também da ETA) e RSS do sistema 13, esse recebe água de nascentes próprias e, quando necessário, de caminhões pipa com água do RCX3, que por sua vez também recebe águas oriundas do Passa Dez. A maior parte das amostras nos domicílios que apresentaram Cd elevado pertence aos sistemas abastecidos por águas provenientes destes mananciais, com águas com pH médio variando entre 6,93 a 5,77. Esse pH ácido ainda facilita sua dispersão.

Outra fonte de contaminação é o próprio solo, que pode conter uma variedade de detritos (muitos com grandes quantidades de metais), e pelo fato de sofrer a ação dos processos de intemperismo, de erosão e de escoamento superficial onde são liberados e transportados até os corpos d'água (MELLO *ET AL.*, 2000). Isso ocorre próximo às captações das águas superficiais, que abastecem a grande maioria da população, como foi possível constatar visualmente.

### **7.5. Contaminações pontuais do chumbo**

O Pb apresentou-se elevado em 78 amostras de soro (21,91%). Apresentou diferença significativa ( $p = 0,05$ ) quanto a sua distribuição geográfica, sendo maior no PACS I, região mais central de Ouro Preto/MG. Os níveis séricos de Pb foram significativamente maiores nos homens ( $p = 0,010$ ); esses resultados coincidem com o observado por Kuno *et al.* (2005) onde esses níveis também foram maiores nos homens ( $p = 0,003$ ). Ao contrário do esperado não foi observada correlação significativa com o tabagismo ( $p = 0,863$ ).

Do total de 58 amostras de água domiciliar, o Pb ficou acima do recomendado em três amostras, com níveis variando entre 12,68 e 16,29 $\mu$ g/L, sendo maior no período chuvoso. Essas amostras pertencem ao PACS I, abastecida pelo sistema S09 do Água Limpa, pela rede 28 da Barra e pela rede 26 do Rosário, que por sua vez são abastecidos por um mesmo reservatório (RAL). Esse por sua vez, também apresentou, no período chuvoso, elevado teor de Pb (14,40 $\mu$ g/L). Um motivo para a ocorrência dessas amostras com níveis elevados de Pb pode ser pelo fato de a distribuição da água ocorrer em tubulação de ferro fundido e de aço inoxidável (Anexo I). Níveis elevados de Pb também foram observados, no período seco, nos reservatórios abastecidos pelo sistema

S05 (Jardim Botânico): RPDD2 (10,30mg/L), RSJ (13,3µg/L), RPII (10,09µg/L), RPI (10,34µg/L), MMQ (23,88µg/L). Esse sistema também apresenta o mesmo tipo de tubulação. No entanto, nesse estudo apenas quatro domicílios apresentavam tubulações de cobre até a torneira da cozinha onde foi coletada a água, e estas amostras não corresponderam às amostras de água que apresentaram Pb elevado.

Pereira (2006) também observou um teor máximo de 21,20µg/L em águas coletadas nessa mesma região. O Pb raramente chega a valores maiores que 5µg/L em águas naturais, apesar de já terem sido observados valores muito mais elevados devido à contaminações advindas de indústrias, oficinas ou minas, ou até mesmo de soldas dos antigos encanamentos (Greenberg *et al.*, 1992). Nos EUA (WHO, 2003e), mesmo após a sua proibição em 1988, estima-se que menos de 1% dos sistemas de abastecimento públicos tem Pb incorporado na sua água. A substituição por tubo de cobre seria uma solução.

Dentre outras fontes prováveis de contaminação existem as de origem geogênica, já que o Pb é amplamente distribuído nas rochas e solos e, dependendo das condições ácidas do solo, pode estar aumentada sua captação (OMS, 1998). Outra causa pode ser devido aos antigos encanamentos do próprio abastecimento público.

## **7.6. Contaminação de um percurso específico da rede por alumínio**

O Al sérico apresentou valores maiores que o LQ em 167 amostras (46,91%) e um teor máximo de 2203,24µg/L. Todos os valores encontrados para as medianas das concentrações das amostras coletadas foram, pelo menos uma vez, o dobro do valor determinado como de referência.

Nas amostras da água, o Al elevado percorreu um caminho específico ao abastecimento, somente no período chuvoso, englobando 52 amostras de domicílios pertencentes ao sistema Itacolomi (S01), ao sistema Nossa Senhora do Carmo (S02) e ao sistema Encardideira (S03), com valores de até 528,00 (amostra 321), mais do dobro do estabelecido na Portaria 518/ MS (Brasil, 2005a). A contaminação englobou mais dois reservatórios, o RCX (368,50µg/L), que abastece também o reservatório RVA (236,80µg/L), que são todos abastecidos pela ETA Itacolomi, totalizando 13,3% dos 392 domicílios analisados e 10,5% dos 19 reservatórios. Se considerarmos o VMP como amostras com teores de Al acima de 100µg/L, foram observados mais 107 domicílios alterados. A amostra da água de reservatório que apresentou concentração



elevada quando avaliada pelo CONAMA-20, após o tratamento, a ETA D2, abastece os dois reservatórios que também apresentaram valores ainda mais elevados (RCX e RVA).

Esses valores foram maiores que os resultados detectados por Pereira (2003), que observou teores de 249,6 a 364,8mg/L nas águas, que também eram de origem dessa ETA. Barbosa (2003) já havia sugerido à administração local uma revisão técnica, melhorias no tratamento e treinamento e controle dos manipuladores.

A WHO (2003a) cita que na região oeste da Alemanha, no Canadá e nos EUA as águas tratadas apresentam concentrações de Al maiores que 100g/L, já na região leste da Alemanha e na Inglaterra em alguns abastecimentos foram encontrados níveis acima de 200µg/L de Al e estes estavam acima do VMP em suas legislações (Anexo IX).

A temperatura das águas de abastecimento varia entre 15°C a 21°C e está relacionada também com a floculação, pois quanto mais fria, mais tempo se gasta para a formação de flocos em uma ETA (TEIXEIRA, 1980), podendo dificultar a extração de elementos indesejáveis na água de consumo. A média geral do pH observada nesse estudo foi 6,4 e, segundo Cortecchi (2005), o pH tendendo à acidez pode facilitar a liberação dos metais para o meio aquático.

A ETA Itacolomi utiliza de forma inadequada o sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) como floculante para decantação das partículas sólidas em suspensão na água, no processo de tratamento no período chuvoso, quando há piora da qualidade da água dos mananciais. Além disso, o tempo de decantação necessário não é obedecido, porque a demanda da água tratada a ser distribuída para os consumidores é muito grande (OURO PRETO, 2005), sendo necessário maior controle das etapas de tratamento e oferecer treinamentos mais eficazes aos manipuladores.

Outra hipótese é o excesso de lodo na ETA e o fato de que ela opera com vazão superior à estipulada no seu projeto inicial, trabalhando com sobrecarga nos filtros. Há uma maior produção de lodo no período chuvoso (novembro a março) e, nessa época, é que ocorre uma piora na qualidade geral das águas dos mananciais e, em uma ETA, isso resulta na aplicação de maiores quantidades de produtos químicos, como coagulantes para o tratamento da água. Outra possibilidade seria a ocorrência de processos geoquímicos, como intemperismo de rochas ricas em quartzito, e a existência de uma indústria metalúrgica de alumínio. Entretanto, descarta-se uma contaminação oriunda da indústria metalúrgica de alumínio, pois o sistema contaminado não tem relação espacial com a estação de tratamento da fábrica.

### **7.7. Contaminação específica a altos teores de cálcio, magnésio, sódio e potássio**

Esses nutrientes essenciais foram observados acima do valor de referência para o Ca em 100 amostras (28,09%); e para o K e o Mg em 98 (27,53%). Não foi possível realizar as análises para o Na sérico.

Em Ouro Preto, as águas de abastecimento apresentaram no sistema Água de Empresa (S16) concentrações de Ca, Mg, Al e Fe mais homogêneas na sua água, delineando um caminho específico à região abastecida por um reservatório (correspondente a rede de distribuição 13) com água oriunda de um manancial de uma empresa particular que apresentou as amostras (49 e 34), em ambos os períodos, com maior teor de Ca (53,4µg/L no período seco e 17,86 no chuvoso) e Mg (30,80µg/L e 18,56 no período seco, na rede 13 do sistema 16 e o restante das amostras coletadas foram abaixo de 10µg/L, como no período chuvoso).

Os teores de Na (7,63µg/L no período seco e, 8,49µg/L no período chuvoso) e K (em apenas uma amostra coletada no reservatório: RPI apresentou concentração de 14,51µg/L no período seco) foram mais elevados nas amostras de água pertencentes aos sistemas Piedade/15 de agosto (S07/S08). Todas as outras amostras (n=781) apresentaram teores desses elementos menores que 6,0µg/L.

Águas de elevada dureza, mais frequentemente ricas em Ca e Mg e em menor quantidade por Fe e Al, podem ser bastante incrustantes, vindo a danificar as tubulações. Além disso, os processos convencionais de tratamento de água são ineficientes para a remoção de metais (BRASIL, 2006e). Nossos resultados apresentaram valores elevados de Ca e Mg em várias amostras, podendo vir a comprometer ainda mais o sistema de abastecimento de água dessa cidade.

### **7.8. Fatores associados com a contaminação da água**

Elementos químicos lançados na atmosfera natural ou antropogenicamente influenciam o pH, que influencia a concentração química dos mesmos no solo devido à água de chuva (FLUES, *ET AL.*, 2002). O tipo de solo pode facilitar a infiltração de agentes tóxicos, que podem ser escoados e virem também a contaminar as águas de abastecimento, podendo causar um problema ambiental. Quando o pH da água é alcalino, como 8,5 ou mais, pode vir a agredir tubulações e/ou reservatórios de cimento,

causando a corrosão deste, podendo haver carreamento de metais alcalinos (K; Li; Na) para a água (WHO, 2007). A solubilidade de algumas substâncias químicas é mais acentuada quando há redução do pH e aumento da temperatura ambiente. O potencial hidrogênico observado salienta para a necessidade do monitoramento da corrosão, da quantidade de reagentes necessários à coagulação, do crescimento de microorganismos e do processo de desinfecção dessas águas (MACEDO, 2001).

A corrosão é a dissolução parcial dos materiais que constituem as estações de tratamento e sistemas de água, reservatórios, tubulações, válvulas e bombas, causando falha estrutural, perdas e deterioração da qualidade de água química e microbial. Como resultado de velocidades excessivas do fluxo, agravado pela água dita macia com pH baixo e temperatura alta, pode haver a formação de crosta na superfície da tubulação e nas conexões, impactando diretamente na concentração, por exemplo, de Pb, Cu (água azul/verde) e Fe (água vermelha) na água. Seu controle deve fazer parte do gerenciamento público como uma ação de segurança para a distribuição da água potável, que deve inclusive corrigir o pH da água após tratamento conforme o tipo de contaminação. Se for excesso de Fe o pH ótimo será 6,8 a 7,3 e para o Pb será de 8,0 a 8,5, considerando águas de baixa dureza (WHO, 2004b).

Outros fatores de contaminação possíveis são: não higienização e manutenção periódica dos reservatórios, falta de proteção dos mananciais contra contaminação (lixões, defensivos agrícolas, poços sem vedação, infiltração de efluentes industriais etc.), e falta de tratamento adequado da água - considerando em conjunto a remoção das contaminações **elementos químicos**, o controle da proliferação de bactérias e o teor de dureza da água, aliado ao controle diário da qualidade da água fornecida a ser realizado por funcionários adequadamente treinados.

Paulino (2005) comprovou que as águas residuárias, na maioria proveniente de esgoto doméstico, são carreadas diretamente para os rios que cortam a região ou em minas abandonadas, provavelmente contaminando o solo e as fontes de abastecimento da água.

## **7.9. Comentários gerais sobre a importância do controle da qualidade da água**

*“A água tem um papel transcendente como eixo de reconstrução de uma nova mentalidade civilizatória compatível com a vida e a sustentabilidade do desenvolvimento. Este papel é científico, é físico, é político”* (POLIGNANO, 2001).

Quando um ou mais fatores ambientais parece afetar a morbimortalidade, é importante buscar estabelecer as possíveis correlações com as doenças ou se essas apenas refletem condições de outros fatores (MASIRON *ET AL.*, 1972).

A água é responsável pela dissolução, transporte, remoção e transformação química das substâncias orgânicas e inorgânicas no meio ambiente. Quando a água fica contaminada, e se utilizada para abastecimento, pode atuar como fator de risco para a ocorrência das doenças.

A água, segundo a 2<sup>o</sup> Conferência Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – CONSEA (2005), pode ser considerada um fator de insegurança alimentar além de ser um vetor de doenças e agentes tóxicos. Nesse estudo observou-se que a água não é distribuída homoganeamente na cidade, portanto infringe-se o direito universal de todos ao acesso regular, permanente, em quantidade suficiente e com água de qualidade. Outro enfoque a ser analisado é o fato de a população não estar consciente dos riscos que a água consumida pode acarretar ao se utilizar água sem controle adequado da qualidade pelo município. A população também não é informada periodicamente do tratamento, quando realizado. Em certos setores há irregularidade de abastecimento e outros apresentam domicílios sem canalização interna. Assim, o governo e a sociedade devem compartilhar os processos de construção de novas políticas públicas para enfrentar esses desafios.

Em relação ao saneamento básico no município, faz-se necessária a tomada de medidas sanitárias a fim de adequar o abastecimento de água segundo os parâmetros descritos na legislação brasileira. É necessário ampliar as discussões sobre as prioridades desejáveis, com implementações no Plano Diretor existente (MINAS GERAIS, 2008) e no programa Agenda 21 local (BRASIL, 2009). Essas reflexões devem se basear nas necessidades prioritárias, nas tendências nacionais (HELLER & NASCIMENTO, 2004) e municipais (MINAS GERAIS, 1995).

Os órgãos municipais competentes devem conhecer a qualidade da água produzida, distribuída e consumida com controle efetivo dos possíveis riscos à saúde. Deve-se, também, fomentar a busca estratégica de gestão do sistema nacional de recursos hídricos, priorizando a questão da água conforme a Agenda 21

(BRASIL,2009), com vistas à conscientização em relação à saúde e também à diminuição do impacto ambiental.

A água deve, portanto, ser monitorada frequentemente e realizar-se tratamentos específicos quando necessário, para a remoção de **elementos químicos** nas águas estudadas (DESCHAMPS *ET AL.*, 2005).

Segundo a FUNASA (2002), a vigilância pelos órgãos da saúde pública e o controle da qualidade da água potável são instrumentos de proteção à saúde. Deve-se priorizar a escolha dos mananciais de onde os sistemas serão supridos. Que sejam livres de contaminantes naturais e, principalmente, protegidos contra a contaminação de qualquer natureza (biológica ou química), além de efetivação das etapas essenciais de elaboração de projetos, implantação, operação e a manutenção adequada de todo o sistema com várias situações de risco como: (1) a causa acidental de contaminante no manancial; (2) lançamento do efluente no manancial por via clandestina; (3) ocorrência de pressão negativa em tubulação, com penetração de contaminante em seu inteiro; (4) rompimento de rede e adutora; (5) diversos problemas operacionais e de manutenção na ETA: coagulação incorreta, uso de produto químico adulterado ou produto dimensionado inadequadamente, resultando em distribuição de água não potável, e/ou danos em equipamentos de manuseio de produtos, e/ou falta do treinamento do funcionário responsável no setor, lavagem insuficiente de filtros e comprometimento do leito filtrante; (6) penetração de contaminante nos reservatórios públicos; (7) ausência de manutenção na rede distribuidora.

## **8. LIMITAÇÕES DO ESTUDO**

Uma das limitações desse estudo foi a impossibilidade de se analisar todo o sistema público de distribuição de água na cidade de Ouro Preto. É importante ressaltar que os reservatórios não avaliados (total de cinco) pertencem a sistemas responsáveis

pelo abastecimento de 77 domicílios e, portanto, isto implicou na diminuição do número de pares de correlação água/soro.

Outra possível limitação desse estudo é o fato de Ouro Preto/MG apresentar um grande percentual de domicílios abastecidos concomitantemente por diferentes sistemas, dificultando dessa forma a detecção da possível fonte de contaminação da água.

Outra limitação desse estudo está relacionada com a sensibilidade dos equipamentos utilizados para determinar a concentração de certos elementos no soro ou na água. Os níveis séricos do As e Pb não puderam ser estimados pela impossibilidade de realizar as análises pelas técnicas ICP-MS ou absorção atômica com forno de grafite ou geração de hidretos, que são mais sensíveis para dosagem desses elementos.

Os níveis séricos dos elementos-traço não estão logicamente associados apenas ao consumo da água domiciliar, mas é influenciado também pelo consumo de outras águas, tais como água mineral, ou de alimentos. Isso implica naturalmente, para alguns elementos – principalmente os essenciais - numa menor correlação entre os níveis séricos e os observados na água.

A falta de informação sobre as outras fontes de elementos químicos, como por exemplo, tipo de ocupação, uso de medicamentos e consumo de alimentos fontes e de bebidas alcoólicas, podem influenciar a relação entre as concentrações no soro e na água.

Esses fatores podem explicar em parte a falta de correlação entre os níveis de elementos químicos nas águas de Ouro Preto e os níveis séricos dos elementos-traços.

Apesar dessas limitações, esse estudo permitiu pela primeira vez descrever as características da água de abastecimento da cidade de Ouro Preto, na medida em foi realizado a partir de um estudo de base populacional. Portanto, mesmo com limitações, esse estudo agregou novos eventos à saúde urbana, fornecendo também direcionamento aos dirigentes, que poderão discutir com a população envolvida as intervenções mais pertinentes no momento.

## **9. CONCLUSÕES**

**Em relação à água de abastecimento**



- O percentual de domicílios que apresentaram concentrações de **elementos químicos** acima dos padrões recomendados para a água domiciliar foi:
  - No período seco: As (14,3%), Cd (20,7%), Pb (1,7%) Fe (0,5%) e Mn (0,3%) foram pontuais exceto o Cd que seguiu um caminho disperso.
  - No período chuvoso: Al (13,3%) seguiu um caminho específico, Cd (19,0%) seguiu caminho disperso, Pb (3,4%) e Fe (0,5%) foram pontuais.
- O percentual de nascentes/reservatórios/minas/chafariz que apresentaram concentrações de metais e metalóides acima dos padrões recomendados foi:
  - Período seco: As (10,5%), Cd (52,6%) e Pb (26,3%).
  - Período chuvoso: Al (10,5%), Cd (26,3%) e Pb (5,3%).
  - **Distribuídos em relação às fontes/reservatórios de água:**
    - Minas: Pb (2/2), Cd e As (1/2) período seco
    - Chafariz: As (1/1) período seco
    - Nascentes: Cd período seco (1/2) período chuvoso (1/2)
    - Reservatórios primários: Cd (2/2), Pb (1/2) período seco  
Al (1/2) período chuvoso
    - Reservatórios secundários: Cd (6/12) Pb (2/12) período seco  
Cd (4/12), Pb (1/12), Al (1/12) período chuvoso

O As ocorreu apenas no período seco provavelmente devido ....

E o Al no período chuvoso devido a falhas no tratamento da água da ETA Itacolomi.

### **Em relação aos elementos-traço**

- O percentual de indivíduos que apresentaram níveis de elementos-traço acima dos valores de referência foi:
  - Al: 46,9%, isto é, todos os indivíduos que residem em domicílios abastecidos pela ETA Itacolomi, que por sua vez totalizam 13,3% dos 392 domicílios analisados e 10,5% dos 19 reservatórios avaliados. Foram **distribuições dispersas que também acometeu indivíduos dos domicílios abastecidos pela ETA Itacolomi;**
  - Cd (2,5%), Fe (38%), Ferritina (6,7%) e Pb (21,9%). Apresentaram com distribuições **dispersas (Fe e Pb) ou pontuais (Cd e ferritina);**

- Os níveis de Fe associaram significativamente com os da ferritina; sendo superiores nos homens;
- Os níveis de ferritina, Pb e Li apresentaram uma variação significativa da distribuição geográfica de acordo com os PACS.
- Os níveis séricos dos elementos-traços não se associaram com as respectivas concentrações dos mesmos na água de abastecimento público.

*“Todas as substâncias são venenos: não existe nada que não seja veneno. Somente a dose correta diferencia o veneno do remédio”*. Paracelsus (1493-1541).

## 10. RECOMENDAÇÕES

Sugere-se à administração local uma revisão técnica do tratamento da água consumida pela população e uma realização periódica de limpeza dos reservatórios da rede. A falta de controle dos processos de desinfecção e limpeza dos reservatórios pode eventualmente contribuir para um aumento na frequência de doenças, não somente aquelas enfermidades associadas à veiculação hídrica (amebíase, giardíase, gastroenterite, febres tifóide e paratifóide, hepatite infecciosa, cólera, dengue) bem como aquelas de veiculação hídrica de agentes químicos (águas subterrâneas ou superficiais poluídas por substâncias químicas como agrotóxicos, metais e não metais). É necessária também uma melhor preservação das nascentes e reservas de água para consumo humano.

Os VMP na legislação brasileira devem ser revistos com base em novos estudos, uma vez que as legislações internacionais apresentam, para alguns elementos como o Cd, valores menores (Anexo IX).

No tratamento de água potável (WHO, 2004a), é necessário um tempo de contato maior e com níveis mais elevados do produto químico para a reação de oxidação ocorrer. Às vezes é preciso uma combinação do tratamento químico e filtração, como o sulfato de alumínio que facilita a filtração, fazendo com que as partículas maiores do ferro/manganês possam ser decantadas.

Devem-se buscar barreiras sanitárias, conforme determinação do Plano de segurança da água, à partir da avaliação do risco ambiental, além da busca da remoção dos **elementos químicos** na água.

Uma alternativa seria o tratamento físico-químico normalmente utilizado em conjunto com o tratamento biológico, com a função de eliminar particulados, componentes orgânicos refratários e espécies químicas indesejáveis através de técnicas como: 1) diluição com água: cloretos, nitratos, carbonatos e sulfatos; 2) filtração para diminuição de sólidos em suspensão; 3) coagulação, floculação, precipitação, sedimentação para remover substâncias precipitáveis (metais pesados, compostos orgânicos e partículas coloidais em suspensão); 4) adsorção/absorção: para reter íons metálicos e compostos orgânicos em matrizes (carvão ativado); 5) troca iônica, oxidação química, osmose reversa, lavagem com ar, ultra-filtração, oxidação, evaporação natural e vaporização.

Os indivíduos que apresentaram níveis séricos dos elementos-traço acima dos valores de referências e que foram conduzidos às Unidades Primárias à Saúde devem ser acompanhados para monitoramento, a fim de prevenir doenças futuras. E no caso da presença de Pb, os profissionais devem seguir o protocolo do Ministério da Saúde (BRASIL, 2006a).

*“A água é a matéria, a matriz e a mãe da vida.” Albert Szent-Gyorgyi*

*É preciso cuidar da água, o “ouro azul” do nosso século.*



**Fonte:** Proteção de Mananciais - COPASA – MG

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHARYA, *et al.* A subtoxic interactive toxicity study of ethanol and chromium in male Wister rats. *Alcohol* n. 23, p. 99-108, 2001. In: SEDMAN, R.M. *et al.*: Review of the evidence regarding the carcinogenicity of hexavalent chromium in drinking water. **Journal of Environmental Science and Health C Environ Carinog Ecotoxicol.** Oakland, US, n. 24, p.155–182, 2006

AFRIDI, H. I. *et al.* Analysis of heavy metals in scalp hair samples of hypertensive patients by conventional and microwave digestion methods. **Spectroscopy Letter**, London, UK, v. 2, n. 39, p. 203-214, 2006.

AL - BUHAIRAN, A. M.; OLUBOYEDE, O.A. Determination of serum non total iron-binding capacity and serum ferritin in healthy saude adults. **Annals of Saudi Medicine**, Rivadh, Arabia Saudita, v. 21, n. 1-2, p.100-103, 2001.

AMORIM, L.C.A. Os biomarcadores e sua aplicação na avaliação da exposição aos agentes químicos ambientais. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. São Paulo, SP, v. 6, p.1-13, 2003. Supl.1.

ANDERSON, R.A. Chromium as an essential nutrient for humans. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, Duluth, US, n. 26, p. 35-41, 1997.

ARHELGER, S.W.; KREMEN A.J. Arsenical epitheliomas of medical origin. In: Gontijo, B. & Bittencourt, F Arsenic - a historical review. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, Rio de Janeiro, RJ, v. 80, n.1, p. 91-5, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR. ISO 14001**: sistema de gestão de ambiental. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR. ISO 9001**: sistema de gestão de qualidade. Rio de Janeiro, 2000.

ATSDR. **Toxicological profile for barium** (update). Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta ,Georgia, 2007b.

Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov>>. Acesso em: 20 dez. 2008.

\_\_\_\_\_. **Toxicological profile for beryllium** (update). Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta ,Georgia, 2002b, p. 1-247.

Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov>>. Acesso em: 20 dez. 2008.

\_\_\_\_\_. **Toxicological profile for cadmium**. (Draft for Public Comment). Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta ,Georgia, 2008b.

Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov>>. Acesso em: 20 dez. 2008

\_\_\_\_\_. **Toxicological profile for chromium** (update). Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta ,Georgia, 2000, p. 1-419

Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov>>. Acesso em: 20 dez. 2008.

\_\_\_\_\_. **Toxicological profile for chromium** (update). Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta ,Georgia, Departmente of Health and Human Services, Public Health Services, 2008c.

Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov>>. Acesso em: 18 dez. 2008.

\_\_\_\_\_. **Toxicological Profile For Lead** (update). Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta ,Georgia, 2005, p. 1-577.

Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov>>. Acesso em: 20 dez. 2008.

\_\_\_\_\_. **Toxicological profile for lead** (update). Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta ,Georgia, Departmente of Health and Human Services, Public Health Services, 2007a.

Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov>>. Acesso em: 20 dez. 2008.

\_\_\_\_\_. **Toxicological profile for manganese** (update). Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta ,Georgia, 2002a, p. 1-398.

Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov>>. Acesso em: 20 dez. 2008.

\_\_\_\_\_. **Toxicological profile for manganese** (update). Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta ,Georgia, Department of Health and Human Services, Public Health Services, 2008a.

Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov>>. Acesso em: 03 dez. 2008.

\_\_\_\_\_. **Toxicological profile for mercury** (update). Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta ,Georgia, Departmente of Health and Human Services, Public Health Services, 1999.

Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov>>. Acesso em: 12 dez. 2007.

\_\_\_\_\_. **Toxicological profile for selenium**. Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta ,Georgia, Department of Health and Human Services, Public Health Services, 2003.

Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov>>. Acesso em: 05 out.. 2008.

\_\_\_\_\_. **Toxicological profile for strontium mercury** (update). Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta ,Georgia, Departmente of Health and Human Services, Public Health Services, 2004.

Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov>>. Acesso em: 10 dez. 2008.

\_\_\_\_\_. **Toxicological profile for vanadium**. Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta ,Georgia, Department of Health and Human Services, Public Health Services, 1992.

Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov>>. Acesso em: 05 out. 2008.

AUGUSTO, L.G. Da Saúde e vigilância ambiental: um tema em construção. **Epidemiologia e serviços de saúde**, Brasília, DF, v.12 , nº. 4 , p.177- 187, out/dez, 2003.

BACCAN, N. Toxicologia e Essencialidade dos Elementos: Mecanismos de Riscos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONTAMINANTES INORGÂNICOS, 15., 2008, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2008. p. 2-3.

BARBOSA, C. C. **Avaliação da qualidade da água do sistema Itacolomi, MG**. 2003. 252f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Núcleo Pró-Água, Universidade Federal de Ouro Preto/MG, Ouro Preto, MG, 2003.

BATALHA, B. H. L.; PARLATORE, A. C. **Controle da qualidade da água para consumo humano**: bases conceituais e operacionais. São Paulo, SP: CETESB, 1977.

BENITE, A. M. C.; MACHADO, S. de P.; BARREIRO, E. J. Uma visão da química bioinorgânica medicinal. **Química Nova**, São Paulo, SP, v. 30, n. 8, p. 2062-2067, 2007.

BERGLUND *et al.*, Intestinal absorption of dietary cadmium in women dependes on body iron stores and fiber intake. *Environ Health Perspect* n.102, p.1058 -1066, 1994. In: KLAASSEN, C.D. **Toxicology, the basic science of ,poisons**. 7. ed. New York, US: Mc Graw-Hill, 2008. p. 931-979.



BOFF, L. **Ética e sustentabilidade**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério do meio ambiente, secretaria de política para o desenvolvimento sustentável, 2006. (Caderno de debate agenda 21 e sustentabilidade). p. 1-15.

BORBA, R. P. **Arsênio em ambiente superficial**: processos geoquímicos naturais e antropogênicos em uma área de mineração aurífera. 2002. 112p. Tese (Doutorado em Geociências- Área metalogênese) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2002.

BORBA, R.P.; FIGUEIREDO, B.R. A influência das condições geoquímicas na oxidação da arsenopirita e na mobilidade do arsênio em ambientes superficiais tropicais. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, SP v. 34, n. 4, p. 489-500, dez. 2004.

BORBA, R.P.; FIGUEIREDO, B.R.; MATSCHULLAT, J. Geochemical distribution of arsenic in waters, sediments and weathered gold mineralized rocks from Iron Quadrangle, Brazil. **Environmental Geology**, New York, US, v. 44, p. 39-52, 2003.

BRASIL. **Agenda 21**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agenda21>>. Acesso em: 21. jan. 2009.

BRASIL. Instituto brasileiro de meio ambiente e dos recursos naturais renováveis - IBAMA e a Secretaria de recursos hídricos - SRH/MMA. Convênio 477/98. **Ações no monitoramento da qualidade da água no país**. Brasília, DF, 1998(a). 2p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Decreto Nº. 5.440 de 04 de maio de 2005. **Atos do Poder Executivo**. Edição 85 de 05 de maio, 2005c. 10p.

BRASIL Ministério da Saúde. **Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito eletrônico – VIGITEL**. Estimativas sobre frequência e distribuição sócio-demográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais de 26 Estados brasileiros e no Distrito Federal em 2006. Brasília, DF, 2006c. 64p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de assistência à saúde. **SIAB: Manual do Sistema de Informação de Atenção Básica**. Brasília, DF, 1998 (b). 12p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de atenção à Saúde. Departamento de ações Programáticas Estratégicas. **Atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao chumbo metálico**. Brasília, DF, 2006b 47p. Mimeografado.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de vigilância em saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Lei Federal nº. 9.433 de 08 de janeiro de 1997; que estabelece diretrizes para o saneamento básico. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. Lei Federal nº. 11.107 de 06 de abril de 2005; que estabelece diretrizes para o resíduos sólidos. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, maio, 2005d.

\_\_\_\_\_. Portaria nº. 518 de 25 de março de 2004; Norma de qualidade da água para consumo humano. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, abril, 2005a.

\_\_\_\_\_. Portaria nº. 1.172 de 17 de junho de 2004; Subsistema nacional vigilância em saúde ambiental – SINVISA. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, mar., 2005b.5p.

\_\_\_\_\_. Portaria nº. 22 de 18 de maio de 2006, institui Comitê Técnico assessor de vigilância em saúde ambiental relacionada á qualidade de água para consumo humano. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 maio 2006d.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria em Vigilância em Saúde. Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano – **VIGIAGUA**. Brasília, DF, 2006a 62 p.

BREWER, G.J. Tetrathiomolybdate anticopper therapy for Wilson's disease in hígíis angiogenesis, fibrosis and inflammation. *J Cell Mol Med* n.7, p 11-20, 2003. In: KLAASSEN, C.D. **Toxicology, the basic science of ,poisons**. 7. ed. New York, US: Mc Graw-Hill, 2008. p. 931-979.

\_\_\_\_\_. Iron and copper toxicity in diseases of aging, particularly atherosclerosis and Alzheimer's disease. **Experimental Biology and Medicine**, Marywood, US, n. 232, p. 323-335, 2007.

CABRERA, W.E. et al. Strontium and bone. *Journal of Bone and Mineral Research*. Durham, NC, n.14, p. 661-8, 1999.

CAIAFFA, W.T. *et al*. The urban environment from the health perspective : the case of Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, RJ, v. 21, n. 3, mai/jun. 2005.

\_\_\_\_\_. *et al*. Saúde urbana: “a cidade é uma estranha senhora, que hoje sorri e amanhã te devora”. **Ciência & Saúde coletiva**, Rio de Janeiro, RJ, v. 13, n. 6. p 1785-1796, 2008.

CAMPBELL, J.O. Lifestyle, minerals and health. **Medical hypothesis**. Victoria, Canadá, v. 57, n. 5, p.521-531, 2001.

CÂNDIDO, A.P.C. *et al*. Cardiovascular risk factors in children and adolescents living in an urban area of Southeast of Brazil: Ouro Preto Study. **European Journal of Pediatrics**, Berlin, AL, p.1373-1383, feb.2009

CANÇADO, R. D. Sobrecarga e quelação de ferro na amenia falciforme. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**. São José do Rio Preto, SP, v. 29, n. 3, p. 1-16, jul/set.2007.

CARDOSO, L. M. **Modificação do barorreflexo e do reflexo bezold-jarisch em ratos não anestesiados e submetidos à suplementação parenteral de ferro**. 2003. 90f.

Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Núcleo de Pesquisa Ciências Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto/MG, Ouro Preto, 2003.

\_\_\_\_\_. Cardiopulmonary reflex is attenuated in iron overload conscious rats. **Nutritional Neuroscience**, Louisiana, US, v.10, n. 3/4, p. 121-128, jun/aug. 2007.

CAROLI, S. *et al.* The assesment of reference values for elements in human biological tissues and fluide: a sistematic review. **Analytical Chemistry**, Washington, US, n. 24, p.363 a 398, 1994.

CARVALHO, L. M. *et al.* Especificação analítica de compostos de arsênio empregando métodos voltamétricos e polarográficos: uma revisão comparativa de suas principais vantagens e aplicações. **Química Nova**, São Paulo, SP, v. 27, n. 2, p. 261-269, 2004.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Variáveis de qualidade das águas, 2007**. Disponível em:<<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variáveis.asp>>. Acesso em 11 out 2008.

CHEN, C.J. *et al.* Systemic non-carcinogenic effects and development toxicity of inorganic arsenic. In: -. **Arsenic: exposure and health effects**. New York, US: Chapman & Hall Press, 1992. p. 124-134.

\_\_\_\_\_. Emerging epidemics of arseniasis in Asia. IN: ABERNATHY C.O; CALDERON, R.L.; CHAPPELL, W.R. Ed. **Arsenic exposure and health effects**. Oxford, UK: Elsevier, 1999. p. 113-121.

CHIOU, J. M. *et al.* Arsenic ingestion and incresead microvascular disease risk: observations from the south-western arsenasis-endemic area in Taiwan. **International Journal of Epidemiology**, Oxford, UK, v. 34, n. 4, p. 936-943, 2005.

CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A.D. **Metals. standards methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20. ed. Washington, US: American Public Health Association, 1998. Cap. 3, p. 1-105.

COHEN, S.C. *et al.* Habitação saudável no Programa Saúde da Família (PSF): uma estratégia para as políticas públicas de saúde e ambiente. **Ciências e Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, RJ v.9 n.3 p. 1-6, jul/set. 2004.

COPAM. **Deliberação normativa nº. 10**, de 16 de dezembro de 1986. Belo Horizonte, MG, 1986. 18p.

CONAMA. **Resolução nº. 20**, de 18 de junho de 1986. Brasília, DF: Agencia Nacional de Vigilância Sanitária, 1986. 16p.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº. 357**, de 17 de março de 2005. Brasília, DF: Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério do Meio Ambiente, 2005. 15p.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº. 396**, de 03 de abril de 2008. Brasília, DF: Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério do Meio Ambiente, 2008. 13p.

CONFERÊNCIA NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL, 2., 2005, Olinda. **Carta de Olinda**. Belo Horizonte, CONSEA, 2005. Disponível em : < <http://www.fomezero.gov.br/download/carta%20de%Olinda.pdf> >. Acesso em: 18 ago. 2005.

CORTECCI, G. **Geologia e saúde**. Disponível em: <[www.cprm.gov.br/publicue/media/geosaude.pdf](http://www.cprm.gov.br/publicue/media/geosaude.pdf) > Acesso em: 13 jul. 2005.

COSTA, M. *et al.* Níquel carcinogenesis; epigenetics and hypoxia signaling. In: In: KLAASSEN, C.D. **Toxicology, the basic science of poisons**. 7. ed. New York, US: Mc Graw-Hill, 2008. p. 931-979.

COSTA, M.; KLEIN, M.B. Toxicity and carcinogenicity of chromium compounds in humans. **Critical Reviews in Toxicology**, Boca Raton, US, n. 36, p.155-163, 2006

COTEMIG. Levantamento Aerogeofísico. Disponível em: <[http://www.codemig.com.br/site/content/parcerias/levantamento\\_aerogeofisico.asp?id=30&idSubPrj=48](http://www.codemig.com.br/site/content/parcerias/levantamento_aerogeofisico.asp?id=30&idSubPrj=48)> Acesso em: 04 de Janeiro de 2009.

COUTO, N.; MATTOS, S.; MATSCHULLAT, J. Amostragem e procedimentos analíticos. In: DESCHAMPS, E.; MATSCHULLAT, J. **Arsênio antropogênico e natural** – um estudo em regiões do Quadrilátero Ferrífero. Belo Horizonte, MG: Fundação Estadual de Meio Ambiente, 2007. p. 243-269.

COZZOLINO, Silvia Maria Franciscato. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri, SP: Manole, 2005. p.629-662.

CPRM. **Projeto geológico do Estado de Minas Gerais**: escala 1:1.000.000: legenda expandida/ Companhia de Pesquisa de Serviços Minerais. Serviço Geológico do Brasil, Brasília: CPRM; SGM - Serviço Geológico do Brasil: MME - Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. 2003.

\_\_\_\_\_. **Mapa geodiversidade do Brasil**: escala 1:2.500.000: legenda expandida/ Companhia de Pesquisa de Serviços Minerais. Serviço Geológico do Brasil, Brasília: CPRM; SGM - Serviço Geológico do Brasil: MME - Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Setembro, 2006.p. 44-49.

\_\_\_\_\_. **Serviço geológico do Brasil**. Disponível em: [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br). Acesso em: 12 jan. 2007.

CRADFORD M.D.; GARDNER, M.J.; MORIS, J.N. Changes in water hardness and death- rates. **Lancet**, Toronto, Canadá, n.14, p. 327-330, 1971.

CUNHA, F.G.; MACHADO, G.J. **Estudos de geoquímica ambiental e o impacto na saúde pública no município de São Gonçalo do Piauí, Estado do Piauí**. Piauí, PI: Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica-PGAGEM, 2004. 1-36p.

\_\_\_\_\_. *et al.* Diagnóstico ambiental e de saúde humana: contaminação por chumbo em Adrianópolis, no Estado do Paraná, Brasil. In: - **Geologia Médica no Brasil**. 2005, p. 97- 103. Disponível em: <[www.cprm.gov.br/publique/media/geo-med/o.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geo-med/o.pdf).> Acesso em: 03 nov. 2006.

DAUS, B. *et al.* Arsenic speciation in plant samples from the iron Quadrangle, Minas Gerais, Brazil. **Microchimica Acta**, Vienna, Austria, v. 151, p. 175-180, 2005.

DAWSON E.B. *et al.* The mathematical relationship of drinking water lithium and rainfall to mental hospital admission. *Dis.Nerv. Syst* 1970; 31: 811-20. In: Almeida Filho N, Rouquayrol MZ. *Introdução à epidemiologia moderna*. 2 ed. Belo Horizonte/Salvador/Rio de Janeiro, Coopmed/Apce/Abrasco, 1992.

DE CAPITANI, E. M. *et al.* Exposição humana ao arsênio no Médio Vale do Ribeira, São Paulo, Brasil. In:- **Geologia Médica no Brasil**. 2005, p. 82-87. Disponível em: <[www.cprm.gov.br/publique/media/geo-med/o.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geo-med/o.pdf).> Acesso em: 03 nov. 2006.

DESCHAMPS, E. **Projeto arsênio/** estudos de area impactadas por rejeito de mineração de ouro na região do Quadrilátero Ferrífero – IGAM. Rede Mineira de Meio Ambiente (REMIGAMB). Belo Horizonte, MG, 07 mar., 2008. Palestra.

\_\_\_\_\_. CIMINELLI, V.S. T.; HOLL, W. H. Removal of As (III) and As (V) from water a natural Fe and Mn enriched sample. **Water Research**, New York, US, n.39, p. 5212-5220, 2005.

\_\_\_\_\_. MATSCHULLAT, J. **Arsênio antropogênico e natural** – um estudo em regiões do Quadrilátero Ferrífero. Belo Horizonte, MG: Fundação Estadual de Meio Ambiente, 2007, 330 p.

\_\_\_\_\_. MELLO, J. Solos e Sedimentos, In: DESCHAMPS; MATSCHULLAT, J. **Arsênio antropogênico e natural** - um estudo em regiões do Quadrilátero Ferrífero. Belo Horizonte, MG: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2007. 200-216 p.

DISSANAYAKE, C. B.; CHANCRAJITH, R. Medical geology in tropical countries with special reference to Sri Lanka. **Environmental Geochemistry Health**, Dordrecht, NL, v.29, p. 155-162, 2007.

DOGAN, M.; DOGAN, A.U. Arsenic mineralization, source, distribution and abundance in the Kutahya region of the western Anatolia, Turkey. **Environmental Geochemistry Health**, Dordrecht, Netherlands, v. 29, p. 119-129, 2007.

DRUEKE, T. B. Intestinal absorption of aluminium in renal failure. **Nephrology Dialysis Transplantation**, Oxford, UK, v.17, p. 13-16, 2002. Supl. 2.

EXLEY, C.; ESIRI, M. M. Severe cerebral congophilic angiopathy coincident with increased brain aluminium in a resident of Camelford, Cornwall, UK. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry**, v. 77. p.877-879, 2006.

FELIPPE Jr. J. **Doenças cardiovasculares: o fator água**. São Paulo: Associação Brasileira de Medicina Complementar, 2004. Disponível:

<[http://www.medicinacomplementar.com.br/biblioteca\\_doencas\\_cardiovasculares.asp](http://www.medicinacomplementar.com.br/biblioteca_doencas_cardiovasculares.asp)>  
Acesso em: 06 abr. 2007

\_\_\_\_\_. **Diminuição de cálcio na água servida à cidade e incidência de morte súbita.** São Paulo: Associação Brasileira de Medicina Complementar, 2005. Disponível:

<[http://www.medicinacomplementar.com.br/biblioteca\\_doencas\\_cardiovasculares.asp](http://www.medicinacomplementar.com.br/biblioteca_doencas_cardiovasculares.asp)>  
Acesso em: 05 jun. 2009

\_\_\_\_\_. WILKE B.C. **Tratamento intravenoso para retirada de metais tóxicos: existem evidências científicas?** J Biomolecular Free Radical. São Paulo, SP, v.4, n.2, p.44-6, 1998.

FERRANDIZ, J. *et al.* Spatial analysis of the relation ship between mortality from cardiovascular and cérebro vascular disease and drinking water hardness. **Environmental Health Perspective**, New York, US; v.112, n. 9, p. 1037–1044, jun. 2004.

FERREIRA, S. **Prevalência dos fatores de risco para doenças cardiovasculares em Ouro Preto Minas Gerais (2001):** Projeto Corações de Ouro Preto. 2004. 124f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Núcleo de Pesquisa em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto/MG, Ouro Preto, MG, 2004.

FIGUEIREDO, B. R.; BORBA, R.P.; ANGÉLICA, R.S. Arsenic occurrence in Brazil and human exposure. **Environmental Geochemistry and Health**, Dordrecht, NL, n 29, p. 109-118, 2007.

FLUES, M. *et al.* Evaluation of the rainwater acidity or a rural region due to a coal-fired power plant in Brazil. **Atmospheric Environmental**, Oxford, UK, n. 36, p. 2397-2404, 2002.

FORD, E. S. Serum magnesium and ischaemic herat disease: findings from a national simple of US adults. **International Journal Epidemiology**. London, UK, n. 28, p. 645-651, 1999.

FORTNER, V. WITTMANN, G. T. W. **Metal pollution in the aquatic environment.** New York, Us. Spring Verlag. 486p, 1981.

FREITAS, S. N. De. *et al.* Risco nutricional na população urbana de Ouro Preto, sudeste do Brasil: estudo de corações de Ouro Preto. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**. São Paulo, SP, v. 88, n.2, p.191-199, 2007

FREUDENBERG, N.; GALEA, S. V. O. **Cities and the health of the public.** Nashville: Vandhibil Press, 2006.

FUKUZAWA, C.M. **Influência da litologia nas águas e sedimentos do Rio Piranga – formador do Rio Doce.** 2008. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Núcleo Pró-Água, Universidade Federal de Ouro Preto/MG, Ouro Preto, MG, 2008.

FUNASA. **Curso básico de vigilância ambiental em saúde**. Brasília, DF: CGVAM/CENEPI/FUNASA, 2002. 4v.

GAO, S. *et al.* Trace element levels and cognitive function in rural elderly chinese. **The Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, Oxford, UK, v. 63, p.635-641, 2008.

GAUTHIER, E. *et al.* Aluminum forms in drinking water and risk of Alzheimer's disease. **Environmental Research**, Amsterdam, NL, v.84, n.3, p. 234-246, nov.2000.

GAW, A. *et al.* Envenenamento com metais. In: - **Bioquímica Clínica**. 2.ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2001.

GILLETTE-GUYONNET, S. *et al.* Cognitive impairment and composition of drinking water in women: findings of the EPIDOS study. **American Journal of Clinical Nutrition**, Pensilvania, US, v. 81, n. 4, p. 897-902, 2005.

GODOY, M. F. *et al.* Ferritina sérica e coronariopatia obstrutiva: correlação angiográfica. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, São José do Rio Preto, SP, v. 88, n. 4, p. 230-233, 2006.

GOLDABHER, S. B. Trace elements risk assessment: essentiality vs. toxicity. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, Duluth, US, n. 38, p. 232-242, 2003.

GONÇALVEZ, J. A. C. *et al.* Arsenic in the groundwater of Ouro Preto (Brazil): its temporal behavior as influenced by the hydric regime and hydrogeology. **Environmental Geology**, New York, US, v. 53, p. 785-793, 2007.

GONZÁLEZ, N.C.; GENDE, O.A.; CINGOLANI, H.E. Água, eletrólitos e equilíbrio ácido-básico. In: CINGOLANI, H.E; HOUSSAY, A.B. **Fisiologia Humana de Houssay**.7.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 483-485.

GORDON, T.; BOWSER, D. Beryllium: nentotoxicity and carcinogenicity. **Mutation Research**, Amsterdam, NL, v. 533, p. 99- 105, 2003.

GREENBERG A. E.; CLERESCL L.S.; EATON, A.D. **Metals. Standards methods for the examination of water and wastewater**. 18. ed. Washington: American Public Health Association, 1992. p. 56-79.

HAFEMAN, Danella. *et al.* Association between manganese exposure through drinking water and infant mortality in Bangladesh. **Environmental Health Perspectives**, New York, US, v.115, p.1107-1112, mar. 2007.

HARBOE-GONÇALVES, L.; VAZ, L.S.; BUZZ, M. Avaliação dos níveis de hiperhomocisteinemia, vitamina E, selênio, cobre, ceruloplasmina e ferritina em pacientes com diagnóstico de acidentes vascular cerebral isquêmico. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, Rio de Janeiro, RJ, v. 43, n. 1, p. 9-15, 2007.

HEALTH Consultation. **Wright grounwater contamination site Wright**, Kansas. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta ,Georgia, p. 1-10, aug. 2005.

Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov>>. Acesso em: 20 dez. 2008.

HELLER, L.; NASCIMENTO, N. O. Pesquisa e desenvolvimento na área de saneamento no Brasil: necessidades e tendências. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, RJ, v. 10, n. 1, p. 24-35, 2004.

HERMAN, G. Iron and manganese in household water. **Water quality and waste manangement**. Raleigh, US, p.1-6, 1996.

HOWES, P.S. et al. Role of stored iron in atheroclerosis. **Journal of Vascular Nursing** 2000 Dec 18 (4) 109-114

HUANG, Y.K. *et al.* Arsenic methylation capability and hypertension risk in subjects living in arseniasis-hyperendemic areas in southwestern Taiwan. **Toxicology and Applied Pharmacology**, San Diego, US, n. 218, p. 135-142. 2006.

HULTBERG, B. *et al.*, Protein binding of homocysteine and other thiols in HeLa cell cultures after addition of homocysteine and copper íons. **Clinical Chimica Acta**, New York, US, v.269, n.5, p.267 – 276, 1974.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. IARC. Monogropahs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. **Arsenic in drinking water** : some driking water disinfectants and contaminats, including Arsenic. Lyon, FR, 2004, p. 269-477. v. 84.

\_\_\_\_\_. Monogropahs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. **Choromium, nickel and welding**. Lyon, FR, 1990, p.1-677. v.49.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico, 2000**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 06 abr.2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Censo agrário 95-96**. 1996. Disponível em: <[http:// www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 10 outubro 1999. IN:

IGA. Instituto de Geociências Aplicadas. **Desenvolvimento ambiental de Ouro Preto-microbacia do Ribeirão do Funil**. Belo Horizonte/MG, 1995, v.15-.25.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Comitês de bacia hidrográfica**. Disponível em: <[www.igam.mg.gov.br](http://www.igam.mg.gov.br)> Acesso em: 03 abr. 2005.

IMANDEL, K.; FARHUD, D.D.; DERAKHTIAN, A. The occurange of aluminium in municipal treated water supply of bushehr & borazjan área of Irã. **Iranian Journal Public Health**, Teerã, v. 23, n. 1-4, p. 33-39, 1994.

IUPAC . International Union of Pure and Applied Chemistry. “Heavy metals” – A meaningless term? (IUPAC Technical Report). **Pure appl. Chemistry**, v. 74, n. 5, p. 793-807, 2002.



JACOB, R.A. Trace elements. In: TIETZ, N. W. **Textbook of chemical chemistry**. London, UK: W. B. Saunders, 1987. p. 965-996

JACQMIN, H. *et al.* Components of drinking water and risk of cognitive impairment in the elderly. **American Journal of Epidemiology**. Oxford, UK, v. 139, n. 1, p. 48-57, 1994.

JARUP, L. *et al.* Cadmium may be a risk factor for osteoporosis. **Occupational and Environmental Medicine**, London, UK, v. 55, p. 435-439, 1998.

JONES, G. ; STEKETEE R.W.; BLACK R.E. How many child deaths can we prevent this year? **Lancet**, New York, US, n.362, p. 65-71, 2003.

KARAGAS, M. R. *et al.* Skin cancer risk in relation to Toenel arsenic concentrations in a US population-based case-control study. **American Journal of Epidemiology**, Baltimore, US, v. 153, n. 6, p. 559-565, 2001.

KAWAHARA, M. Effects of aluminium in the nervous system and its possible link with neurodegenerative disease. **The Journal of Alzheimer's Disease**, New York, US, n. 8, p. 171 – 82, 2005.

KOUSA, A. *et al.* Geochemistry of ground water and the incidence of acute myocardial infarction in Finland. **Journal Epidemiology Community Health**., London, UK, v. 58, n. 2 p.136-139, feb. 2004.

KSZOS, L.A.; STEWART, A.J. Review of lithium in the aquatic environment: Distribution in the United States, toxicity and case example of groundwater contamination. **Ecotoxicology**, New York, US, n. 12, p.439-447, 2003.

KUNO, R. *et al.* Blood lead levels in an unexposed adult group from São Paulo city, Brazil. In INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT, 12. Rio de Janeiro, 2005. **Anais...**Rio de Janeiro:IPEN, 2005.

LACK, B.; DAYA, S.; NYOKONG T. Interaction of serotonin and melatonin with sodium, potassium, calcium, lithium and aluminium. **Journal Pineal Research**, Grahamstown, South Africa, v. 31, n.2, p.102-108, Sep. 2001.

LANCEY R.F.; SHAPER, A.G. Changes in water hardness and cardiovascular death rates. **International Journal Epidemiology**, Oxford, UK, n.13, p. 18-24, 1984.

LIBÂNIO, P. A. C. *et al.* The water quality dimension: an evaluation of the relationship between social, water availability, water services and public health indicators. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, RJ, v.10, n. 3, p. 219-228, 2005.

LIMA, Marcelo de Oliveira. **Caracterização geoquímica de arsênio total em águas e sedimentos em áreas de rejeitos de minérios de manganês no município de Santana - Estado do Amapá**. 2003. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.

LIU, J. *et al.* Toxic effects of metals. In: KLAASSEN, C.D. **Toxicology, the basic science of poisons**. 7. ed. New York, US: Mc Graw-Hill, 2008. p. 931-979.

MACEDO, J. A. B. *et al.* Cloraminas orgânicas, uma solução para evitar a formação de trihalometanos no processo de desinfecção de águas para abastecimento público. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, SP, v. 15, n.90/91, p.93-103, nov/dez, 2001.

MAINOUS, A. G. *et al.* Iron, Lipids and Risk of Cancer in the Framingham Offspring Cohort. **American Journal of Epidemiology**, Baltimore, US, v. 161, n. 12, p. 1115 - 1122, 2005.

MASIRONI, R. *et al.* Geochemical environments, trace elements, and vascular diseases. **Bulletin of the World Health Organization**, New York, US, n. 47, p. 139-150, 1972.

MANTHEY, J. *et al.* Magnesium and trace metals: risk factors of coronary heart disease? Association between blood levels and angiographic findings. **Circulation**, Boston, US, v. 64, p. 722-729, 1981.

MARANDOLA JR.E.; HOGAN, D.J. Vulnerabilidade e riscos: entre geografia e demografia. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 14, 2004, Caxambu, MG. **Anais...** Caxambu, MG: ABEP, 2004.

MARGARIDO, R.; SILVA, V. O chumbo no sangue, toxicidade e efeitos. Universidade de Nova Lisboa – FCT. Lisboa, Por, 16 de jun. 2006. 48p.(trabalho).

MARET, W.; STANDSTEAD, H.H. Zinc requirements and the risk and benefits of zinc supplementation . **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, Kusterdingen, Germany, n. 20. p.3-18, 2006.

MARNIEMI, J.*et al.* Blood vitamins, mineral elements and inflammation markers as risk factors of vascular and non-vascular disease mortality in an elderly population. *International Journal of Epidemiology*, Oxford, UK, n.27, p. 799-807, 1998.

MARQUE, S. *et al.* Cardiovascular Mortality calcium and magnesium in drinking water: an ecological study in elderly people. **European Journal of Epidemiology**, Dordrecht, NL, v. 18, n. 4, p. 305-309, apr. 2003.

MARTINEZ T.; LARTIGUE, J.; ÁVILA-PEREZ, P. Action of trace elements in blood samples of radioanalytical and nuclear chemistry, **Science Direct**, New York, US v. 259, p. 511-514 2004.

MATSCHULLAT, J. *et al.* Human and environmental contamination en the Iron Quadrangle, Brazil. **Applied Geochemistry**, New York, US, n. 15, p.193-202, 2000.

MAYRINK, W. *et al.* Imunoterapia, imunoquimioterapia e quimioterapia no tratamento da leishmaniose tegumentar Americana. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, MG, v. 39, n. 1, p. 1-18, jan/fev.2006.

MAZUMDER, D. N. G. Chapter 4: Diagnosis and treatment of chronic arsenic poisoning **World Health Organization**, 2000

MCKENZIE, R. **Things accomplished by the electro** – aluminum process. New York, US: Times, 03 mar.1895.

MELLO, C. L.; SANT'ANNA, L. G.; BERGQVIST, L. P. **Sítio paleontológico de Fonseca, Minas Gerais** (vegetais fósseis do terciário brasileiro). Brasília, DF: DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2000. v.1. p. 76-79.

MELLO, M.S. *et al.* **Caracterização de ecossistemas do Município de Ouro Preto**, como base para o desenvolvimento sustentável a apoio à implantação do Plano Diretor do município e lei de ocupação do solo.Ouro Preto/MG. Belo Horizonte: EMATER, Prefeitura Municipal de Ouro Preto, MG. 2008. 56p.

MENESES, I. *et al.* Aspectos físicos da região do quadrilátero ferrífero. In: DESCHAMPS, E.; MATSCHULLAT, J. **Arsênio antropogênico e natural** - um estudo em regiões do Quadrilátero Ferrífero. Belo Horizonte, MG: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2007. p. 97-116.

MENG, X. *et al.* Redox transformations of arsenic and iron in water treatment sludge during aging and TCLP extraction. **Environmental Science Technology**, Washington, US, v. 35, p. 3476-3481. 2001.

MINAS GERAIS. Secretaria de estado de ciência, tecnologia e meio ambiente. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Instituto de Geociências Aplicadas – IGA/CETEC. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República – SAE/PR. **Desenvolvimento ambiental de Ouro Preto** – Microbacia do Ribeirão do Funil. Belo Horizonte, IGA/CETEC/SAE/PR, 1995. p. I-2, 9-19; 13–44.

MINAS GERIAS. Implantação do plano diretor da atenção primária a saúde: redes de atenção a saúde. Escla de saúde Pública do Estado de Minas Gerais. Belo Horzonte; ESPMG, 2008. Oficina 3p. 1-34,.45-46.

MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Revista Panamericana de Salud Pública**, Washington, US, v. 15, n. 2, p. 119-129, 2004.

NAVAS-ACIEN, A. *et al.* Lead, cadmium, smoking, and increased risk of peripheral arterial disease. **American Journal of Epidemiology**, New York, US, v. 162, n.11, p.1037-1049, 2005.

NETO, R. M. N. *et al.* Projeto Corações do Brasil. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, SP, v. 85, n. 3, p. 218-22, set. 2005

NEVES, K. O. **Qualidade microbiológica da água de abastecimento público e alternativo no município de Ouro Preto, Minas Gerais**. 2003. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Núcleo Pró-Água: Universidade Federal de Ouro Preto/MG, Ouro Preto, 2003.

NRC. National Research Council. **Arsenic in drinking water**. Subcommittee to Update the 1999, Arsenic in Drinking Water. Washington, US, Academic Press, 2001.

NUNES, P.V.; ORESTES V.; FORLENZA, W. F. G. Lítio e neuroproteção: novos usos potenciais em psiquiatria. **Revista de Psiquiatria Clínica**. São Paulo, SP, v.34, n.6, 2007.

OLIVEIRA, M.R. **Investigação da contaminação por metais pesados no sedimento de corrente e água do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, e arredores**. 1999. 179f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) – Departamento de Geologica, Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto/MG, Ouro Preto, MG, 1999.

OMPAD, D. C. Social determinants of the health of urban populations: methodologic considerations. *Journal of Health: Bulletin of the New York Academic of Medicine*, New York US, v. 84, n. 1, p. 142-153, 2007.

OMS. **Elementos traços na nutrição e saúde humana**. Tradução de Andréa Favano. São Paulo: Roca, 1998. 297p.

OPAS. **Salud, agua potable y saneamiento en el desarrollo humano sostenible**. 128. Sesión Del Comité Ejecutivo. Washington, US: Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, 2001. Realizado: 25 al 29 de junio de 2001.????

OURO PRETO. **Plano diretor, 1996**. Lei complementar nº 01/96. Disponível em : <<http://www.cmop.mg.gov.br/legislacao/planodiretor.php>> Acesso em: 05 ago. 2008.

OURO PRETO. Prefeitura Municipal de Ouro Preto/MG. SEMAE. **Sistemas de abastecimento de água de Ouro Preto**. Ouro Preto, MG, 2005. Relatório.

PACKHAM, R.F. Drinking water quality and health. In: HARRISON, R. M. **Pollutions: causes, effects and control**. 3en ed. Cambridge, UK: The Royal Society of chemistry, 1996. p. 52-65.

PASCALICCHIO, A. E. **O Diálogo entre a saúde pública e a medicina ortomolecular**: um estudo de caso da contaminação por metais pesados, na perspectiva humana, através do mineralograma capilar. 2000. 128 f. (Tese em Saúde Ambiental) - Departamento de Saúde Ambiental. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo/SP, São Paulo, 2000.

PAULINO, M.P. **Alternativas de concepção e gestão de sistemas de água de cidades que utilizam vários mananciais** – caso Ouro Preto-MG. 2005. 204f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Núcleo Pró-Água: Universidade Federal de Ouro Preto/MG, Ouro Preto, 2005.

PEÑA, C.E.; CARTER, D.E.; AYALA-FIERRO, F. **Toxicologia ambiental: evaluación de riesgos y restauración ambiental**. Southwest Hazardous Waste Program, University of Arizona. 2001.

Disponível em: <<http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/>>  
Acesso em: 05 de Jan. 2008.

PEREIRA, M.A. **Estudo de elementos traço em água de abastecimento urbano e a contaminação humana: um caso de Ouro Preto.** 2005. 78f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais). Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto/MG, Ouro Preto, MG, 2006.

PEREIRA, M. A.; NALINI JR, H. A.; PAIVA, J.F. Human and drinking water contamination by arsenic and lead:a case from. **Safe water**, Rio de Janeiro, RJ, p. 23-25, out. 2006.

PEREIRA, V. **Investigação ambiental da Represa do Custodio, Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto, Minas Gerais.** 2004. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Núcleo Pró-Água, Universidade Federal de Ouro Preto/MG, Ouro Preto, MG, 2004.

PHILIPPI-Jr., A. **Interdisciplinaridade em ciências ambientais.** São Paulo, SP: Signus, 2000. 103p.

PHILIPPI-Jr., A. *et al.* **Meio ambiente, direito e cidadania.** São Paulo, SP: Signus, 2002. 358p.

\_\_\_\_\_. **Municípios e meio ambiente.:** perspectiva para a municipalização da gestão ambiental no Brasil. São Paulo, SP: Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente, 1999. 201p.

\_\_\_\_\_. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** São Paulo, SP: Manole, 2005. 842p. (Coleção Ambiental; 2).

PIMENTEL, H. S.; DE LENA, J.C.; NALINI Jr., H.A. Studies of water quality in the Ouro Preto region, Minas Gerais, Brazil: the release of arsenic to the hydrological system. **Environmental Geology**, Heidelberg, Berlin, v. 46, n. 6, mar. 2003.

PLAWIAK, R. A .B *et al.* Mercúrio – ocorrências naturais no Estado do Paraná, Brasil.In **Geologia Médica no Brasil.** 2005, p. 131 - 139.  
Disponível em: <[www.cprm.gov.br/publique/media/geo-med/o.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geo-med/o.pdf). > Acesso em: 03 nov. 2006

POCOCK S.J *et al.* British regional heart study: geographic variations in cardiovascular mortality, and the role of water quality. **British Medical Journal**, Londres, UK, n.5, p. 1243-1249, 1980.

POLIGNANO, M.V. et al. **Projeto Manuelzão** : conceitos para uma prática de saúde e cidadania. Belo Horizonte, MG. UFMG. 64p.

PORTO, M.de F. M. M (Org). **Educação ambiental:** conceitos básicos e instrumentos de ação. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente. DESA/UFMG, 1996.

PROTI, R. S. C.; NALINI Jr, H. A.; LENA, J. C. de. Hydrochemical assessment of the water catchment of the city, MG, Brasil. **Safe water**, Rio de Janeiro, RJ, p. 23-25, out. 2006.

RAPANT, S.; KRREMOVÁ, K. Health risk assessment maps for arsenic groundwater content: application of national geochemical databases. **Environmental Geomistry Health**, Dordrecht, NL, v. 29, p. 131-141, 2007

RATNAKE, R.N. Acute and chronic arsenic toxicity. **Postgraduate Medical Journal**, Londres, UK, n.79, p. 391-396, 2003.

RDH. **Relatório de desenvolvimento humano 2006**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/rdh/>>, acesso em: 23 abr. 2008.

REIS, N. T. **Nutrição Clínica - Interações**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Rubio, 2004.

RIBEIRO, F. L. de M. **Quantificação e caracterização química dos resíduos da ETA de Itabirito – MG**. 2007. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Núcleo Pró-Água, Universidade Federal de Ouro Preto/MG, Ouro Preto, MG, 2007b.

RIBEIRO, J.C. J. Apresentação. In: DESCHAMPS, E.; MATSCHULLAT, J. **Arsênio antropogênico e natural** – um estudo em regiões do Quadrilátero Ferrífero. Belo Horizonte, MG: Fundação Estadual de Meio Ambiente, 2007a. p. 243-269.

RIBEIRO, L., *et al.* Aplicação de SIG na visualização da contaminação por selênio no Aquífero da Região de Buena – Município de São Francisco do Itabapoana/ RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia, Brasil. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 3261-3267.

ROCHA, O.G.F. *et al.* Teores de estrôncio sérico em pacientes portadores de insuficiência renal crônica em tratamento hemodialítico. **Journal Brasileiro de Nefrologia**, São Paulo, SP, v.27, n. 1, p. 15-21, 2005.

ROJAS, M.; ESPINOSA C.; SEIJAS, D. Asociación entre zonas de residênciã, categorización de Pb en sangue, en una población infantil. Valencia, Venezuela. **Saúde Pública**, Brasília, BR, v.37, n.4, p. 503-509, 2003.

RONDEAU, V. *et al.* Relation between aluminium concentrations in drinking water and Alzheimer's disease: an 8-year follow-up study. **American Journal Epidemiology**, New York, US, v. 52: p.59-66, 2000

ROTH, J. A.; GARRICK, M. D. Iron interactions and other biological reactions mediating the physiological and toxic actions of manganese. **Biochemical Pharmacology**, Amsterdam, NL, n. 66, p.1-13, 2003.

RYLANDER R *et al.* Magnesium and calcium in drinking water and cardiovascular mortality. **Scandinavian Journal of Work, Environment Health**, Helsinki, FI, n.17, p. 91-94, 1991.

SAKUMA, A. M. M. **Avaliação da exposição humana ao arsênio no Alto do Ribeira, Brasil**, 2004. 196p. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) Faculdade de Ciências Médicas, Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SALGADO, P.E.T. Metais em alimentos. In: OGA, Seizi. **Fundamentos de toxicologia**. 2. ed. São Paulo, SP: Atheneu, 2003. p. 405-427.

SALONEN, J.T *et al.* Interactions of serum copper ; selenium and low density lipoprotein cholesterol in atherogenesis. **British Medical Journal**, London, UK, v. 302, n. 6779, p. 756-60, 1991.

\_\_\_\_\_. High stored levels are associated with excess risk of myocardial infarction in eastern Finnish men. **Circulation**, Boston, US, n. 86, p. 803-811, 1992.

SANTANA, G. P. A toxicidade dos “metais pesados”. São Paulo: CETESB, 2008. Disponível em: [http://www.cq.ufam.edu.br/Artigos/Metais\\_pesados/Metais\\_pesados.html](http://www.cq.ufam.edu.br/Artigos/Metais_pesados/Metais_pesados.html). Acesso em: 28 agosto de 2009.

SANTOS, S. M.; BARCELLOS, C.B., (Org.) **Abordagens espaciais na saúde pública**. Brasília, DF: Fundação Oswaldo Cruz, 2006 137p. Disponível em: <http://www.capacita.geosaude.cict.fiocruz.br> Acesso em: 29 agosto de 2007.

SATARUG, S.; MOORE. M.R. Adverse health effects of chronic exposure to low-level cadmium in foodstuffs and a cigarette smoke. **Environmental Health Perspectives**, New York, US, v.112, n. 1099, 2004.

SCHOBBER, S. E. *et al.* Blood lead levels and death from all causes, cardiovascular disease, and cancer; results from the NHANES III mortality study. **Environmental Health Perspectives**. New York, US, v. 114, n.10, out. 2006.

SEDMAN, R.M. *et al.* Review of the evidence regarding the carcinogenicity of hexavalent chromium in drinking water. **Journal of Environmental Science and Health C Environ Carinog Ecotoxicol**. Oakland, US, n. 24, p.155–182, 2006.

SILVA, J.C.A da. **Efeito do excesso de ferro e dieta hipercolesterolemica sobre o perfil de lipídio sérico e estresse oxidativo em hamsters**. 2005. 112f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Núcleo de Pesquisas em Ciências Biológicas. Universidade Federal de Ouro Preto/MG, Ouro Preto, MG, 2005.

SMEDLEY P. L.; KINNINBURGH, D.G. A review of the source, behaviour of distribution of arsenic in natural waters. **Applied Geochemistry**, Brasília, DF, n. 17, p.517-568, 2002.

SMITH A.H.; LINGAS E. O.; RAHMAN M. Contamination in drinking water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. **Bulletin of the World Health Organization**. Washington, US, v. 78, n. 9, p.1093-1103, 2000.

STARKEBAUM ,G.; HARLAN, J.M. Endothelial cell injury due to copper – catalyzed hydrogen peroxide generation from homocysteine. **Journal Clinical Investigation**, Michigan, US, v. 77. n. 4, p. 1370-76, 1986.

STRANGES, S., *et al.* Effects os selenium supplementation on cardiovascular disease incidence and mortality: secondary analyses in a randomizes clinical tiral. **American Journal of Epidemiology**. New York, US. v. 163, n. 8, p. 694-99. 2006

SULLIVAN, J. L. Iron in arterial plaque: a modifiable risk factor for atherosclerosis. **Biochemistry et Biophysics Acta.**, 1-6p, 2008. Disponível em: <Http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 09 ago. 2008

SWAYER, C.N.; McCARTY, P.L.; PARKLIN, G.F. **Chemistry for environmental engineering**. 4<sup>a</sup> ed. Singapore: McGraw-Hill, 1994, p. 577-579.

TÁVORA, Iniciação em medicina renal e hidroeletrólítica. 1ed. Belo Horizonte/MG mai. 2006.p.169-187.

TEIXEIRA, A.P.R. **Manual para técnicos encarregados de plantas de tratamento de água**. Belo Horizonte, MG: Açominas. 1980, 20-27; 83 p.

TEIXEIRA, E.C.; MARTINS, P.P. de O.; PAIVA, Z. de A.(Coord.). **Projeto águas do Rio Doce**. Ipatinga, MG: Associação Projeto Águas do Rio Doce, 2007. Disponível em:< [http://www.aguasdoriodoce.com.br/inst\\_bacia.asp](http://www.aguasdoriodoce.com.br/inst_bacia.asp)> Acesso em 15 de fev. 2009.

TENÓRIO, J. A. S; ESPINOSA, D.C.R. **Pilhas e baterias reciclagem**. Associação brasileira da indústria elétrica e eletrônica - ABINEE. Disponível em: < <http://www.cepis.ops-oms.org> >. Acesso em 17 jul 2009

TEO K. C.; CHEN J. Determination of manganese in water samples by flame atomic absorption spectrometry after cloud point extraction. **Analyst**, n<sup>o</sup> 4, v. 26, p. 67-83, 2001.

TSENG, C. H. *et al* Chronic arsenic intoxication in Ásia: current perspectives. **Journal Internal Medicine**, Taiwan, China, v. 10, p. 224-9, 1999.

TSENG, C.H. Abnormal current perception thresholds measured by neurometer among residents in blackfoot disease hyperendemic villages in Taiwan. **Toxicology Letters**, Amsterdam, NL, n. 146, p. 27-39, 2003.

TSENG, C.H *et al.* Long-term arsenic exposure and ischemic heart disease in arseniasis-hyperendemic villages in Taiwan. **Toxicology Letters**, Amsterdam, NL, n. 137, p. 15-21, 2003a.

TUBEK, S. Role of trace elements in primary arterial hypertension. **Biological Trace Element Research**,Online, v. 114,n.1-3, p. 1-5, dec.2007.



TUOMAINEN, T-P *et al.* Association between body iron stores and risk of acute myocardial infarction in men. American Heart Association. **Journal of the American Heart Association**, Dallas, US, v. 97, p. 1461-1466, 1998.

VAHOUNY, G. V. Trace elements and cardiovascular disease. In: HATHCOEK, J.N. **Nutritional Toxicology**. Nova York, US, v.1, 135-161 p., 1982.

VAN DER, D. L. *et al.* Serum ferritin is a risk factor for stroke in postmenopausal women. **Stroke**, Dallas, US, v. 36, p. 1637-1641, 2005.

VAN DER VIJVER, L.P.L *et al.* Calcium intake and 28-year cardiovascular and coronary artery disease and low hardness of drinking water. **International Journal of Epidemiology**, Oxford, UK, n.21, p. 36-39, 1992.

VASCONCELOS, O. *et al.* Água. In: DESCHAMPS, E.; MATSCHULLAT, J. **Arsênio antropogênico e natural** - um estudo em regiões do Quadrilátero Ferrífero. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2007.189-199 p.

VASSALLO, D. V. *et al.* Ações tóxicas do mercúrio sobre o aparelho cardiovascular. **Arquivos Brasileiro Cardiologia**, São Paulo, SP, v. 67, n. 1, p. 39-45, 1996.

VIOLA, E.J. *et al.* **Meio ambiente, desenvolvimento e cidadanias**: desafios para as ciências sociais. 3. ed. São Paulo, SP: Cortez; 2001. 220p.

VIRTANEN, J.K. *et al.* Mercury, fish oils, and risk of Acute Coronary Events and Cardiovascular Disease, Coronary Heart Disease, and All-Cause Mortality in Men in Eastern Finland. **Atherosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology**, Dallas, US, n. 25, p. 228-233, 2005.

VIRTANEN, J.K. *et al.* Mercury as a risk factor for cardiovascular disease. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, US, v. 18, n. 2, p. 75-85, feb. 2007.

WANG, C.H. *et al.* Biological gradient between long-term arsenic exposure and carotid atherosclerosis. **American Heart Association**, Dallas, US, n. 105, p. 1804-1809, 2002.

WEISS B. Long ago and far away: a retrospective on the implications of Minamata. **Neurotoxicology**, New York, US, v. 17, n.1,p. 257-263,1996.

WHO. **Aluminium**. Geneva, World Health Organization, International programme on chemical safety (Environmental Health Criteria 194), 1997.

WHO, **Aluminium in drinking-water**: background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality, Geneva, World Health Organization, 2003a. 12p.Disponível em [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/en/aluminium.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/aluminium.pdf). Acesso em: 03 abri. 2009.

WHO. **Arsenic in drinking water**. Fact sheet n. 210. 2004b. Disponível em: <http://www.who.int/medacentre/factsheets/fs210/en/index.html>. Acesso em: 05 set. 2007.

WHO. **Cadmium in drinking-water:** background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality, Geneva, World Health Organization, 2004c. 9p. Disponível em  
< [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/cadmium.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/cadmium.pdf). > Acesso em 03. abr. 2009

WHO. **Cooper in drinking water.** Fact sheet n. 210. 2003b. Disponível em:  
<<http://www.who.int/medacentre/factsheets/fs210/en/index.html>>. Acesso em: 21 set. 2007

WHO, **Guidelines for drinking-water quality**, 2<sup>nd</sup> ed. Health criteria and other supporting information, Geneva, World Health Organization, 1996. v. 2.

WHO. **Guidelines for drinking-water quality**, 2<sup>nd</sup> Addendum to 3<sup>rd</sup> ed. Health criteria and other supporting information, Geneva, World Health Organization, 2008. v. 1. Disponível em :< [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/revmrep.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/revmrep.pdf)> Acesso em : 03 abr. 2009

WHO. **Guidelines for drinking-water quality**. 3<sup>rd</sup> ed. Recommendations. v. 1, Geneva; OMS; 2006. Disponível em :  
< <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/cd63/gdwq0506/gdwq0506.html>> Acesso em: 16 jan. 2009.

WHO. **Hardness in drinking-water:** background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality, Geneva, World Health Organization, 2003e. 9p. Disponível em :  
<[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html)> Acesso em 03. abr. 2009

WHO: **IPCS Environmental health criteria: beryllium**, Geneva. Geneva: World Health Organization ,1990, v. 106, p. 1-210.

WHO. **Iron in drinking-water:** background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality, Geneva, World Health Organization, 2003c. 9p. Disponível em :  
< [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/iron.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/iron.pdf). > Acesso em 03. abr. 2009

WHO. **Lead in drinking-water:** background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality, Geneva, World Health Organization, 2003f. 9p. Disponível em :  
< [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/lead.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/lead.pdf). > Acesso em 21.set. 2007

WHO. **Manganese in drinking-water:** background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality, Geneva, World Health Organization, 2004a. 9p. Disponível em:  
< [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/manganese.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/manganese.pdf). > Acesso em 03. abr. 2009

WHO. **pH in drinking-water**: background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality, Geneva, World Health Organization, 2003d. 9p. Disponível em :  
<[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/ph\\_revised\\_2007\\_clean\\_version.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/ph_revised_2007_clean_version.pdf). > Acesso em 03. abr. 2009

WHO. **pH in drinking-water**: Revised background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality, Geneva, World Health Organization, 2007. Disponível em :  
<[http://www.who.in/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/ph\\_revised\\_2007\\_clean\\_version.pdf](http://www.who.in/water_sanitation_health/dwq/chemicals/ph_revised_2007_clean_version.pdf)> Acesso em : 03. abr. 2009

YANG C.-Y. Calcium and magnesium in drinking water and risk of death from cardiovascular disease. **Stroke**, Dallas, US, n. 29, p. 411-414, 1998.

YUAN, Y. *et al.* Acute myocardial infarction mortality in comparison with lung and bladder cancer mortality in arsenic exposed region II of Chile from 1950 to 2000. **American Journal of Epidemiology**, Baltimore, US, v. 166, n. 12, p.1381-1391, 2007.

## **12. ANEXOS**

### **ANEXO I - DISTRIBUIÇÃO DE SETORES (BAIROS), POR REGIÃO DO PROGRAMA DE AGENTES COMUNITÁRIOS (PACS)**

#### **1B – PACS I-**

- 01 – Bairro São Sebastião
- 02 – Bairro Antônio Dias
- 03 – Bairro Centro
- 04 – Bairro Nossa Senhora da Conceição
- 05 – Bairro Barra

#### **2B – PACS II-**

- 06 – Bairro Santa Cruz
- 07 – Bairro Padre Faria

#### **3B – PACS III-**

- 08 – Bairro Morro do Cruzeiro
- 09 – Bairro da lagoa
- 10 – Vila Itacolomi
- 11 – Bairro Novo Horizonte
- 12 – Bairro Nossa Senhora do Carmo

#### **3B – PACS IV-**

- 13 – Bairro Morro da Queimada
- 14 – Bairro Morro São João
- 15 – Bairro Morro Santana
- 16 – Bairro Nossa Senhora da Piedade
- 17 – Bairro Taquaral

**4B – PACS V-**

- 18 – Vila Aparecida
- 19 – Bairro Saramenha de Cima
- 20 – Bairro Tavares
- 21 – Bairro Barcelos
- 22 – Bairro Lagoa

**6B – PACS VI**

- 23 – Bairro São Cristovão
- 24 – Vila Pereira
- 25 – Bairro Nossa Senhora do Rosário
- 26 – Vila São José
- 27 – Bairro Nossa Senhora do Pilar
- 28 – Bairro Nossa Senhora de Lourdes
- 29 - Loteamento
- 30 – Passa Dez de Baixo
- 31 – Passa Dez de Cima
- 32 -Cabeças
- 33- Água Limpa

**Fonte:** Dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Saúde/PMOP, 2004.

## **ANEXO II- TERMO DE CONSENTIMENTO**

De acordo com as Normas da Resolução nº196,  
Do Conselho Nacional de Saúde de 10/10/96.  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
PREFEITURA MUNICIPAL DE OURO PRETO/MG

### **REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PACIENTE OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA**

A pesquisa que o senhor(a) está sendo convidado(a) a participar tem como objetivos: (1) determinar a prevalência das doenças cardiovasculares ao nível de setores censitários da cidade de , (2) identificar os fatores biológicos, ambientais e sócio-econômico que fazem com que um indivíduo tenha mais ou menos chance de apresentar uma doença do coração, e (3) avaliar o impacto das medidas de prevenção sobre as taxas de prevalência das doenças cardiovasculares em .

Nesta pesquisa cada participante deverá responder a um questionário, que será aplicado pela equipe que está visitando a sua casa e coletando amostra da água da sua cozinha para análise. posteriormente, em data marcada pela equipe de entrevistadores, o senhor(a) deverá comparecer à Escola de Farmácia para se submeter a um eletrocardiograma, a medição antropométrica e a coleta de uma amostra de sangue no Laboratório Piloto de Análises Clínicas (LAPAC/EF/UFOP). No sangue coletado serão realizadas provas bioquímicas.

Em nenhum momento desse estudo, as pessoas que estarão trabalhando com seu material saberão que ele é seu, garantindo o sigilo de seus dados. Sua participação ou não neste estudo não influenciará de nenhuma forma o tipo e a qualidade do atendimento médico que você está ou poderá está recebendo no futuro. Você poderá solicitar aos pesquisadores o seu desligamento do estudo a qualquer momento. É através deste tipo de pesquisa que esperamos poder aumentar o nosso conhecimento sobre os riscos de desenvolver doenças do coração (pressão alta, colesterol alto, obesidade etc.) e os benefícios do tratamento que você recebe ou poderá vir a receber.

Sua participação poderá ajudar outras pessoas que tenham doenças como essas. Ainda, com sua participação neste estudo você estará realizando uma série de exames e consulta médica que poderão identificar alterações que, tratadas, irão diminuir a chance de você desenvolver essas doenças.

Caso você queira se informar de mais detalhes sobre a pesquisa agora, ou no futuro, poderá entrar em contato com o Prof. George Luiz Lins Machado Coelho (Escola de Farmácia/UFOP- Tel: 35591638), Nutricionista Cléia Costa Barbosa (Secretaria Municipal de Saúde/PMOP- Tel: 35593280/35591284) . Obrigado!

#### ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

- Acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas.
- Liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isso traga prejuízo à comunidade da assistência.
- Salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade.
- Disponibilidade de assistência no Serviço Municipal de Saúde, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa.
- Viabilidade de indenização por eventuais danos à saúde decorrentes da pesquisa.

#### CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa

---

assinatura do sujeito da pesquisa ou responsável legal

---

assinatura do pesquisador (nome legível)

**ANEXO III-TERMO DE CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO**

De acordo com as Normas da Resolução nº196,  
Do Conselho Nacional de Saúde de 10/10/96.

**DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL**

**NOME DO PACIENTE:** \_\_\_\_\_

DOCUMENTO DE IDENTIDADE N°. \_\_\_\_\_ ÓRGÃO EXPEDIDOR: \_\_\_\_\_

SEXO: M ( ) F ( ) DATA \_\_\_\_\_

NASCIMENTO: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

ENDEREÇO: \_\_\_\_\_

BAIRRO: \_\_\_\_\_ CIDADE: \_\_\_\_\_

TELEFONE: DDD (31) \_\_\_\_\_

, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2006.

\_\_\_\_\_  
assinatura do sujeito da pesquisa ou responsável legal  
(carimbo ou nome legível)

\_\_\_\_\_  
assinatura do pesquisador



## DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

**TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA:** CORAÇÕES DE -2º FaseCoordenação do Estudo:

George Luiz Lins Machado Coelho

Co-orientador do Estudo:

Hermínio Arias Nalini Jr.

Colaboradores do Estudo:

José Fernando de Paiva

Sílvia Nascimento de Freitas

Roney Luiz de Carvalho Nicolato

Raimundo Marques do Nascimento Neto

Doutoranda: Cléia Costa Barbosa**AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:** SEM RISCO     RISCO MÍNIMO RISCO MÉDIO     RISCO BAIXO RISCO MAIOR**DURAÇÃO DA PESQUISA:** Três anos**ANEXO IV - MODELOS DE QUESTIONÁRIOS APLICADOS**

ANEXO IVA- Questionário \_\_IDENTIFICAÇÃO DO FORMULÁRIO: \_\_

<b>IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS BIOLÓGICAS</b>					
Número de alíquotas:					
Código da alíquota 1:	Freezer:	Gaveta:	Caixa:	Fileira:	Coluna:
Código da alíquota 2:	Freezer:	Gaveta:	Caixa:	Fileira:	Coluna:
Código da alíquota 3:	Freezer:	Gaveta:	Caixa:	Fileira:	Coluna:
Código da alíquota 4:	Freezer:	Gaveta:	Caixa:	Fileira:	Coluna:
Código da alíquota 5:	Freezer:	Gaveta:	Caixa:	Fileira:	Coluna:
<b>IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS DA AGUA</b>					
Número de alíquotas:					
Código da alíquota 1:	Freezer:	Gaveta:	Caixa:	Fileira:	Coluna:

Código da alíquota 2:	Freezer:	Gaveta:	Caixa:	Fileira:	Coluna:
Código da alíquota 3:	Freezer:	Gaveta:	Caixa:	Fileira:	Coluna:
Código da alíquota 4:	Freezer:	Gaveta:	Caixa:	Fileira:	Coluna:
<b>OUTRAS INFORMAÇÕES</b> (no dia da coleta da água)					
Data da 1ª coleta			Data da 2ª coleta		
pH da água coletada			pH da água coletada		
Tempo: ( ) Chuvoso ( ) Nublado ( ) Claro			Tempo: ( ) Chuvoso ( ) Nublado ( ) Claro		
24 horas antes: ( ) Chuva forte ( ) chuva leve			24 horas antes: ( ) Chuva forte ( ) chuva leve		
( ) Não chueu			( ) Não chueu		
Lavou a caixa d'água nos últimos 06 meses?			Lavou a caixa d'água nos últimos 06 meses?		
( ) SIM ( ) Não			( ) SIM ( ) Não		

## ANEXO IV B - IDENTIFICAÇÃO E REALIZAÇÃO DE MEDIDAS

DATA DA MEDIDA : \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nome do Entrevistado:			
Coletou o sangue ( ) SIM ( ) Não		Foi Coletada a água ( ) SIM ( ) Não	
Nº do questionário:		Endereço:	
Bairro:	Setor censitário:	Ponto de referência	Telefone:
Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino		Data de nascimento:	
Altura atual: _____ cm		Peso atual: _____ Kg	
Circunferência abdominal:		% de gordura _____	
1ª medida _____ cm		IMC: _____ Kg/m <sup>2</sup>	
2ª medida _____ cm			
3ª medida _____ cm			
Circunferência cintura:		Perda de Peso no último mês:	
1ª medida _____ cm		( ) sim ( ) não Quant. _____ Kg	
2ª medida _____ cm		Ganho de peso no último mês:	
3ª medida _____ cm		( ) sim ( ) não Quant. _____ Kg	
		Motivo: _____	

<b>Circunferência quadril:</b> <b>1ª medida</b> _____ <b>cm</b> <b>2ª medida</b> _____ <b>cm</b> <b>3ª medida</b> _____ <b>cm</b>	<hr/> <hr/>
<b>Pressão Arterial no <u>DOMICÍLIO</u>:</b> <b>1ª medida</b> _____ <b>x</b> _____ <b>mmHg</b> <b>2ª medida</b> _____ <b>x</b> _____ <b>mmHg</b> <b>3ª medida</b> _____ <b>x</b> _____ <b>mmHg</b>	<b>Doenças não-transmissíveis:</b> Apresenta alguma doença citada abaixo? <input type="checkbox"/> hipertensão arterial <input type="checkbox"/> diabetes <input type="checkbox"/> dislipidemias <input type="checkbox"/> osteoporose <input type="checkbox"/> outras. Qual (ais)?
<b>Pressão Arterial no <u>LABORATÓRIO</u>:</b> <b>1ª medida</b> _____ <b>x</b> _____ <b>mmHg</b> <b>2ª medida</b> _____ <b>x</b> _____ <b>mmHg</b> <b>3ª medida</b> _____ <b>x</b> _____ <b>mmHg</b>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

ANEXO IV C - QUESTIONÁRIO SOBRE FATORES DE RISCO CARDIOVASCULAR  
(ENTREVISTADOR)

**PROJETO CORAÇÕES DE – REAVALIAÇÃO APÓS CINCO ANOS, MAIO, 2006**

**Apresentação:** Bom dia, boa tarde, boa noite, meu nome é \_\_\_\_\_ e trabalho para uma pesquisa do Projeto Corações de Ouro Preto. Neste momento estamos realizando a sua reavaliação após cinco anos. Esta é uma parceria entre a UFOP e a PMOP para saber como está a saúde do coração dos Ouro-pretanos. Precisamos reavaliar, os fatores de riscos, que fazem com que uma pessoa tenha mais ou menos chance de apresentar uma doença do coração e com isto reduzir a incidência destas doenças que é uma das maiores causas de óbitos no país. Estamos convidando você que já participou anteriormente, para participar desta nova fase da pesquisa que consiste em:

- Responder a um pequeno questionário sobre alguns dos seus hábitos e doenças existentes.
- Comparecer a um exame de sangue que estamos oferecendo a ser agendado dia, hora e local no Laboratório de Análises Clínicas (LAPAC) da Escola de Farmácia, pagos pelo SUS/PMOP.
- Permitir a tomada de medidas como peso, altura, Pressão arterial, circunferências e gordura percentual.
- Permitir a coleta da água da sua casa.

VOCE PODERIA PARTICIPAR DO NOSSO ESTUDO?

- SE SIM (**Leia junto com o (a) entrevistado (a) o termo de consentimento**)
- SE FICAR EM DÚVIDA OU EXIGIR MAIS EXPLICAÇÕES (**Leia junto com o (a) entrevistado (a) o termo de consentimento**)
- SE NÃO, diga-lhe que você irá esclarecê-lo (a) melhor sobre o projeto (Pode ser que mude de idéia). (**Leia junto com o (a) entrevistado (a) o termo de consentimento**)
- SE DEFINITIVAMENTE NÃO, registre a ocorrência na planilha de arrolamento (**especifique o motivo se for recusa**).

**ATENÇÃO ENTREVISTADOR:** APÓS A LEITURA DO TERMO DE CONSENTIMENTO PELO ENTREVISTADO(A) E A CONFIRMAÇÃO DE SUA PARTICIPAÇÃO NO PROJETO, ENTREGUE O CARTÃO DA CONSULTA E LEIA JUNTO COM ELE(A), LOGO EM SEGUIDA APLIQUE O QUESTIONÁRIO <sup>(100,101,102, 66)</sup>

ANEXO IV D- MODELO DE ENTREVISTA - PROJETO CORAÇÕES DE OURO PRETO – GEOCOP , MAIO/2006

<b>REALIZAÇÃO DA ENTREVISTA:</b>	<b>DATA:</b>
_____	_____
<b>HORÁRIO INÍCIO:</b> _____	<b>HORÁRIO TÉRMINO:</b> _____
<b>FOI COLETADA A ÁGUA EM SEU DOMICÍLIO?</b> _____	
1 – CÓDIGO DO ENTREVISTADOR:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1A - ANOTAR O PACS DE ACORDO COM A FOLHA DE COTA	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____	V 2
1B - BAIRRO (CODIFICAR)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____	V 3
<b>IDENTIFICAÇÃO:</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1C - SEXO (ANOTAR SEM PERGUNTAR)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
1 - Masculino	V 4
2 – Feminino	

2 – EM QUAL MÊS E ANO VOCE NASCEU? _____ / _____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V 5
3 – ATÉ QUE ANO VOCÊ CURSOU NA ESCOLA ? <b>(ATENÇÃO: NÃO CODIFICAR A SÉRIE NO CAMPO E SIM CÓDIGOS DE 1 A 11)</b> 01 - Analfabeto 02 - Sabe ler e escrever 03 - Primário incompleto 04 - Primário completo 05 - Primeiro grau incompleto 06 - Primeiro grau completo 07 - Segundo grau incompleto 08 - Segundo grau completo 09 - Técnico 10 - Superior incompleto 11 - Superior completo	
3A - QUAL É A RENDA TOTAL POR MÊS DAS PESSOAS QUE MORAM NO SEU DOMICÍLIO, SOMANDO A SUA E A DE TODOS OS OUTROS, CONSIDERANDO TODAS AS FONTES, COMO SALÁRIOS, HORAS EXTRAS, ALUGUÉIS, BICOS, PENSÕES, APOSENTADORIAS, ETC? (NÃO INCLUIR EMPREGADOS DOMÉSTICOS) - MOSTRAR TABELA 1 – Até R\$ 350,00 (até 1 SM) 2 – De R\$ 351,00 a R\$ 1.750,00 (de 1 a 5 SM) 3 – De R\$ 1.751,00 a R\$ 3.500,00 (de 5 a 10 SM) 4 – De R\$ 3.501,00 a R\$ 7.000,00 (de 10 a 20 SM) 5 – Mais de R\$ 7.000,00 (mais de 20 SM) 6 – NS 7 – NR	
4 – VOCÊ TEM ALGUMA RELIGIÃO? ( <b>SE SIM</b> ) QUAL É A SUA RELIGIÃO? _____ 70 – Não tem religião 80 – NS 90 – NR	
5 – A SUA COR OU RAÇA É: ( <b>LER ATÉ OPÇÃO 5</b> ) 1 – Branca; 2 – Preta;	

3 – Parda /mulato(a);		
4 – Amarela; <u>OU</u>		
5 – Indígena?		
6 – outros mestiços		
6 – ESTADO CIVIL:		
1 – Casado ou em união consensual		<input type="checkbox"/>
2 – Solteiro		
3 – Separado (desquitado/divorciado/separado judicialmente)		V 10
4 – Viúvo		
6A – A) EM QUAL CIDADE VOCE NASCEU?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____		
(ANOTAR CIDADE)		V 11
B) QUAL ESTADO?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____		
(ANOTAR ESTADO)		V 12
C) VOCÊ JÁ MOROU EM OUTRAS CIDADES?		
1-SIM. QUAL(IS)? _____		
2- NÃO.		
6B – QUAL É A SUA PRINCIPAL OCUPAÇÃO ATUALMENTE?		
01 - Empregado de empresa privada	}	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
02 - Funcionário públicos		
03 - Empresário/empregador		
04 - Profissional liberal		
05 - Pequeno comerciante		
06 - Autônomo	}	VÁ PARA 6C
07 - Aposentado/encostado		
08 - Desempregado a menos de um ano		
09 - Desempregado a mais de um ano	}	VÁ PARA 6D
10 – Outros => VÁ PARA 6C		
11 - Estudante	}	VÁ PARA 6D
12 - Dona de casa		
6C - ESPECIFIQUE A SUA FUNÇÃO ATUAL:		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____		
_____		V 14
VÁ PARA 7		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

6D - ESPECIFIQUE QUAL FOI A SUA ÚLTIMA FUNÇÃO:

---



---

**FATORES COMPORTAMENTAIS:**

7 – ATIVIDADE FÍSICA

V 16

- NAS SUAS ATIVIDADES DIÁRIAS: (**LER AS OPÇÕES**)

01 – Você tem que estar sentado para exercer suas atividades? Você não caminha enquanto trabalha? (Ex.: relojoeiro, radialista, costureira, trabalhador do escritório etc.?)

02 – Você caminha bastante enquanto exerce suas atividades, mas não tem que levar nem carregar coisas pesadas? (Ex.: empregado do comércio, trabalho em indústria ou em escritório, professor etc.)

03 – Você caminha e move muitas coisas ou sobe e desce escadas ou ladeira?

(Ex.: carpinteiro, trabalhador de agricultura, mecânica ou indústria pesada)

04 – Sua atividade requer grande esforço físico, como por exemplo mover ou levantar coisas pesadas ou cortar objetos pesados? (Ex.: construção civil, trabalho agrícola pesado ou indústria)

outros: \_\_\_\_\_

8 – VOCÊ PRÁTICA ALGUMA ATIVIDADE FÍSICA? (caminhada, academia, esportes...)

(SE SIM) QUANTOS DIAS DA SEMANA VOCÊ PRÁTICA ESSA ATIVIDADE?

1 – Não pratica nenhuma atividade física

2 – 1 dia

3 – 2 dias

V 17

4 – 3 dias

5 – 4 dias

6 – 5 dias

7 – 6 dias

8 – Todos os dias da semana

9 – NR

9 – QUANTO TEMPO EM MÉDIA, DURAM ESTAS ATIVIDADES FÍSICAS A CADA VEZ

QUE VOCE PRÁTICA?


---

(Anotar minutos)

V 18

**TABAGISMO**

**10-VOCÊ JÁ FUMOU CIGARROS?**

1 – Sim, no passado, mas não atualmente => **APLICAR A PRÓXIMA (11)**

2 – Sim, e ainda fumo => <b>VÁ PARA 12</b>	V 19
3 – Não=> <b>VÁ PARA 14</b>	
4 – NR => <b>VÁ PARA 14</b>	
11 – QUANTOS ANOS VOCÊ TINHA QUANDO PAROU DE FUMAR? _____	<input type="text"/> <input type="text"/>
(Anotar anos)	V 20
12 – EM MÉDIA, QUANTOS CIGARROS VOCÊ FUMA / FUMAVA POR DIA? _____	<input type="text"/> <input type="text"/>
	V 21
13 – QUANTOS ANOS VOCÊ TINHA QUANDO COMEÇOU A FUMAR REGULARMENTE? _____	<input type="text"/> <input type="text"/>
(Anotar anos)	V 22
14 – VOCÊ FICA EM AMBIENTE FECHADO COM PESSOAS QUE FUMAM CIGARROS OU SIMILARES? (SE SIM) EM MÉDIA, QUANTAS HORAS VOCÊ PASSA NESTES AMBIENTES, POR DIA? Anotar horas: _____	<input type="text"/> <input type="text"/>
77 – Não fica em ambiente fechado com pessoas que fumam	
99 – NR	V 23
<b>CONSUMO DE BEBIDA ALCOÓLICA</b>	
15 – DURANTE OS ÚLTIMOS 12 MESES COM QUE FREQUÊNCIA MÉDIA VOCÊ TEM INGERIDO BEBIDA ALCOÓLICA?	<input type="text"/>
1 – Bebe diariamente	
2 – Bebe 1 a 3 vezes por semana	V 24
3 – Bebe de 4 a 6 vezes por semana	
4 – Bebe de 1 a 3 vezes por mês	
5 – Menos de 1 vez por mês	
6 – Se embriaga ao menos 1 vez por mês	
7 – Nenhuma => VÁ PARA 17	
8 – NR	
16 – QUANTOS COPOS, TAÇAS, GARRAFAS OU LATAS DAS SEGUINTE BEBIDAS	



VOCE CONSUMIU NOS ÚLTIMOS SETE DIAS: (ATENÇÃO ENTREVISTADOR: SE BEBE DIARIAMENTE, CALCULE O CONSUMO) – ANOTAR QUANTIDADE DIRETO NO CAMPO.

CERVEJA:

GARRAFAS (600ml)   V 25

GARRAFAS (long neck) ou LATAS   V 26

VINHO:

GARRAFAS (700ml)   V 27

COPOS   V 28

TAÇAS   V 29

DOSES: (equivalente a 1/3 do copo americano):

UÍSQUE   V 30

CACHAÇA   V 31

VODKA   V 32

LICORES   V 33

OUTRAS   V 34

DOENÇAS EXISTENTES:

17- A) ALGUMA VEZ UM MÉDICO OU OUTRO PROFISSIONAL DE SAÚDE JÁ LHE DISSE QUE VOCÊ TEM/TEVE: (alternar a ordem de leitura)

1 – Sim => APLIQUE “B”

2 – Não

B) QUANTOS ANOS VOCÊ TINHA QUANDO FOI FEITO ESTE DIAGNÓSTICO?

88 – NS

	(A)	(B)
PRESSÃO ALTA	<input type="checkbox"/> V35	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V36
DIABETES	<input type="checkbox"/> V37	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V38
COLESTEROL ALTO	<input type="checkbox"/> V39	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V40

ANGINA	<input type="checkbox"/> V41	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V42
INFARTO DO CORAÇÃO	<input type="checkbox"/> V43	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V44
DERRAME	<input type="checkbox"/> V45	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V46
INSUFICIÊNCIA CARDÍACA	<input type="checkbox"/> V47	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V48
CÁLCULO RENAL	<input type="checkbox"/> V49	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V50
DOENÇA NO RIM?	<input type="checkbox"/> V51	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V52
DIALISE	<input type="checkbox"/> V53	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V54
DEPRESSÃO	<input type="checkbox"/> V55	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V56
VARIZES	<input type="checkbox"/> V57	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V58
DOENÇA DO PULMÃO	<input type="checkbox"/> V59	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V60
VOCE JÁ FEZ UMA ANGIOPLASTIA OU CIRURGIA CARDÍACA?	<input type="checkbox"/> V61	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V62
CÂNCER (especificar o tipo) _____	<input type="checkbox"/> V63	_____ ANOS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V64

## USO DE MEDICAÇÕES

18-A) VOCÊ ESTÁ ATUALMENTE TOMANDO REMÉDIO OU FAZENDO ALGUM TRATAMENTO PARA ALGUMA DESTAS DOENÇAS?

1 – Citou => APLIQUE “B”

2 – Não citou

## B) QUAIS REMÉDIOS?

90 – NR

(A)		(B)	
PRESSÃO ALTA	<input type="checkbox"/> V65	_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V66
		_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V67
DIABETES	<input type="checkbox"/> V68	_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V69
		_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V70
COLESTEROL	<input type="checkbox"/> V71	_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V72
		_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V73
ANGINA	<input type="checkbox"/> V74	_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V75
		_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V76
INFARTO DO CORAÇÃO	<input type="checkbox"/> V77	_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V78
		_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V79
DERRAME	<input type="checkbox"/> V80	_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V80
		_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V81
INSUFICIÊNCIA CARDÍACA	<input type="checkbox"/> V83	_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V84
		_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V85
CÁLCULO RENAL	<input type="checkbox"/> V86	_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V87
		_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V88
DOENÇA DO RIM	<input type="checkbox"/> V89	_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V89

DEPRESSÃO	<input type="checkbox"/> V92	_____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V90
		_____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V93
		_____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V94
PARA DOR	<input type="checkbox"/> V95	_____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V96
		_____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V97
CÂNCER (especificar o tipo)	<input type="checkbox"/> V98	_____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V99
		_____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V100
OUTROS REMEDIOS:	<input type="checkbox"/> V101	_____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V102
		_____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V103

A T L A S – Corações do Brasil

27- Caracterização da sua moradia e tipo de água consumida –  
(Considerar a água utilizada para cozinhar e para beber).

A-Destino do lixo:

1- coletado

2- queimado/enterrado

3- céu aberto

V162

B-Destino de fezes e urina:

1- esgoto

2- fossa

3- céu aberto

V163

C-Tratamento de água no domicílio:

1-Não

2- filtração

3-fervura

4- cloração

5- mineral

V164

D-Abastecimento de água:

1- Rede Pública

2-Poço ou nascente (Mina)

3-Outro

4- NS

Em caso de outro especificar qual: \_\_\_\_\_

V165

<p><b>E-Tipo de cano que passa a água que abastece a cozinha:</b></p> <p>1- galvanizado <input type="checkbox"/></p> <p>2- ferro <input type="checkbox"/> V166</p> <p>3- outro <input type="checkbox"/></p> <p>4- NS Especificar outro: _____</p>	<p><b>F-Tipo de caixa d'água:</b></p> <p>1- plástico <input type="checkbox"/></p> <p>2- cimento <input type="checkbox"/></p> <p>3- outro <input type="checkbox"/></p> <p>4- NS <input type="checkbox"/> V167</p> <p>Especificar outro: _____</p>
<p>Adaptado a Ficha A - do PACS/ PSF/MS- Brasil <sup>(102)</sup></p>	
<p><b>28- HISTÓRIA DOS ÚLTIMOS 5 ANOS- MUDANÇA DE HÁBITOS DE VIDA E ALIMENTARES</b></p>	
<p><b>A-O médico ou outro profissional de saúde disse que você tem hipertensão?</b></p> <p>1- Sim <input type="checkbox"/> V168</p> <p>2- Não <input type="checkbox"/></p>	<p><b>B-O médico ou outro profissional de saúde disse que você tem colesterol alto?</b></p> <p>1- Sim <input type="checkbox"/> V169</p> <p>2- Não <input type="checkbox"/></p>
<p><b>C-O médico ou outro profissional de saúde disse que você tem diabetes?</b></p> <p>1- Sim <input type="checkbox"/> V170</p> <p>2- Não <input type="checkbox"/></p>	<p><b>D-O médico ou outro profissional de saúde disse que você tem outro tipo de doença?</b></p> <p>1- Sim ⇒ <b>VÁ PARA E</b> <input type="checkbox"/> V171</p> <p>2- Não <input type="checkbox"/></p>
<p><b>E-Doenças ou Condição Referida:</b></p> <p>1-Gravidez <input type="checkbox"/></p> <p>2-Alcoolismo <input type="checkbox"/></p> <p>3-Chagas <input type="checkbox"/> V172</p> <p>4- Outras: _____</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Medicação e Dieta</b></p>	
<p><b>F-Faz ou fez dieta para tratamento de doença?</b></p> <p>1- Sim <input type="checkbox"/></p> <p>2- Não <input type="checkbox"/> V173</p> <p><b>G- Quem prescreveu?</b></p> <p>(1) Nutricionista <input type="checkbox"/></p> <p>(2) Médico <input type="checkbox"/> V174</p> <p>(3) Outro profissional de saúde <input type="checkbox"/></p>	<p><b>H-No último ano você tomou algum medicamento?</b></p> <p>1- Hipertensão arterial <input type="checkbox"/></p> <p>2- Dislipidemias <input type="checkbox"/> V175</p> <p>3- Diabetes <input type="checkbox"/></p> <p>4-Outros: _____ (especificar)</p>

<p><b>I-</b>Nas duas últimas semanas você tomou algum medicamento?</p> <p>1- Hipertensão arterial <input type="checkbox"/></p> <p>2- Dislipidemias <input type="checkbox"/> V176</p> <p>3- Diabetes</p> <p>Outros: _____ (especificar)</p>	<p><b>J-Medicação</b> <input type="checkbox"/></p> <p>1- Aspirina (duas últimas semanas) V177</p> <p>2-Anticoncepcional oral (duas últimas semanas)</p> <p>3- Reposição hormonal (seis últimos meses)</p> <p>4- Minerais 5- Vitaminas</p> <p>6- Creatinina 7- Sulfato ferroso</p>
<p><b>K-Ficou hospitalizado?</b> <input type="checkbox"/></p> <p>1- Sim <input type="checkbox"/> V178</p> <p>2- Não</p> <p>Motivo: _____</p>	<p><b>L-Em caso e doença você procura?</b> <input type="checkbox"/></p> <p>1- Hospital <input type="checkbox"/> V179</p> <p>2- Unidade de Saúde</p> <p>3- UPA</p> <p>4- Outro</p> <p>Especificar: _____</p>
<p><b>M-Alterou seus hábitos de vida?</b> <input type="checkbox"/></p> <p>1- Não <input type="checkbox"/> V180</p> <p>2- Parei de fumar</p> <p>3- Parei de beber</p> <p>4- Mudei a intensidade da atividade física</p> <p>a- Diminui; b- Aumentou c-Manteve. <input type="checkbox"/> V181</p> <p>5- Mudei a alimentação <input type="checkbox"/> V182</p> <p>a-Melhorou o consumo de verduras e legumes ? Quantos tipos ao dia? _____</p> <p>b-Melhorou o consumo de frutas? Quantas ao dia? _____</p> <p>c-Reduziu o consumo de doces? _____</p> <p>d- Reduziu o consumo de frituras? _____</p> <p>e- Introduziu alimentos integrais? Se sim, Quais? _____</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual a frequência semanal? _____</li> </ul>	
<p><b>N- Tem pai e mães vivos?</b> <input type="checkbox"/></p> <p>1- Sim, os dois <input type="checkbox"/> V183</p> <p>2- Sim, só a mãe</p> <p>3- Sim, só o pai</p> <p>4- Não ⇒ <b>VÁ PARA 29, se preciso</b></p> <p>80- NS</p>	<p><b>O- Idade e Causa do Falecimento</b> <input type="checkbox"/></p> <p>80- NS V184</p> <p>1- Mãe _____ anos Causa _____</p> <p>2- Pai <input type="checkbox"/> anos Causa _____</p> <p>⇒ <b>VÁ PARA 29, se preciso</b></p>
<p><b>29- SOMENTE PARA MULHERES:</b></p>	

<b>A- QUANTOS ANOS VOCÊ TINHA QUANDO TEVE SUA PRIMEIRA MENSTRUACÃO?</b> 80 – NS	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> V193
<b>B- VOCÊ AINDA ESTÁ TENDO MENSTRUACÃO?</b> 1 – Sim, como de costume ⇒ <b>VÁ PARA D</b> 2 – Sim, mas com irregularidades ⇒ <b>VÁ PARA D</b> 3 – Não ⇒ <b>APLIQUE A PRÓXIMA</b>	<input type="checkbox"/> V194
<b>C- QUANTOS ANOS VOCÊ TINHA QUANDO SUA MENSTRUACÃO DESAPARECEU COMPLETAMENTE?</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>D- – VOCÊ ESTÁ FAZENDO USO DE TERAPIA DE REPOSIÇÃO HORMONAL?</b> 1 – Sim 2 – Não	V195 <input type="checkbox"/> V196
<b>E- VOCÊ ESTÁ TOMANDO PÍLULA OU INJEÇÃO ANTICONCEPCIONAL?</b> 1 – Sim 2 – Não	<input type="checkbox"/> V197
A T L A S – Corações do Brasil	
<b>OBS: Reveja se todas as perguntas foram respondidas, agradeça, solicite os contatos e marque novo encontro.</b>	

**MUITO OBRIGADO(A) PELA SUA COLABORAÇÃO AGUARDE O CONTATO TELEFÔNICO DOS COORDENADORES**

**ENTREVISTADOR:** PREENCHER OS DADOS COM LETRA DE FORMA BEM LEGÍVEL.

NOME \_\_\_\_\_

ENDEREÇO

\_\_\_\_\_

BAIRRO \_\_\_\_\_

ENTREVISTADOR

\_\_\_\_\_

REVISÃO \_\_\_\_\_ CHECAGEM: \_\_\_\_\_

**CONTATOS (anotar o DDD)**

TELEFONE RESIDENCIAL \_\_\_\_\_

TELEFONE PARA RECADO: \_\_\_\_\_

CELULAR : \_\_\_\_\_ OPERADORA : \_\_\_\_\_

TELEFONE COMERCIAL : \_\_\_\_\_

E-MAIL : \_\_\_\_\_

**ANEXO V -ORIENTAÇÕES GERAIS DO MANUAL DE INSTRUÇÕES PARA O ENTREVISTADOR****Objetivo do Estudo**

Identificar os fatores de risco para doenças cardiovasculares no município de , MG, através da aplicação de questionário domiciliar, por amostragem.

**Aspectos Éticos da Pesquisa**

1. Apresentar-se ao informante, devidamente documentado, inclusive usando um crachá próprio, citando as instituições que estão envolvidas na realização do estudo em questão: UFOP, PMOP, sua profissão e o lugar onde estuda.
2. Explicar ao selecionado os objetivos da pesquisa e solicitar sua permissão para realizar a entrevista.
3. Assegurar aos entrevistados o SIGILO SOBRE AS INFORMAÇÕES FORNECIDAS e sua utilização exclusivamente voltada para a finalidade do estudo das condições de saúde e nutrição dos voluntários entrevistados.
5. Aconselhar a procura de uma Unidade de Saúde, não só em caso de enfermidades, mas de forma regular para o monitoramento e vacinação de rotina.

**INSTRUÇÕES GERAIS**



Na administração dos questionários devem-se seguir algumas regras gerais:

1. Formular as perguntas exatamente como está escrito, sem enunciar as alternativas de respostas. Caso necessário, repetir a pergunta da mesma forma e, em último caso, enunciar todas as opções. **TOMAR CUIDADO PARA NÃO INDUZIR AS RESPOSTAS.**
2. Se a pessoa entrevistada não responde ou não entende, deve-se formular a pergunta uma terceira vez usando outras palavras com o mesmo significado das perguntas originais;
3. Deve-se anotar as respostas sem realizar nenhuma interpretação; **CIRCULAR** a alternativa respondida e ao revisar **PREENCHER** os quadrados respectivos;
4. Sempre que houver dúvida, escrever por extenso a resposta do informante e deixar para o supervisor decidir ao final do dia;
5. Quando uma resposta de um informante parecer pouco confiável, anotá-la e fazer comentários por escrito para o supervisor decidir;
6. **NÃO DEIXE RESPOSTAS EM BRANCO.** Em dúvida entre em contato com seu supervisor;
7. As siglas NS e NR referem-se aos termos Não Sabe e Não Respondeu, respectivamente;
8. Ao final do dia não esquecer de **REVISAR AS INFORMAÇÕES COLHIDAS** para identificar possíveis erros e proceder à codificação das perguntas. Anotar cada domicílio visitado no “Relatório Diário de Campo”, assim como a situação dos questionários, agendando possíveis retornos. Nos casos em que não encontrar o informante aguardar nova orientação. Incluir no relatório as perdas de domicílio e o motivo da perda (recusa, casa desocupada, abandonada, etc.). Observe o exemplo a seguir:

Data	Endereço do domicílio	Situação do questionário
1/12	Av. Francisco Salles 206/301. Floresta	Completo
15/12	R. Bernardo Guimarães 123	Perda – casa abandonada
15/03	Av. Assis Chateaubriant 219 - Florestas	Incompleto - Voltar para completá-lo em 18/09 à tarde
16/12	R. São Bartolomeu, 507 Céu Azul	Perda – recusa

9. O indivíduo a ser entrevistado deverá ter idade de 20 anos ou mais.

## **ANEXO V B - ORIENTAÇÕES: TÉCNICA DE AFERIÇÃO DA PRESSÃO ARTERIAL**

1. Deve-se orientar a pessoa que evite as seguintes atividades, pelo menos uma hora antes de medir a pressão arterial: realizar exercícios extenuantes, fumar, tomar medicamentos que afetem a pressão arterial, comer ou beber qualquer coisa que não seja água. Além disso, a pressão arterial pode ser afetada pela bexiga cheia, devendo-se orientar a pessoa a este respeito.
2. A pessoa deve tirar casaco e/ou blusas de manga comprida, que esteja vestindo. Deve levantar a manga da camisa para que o antebraço fique exposto e se possa colocar a correia do aparelho para medir a pressão arterial. A manga não deverá apertar o braço nem se deve colocar a correia em cima da roupa. Se a roupa dificultar para a medição, deve-se pedir a pessoa que a tire e coloque uma outra camisa de manga curta.

3. O exame deve ser realizado num recinto tranqüilo ou silencioso com a temperatura controlada.
  4. O aparelho usado deve ter 12 -12,5 cm de largura, o suficiente para cobrir no mínimo 2/3 do antebraço.
  5. A pressão arterial deve ser medida depois de um **descanso de pelo menos 5 minutos**, sentado usando o braço **direito**, exceto quando houver deformidade. Ao estar sentado, o braço da pessoa deve estar apoiado sobre a mesa de tal maneira que a fossa anticubital fique no mesmo nível do coração. Para consegui-lo, deve-se modificar a posição da pessoa na cadeira, ou então pode-se levantar ou abaixar o braço sobre o apoio cômodo. A pessoa, objeto da medição, deve estar sempre cômoda.
  6. Deve-se colocar bem a correia para evitar que se mova. O tubo de borracha deve cobrir a artéria braquial. A borda inferior da correia deve estar dois a três centímetros acima da fossa cubital. A borda superior da correia não pode estar limitada pela roupa.
  7. A pessoa deve estar numa posição cômoda em relação a mesa onde se realiza o exame. Uma vez transcorridos os cinco minutos nesta posição (período durante o qual pode se explicar o processo da aferição à pessoa examinada).
  - 8- A pessoa deve manter a mão direita aberta.
- O examinador:
- A) Apertar 1 vez o botão SPHY/CLOCK
  - B) Apertar 2 vezes o botão START (Deve-se estabelecer um nível máximo de insuflação. Trata-se do nível em que deve chegar a pressão na mesma medição da pressão arterial)
  - C) Os valores da pressão arterial e da pulsação devem ser anotados.
9. Se não obter um resultado, deve-se ajustar o manguito para o braço, ou ajustar a medida para uma pressão mais elevada (170/200/240) e **refazer o procedimento da leitura após 5 minutos no mínimo.**
  - 10-O examinador anota os valores de três medições. A cada medida o examinador deve levantar o braço da pessoa durante 5 minutos, para deixar que o sangue volte as veias do antebraço.

## ANEXOVI – MODELO DA FICHA A UTILIZADA PELO MINISTÉRIO DA SAÚDE.

Ficha A					SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE					UF:
SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE ATENÇÃO BÁSICA										
UBS:										
NÚMERO DO PRONTUÁRIO				ESF RESPONSÁVEL				DATA		
ENDEREÇO				Nº		COMPL.		BAIRRO		
TELEFONE				TELEFONE CONTATO				CEP		
MUNICÍPIO		SEGMENTO		ÁREA		MICROÁREA		FAMÍLIA		
LOCALIZAÇÃO: ZONA URBANA ( ) ZONA RURAL ( )							PROCEDÊNCIA			

## SITUAÇÃO DA MORADIA E SANEAMENTO

TIPO DE CASA		ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
TIJOLO/ADOBE		REDE PÚBLICA	
TAIPA REVESTIDA		POÇO OU NASCENTE	
TAIPA NÃO-REVESTIDA		CLORAÇÃO	
MADEIRA		OUTROS (ESPECIFICAR)	
MATERIAL APROVEITADO		TRATAMENTO DA ÁGUA NO DOMICÍLIO	
OUTRO (ESPECIFICAR)		FILTRAÇÃO	
Nº DE CÔMODOS/PEÇAS		FERVURA	
ENERGIA ELÉTRICA		SEM TRATAMENTO	
DESTINO DO LIXO		DESTINO DE FEZES E DE URINA	
COLETADO		SISTEMA DE ESGOTO (REDE GERAL)	
QUEIMADO / ENTERRADO		FOSSA	
CÉU ABERTO		CÉU ABERTO	

## OUTRAS INFORMAÇÕES





## **ANEXO VII - DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO URBANO DE OURO PRETO/MG.**

### **ANEXO VII A - Sistemas de abastecimento urbano**

Sistema: Itacolomi

Cor: Vermelho

Reservatórios: ETA Itacolomi, RVA , RRP, RMC, RCX

Redes: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 35 e abastece reservatório VII (Sistema Encardideira) e Bairro Nossa Senhora do Carmo

Tipo de água: Superficial captada em córrego.

Sistema: Nossa Senhora do Carmo

Cor: Rosa

Reservatórios: RNH

Redes: 7 e Bairro Nossa Senhora do Carmo

Tipo de água: Mistura da ETA Itacolomi e superficial captada em córrego.

Sistema: Sistema VII - Encardideira

Cor: Lilás

Reservatórios: Reservatório VII

Redes: 12

Tipo de água: Mistura de água da ETA Itacolomi, água captada em mina de ouro desativada e água superficial oriunda do Reservatório Passa Dez.

Sistema: São João

Cor: Verde

Reservatórios: RSJ

Redes: 22, 23

Tipo de água: Superficial captada em córrego; eventualmente abastecida por caminhão pipa.

Sistema: Jardim Botânico

Cor: Azul escuro

Reservatórios: Passa Dez (RPDD2), Reservatório S. Cristóvão Proj Sorria

Redes: 16, 17 e abastece Reservatório 15 de agosto, RPI, e pode abastecer o RRS

Tipo de água: Superficial captada em córrego.

Sistema: Sistema III

Cor: Azul turquesa

Reservatórios: RCX3, RRS

Redes: 15, 24

Tipo de água: Subterrânea captada em mina de ouro desativada.

Sistema: Sistema IX - Piedade

Cor: Azul esverdeado

Reservatórios: RPI

Redes: 18, 19, 20, 21 e abastece o reservatório VII (sist. Encadideira)

Tipo de água: Mistura de água subterrânea captada em mina de ouro desativada e superficial oriunda do Reservatório Passa Dez.

Sistema: Sistema 15 de agosto  
Cor: Preto  
Reservatórios: Reservatório 15 de agosto  
Redes: 20, 19  
Tipo de água: Mistura de água subterrânea captada em mina de ouro desativada e superficial oriunda do Reservatório Passa Dez.

Sistema: Sistema IV – Água Limpa  
Cor: Cinza  
Reservatórios: RAL  
Redes: 25, 26, 27, 28, 29  
Tipo de água: Subterrânea captada em mina.

Sistema: Sistema V - Banheira  
Cor: Roxo  
Reservatórios: Banheira, Reservatório Vila São Jose  
Redes: 14  
Tipo de água: Subterrânea captada em mina.

Sistema: Sistema II  
Cor: Vermelho escuro  
Reservatórios: -  
Redes: 33  
Tipo de água: Subterrânea captada em mina de ouro desativada.

Sistema: Sistema VIII – João Augusto e Sistema CATRA  
Cor: Laranja  
Reservatórios: -  
Redes: 31, 32 (a rede 31 e abastecida por RPI também)  
Tipo de água: Mistura de água superficial (fonte) e subterrânea captada em mina de ouro desativada.

Sistema: Sistema XII – São Sebastião  
Cor: Bege  
Reservatórios: RSS  
Redes: 30 (e abastecida por CPP proveniente do RCX3)  
Tipo de água: Mistura de água superficial e dois poços artesianos.

Sistema: Pico do Amor  
Cor: Verde limão  
Reservatórios: Reservatório Pico do Amor  
Redes: 36  
Tipo de água: Mistura de água subterrânea captada em mina de ouro desativada e superficial oriunda do Reservatório Passa Dez.

Sistema: Saramenha de cima  
Cor: Verde escuro  
Reservatórios: -  
Redes: 34  
Tipo de água: Superficial captada em três córregos.

Sistema: Água De empresa  
Cor: Amarelo  
Reservatórios: Água tratada de Empresa  
Redes: 13  
Tipo de água: Poço artesiano.

**Total de tipos água nos sistemas estudados:**

Superficial: 04

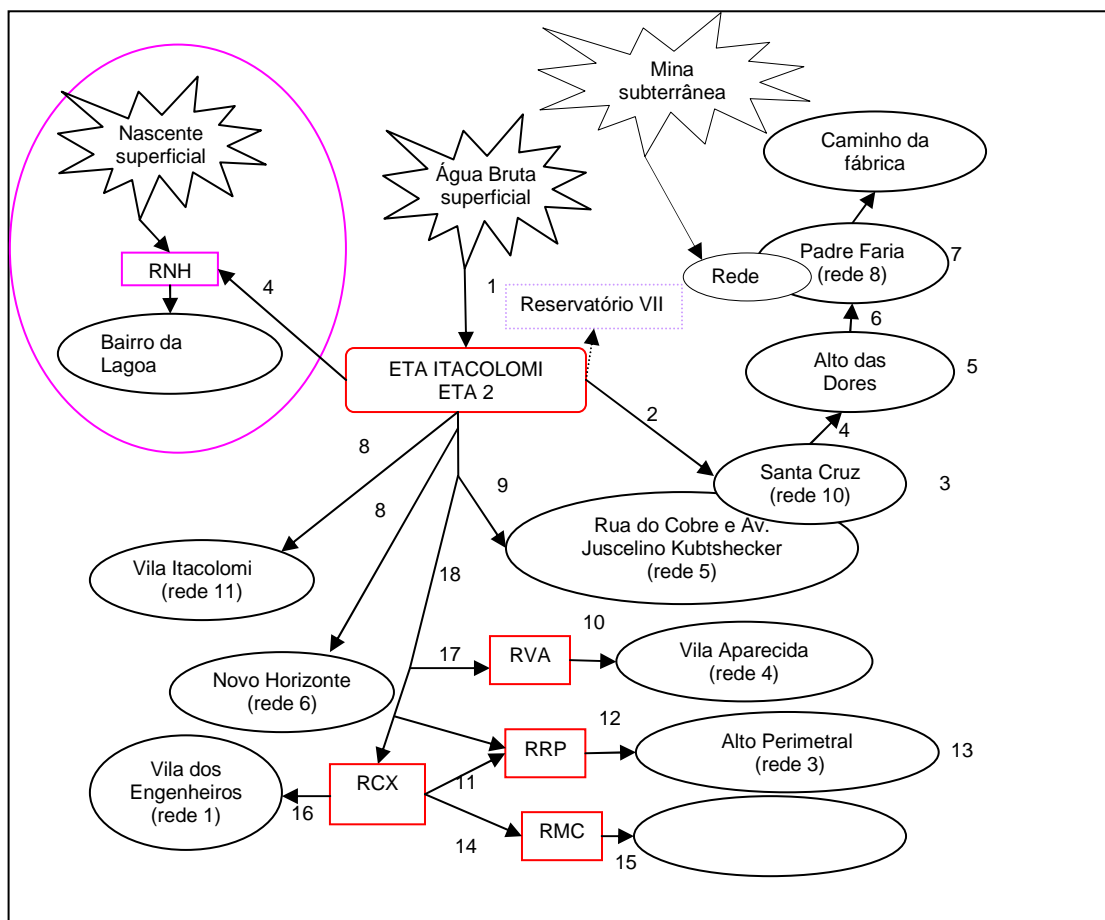
Subterrânea: 04

Misturada: 07

Poço artesiano: 01

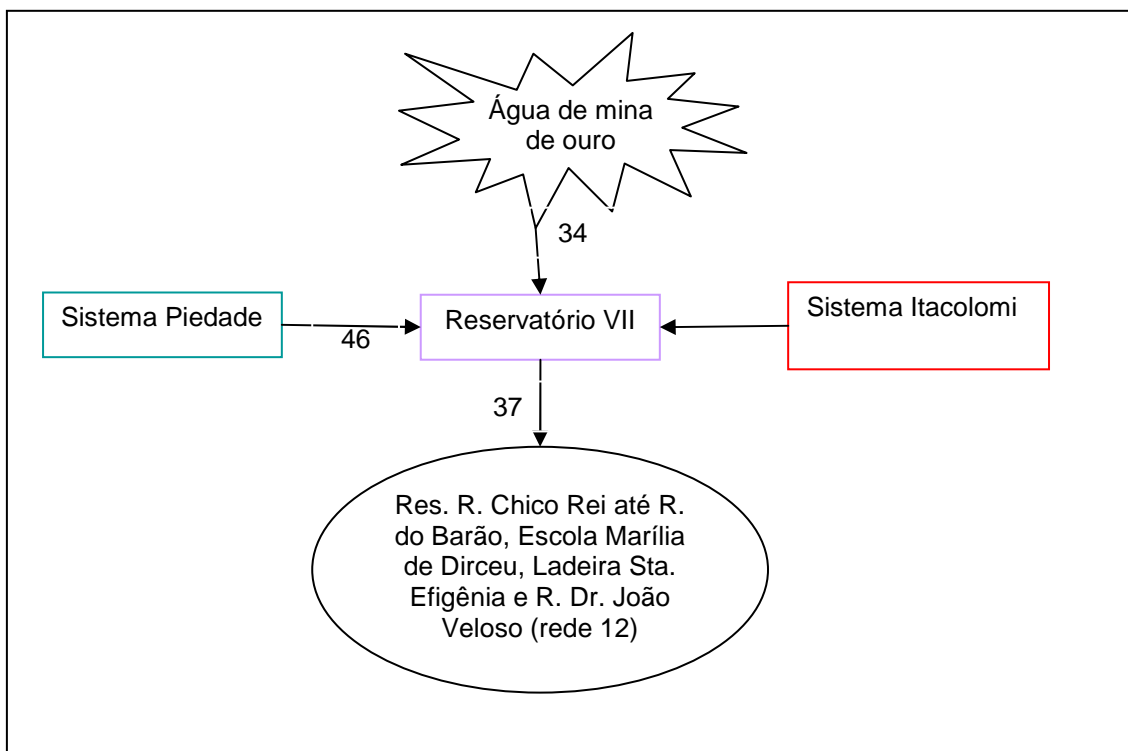


## ANEXO VII B- Fluxogramas dos sistemas da rede de abastecimento



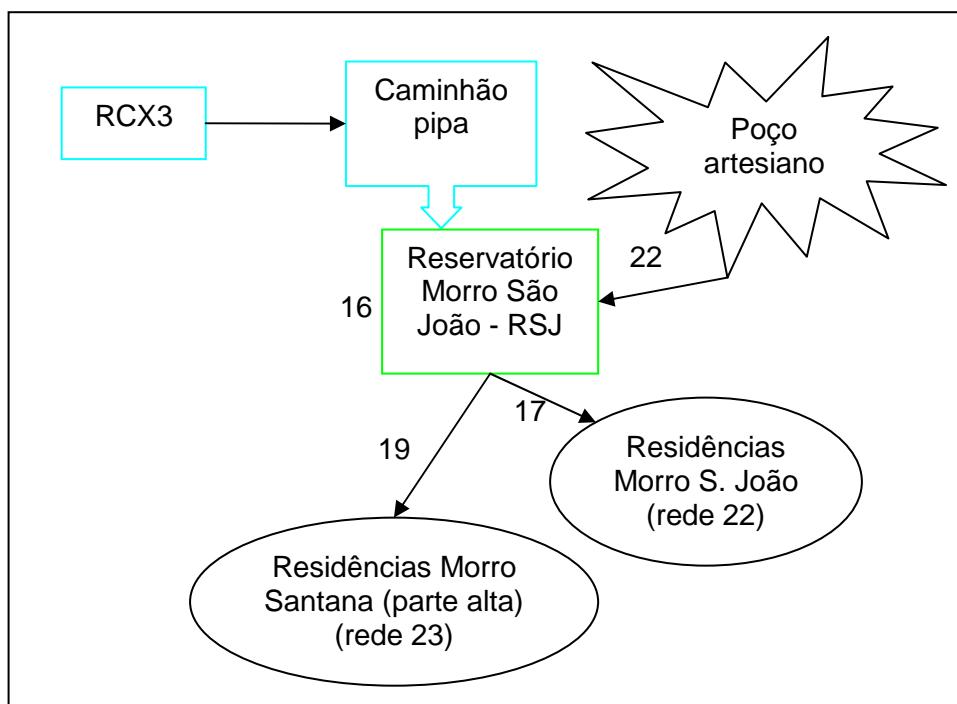
Legenda:

1. SISTEMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ITACOLOMI (S01)
2. SISTEMA NOSSA SENHORA DO CARMO (RNH) (S02)



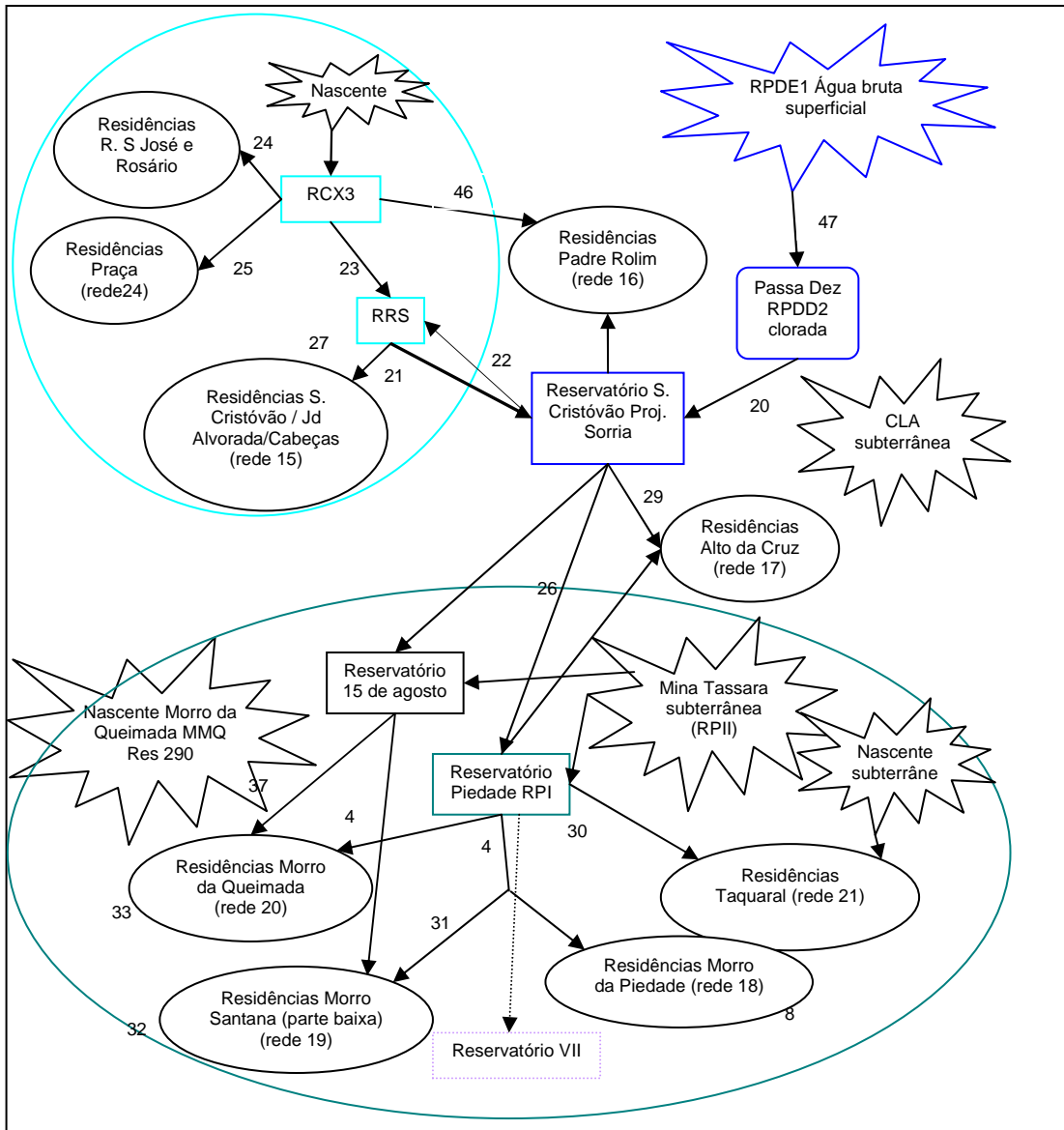
Legenda:

### 3. SISTEMA VII – ENCARDIDEIRA (S03)



Legenda:

### 4. SISTEMA SÃO JOÃO (S04)



Legenda:

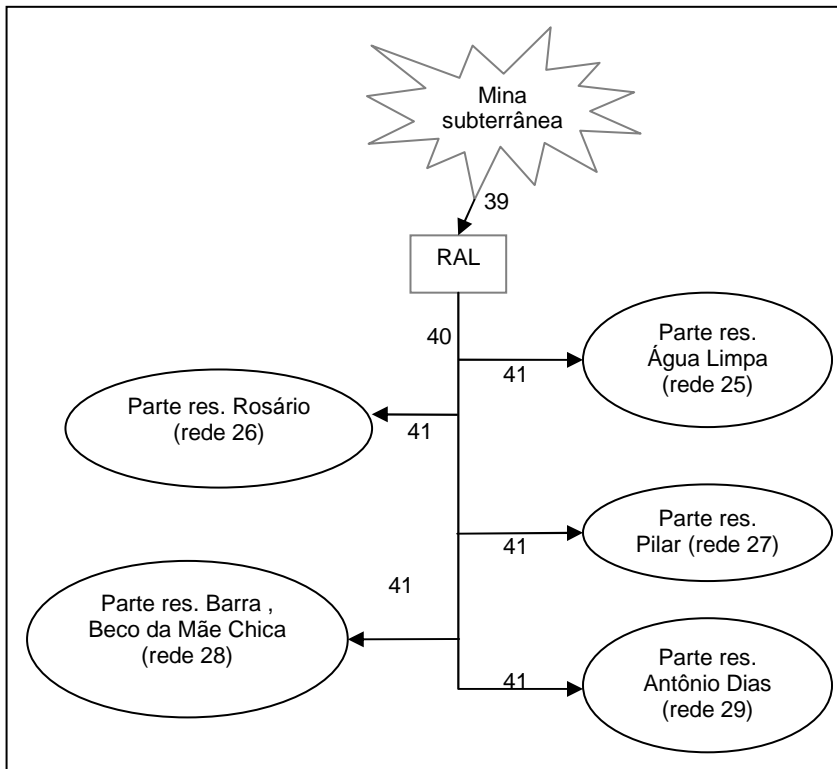
**5. SISTEMA JARDIM BOTÂNICO (S05)**

**6. SISTEMA III (S06)**

**7. SISTEMA IX – PIEDADE (S07)**

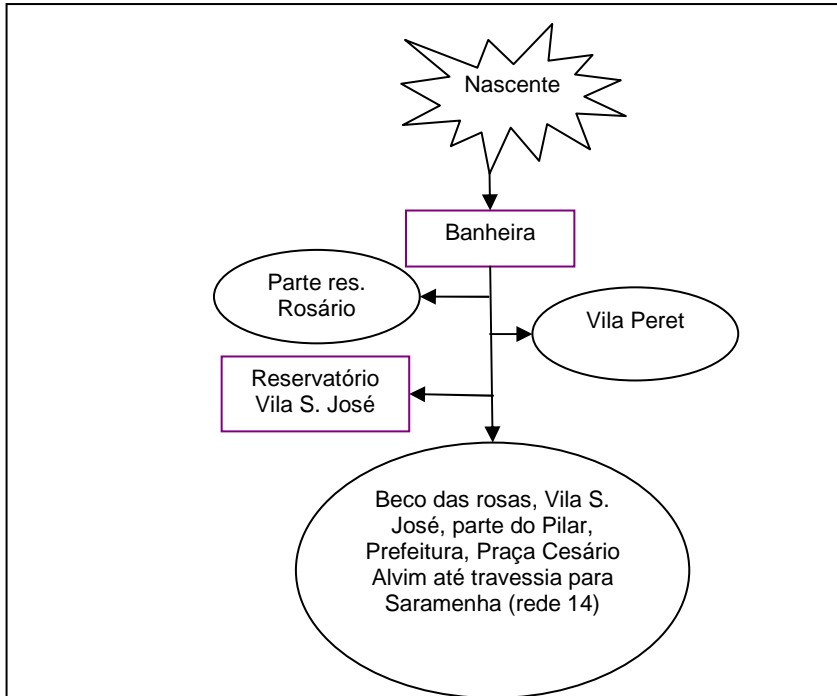
**8. SISTEMA 15 DE AGOSTO (S08)**

Observação: Algumas minas abastecem os bairros Passa Dez, Morro São João, Taquaral, Morro da Queimada, Piedade.



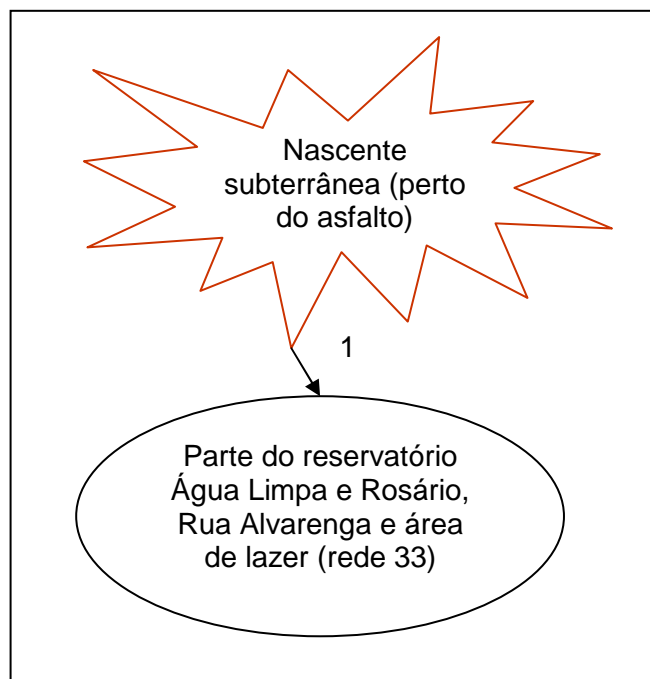
Legenda:

### 9. SISTEMA IV - ÁGUA LIMPA (S09)



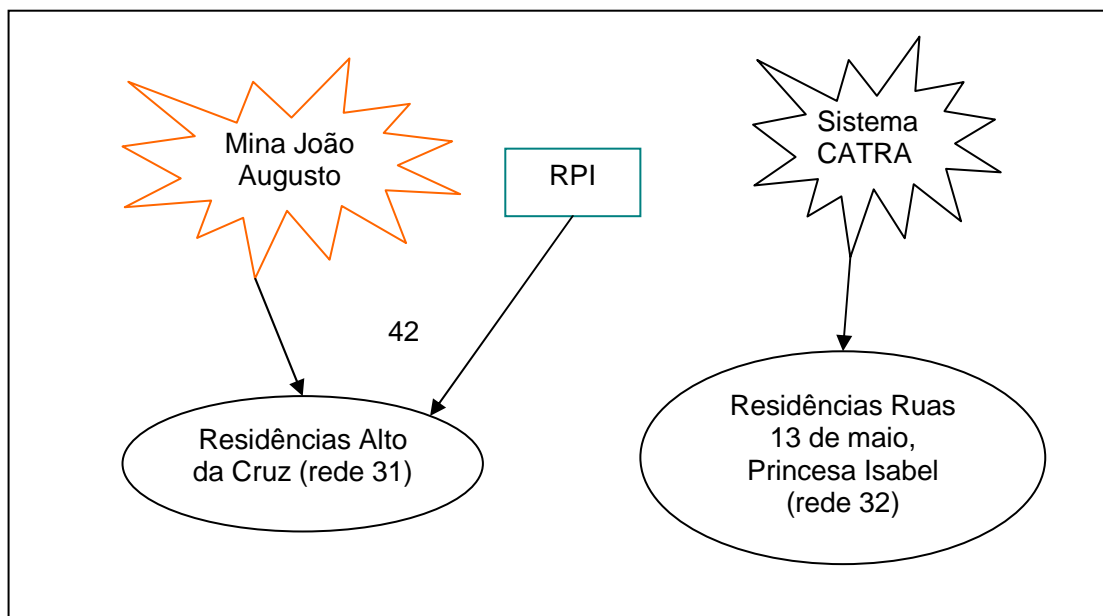
Legenda:

### 10. SISTEMA V – BANHEIRA (S10)



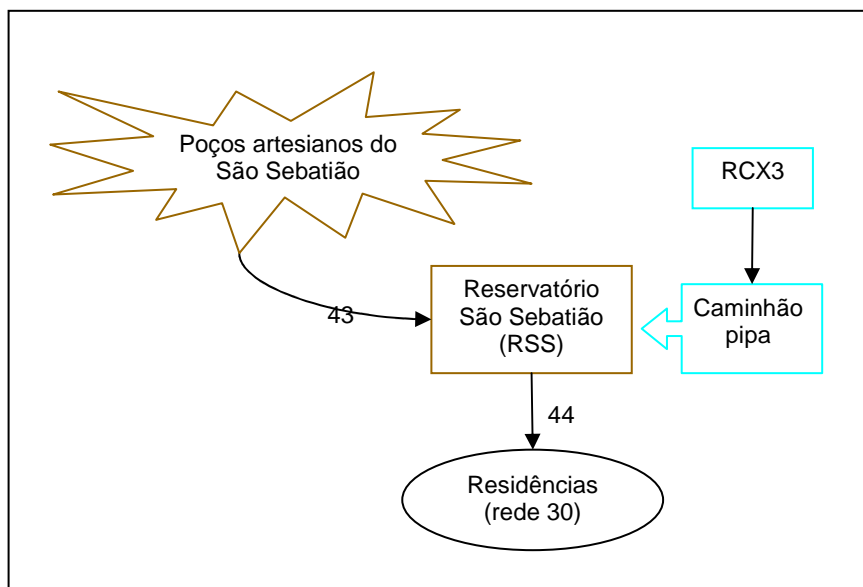
Legenda:

**11. SISTEMA II (S11)**



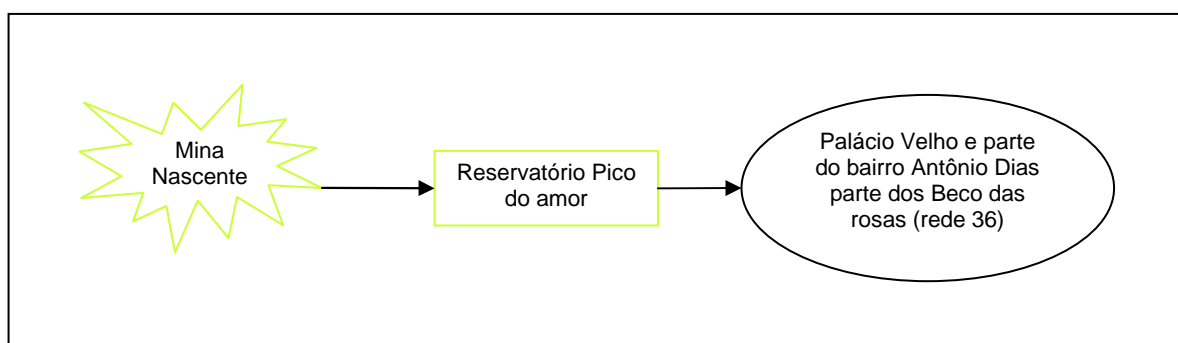
Legenda:

**12. SISTEMA VIII - JOÃO AUGUSTO E SISTEMA CATRA (S12)**



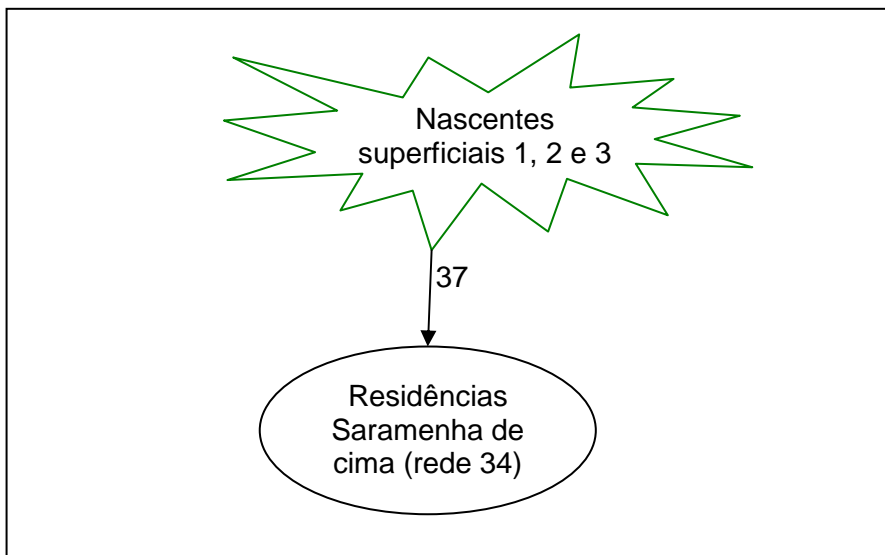
Legenda:

### 13. SISTEMA XII – SÃO SEBASTIAO (S13)



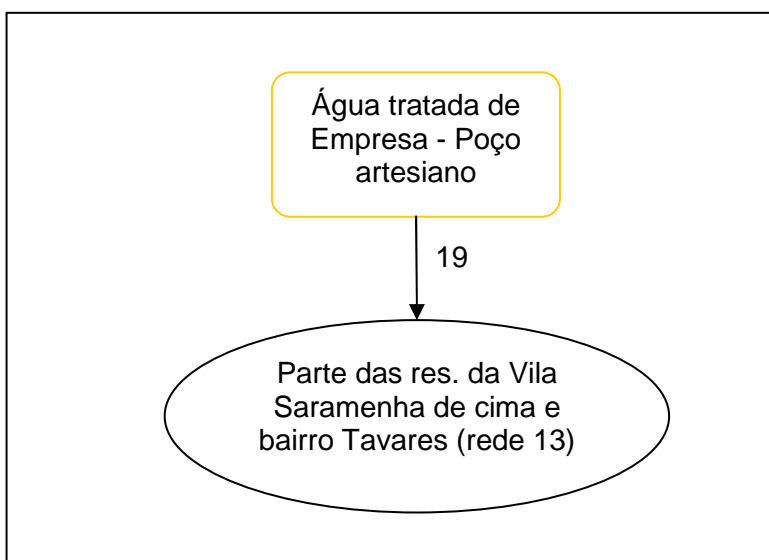
Legenda:

### 14. SISTEMA PICO DO AMOR (S14)



Legenda:

**15. SISTEMA SARAMENHA DE CIMA (S15)**



Legenda:

**16. SISTEMA ÁGUA DE EMPRESA – PARTICULAR (S16)**

)

## ANEXO VII C - As redes que compõem os sistemas

### S09- SISTEMA ITACOLOMI

- Rede 1: Água bruta (AB) → ETA Itacolomi → RCX(Caixa 600) → Residências Vila dos Engenheiros: 152.
- Rede 2: Água bruta → ETA Itacolomi → RCX (Caixa 600) → RMC → Residências Bauxita e Morro do Cruzeiro: 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 18, 22, 23, 25, 32, 33, 36, 38, 41, 45, 54, 60, 62, 67, 98, 137, 159, 191, 196, 310, 318, 352, 364, 368, 400.
- Rede 3: Água bruta → ETA Itacolomi → RCX (Caixa 600) + RRP → Residências Alto Perimetral: 4, 11, 13, 14, 15, 16, 31, 42, 47, 48, 50, 65, 66, 139.
- Rede 4: Água bruta → ETA Itacolomi → RVA → Residências Vila Aparecida: 141, 160, 161, 162, 198, 222, 260, 267.
- Rede 5: Água bruta → ETA Itacolomi → Residências Rua do Cobre: 17, 140 e Av. Juscelino Kubtshecker: 12.
- Rede 6: Água bruta → ETA Itacolomi → Residências Novo Horizonte: 231, 232, 234, 237, 238, 240, 241, 262, 330.
- Rede 8: Água bruta → ETA Itacolomi → Santa Cruz → Alto das Dores → Residências Padre Faria (Caminho da fábrica) : 172, 173, 177, 180, 181, 183, 185, 187, 190, 197, 204, 210, 211, 263, 304, 305, 321, 328, 331, 332, 333, 337, 341, 346, 353, 369, 374, 381, 385, 394.
- Rede 9: Água bruta → ETA Itacolomi → Santa Cruz → Residências Alto das Dores: 175, 179.
- Rede 10: Água bruta → ETA Itacolomi → Residências Santa Cruz: 145, 168, 170, 188, 205, 208, 209, 311, 312, 315, 320, 350, 355, 397, 398, 399.



- Rede 11: Água bruta → ETA Itacolomi → Residências da Vila Itacolomi: 7, 61, 77, 255.
- Rede 35: Sistema Itacolomi + Água de mina de ouro → Residências Padre Faria: 182, 184, 189, 194, 195, 199, 203, 336, 339, 349, 391

### S02- SISTEMA NOSSA SENHORA DO CARMO

- Rede 7: Água bruta Nascente → Reservatório RNH → Residências Bairro da Lagoa: 40, 55.

### S03- SISTEMA VII – ENCARDIDEIRA

- Rede 12: Água de mina de ouro + Sistema Itacolomi + Sistema Piedade → Reservatório 7 → Res. R. Chico Rei até R. do Barão, Escola Marília de Dirceu, Ladeira Sta. Efigênia e R. Dr. João Veloso: 63, 92, 276, 344, 345, 367, 373, 390.

### S04- SISTEMA SÃO JOÃO

- Rede 22: RCX3 → Caminhão Pipa } → Reservatório Morro São João →  
RSJ e  
Nascentes  
Residência Morro São João: 176.
- Rede 23: RCX3 → Caminhão Pipa } → Reservatório Morro São João- →  
RSJ e Nascentes  
Residências Morro Santana (parte alta): 103, 107, 108, 115, 119, 120, 121, 122, 124, 130, 133, 134, 206, 212, 213, 217, 221, 233, 236, 247, 254, 256, 273, 275, 309, 384, 386.

### S05- SISTEMA JARDIM BOTÂNICO

- Rede 16: Nascente Caixa 3 (RCX3) → Res. P. Rolim  
Água bruta RPDE1 → Reserv. Passa Dez – RPDD2. → RRS – Reserv. S. Cristóvão  
215, 224, 228, 245, 261, 274, 383





### S11- SISTEMA II

- Rede 33: Nascente → Parte das residências da Água Limpa e Rosário, R. Alvarenga e área de lazer: 144, 150, 169, 218, 226, 249, 259.

### S12- SISTEMA VIII - MINA JOÃO AUGUSTO E SISTEMA CATRA

- Rede 31: Nascente (mina João Augusta) + RPI → Residências Alto da Cruz: 80, 138, 201, 229, 284, 380.
- Rede 32: Sistema Catra → Residências ruas 13 de maio e Princesa Isabel: 88, 360

### S13- SISTEMA XII - SÃO SEBASTIÃO

Rede 30: Nascentes → RSS → Residências São Sebastião: 104, 105,  
 RCX3 → CPP ↗ 125, 127, 128, 135, 136, 163, 174, 186, 214, 242.

### S14- SISTEMA PICO DO AMOR

Rede 36: Mina Nascente → Reservatório Pico do amor → Palácio Velho e parte do bairro Antônio Dias parte dos Beco das rosas: 74 e 90.

### S15- SISTEMA SARAMENHA DE CIMA

- Rede 34: Nascentes 1, 2 e 3 → Residências Saramenha de cima: 35, 378.

### S16- SISTEMA ÁGUA DE EMPRESA

- Rede 13: Água tratada (ANA) → Parte das residências da Vila Saramenha de Cima (antes do Projeto Sorria): 34, 37, 44, 49, 51, 52, 53, 64, 111, 319, 375, 393 e Residências do Bairro Tavares: 21, 39, 46.

## ANEXO VII D- Adutoras correspondentes ao sistema de abastecimento

O sistema de abastecimento urbano de ouro Preto/MG possui redes ramificadas (condutos dispostos a partir de um conduto principal central), chegando nas casas usualmente através de tubulações galvanizadas e de PVC de ½ polegada (").

- 1 – Ferro fundido 8" bombeamento
- 2 - Ferro fundido 2.1/2"
- 3 – PVC 2.1/2, 3" (derivações Santa Cruz)
- 4 – PVC rígido 3"
- 5 – PVC 2", 3", 1.1/4" (derivações Alto das Dores)
- 6 – Parte aço galvanizado 2" e parte ferro fundido 3" (gravidade)
- 7 – PVC 1.1/4" e 3/4" (derivações Padre Faria)
- 8 – Ferro fundido 3"
- 9 – Ferro fundido
- 10 – Aço galvanizado 5", 4" e 3"
- 11 – Ferro fundido 5", 4", 3" e 2" bombeamento
- 12 – Aço galvanizado 2"
- 13 – Ferro fundido até a delegacia e depois PVC
- 14 – Ferro fundido 4" e PVC 4", 3", 2" e 2.1/2" bombeamento
- 15 – PVC rígido ½"
- 16 – Ferro fundido 4", 3", 2" e aço galvanizado ¾ ou 1"
- 17 - Ferro fundido 4", 3" (bombeamento) e PVC 4"
- 18 – Ferro fundido 8"
- 19 – Ferro fundido e PVC de 1.1/2", 2"
- 20 – Ferro fundido e aço 8"
- 21 – Aço galvanizado 2", 1", ¾" e ½" (São Cristóvão)
- 22 – PVC 8"
- 23 – Aço galvanizado 4"
- 24 – Ferro fundido 5" (R. São José e Rosário) por gravidade
- 25 – Ferro fundido 4" (Praça Tiradentes) bombeamento
- 26 – PVC rígido 6" e amianto 8"
- 27 – PVC rígido 4" (Jd. Alvorada)
- 28 – PVC 1.1/4", 3", 2.1/2, 1" (derivações)
- 29 – PVC rígido 5" por gravidade
- 30 – PVC rígido 4", 3.1/2", 3", 2.1/2"
- 31 – Ferro fundido 6" ou 5" bombeamento

- 32 – PVC 1.1/2" e 3/2" (derivações)
- 33 – PVC 1.1/2" e 3/2" e aço galvanizado 3/4"
- 34 – PVC 1.1/2"
- 35 – Ferro fundido 1.1/2" (Rede principal até o bar do Darci) e restante PVC 1.1/4" e uma parte aço galvanizado (próximo a escola/Igreja)
- 36 – Ferro fundido 3" e amianto 2", 1", 3/4"
- 37 – PVC 2.1/2"
- 38 – mangueira e PVC (22 Jd Bot)\*
- 39 – Ferro fundido 6" ou 8" por gravidade
- 40– Ferro fundido
- 41– Aço galvanizado 1/2"
- 42 – Ferro fundido 2.1/2" e aço galvanizado 1/2"
- 43 – PVC bombeamento
- 44 – Aço galvanizado 2" e PVC 2.1/2"
- 45 – mangueira e PVC
- 46 – Ferro fundido 6"
- 47 – Canaleta de cimento

**Fonte:** Fluxogramas elaborados pôr Cléia Costa Barbosa, mediante as informações de dados fornecidos pela Secretaria de Obras e SEMAE da PMOP, confirmados pôr Daniel Bittencourt - funcionário responsável pelo setor.

**ANEXO VIII - QUADROS (A, B, C, D, E, F): DESCRIÇÃO DOS DADOS OBSERVADOS EM RELAÇÃO AOS ELEMENTOS ANALISADOS NA ÁGUA COLETADA.**

Quadro A - Valores gerais sobre as amostras coletadas na água de abastecimento que apresentaram valores alumínio (Al) acima do máximo recomendado pela portaria 518 / MS. Ouro Preto/MG, 2006/2007

Elemento	Localização		Amostra	Valor (µg/L)		Datas coleta		Dia anterior	Dia da coleta	Dia anterior	Dia da coleta	Temp. Média	Ph médio	Temp. Média	Ph médio	Última Higieneização*	Rede de abastecimento		Quantidade de Habitantes por Domicílio	Tipo de encanamento	Tipo de caixa d'água
	Bairro/Setor	PACS		Seco	chuvoso	seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	seco	chuvoso	Em 6 meses	Rede	Sistema							
AL	Vila Aparecida	PACS IV	RVA	18,81	236,8	16/09/06	05/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	nublado	21,13	7,18	19,3	5,87	não	4	1	-	Ferro fundido	Cimento
	Vila dos Engenheiros	PACS IV	RCX	10,46	368,5	19/08/06	18/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	chuvoso	19,9	6,41	20,23	5,98	não	1,2,3	1	-	Ferro fundido	Cimento
	Morro do Cruzeiro	PACS III9	1	30,78	285,3	25/07/06	11/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	nublado	17,37	8,81	22,1	6,18	sim	2	1	5 a 6	PVC	Polietileno/Plástico
	Vila Itacolomy	PACS III	7	22,42	225,5	18/08/06	18/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	nublado	25,5	8,03	25,53	6,69	sim	11	1	4	PVC	Fibra/amiante
	Morro do Cruzeiro	PACS III	10	19,72	224	21/07/06	12/01/07	Não choveu	Claro	Claro	claro	21,07	8,81	22,37	6,16	não	2	1	3	PVC	Fibra/amiante
	Bauxita	PACS III	11	22,34	211,7	13/07/06	12/01/07	Não choveu	Claro	Chuva forte	claro	18,8	8,88	22,53	6,21	não	3	1	3	PVC	Fibra/amiante
	Bauxita	PACS III	15	≤LQ	213,8	20/07/06	06/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	nublado	17,93	7,3	23,37	6,3	não	3	1	4	Galvanizado/ferro fundido	Polietileno/plástico
	Bauxita	PACS III	17	17,83	225,5	09/08/06	18/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	nublado	19,2	7,87	24,27	6,48	sim	5	1	7 a 8	PVC	Fibra/amiante
	Morro do Cruzeiro	PACS III	188	21,29	253,3	25/07/06	05/01/07	Não choveu	Claro	Chuva forte	chuvoso	22,87	9,48	20,7	6,51	sim	2	1	5 a 6	PVC	Fibra/amiante
	Bauxita	PACS III	31	16,31	297,3	19/07/06	12/01/07	Não choveu	Claro	Chuva forte	claro	20,37	8,25	22,3	6,18	não	3	1	4	PVC	Fibra/amiante
	Morro do Cruzeiro	PACS III	45	15,11	272,1	21/07/06	12/01/07	Não choveu	Claro	Chuva forte	claro	16,47	8,55	21,9	6,05	não	2	1	7 a 8	PVC	Fibra/amiante
	Bauxita	PACS III	47	21,06	209,2	31/08/06	08/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	chuvoso	15,77	8,96	21,9	6,23	não	3	1	4	PVC	Fibra/amiante
	Lagoa	PACS III	55	17,76	295,7	19/07/06	18/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	claro	17,07	8,74	25,47	6,98	não	7	2	+ de 10	PVC	Fibra/amiante
	Bauxita	PACS III	62	25,8	200,2	19/07/06	19/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	nublado	16,38	8,83	21,93	8,41	não	2	1	4	PVC	cimento
	Morro do Cruzeiro	PACS III	98	18,02	255,5	09/08/06	08/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	chuvoso	17,1	8,58	22,03	5,88	sim	2	1	2	PVC	Fibra/amiante
	Bauxita	PACS III	140	64	327,5	09/08/06	18/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	nublado	21,07	7,76	24,6	7,06	sim	5	1	4	PVC	Fibra/amiante
	Santa Cruz	PACS II	145	27,49	229,3	12/08/06	18/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	claro	22	8,2	23,97	8,57	sim	10	1	2	PVC	Fibra/amiante
	Morro do Cruzeiro	PACS III	159	12,23	285,8	25/07/06	05/01/07	PACS II	Claro	Chuva forte	claro	18,83	8,36	20,83	6,04	sim	2	1	3	PVC	Fibra/amiante

Continuação...

AL	Vila Aparecida	PACS V	161	25,14	331,8	11/08/06	19/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva leve	claro	18,9	8,38	20,27	7,97	não	4	1	5 a 6	PVC	Fibra/amianto
	Santa Cruz	PACS II	168	27,53	216,4	19/08/06	18/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva Leve	nublado	24,6	7,9	21,3	6,73	não sabe	10	1	4	PVC	Fibra/amianto
	Santa Cruz	PACS II	170	48,5	255,5	16/09/06	19/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva Leve	claro	22,57	8,76	21,37	8,23	sim	10	1	5 a 6	PVC	Fibra/amianto
	Padre Faria	PACS II	173	54,1	277,1	19/08/08	18/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva Leve	claro	22,43	9,22	21	8,84	não	8	1	5 a 6	Galvanizado/ferro fundido	Fibra/amianto
	Alto das Dores	PACS I	175	7,5	208,2	01/09/06	18/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva leve	claro	17,87	6,43	21,1	7,02	Não	9	1	7 a 8	PVC	Fibra/amianto
	Padre Faria	PACS II	180	23,32	210,1	12/09/06	18/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva leve	claro	19,37	7,4	24,7	5,85	Não	8	1	9 a 10	PVC	Fibra/amianto
	Padre Faria	PACS II	181	14,49	234,1	12/09/06	18/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	claro	19,4	7,76	23,2	6,77	não	8	1	3	PVC	Fibra/amianto
	Padre Faria	PACS II	197	14,33	231,5	12/09/06	18/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva leve	claro	21,33	7,86	24,5	6,97	não	8	1	4	PVC	Fibra/amianto
	Padre Faria	PACS II	203	33,43	317	16/09/06	15/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva leve	chuvoso	24,97	8,39	22,53	6,39	sim	17	5	2	PVC	cimento
	Padre Faria	PACS II	204	25,82	225,9	19/08/06	18/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva leve	claro	22,3	7,93	20,87	6,92	sim	8	1	+ de 10	PVC	Fibra/amianto
	Vila aparecida	PACS V	222	48,35	318,3	11/08/06	16/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva leve	chuvoso	20,7	8,65	23,5	6,61	não	4	1	2	Galvanizado/ferro fundido	Fibra/amianto
	Novo Horizonte	PACS III	231	19,72	308,9	19/07/06	03/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva forte	chuvoso	17,07	7,85	19,27	5,73	sim	6	1	4	PVC	Fibra/amianto
	Novo Horizonte	PACS III	232	≤LQ	411,7	19/07/06	03/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva forte	chuvoso	18,3	7,17	19,27	5,42	Não se aplica	6	1	2	PVC	Fibra/amianto
	Novo Horizonte	PACS III	234	7,5	214,3	19/07/06	03/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva forte	chuvoso	16,63	7,34	20,04	5,47	sim	6	1	9 a 10	PVC	Poliétileno/Plástico
	Novo Horizonte	PACS III	238	86,4	300	19/07/06	03/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva forte	chuvoso	18,3	9,37	19,6	5,67	não	6	1	1	PVC	Fibra/amianto
	Novo Horizonte	PACS III	240	12,8	226,6	19/07/06	03/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva forte	chuvoso	19,4	6,87	19,9	5,4	não	6	1	5 a 6	PVC	Fibra/amianto
	Novo Horizonte	PACS III	262	12,02	330,6	19/07/06	03/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva forte	chuvoso	22	7,44	20,37	5,41	não	6	1	5 a 6	PVC	Fibra/amianto
	Vila Aparecida	PACS V	267	25,8	233,3	11/08/06	19/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva leve	claro	22,5	8,7	25,03	7,17	não	4	1	4	Galvanizado/ferro fundido	Fibra/amianto
	Padre Faria	PACS II	304	12,68	212	08/09/06	15/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	chuvoso	16,3	8,1	22,37	6,27	não	8	1	4	PVC	Fibra/amianto
	Morro do Cruzeiro	PACS III	310	13,86	274,9	03/09/06	19/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	claro	17,73	7,39	23,13	8,32	não	2	1	2	PVC	Fibra/amianto



Continuação...

AI	Santa Cruz	PACS II	311	27,21	286,1	12/08/06	12/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	claro	18,7	9,03	21,13	6,16	sim	10	1	3	PVC	Fibra/amianto
	Padre Faria	PACS II	197	14,33	231,5	12/09/06	18/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva leve	claro	21,33	7,86	24,5	6,97	não	8	1	4	PVC	Fibra/amianto
	Padre Faria	PACS II	203	33,43	317	16/09/06	15/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva leve	chuvoso	24,97	8,39	22,53	6,39	sim	17	5	2	PVC	Cimento
	Padre Faria	PACS II	204	25,82	225,9	19/08/06	18/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva leve	claro	22,3	7,93	20,87	6,92	sim	8	1	+ de 10	PVC	Fibra/amianto
	Vila aparecida	PACS V	222	48,35	318,3	11/08/06	16/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva leve	chuvoso	20,7	8,65	23,5	6,61	não	4	1	2	Galvanizad o/ferro fundido	Fibra/amianto
	Novo Horizonte	PACS III	231	19,72	308,9	19/07/06	03/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva forte	chuvoso	17,07	7,85	19,27	5,73	sim	6	1	4	PVC	Fibra/amianto
	Novo Horizonte	PACS III	232	≤LQ	411,7	19/07/06	03/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva forte	chuvoso	18,3	7,17	19,27	5,42	Não se aplica	6	1	2	PVC	Fibra/amianto
	Novo Horizonte	PACS III	234	≤LQ	214,3	19/07/06	03/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva forte	chuvoso	16,63	7,34	20,04	5,47	sim	6	1	9 a 10	PVC	Polietileno/ Plástico
	Novo Horizonte	PACS III	238	86,4	300	19/07/06	03/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva forte	chuvoso	18,3	9,37	19,6	5,67	não	6	1	1	PVC	Fibra/amianto
	Novo Horizonte	PACS III	240	12,8	226,6	19/07/06	03/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva forte	chuvoso	19,4	6,87	19,9	5,4	não	6	1	5 a 6	PVC	Fibra/amianto
	Novo Horizonte	PACS III	262	12,02	330,6	19/07/06	03/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva forte	chuvoso	22	7,44	20,37	5,41	não	6	1	5 a 6	PVC	Fibra/amianto
	Vila Aparecida	PACS V	267	25,8	233,3	11/08/06	19/01/07	Não Choveu	Claro	Chuva leve	claro	22,5	8,7	25,03	7,17	não	4	1	4	Galvanizad o/ferro fundido	Fibra/amianto
	Padre Faria	PACS II	304	12,68	212	08/09/06	15/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	chuvoso	16,3	8,1	22,37	6,27	não	8	1	4	PVC	Fibra/amianto
	Morro do Cruzeiro	PACS III	310	13,86	274,9	03/09/06	19/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	claro	17,73	7,39	23,13	8,32	não	2	1	2	PVC	Fibra/amianto
Santa Cruz	PACS II	311	27,21	286,1	12/08/06	12/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	claro	18,7	9,03	21,13	6,16	sim	10	1	3	PVC	Fibra/amianto	

OBS: ≤LQ ou LQA = 7,5µg/L – Limite de Quantificação da Amostra, obtido para a técnica ICP OES.

Quadro B - Valores gerais sobre as amostras coletadas na água de abastecimento que apresentaram valores arsênio (As) acima do máximo recomendado pela legislação brasileira. Ouro Preto/MG, 2006/2007.

Elemento	Localização		Amostra	Valor (µg/L)		Datas coleta		Dia anterior	Dia da coleta	Dia anterior	Dia da coleta	Temp. Média	Ph médio	Temp. Média	Ph médio	Última Higienização*	Rede de abastecimento		Quantidade de Habitantes por Domicílio	Tipo de encanamento	Tipo de caixa d'água
	Bairro/Setor	PACS		Seco	chuvoso	seco	chuvoso	Seco		chuvoso		seco		chuvoso		Em 6 meses	Rede	Sistema			
As	Taquaral	PACS IV	20	18,52	<LD	12/08/06	10/01/07	chuva leve	Claro	não choveu	Claro	18,10	7,08	18,03	7,08	6 meses	21	7	5 a 6	PVC	Fibra/amiante
	Taquaral	PACS IV	283	12,53	<LD	12/08/06	10/01/07	chuva leve	Claro	não choveu	Claro	18,50	7,00	18,5	7,07	1 mês	21	7	9 a 10	PVC	Fibra/amiante
	Piedade	PACS IV	RPII	13,38	<LD	19/08/06	05/01/07			não choveu	Claro	20,40	5,93	20,47	5,86	mais 6 meses		7	-		Cimento
	Lages	PACS II	CLA	17,04	<LD	02/09/06	10/01/07			não choveu	Claro	17,40	5,39	17,37	5,30	mais 6 meses		5	-		Cimento

OBS: LD = limite de detecção que é menor que o  $\leq$ LQ ou LQA = 5µg/L – Limite de Quantificação da Amostra obtido para a técnica polarografia.

Quadro - C Valores gerais sobre as amostras coletadas na água de abastecimento que apresentaram valores cádmio (Cd) cima do Maximo recomendado pela portaria 518 / MS. Ouro Preto/MG, 2006/2007.

Elemento	Localização		Amostra	Valor (µg/L)		Datas coleta		Dia anterior	Dia da coleta	Dia anterior	Dia da coleta	Temp Média	Ph médio	Temp Média	Ph médio	Última Higienizaçã o*	Rede de abastecimento		Quantidade de Habitantes Por Domicílio	Tipo de encanamento	Tipo de caixa d'água
	Bairro/Setor	PACS		Seco	Chuvoso	seco	chuvoso										Seco				
Cd	Piedade	PACS IV	RPI	6,24	≤LQ	19/08/06	05/01/07	Não choveu	claro	Chuva leve	nublado	19,7	6,11	23,43	5,86	Não		7			Cimento
	Passa dez	PACS I	RPD D2	6,24	≤LQ	19/08/06	05/01/07	Não choveu	claro	Chuva leve	nublado	19,73	6,11	23,37	5,86	Não		5		Ferro fundido	Cimento
	N.S. do Carmo	PACSI II	ETA D2	177,96	≤LQ	01/08/06	16/01/07	Não choveu	claro	Não choveu	nublado	16,57	6,96	21,6	6,2	Não		1		Ferro fundido	Cimento
	Vila Aparecida	PACS III	RVA	18,72	0,62	16/09/06	05/01/07	Não choveu	claro	Chove leve	nublado	21,13	7,18	19,3	5,87	Não	4	1		Ferro fundido	Cimento
	São Cristóvão	PACS I	RRS	22,23	2,65	19/08/06	23/01/07	Não choveu	claro	Chove leve	nublado	18,23	6,27	19,6	6,17	Não		12		PVC/Aço galvanizado	Cimento
	Morro São João	PACS IV	RSJ	226	≤LQ	26/08/06	05/01/07	Não choveu	claro	Chove leve	nublado	17,97	6,03	19,5	6,01	Não	30	13		Ferro fundido	Cimento
	Água Limpa	PACS I	RCX3	40,13	7,07	19/08/06	23/01/07	Não choveu	claro	Chuva forte	chuvosos	18,3	5,02	18,5	4,76	Não		6		Ferro fundido/Aço galvanizado	Cimento
	Alto da Cruz	PACS II	RVII	6,23	≤LQ	12/08/06	26/01/07	Não choveu	claro	Não choveu	chuvoso	18,3	7,99	19,83	6,13	Não	12	3		PVC/ Ferro fundido	Cimento
	Piedade	PACS IV	RPII	11,07	1,3	19/08/06	05/01/07	Não choveu	claro	Chuva leve	nublado	20,47	5,86	19,33	5,83	Não		7			Cimento
	Taquaral	PACS IV	26	7,78	≤LQ	12/08/06	10/01/07	Não choveu	claro	Chuva forte	Nublado	31,4	6,83	24,53	5,86	Sim	21	7	2	PVC	Polietileno/plástico
	Morro do Cruzeiro	PACS III	32	8,06	15,7	21/07/06	11/01/07	Não choveu	claro	Chuva leve	Nublado	18,33	7,14	23,4	6,03	Não	2	1	4	PVC	Fibra/amianto
	Bauxita	PACS III	62	9,38	0,28	19/07/06	19/01/07	Não choveu	claro	Chuva leve	Nublado	16,38	8,83	21,93	8,41	Não	2	1	4	PVC	Cimento
	Barra	PACS I	89	6,74	1,95	17/08/06	09/01/07	Não choveu	claro	Chuva forte	chuvoso	24,37	6,83	27,8	5,3	Sim	28	9	5 a 6	Cobre/polipropileno	Fibra/amianto
	Barra	PACS I	93	53,82	267	25/08/06	09/01/07	Não choveu	nublado	Chuva forte	chuvoso	20,8	6,29	22,6	5,15	Sim	28	9	7 a 8	PVC	Polietileno/Plástico
	Antonio Dias	PACS I	95	29,3	≤LQ	17/08/06	10/01/07	Não choveu	claro	Não choveu	Nublado	23,77	6,08	22,7	4,88	Sim	29	9	+ de 10	Ferro fundido/Aço galvanizado	Fibra/amianto
	Antonio Dias	PACS I	99	27,67	1,21	01/09/06	18/01/07	Não choveu	claro	Chuva forte	chuvoso	19,73	6,9	21,3	6,4	Não	29	9	2	PVC	Fibra/amianto
	Morro da Piedade	PACS IV	113	8,23	4,89	15/09/06	16/01/07	Não choveu	claro	Não choveu	Nublado	19,67	7,21	22,47	6,65	Não	18	7	5 a 6	PVC	Fibra/amianto
	Morro São Sebastião	PACS I	136	9,08	≤LQ	27/07/06	17/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	Nublado	20,53	6,82	20,17	7,37	Sim	30	13	3	PVC	Polietileno/Plástico
	Cabeças	PACS IV	142	11,66	5,51	22/07/06	22/01/07	Não choveu	Claro	Chuva forte	Nublado	19,73	6,28	23,2	5,96	Não	15	6	4	PVC	Fibra/amianto
	Morro São João	PACS IV	176	16,1	2,37	17/07/06	17/01/07	Não choveu	Claro	Não choveu	nublado	16,77	6,35	21,1	5,96	Não	22	4	5 a 6	PVC	Direto da rua
	Cabeças	PACS IV	249	1,39	1,39	22/07/06	20/01/07	Não choveu	claro	Não choveu	nublado	16,67	5,98	22,4	6,35	Não	12		5 a 6	PVC	Fibra/amianto
Novelis	PACS III	ANA	23,74	23,74	23/09/06	-	Não choveu	claro	Chuva forte	Chuva forte	20,83	7,52	-	-	-	13	16		PVC/ Ferro fundido	Cimento	
Bauxita	PACS III	RRP	11,23	11,23	23/09/06	23/01/07	Não choveu	claro	Chuva forte	Chuva forte	18,67	6,97	20,33	5,38	Não	3	1		Ferro fundido/Aço galvanizado	Cimento	

Continuação...

Cd	Água Limpa	PACS I	RAL	41,4	41,4	19/08/06	23/01/07	Não choveu	claro	Chuva forte	claro	80,8	6,01	19,33	5,9	Não		9		Ferro fundido/Aço galvanizado	
	Novo Horizonte	PACS III	RNH	≤LQ	71,56	01/08/06	16/01/07	Não choveu	claro	Não choveu	Nublado	20,47	6,43	23,57	6,15	7	2			PVC	Cimento
	Passa Dez	PACS I	RPDEI	7,92	71,56	19/08/06	05/1/07	Não choveu	claro	Chuva leve	Nublado	18,23	6,03	20,27	5,77	não				Canaleta de cimento	Cimento
	Antonio Dias	PACS I	97	1,68	59,16	02/09/06	22/01/07	Chuva leve	Claro	Chuva leve	Chuvoso	17,8	6,41	22,47	6,61	não	29	9	2	PVC	Fibra/amiante
	Pilar	PACS I	143		11,41	25/08/06	16/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	Claro	19,37	6,43	23,6	6,18	não	27	9	4	PVC	Fibra/amiante
	Rosário	PACS I	158	≤LQ	27,27	05/09/06	16/01/07	Chuva leve	Claro	Chuva leve	Chuvoso	18	5,91	25,37	6,36	não	26	9	3	PVC	Fibra/amiante
	Padre Faria	PACS II	197	≤LQ	6,3	12/09/06	18/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	Claro	21,33	7,86	24,5	6,97	não	8	1	4	PVC	Fibra/amiante
	Morro Santana	PACS IV	202	1,48	27,74	16/09/06	22/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	Chuvoso	21,7	6,42	21,43	6,24	não	19	8	3	PVC	Polietileno/Plástico
	São Cristóvão	PACS IV	224	0,29	10,21	06/09/06	20/01/07	Chuva leve	Nublado	Chuva leve	Nublado	12,93	5,61	22,6	5,44	não	16	5	2	PVC	Fibra/amiante
	Centro	PACS VI	270	1,21	22,01	04/09/06	19/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	Claro	19,37	4,73	24,6	5,58	sim	24	6	4	PVC	Polietileno/Plástico
	Água Limpa	PACS I	272	2,57	9,43	29/07/06	21/01/07	Não choveu	Claro	Chuva leve	Chuvoso	18,03	5,15	23,37	4,94	Não se aplica	25	9	1	Galvanizado	Fibra/amiante
	Barra	PACS I	338	0,71	24,16	05/09/06	09/01/07	Chuva leve	Claro	Chuva forte	Chuvoso	18,27	6,14	23,0	5,08	não	28	9	3	PVC	Polietileno/Plástico

OBS: ≤LQ ou LQA = 0,1µg/L – Limite de Quantificação da Amostra obtido para a técnica polarografia.

Quadro D - Valores gerais sobre as amostras coletadas na água de abastecimento que apresentaram valores de chumbo (Pb) acima do Máximo recomendado pela portaria 518 / MS. Ouro Preto/MG, 2006/2007.

Elemento	Localização		Amostra	Valor (µg/L)		Datas coleta		Dia anterior	Dia da coleta	Dia anterior	Dia da coleta	Temp. Média	Ph médio	Temp. Média	Ph médio	Última Higienezação*	Rede de abastecimento		Quantidade de Habitantes Por Domicílio	Tipo de encanamento	Tipo de caixa d'água
	Bairro/Setor	PACS		Seco	Chuvoso	seco	chuvoso										Seco	Chuvoso			
Pb	Piedade	PACS IV	RPI	10,34	1,03	19/08/06	05/01/07	Não choveu	claro	Chuva leve	nublado	19,7	6,11	23,43	5,86	+ 6		7			Cimento
	Passa Dez	PACS I	RPD D2	10,3	2,66	19/08/06	05/01/07	Não choveu	claro	Chuva leve	nublado	19,73	6,11	23,37	5,86	+ 6		5			Cimento
	Morro São João	PACS IV	RSJ	13,3	1,85	26/08/06	05/01/07	Não choveu	claro	Chuva leve	nublado	17,97	6,03	19,5	6,01	+ 6		12			Cimento
	Morro Queimado	PACS IV	MMQ	23,88	2,12	02/09/06	19/01/07	Chuva leve	nublado	Chuva leve	Claro	17,6	5,9	23,07	5,78	+ 6	29	7			Cimento
	Piedade	PACS IV	RPII	10,09	0,65	19/08/06	05/01/07	Não choveu	claro	Chuva leve	nublado	20,47	5,86	19,33	5,83	+ 6		7			Cimento
	Antonio Dias	PACS IX	271	12,68	16,29	05/09/06	10/01/07	Chuva leve	nublado	Chuva leve	Claro	15,04	6,06	25,9	5,99	sim	29	9	5 a 6	PVC	Polietileno/Plástico
	Água Limpa	PACS IX	RAL	≤LQ	14,4	19/08/06	23/01/07	claro	Não choveu	Chuva forte	chuvoso	80,8	6,01	19,33	5,9	+ 6		9			Cimento
	Pilar	PACS IX	143	≤LQ	10,1	25/08/06	16/01/07	Não choveu	claro	Chuva leve	Claro	19,37	6,45	23,6	6,18	+ 6	27	4	4	PVC	Fibra/amiante
	Rosário	PACS I	158	2,31	11,24	16/01/07	16/01/07	Chuva leve	claro	Chuva leve	chuvoso	18	5,91	25,37	6,36	+ 6	26		3	PVC	Fibra/amiante

OBS: ≤LQ ou LQA = 5µg/L – Limite de Quantificação da Amostra obtido para a técnica polarografia.



**ANEXO IX – Tabela A: Legislações vigentes sobre os valores máximos permitidos ( $\mu\text{g/L}$ ) em água de abastecimento para os elementos químicos encontrados com teores elevados.**

Elementos	OMS	Legislação Européia	Legislação Americana	Portaria 518/MS	CONAMA 20/MS	Res.	Res.	Valor
						357 Classe 1 e 2	396	Máximo observado nas Amostras
Alumínio	200,0	200,0	500,0	200,0	100,0	100,0	200,0	528,00
Arsênio	10,0	10,0	50,0	10,0	10,0	10,0	10,0	119,80
Cádmio	3,0	5,0	5,0	5,0	1,0	1,0	5,0	267,00
Ferro	-	200,0	300,0	300,0	300,0	300	300,0	567,00
Chumbo	10,0	-	15,0	10,0	33,0	10,0	10,0	23,88**
Manganês	50,0	50,0	50,0	100,0	50,0	100,0	100,0	106,60

**Nota:** \* Valor máximo observado em ambos os períodos, nas amostras estudadas. Ouro Preto, 2006/2007;  
\*\* este valor foi encontrado em uma mina particular e foi avaliado segundo a Resolução 357. Os outros valores máximos descritos foram todos em águas coletadas em domicílios avaliados pela Portaria 518/MS.

**Fontes:** OMS <[www.busde.ops.oms.org/bv.cg/e/cd/](http://www.busde.ops.oms.org/bv.cg/e/cd/)> -Dagua/index.html.> acessado em 03 de jan, de 2007  
Legislação União Européia- Diretiva 98/83 CE do conselho 03/11/98 relativo a qualidade da água para consumo humano.

Americana/EUA<<http://www.epa.gov/safewater/standards.html>> acesso em 03 de jan de 2007

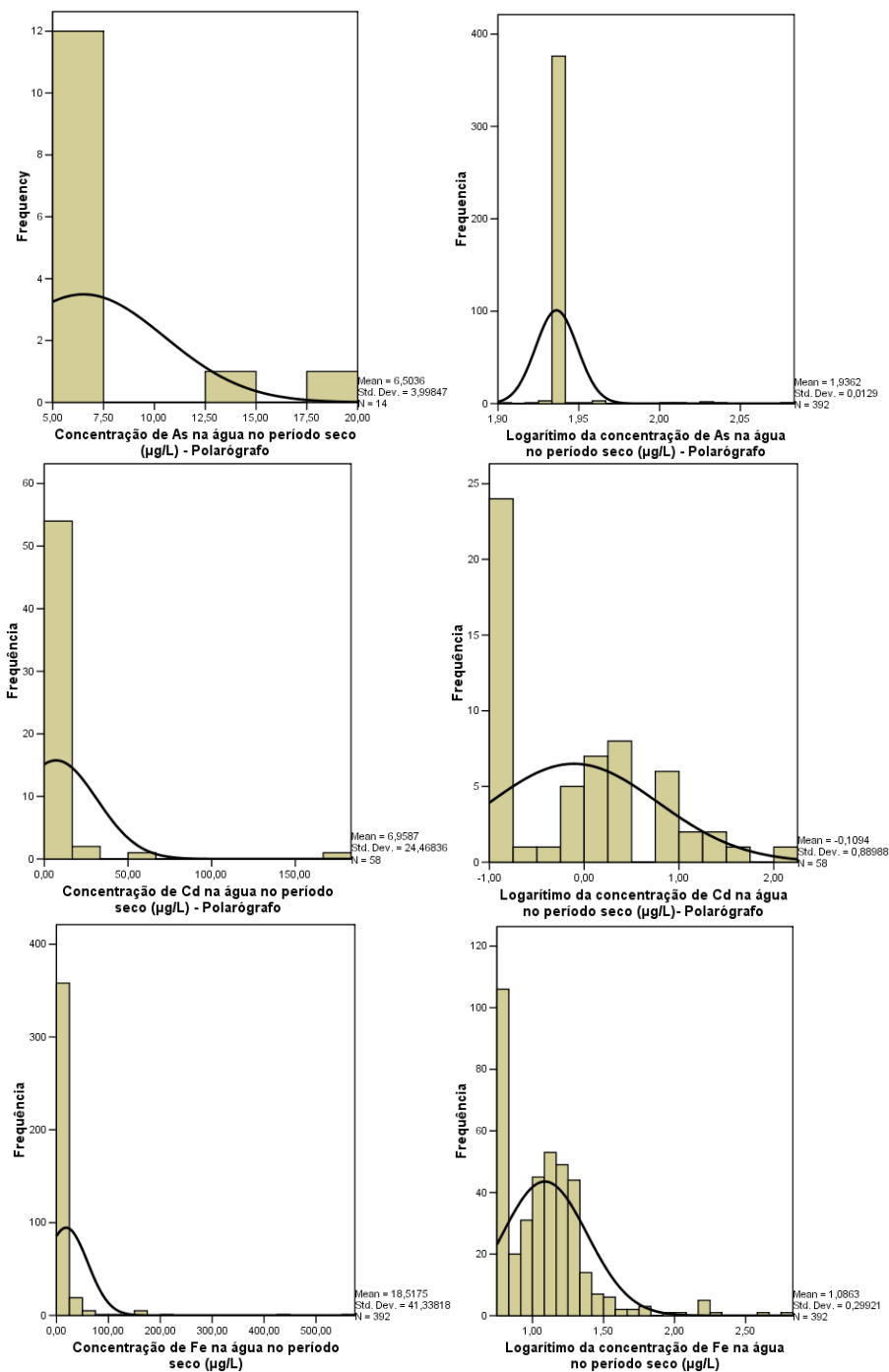
Legislação Brasileira: Portaria nº 518, de 25/02/04 (BRASIL, 2005a\*). Relativo ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Legislação Brasileira: Resolução nº. 20, de 18 de junho de 1986 do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA (1986).

Legislação Brasileira: Resolução nº. 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (2005). Relativo a lançamento de efluentes.

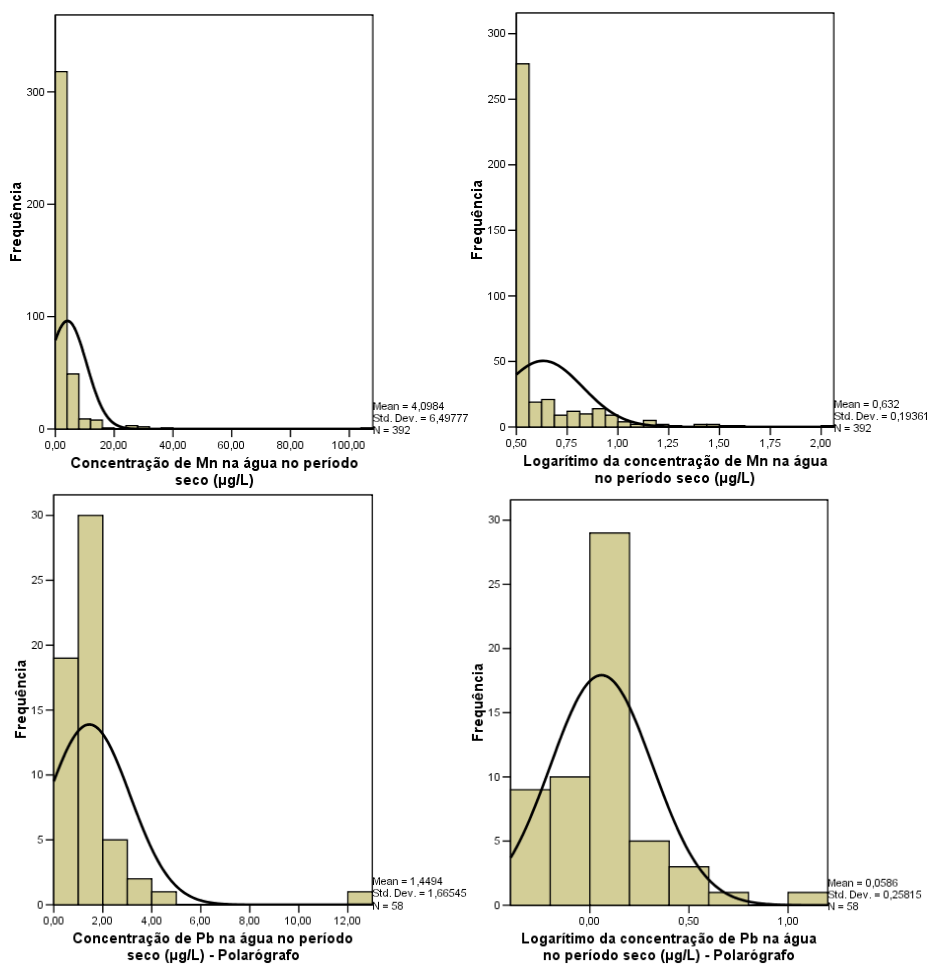
Legislação Brasileira: Resolução nº. 396 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (2008). Relativo ao enquadramento das águas subterrâneas.

**ANEXO X - HISTOGRAMAS DAS CONCENTRAÇÕES ( $\mu\text{g/L}$ ) DOS METAIS E METALÓIDES NAS AMOSTRAS DAS ÁGUAS COLETADAS NO ABASTECIMENTO URBANO. OURO PRETO, 2006/2007.**

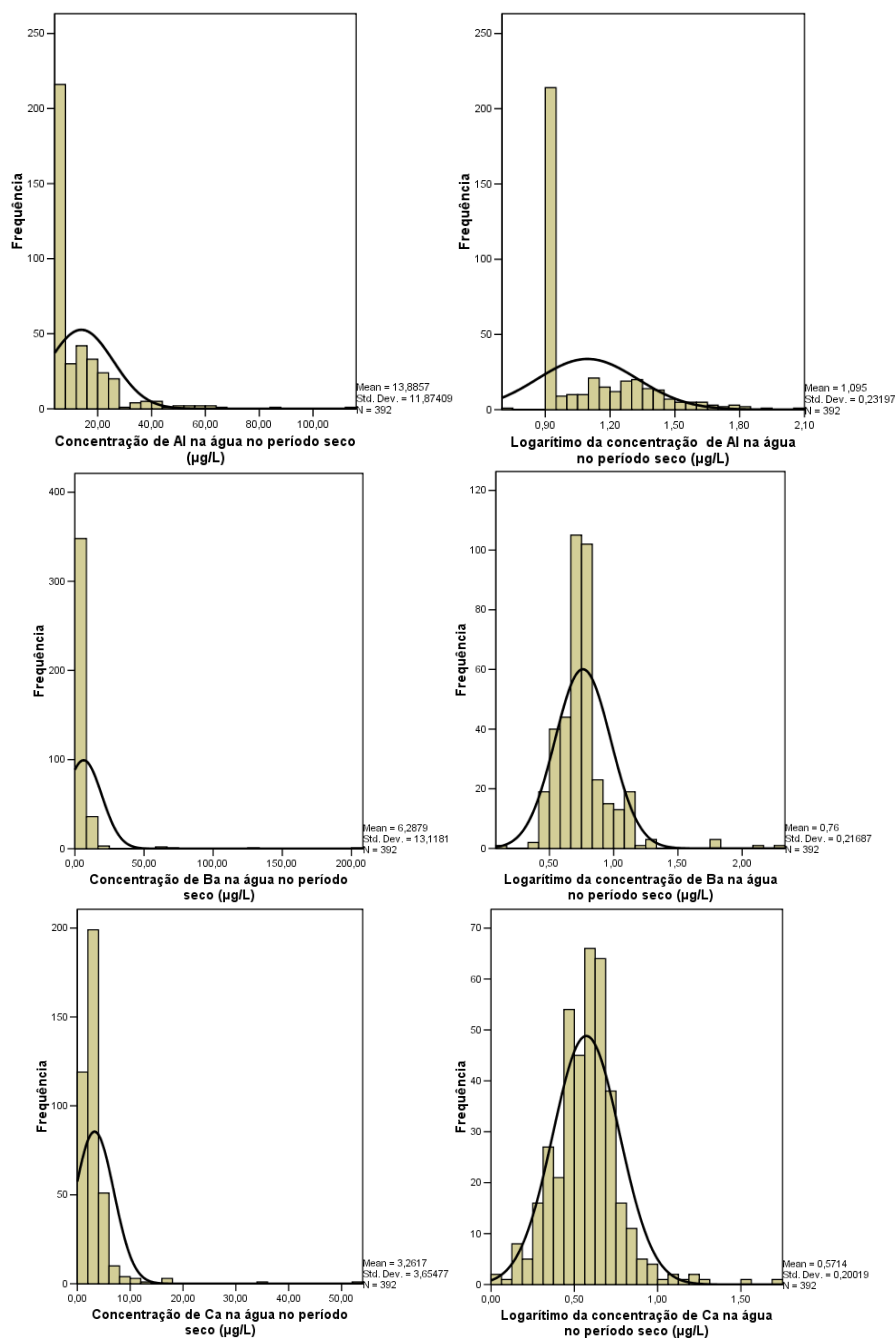


**Figura 20 A:** Representação gráfica dos resultados da análise da concentração dos metais e metalóides com valores acima do máximo permitido pela legislação para a água de abastecimento no período seco. Ouro Preto, 2006.

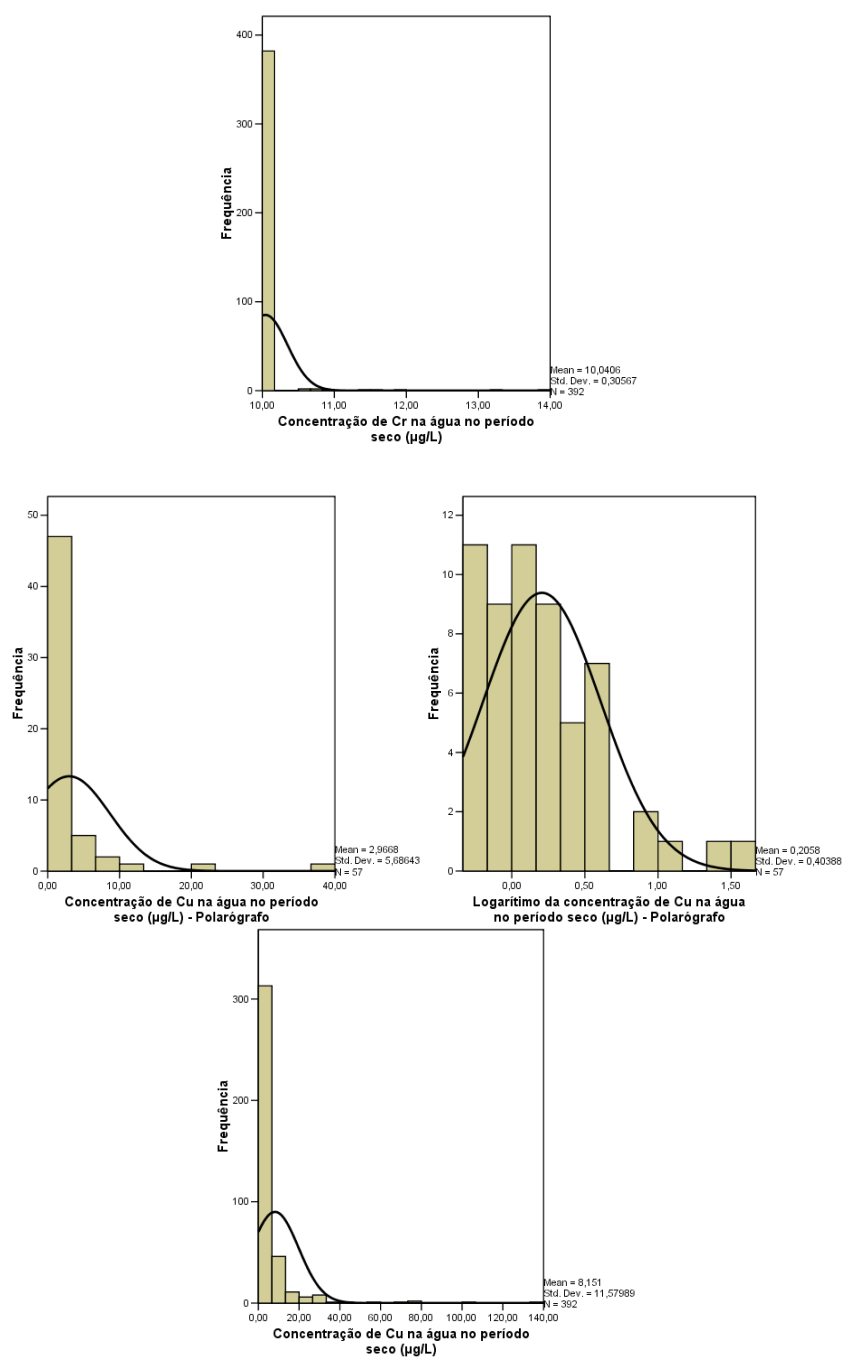




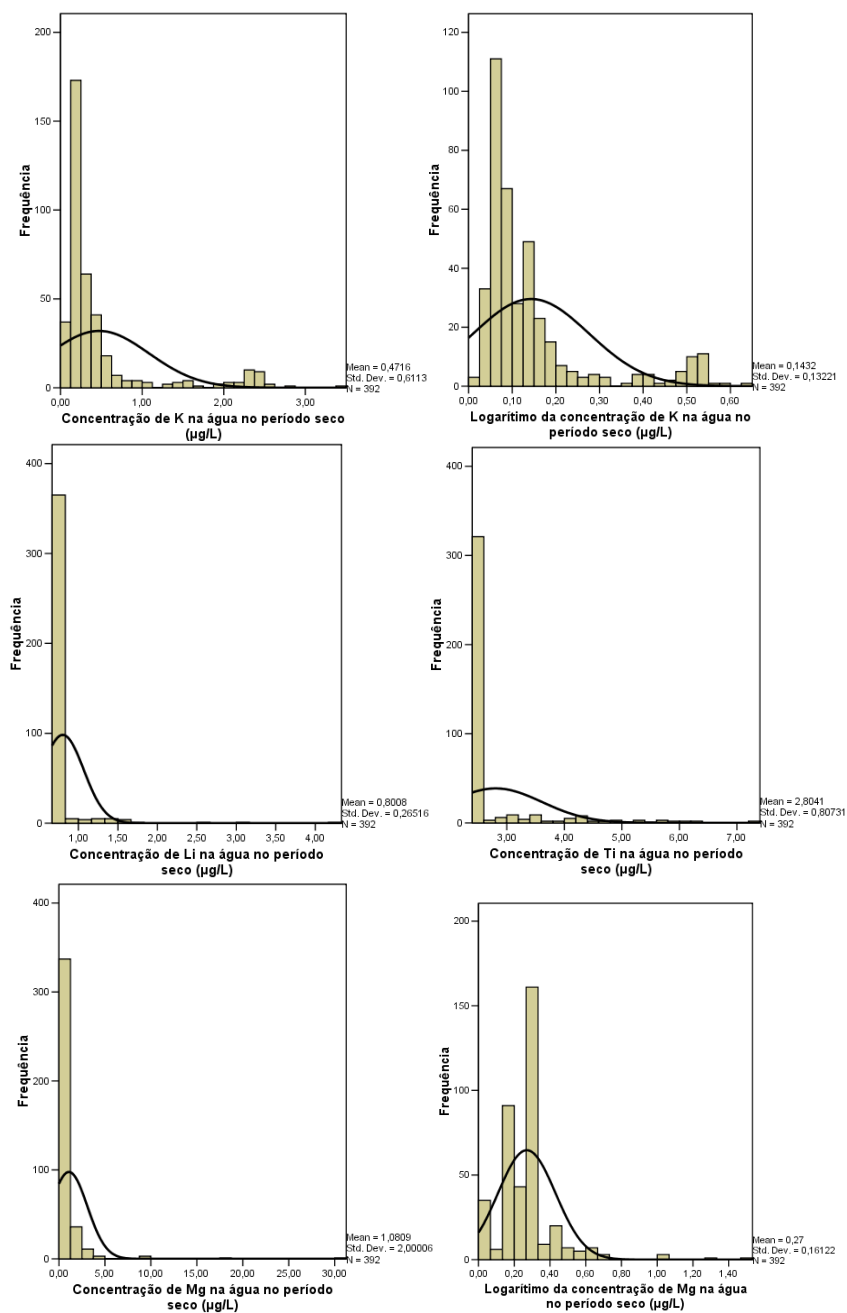
**Figura 20 B:** Representação gráfica dos resultados da análise da concentração dos metais com valores acima do máximo permitido pela legislação para a água de abastecimento no período seco. Ouro Preto, 2006.



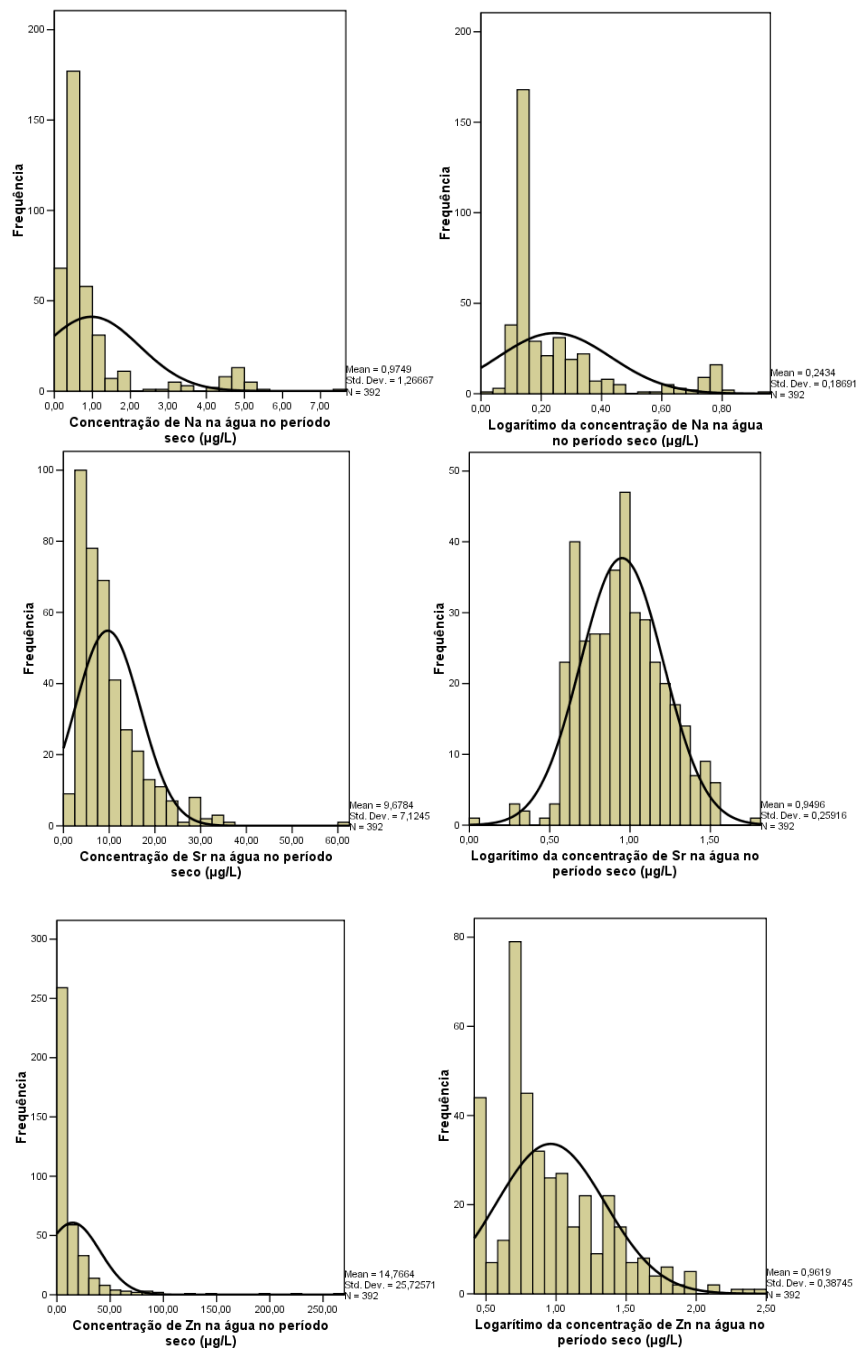
**Figura 20 C:** Representação gráfica dos resultados da análise da concentração dos metais na água de abastecimento no período seco. Ouro Preto, 2006.



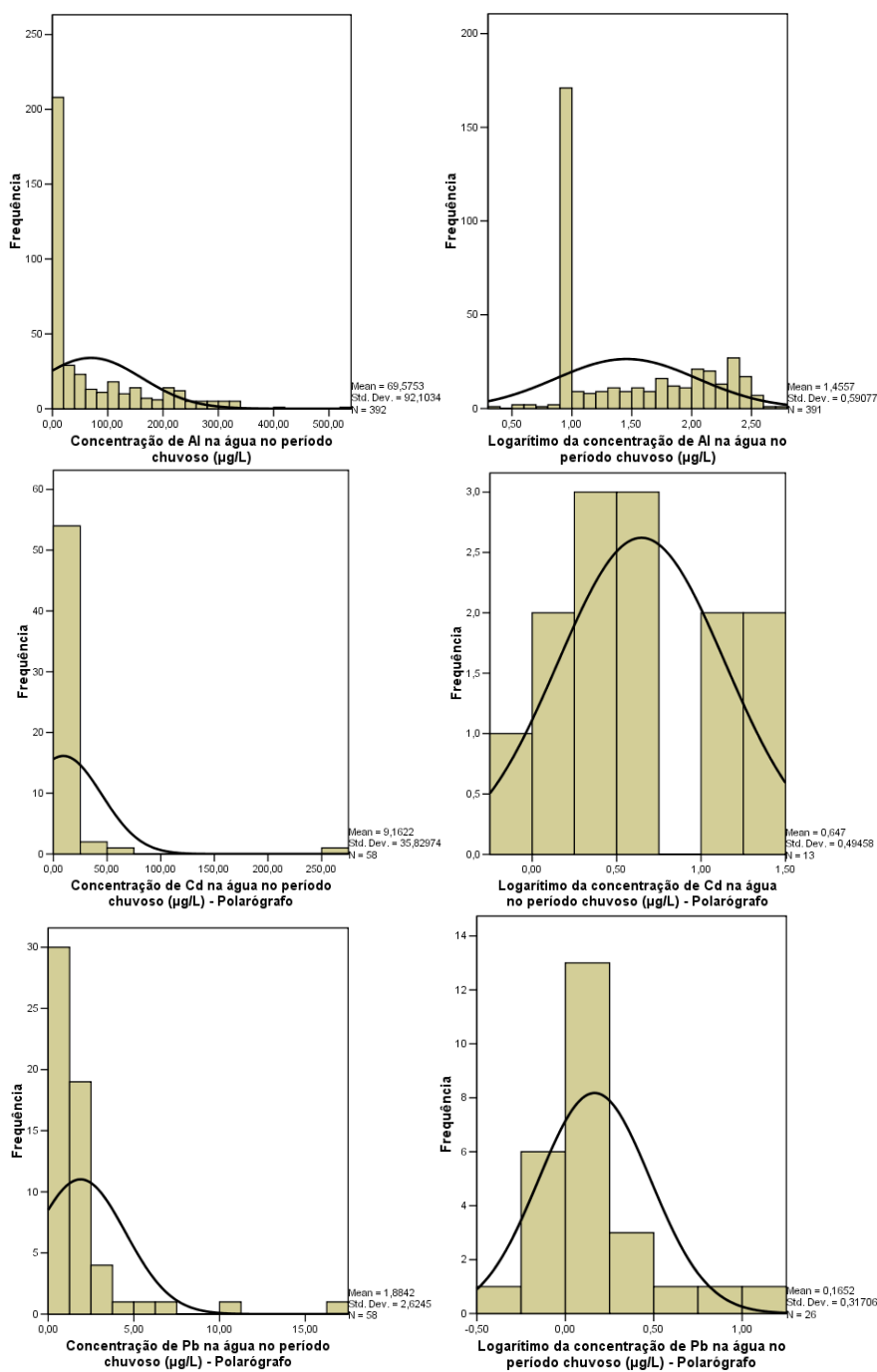
**Figura 20 D:** Representação gráfica dos resultados da análise da concentração dos metais na água de abastecimento no período seco. Ouro Preto, 2006.



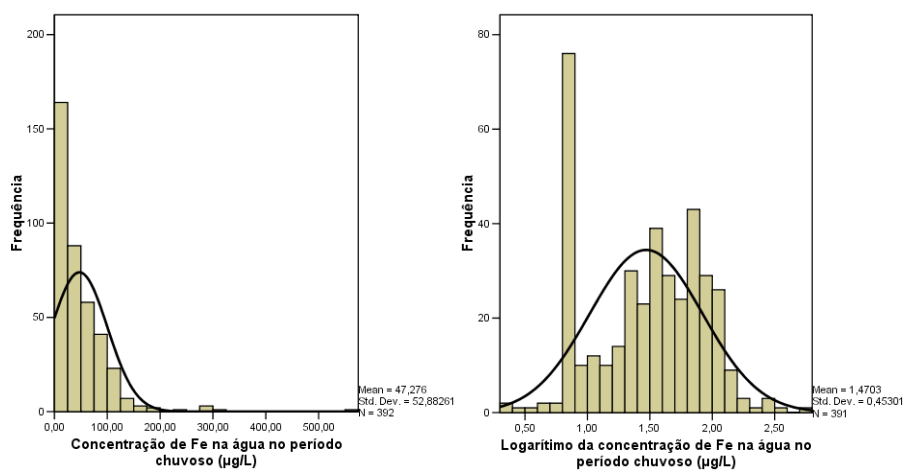
**Figura 20 E:** Representação gráfica dos resultados da análise da concentração dos metais na água de abastecimento no período seco. Ouro Preto, 2006.



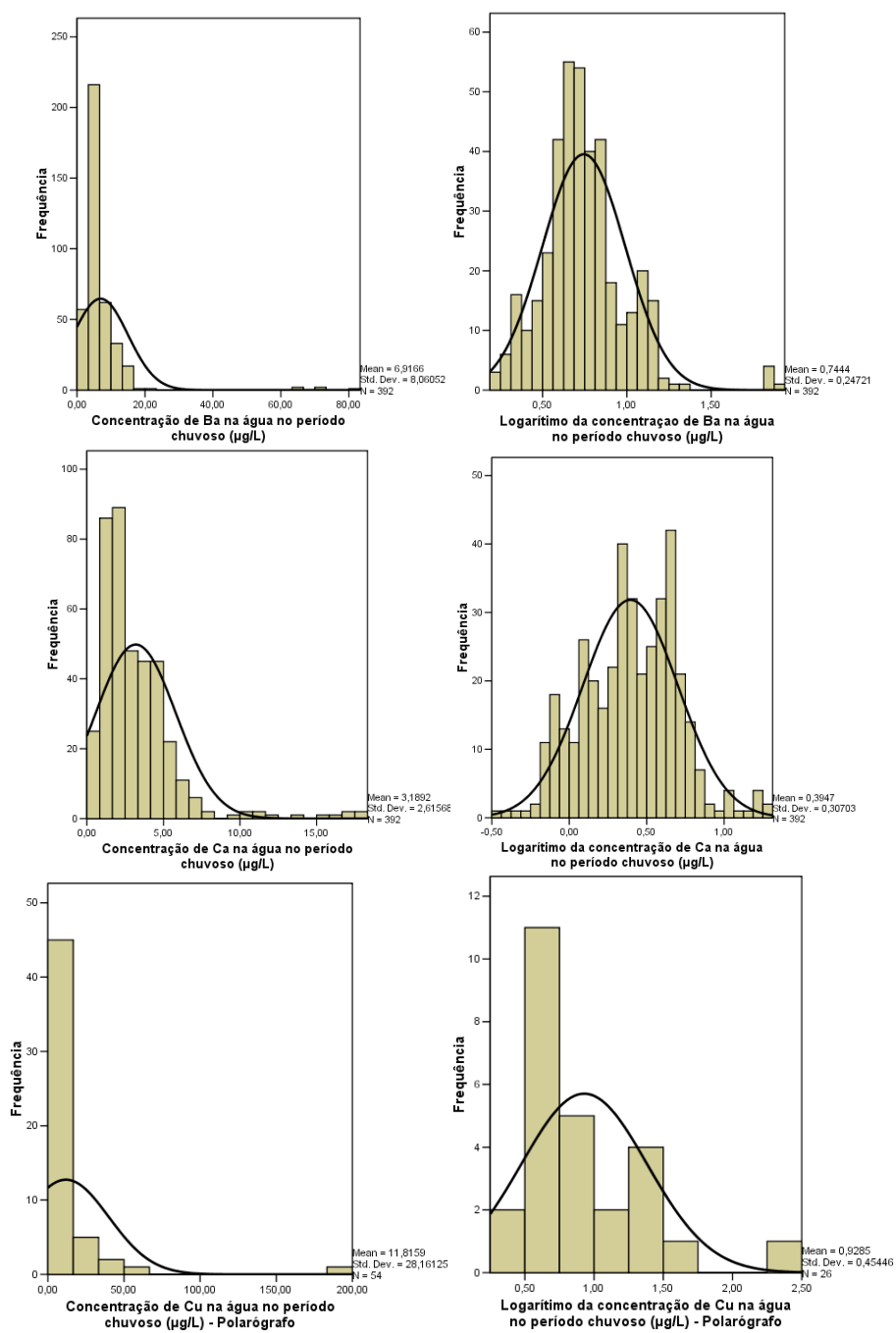
**Figura 20 F:** Representação gráfica dos resultados da análise da concentração dos metais e metalóides na água de abastecimento no período seco. Ouro Preto, 2006.



**Figura 21 A:** Representação gráfica dos resultados da análise da concentração de metais e metalóides com valores acima do máximo permitido pela legislação para a água de abastecimento no período chuvoso. Ouro Preto, 2006.

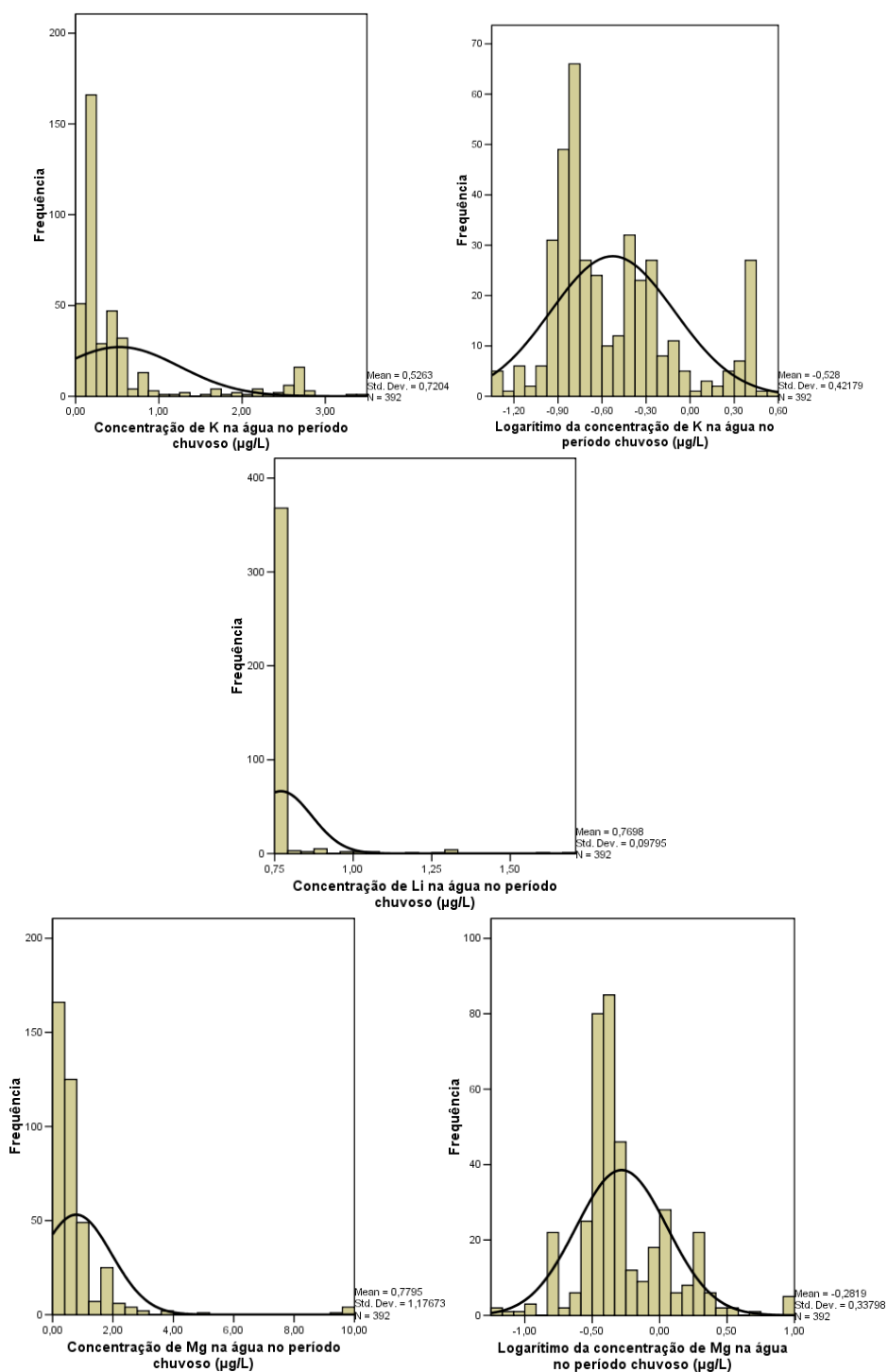


**Figura 21 B:** Representação gráfica dos resultados da análise da concentração de metais e metalóides com valores acima do máximo permitido pela legislação para a água de abastecimento no período chuvoso. Ouro Preto, 2006.

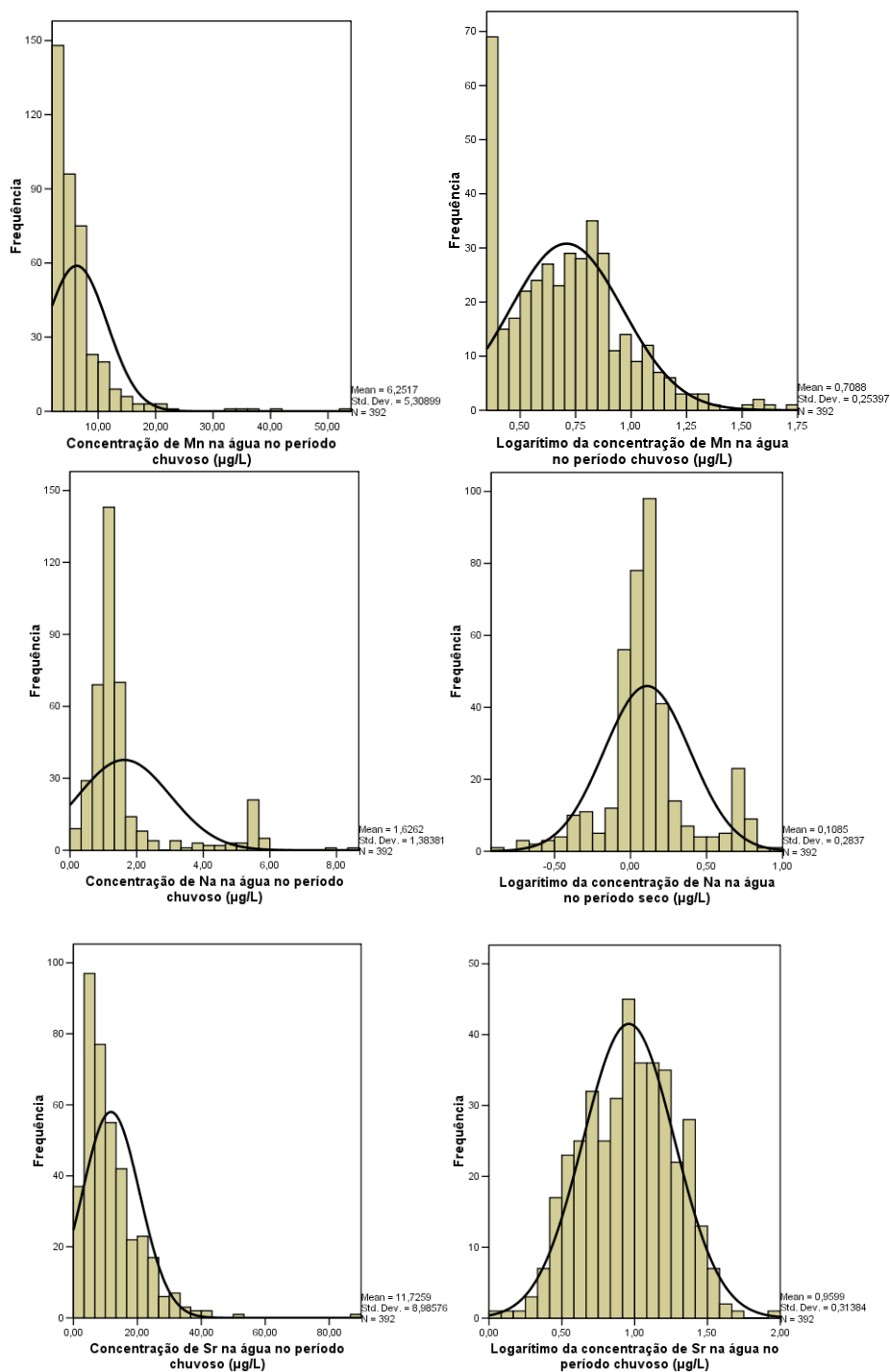


**Figura 21 C:** Representação gráfica dos resultados da análise da concentração de metais na água de abastecimento no período chuvoso. Ouro Preto, 2006.

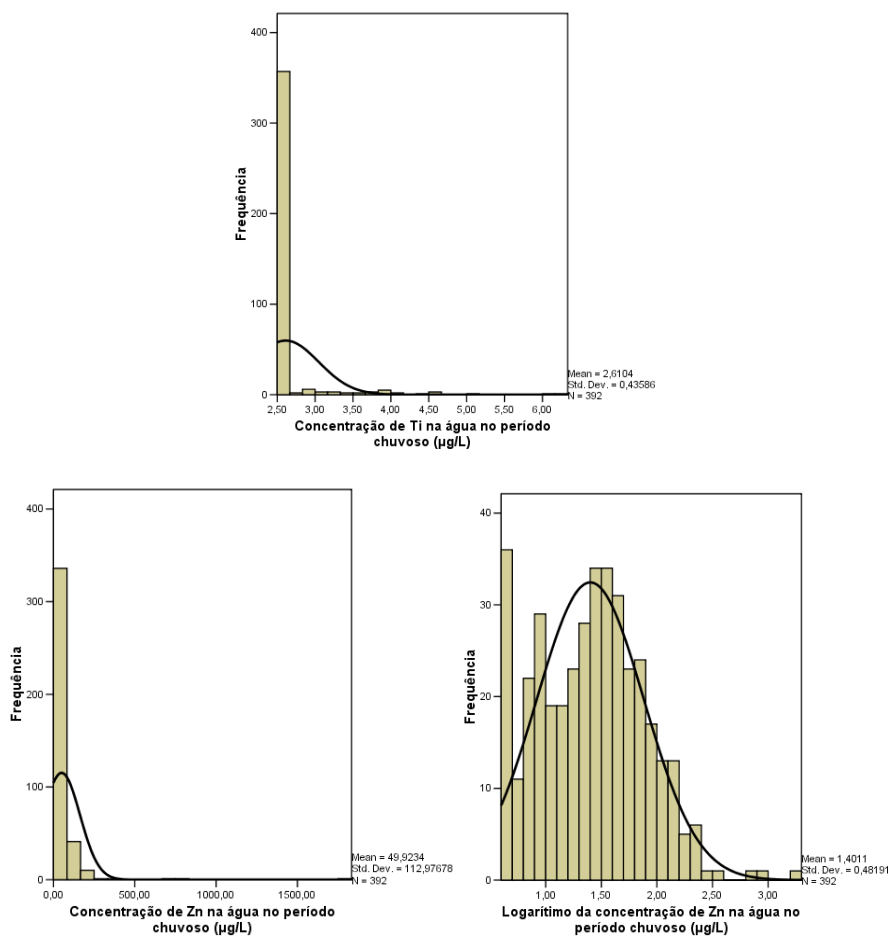




**Figura 21 D:** Representação gráfica dos resultados da análise da concentração de metais e metalóides na água de abastecimento no período chuvoso. Ouro Preto, 2006.

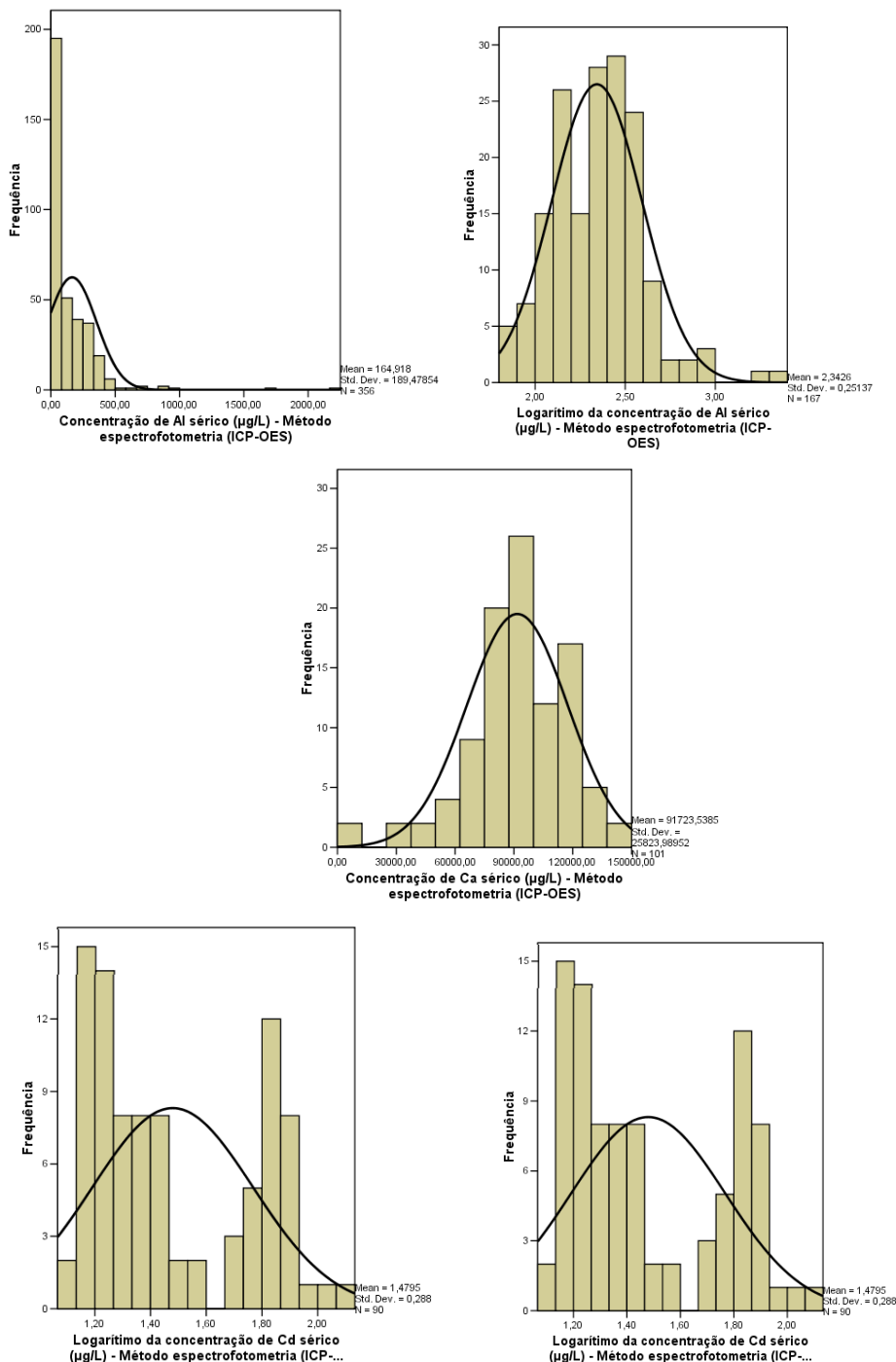


**Figura 21 E:** Representação gráfica dos resultados da análise da concentração de metais e metalóides na água de abastecimento no período chuvoso. Ouro Preto, 2006.

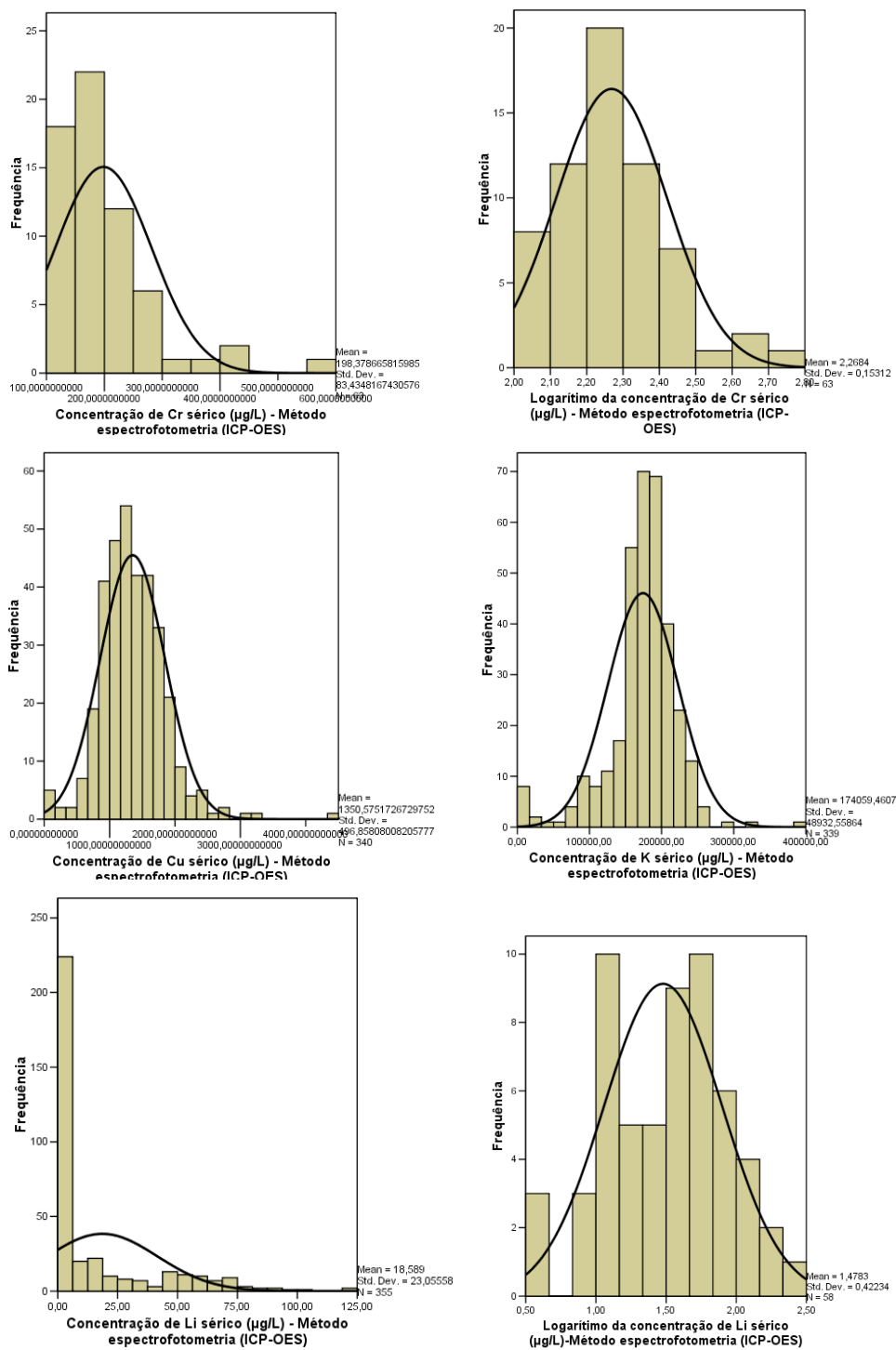


**Figura 21 F:** Representação gráfica dos resultados da análise da concentração de metais e metalóides na água de abastecimento no período chuvoso. Ouro Preto, 2006.

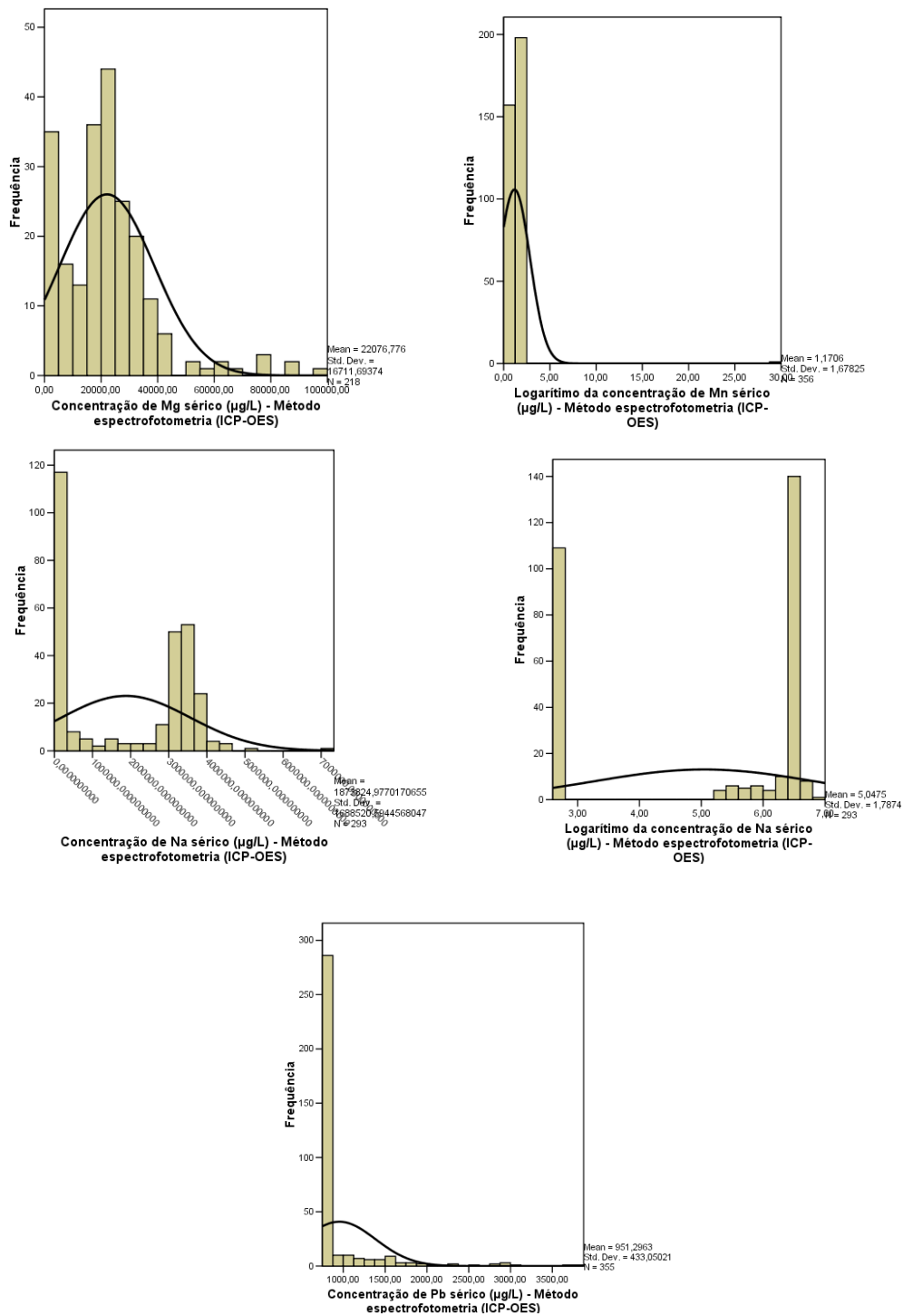
**ANEXO XI – HISTOGRAMAS DAS CONCENTRAÇÕES ( $\mu\text{g/L}$ ) DOS ELEMENTOS-TRAÇO NAS AMOSTRAS DE SORO DOS INDIVÍDUOS ESTUDADOS. OURO PRETO, 2006/2007.**



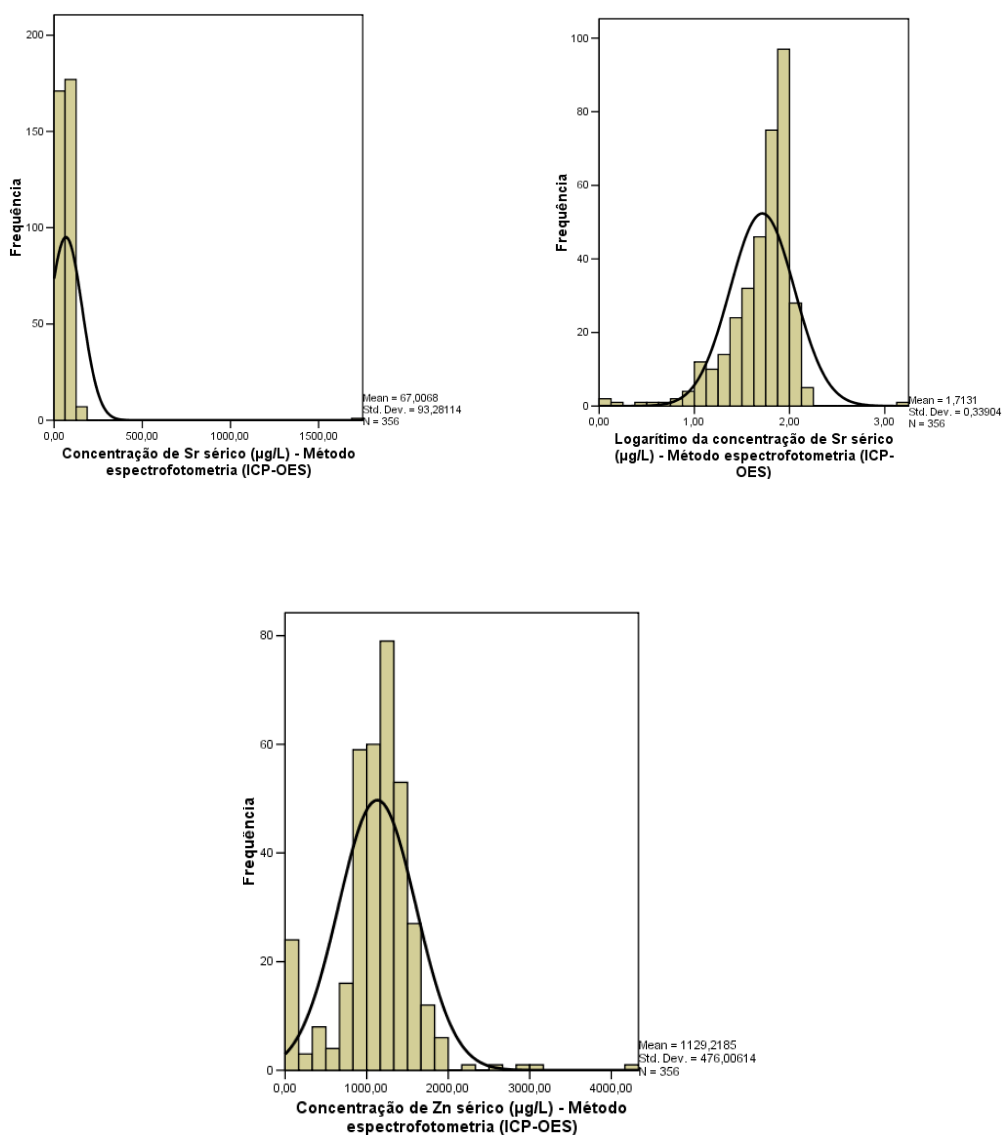
**Figura 22 A:** Representação gráfica dos resultados da análise da concentração de elementos-traço nas amostras de soro dos indivíduos estudados. Ouro Preto, 2006.



**Figura 22 B:** Representação gráfica dos resultados da análise da concentração de elementos-traço nas amostras de soro dos indivíduos estudados. Ouro Preto, 2006.



**Figura 22 C:** Representação gráfica dos resultados da análise dos níveis séricos dos elementos-traço. Ouro Preto, 2006.



**Figura 22 D:** Representação gráfica dos resultados da análise dos níveis séricos dos elementos-traço. Ouro Preto, 2006.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)



[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)