

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

**“PESQUISA PARTICIPATIVA NO RIO SÃO FRANCISCO, REGIÃO DE TRÊS  
MARIAS-MG: CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL E COMUNIDADE PESQUEIRA”**

Erida Ferreira Araújo Silva\*

Dissertação apresentada ao Departamento de Química, da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE EM QUÍMICA, área de concentração: QUÍMICA ANALÍTICA.

\*Bolsista CNPq

Orientador: Prof. Dr. Antonio A. Mozeto

São Carlos,  
2007

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S586pp

Silva, Erida Ferreira Araújo.  
Pesquisa participativa no Rio São Francisco, região de Três  
Marias-MG : contaminação ambiental e comunidade  
pesqueira / Erida Ferreira Araújo Silva. -- São Carlos :  
UFSCar, 2007.  
78 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São  
Carlos, 2007.

1. Contaminação ambiental. 2. Metais. 3. Pesquisa  
participativa. 4. Pesca artesanal. I. Título.

CDD: 628.16 (20ª)

*Dedico,*

*A todos os amigos e amigas que moram no meu coração e que colaboraram de maneira tão singular e especial na construção deste trabalho e da minha vida.*

## *Agradecimento*

*Inicialmente agradeço aos órgãos de fomento e instituições que colaboraram para a realização do presente trabalho, sendo estes: IDRC (International Development Research Centre), CIDA (Canadian International Development Agency), CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), CNEN – Poços de Caldas por intermédio do Dr. Marcos R. L. do Nascimento, LEA (Laboratório de Educação Ambiental-DHB/UFSCar) coordenado pela Dra. Haydée Torres, ONG World Fish Trust através do Dr. Joaquin Carolsfeld, e Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Três Marias representada por Dr. Yoshime Sato.*

*Difícil esta tarefa de expressar o quanto sou grata a tantas pessoas que tornaram esse trabalho possível, seja atuando diretamente nele ou através do que elas representam pra mim por se doarem, compondo o todo que faz de mim o que sou hoje...*

*É imensurável tamanho crescimento pessoal e profissional que as vivências aqui relatadas e não relatadas me propiciaram e, assim sendo, torna-se igualmente imensurável o quanto sou grata ...*

*ao meus Pais, Mozeto, Ana Thé, Haydée e Yogi por tornarem isto possível,*

*ao Luizinho, Mabelis, Marcolino, Lurdes, Alison, Sarah, Sato por tornarem mais fácil,*

*a, Fafau, Maisa, Dodí, Pampis, Jaca, Tia Norma, Modi, Ma e Mi, D. Sílvia e Seu Celso, Ka, Momo e Carolsis, Cão, Tata e Matheus por tornarem mais doce,*

*ao Fer, Julinho, Lu, Cassia, Ronald, Marcelo, Perere, Biguá, Paty, Susan, Tais, Babi, Rita e Lili por tornarem divertido e inusitado,*

*ao seu Norberto, seu Raimundo, Josemar, Ceíça-Maria, Bárbara e todos pescadores de Três Marias e região por tornarem importante, e a todos por tornarem poético, intenso e eterno...*

*A todos vocês, o meu mais sincero Muito Obrigada.*

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
**ANA** – Agência Nacional das Águas  
**ANVISA** – Agência Nacional de Vigilância Sanitária  
**CEMIG** - Companhia Energética de Minas Gerais  
**CETESB** - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo  
**CI** – Carbono Inorgânico  
**CIDA** - Canadian International Development Agency  
**CODEVASF** – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do Rio São Francisco e Rio Doce  
**CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
**COPASA** – Companhia de Saneamento de Minas Gerais  
**COT** – Carbono Orgânico Total  
**CT** – Carbono Total  
**CV-AAS** – Espectrofotometria de absorção atômica com vapor frio, sem chama  
**E<sub>H</sub>** – Potencial Redox  
**FAAS** – Espectrofotometria de absorção atômica com chama convencional  
**FEAM** - Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais  
**Fundacentro** - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Medicina e Segurança do Trabalho  
**GEF** - Global Environment Facility  
**GF-AAS** – Espectrofotometria de absorção atômica com forno de grafite  
**GPS** - Global Positioning System  
**HG-AAS** – Espectrofotometria de absorção atômica com gerador de hidretos  
**IBAMA** - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
**ICP-AES** – Espectrometria de emissão atômica com plasma de indução acoplada  
**IDRC** - International Development Research Center  
**IEF** – Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais  
**LBGqA** – Laboratório de Biogeoquímica Ambiental  
**LQ** – Limite de Quantificação  
**MES** – Metais Extraídos Simultaneamente  
**NIST** – National Institute of Standards and Technology  
**NRC** – Nacional Research Council Canada  
**ONG** – Organização não governamental  
**PEL** – Probable Effect Level  
**pH** – Potencial Hidrogênionico  
**PPA** – Projeto Peixes Pessoas e Águas  
**SAAE** - Serviço Autônomo de Água e Esgoto  
**SABESP** - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo  
**SEL** – Severe Effect Level  
**SEMEIA** – Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Três Marias – MG  
**SESAU** – Secretaria Municipal da Saúde de Três Marias – MG  
**SETAC** - Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
**SSM** - Solid Sample Module  
**SVA** – Sulfeto Volatilizável por Acidificação  
**TEL** - Threshold Effect Level  
**TOC** – Total Organic Carbon  
**UFSCar** – Universidade Federal de São Carlos

**USEPA** - United States Environmental Protection Agency

**VGUTAI** – Valores-guias de Unidades Tóxicas de Águas Intersticiais

**VGQS** – Valor Guia de Qualidade de Sedimento

**VM** – Votorantim Metais Zinco S.A.

**WFT** – World Fish Trust

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 4.1-</b> Descrição dos pontos amostrais e coordenadas geográficas.....	18
<b>TABELA 5.1</b> - Métodos de análise e limites de determinação para metais e metalóides nas matrizes água, sedimento e peixe.....	24
<b>TABELA 5.2</b> - Dados de análises de recuperação para material certificado para sedimento, NIST nº 8704 (Buffalo River sediment).....	26
<b>TABELA 5.3</b> - Dados de recuperação para material certificado para músculo de peixe, DORM-2 NRC ( <i>dogfish</i> ).....	26
<b>TABELA 6.1</b> - Dados de umidade e COT das amostras de sedimento coletadas no Rio São Francisco.....	28
<b>TABELA 6.2</b> - Concentração ( $\text{mgL}^{-1}$ ) de metais em água. Os valores destacados em cinza indicam as concentrações que violaram os padrões de qualidade de água definidos pela Resolução CONAMA N° 357/05 para corpos de água Classe 2 (*). Encontra-se apresentados na tabela, concentrações de metais para superfície (S), meio (M), e fundo (F) nos pontos SF0, SF2, SF3(D), SF4(D) e SF5.....	30
<b>TABELA 6.3</b> - Concentração dos particulados suspensos ou STS (sólidos totais suspensos).....	32
<b>TABELA 6.4</b> - Resultados obtidos para o VGQS mecânico SVA/MES.....	42
<b>TABELA 6.5</b> - Resultados obtidos para o VGQS mecânico VGUTAI. ....	43
<b>TABELA 6.6</b> - Número de exemplares nos quais foi detectado algum metal, amplitude de variação da concentração dos metais detectados no músculo dos exemplares coletados e a concentração média para mandis.....	44
<b>TABELA 6.7-</b> Número de exemplares nos quais foi detectado algum metal, amplitude de variação da concentração dos metais detectados no músculo dos exemplares coletados e a concentração média para Curimatã-Pacu.....	45

**TABELA 6.8** - Número de exemplares nos quais foi detectado algum metal, amplitude de variação da concentração dos metais detectados no músculo dos exemplares coletados e a concentração média para trairão.....45

**TABELA 7.1** – Atividades desenvolvidas para promoção da troca de saberes comunitários com conhecimento científico gerado no projeto de pesquisa, e seus respectivos objetivos.....50



## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 3.1** – Modelo genérico conceitual da relação da probabilidade de efeitos ou respostas biológicas e a concentração de um contaminante químico único (Wenning e Ingersoll, 2002).....13
- FIGURA 4.1** - Gráfico da precipitação em Três Marias-MG, para os anos de 2003, 2004 e 2005 . Fornecido pelo Dr. Edson Vieira Sampaio (CODEVASF, Três Marias-MG) através de comunicação pessoal.....16
- FIGURA 4.2** - Imagem de satélite da região do Rio São Francisco da Represa de Três Marias até a foz do Rio Abaeté. No imagem de satélite encontra-se identificado o bairro Beira Rio, onde reside parte dos pescadores da região, a cidade de Três Marias e a empresa Votorantim Metais Zinco S.A. (VM) Fonte: Google Earth (2005).....19
- FIGURA 5.1** - Garrafa Van Dorn utilizada na coleta de água nos pontos de coleta previstos no plano amostral.....20
- FIGURA 5.2** - a. Draga Van Veen; b. testemunhador de gravidade (Ambhul e Buhner, 1975).....21
- FIGURA 6.1** - Diagrama de classificação granulométrica das amostras de sedimento.....28
- FIGURA 6.2** - Perfil de concentração de metais no trecho de estudo no Rio São Francisco – MG, o gráfico **a** corresponde ao período de seca e o gráfico **b** corresponde ao período de chuva; os pontos amostrais estão dispostos seguindo a ordem em que se encontram no curso do Rio São Francisco (i.e., de montante a jusante).....35
- FIGURA 6.3** - Gráficos de concentração dos metais As, Pb, Cr, Cd, Zn e Hg determinada para os pontos de coleta de SF0 a SF8 e os respectivos VGQS,

TEL/PEL/SEL para os contaminantes já citados, representados em forma de linhas nas cores azul claro, laranja e vermelho, respectivamente e, em azul escuro, tem-se o valor de referência (*'background'*). As tabelas com os valores que geraram os gráficos aqui representados são encontradas no Apêndice B.....37

**FIGURA 6.4** - Gráficos de concentração dos metais Co, Ni e Cu, determinadas para os pontos de coleta de SF0 a SF8 e os respectivos VGQS, TEL/PEL/SEL para os contaminantes já citados, representados em forma de linhas nas cores azul claro, laranja e vermelho, respectivamente e, em azul escuro, tem-se o valor de referência (*'background'*). As tabelas com os valores que geraram os gráficos aqui representados são encontradas no Apêndice B.....38

**FIGURA 6.5** - Perfil de concentração de metais e metalóides no (a) testemunho 1 e (b) testemunho 2 coletado na Represa de Três Marias – MG, próximo ao Rio Borrachudo. O testemunho foi fatiado a cada 3 cm.....39

**FIGURA 6.6** - Diagrama de classificação do potencial tóxico de acordo com VGQA SVA/MES. As cores correspondem ao nível de potencial tóxicos são as correspondentes na Tabela 8 que se remete aos dados obtidos na coleta (USEPA, 2000; Silvério, 2003).....41

**FIGURA 7.1** - Mapa ilustrativo da área de ocupação da empresa Votorantim Metais Zinco e a área de residência comunitária.....48

**FIGURA 8.1** – Ilustração de três dos quarenta slides utilizados na I Oficina de Qualidade de Água e Saúde Pública.....54

**FIGURA 8.2** - Fotos de alguns momentos da I Oficina de Qualidade de Água e Saúde Pública. As fotos registram momentos de realização de experimentos, e a última ilustra o registro dos conceitos retomados ao fim de cada módulo.....54

**FIGURA 8.3** - Foto do *banner* de apoio, sobre o qual foram identificados os pontos de coleta e suas características, e, posteriormente, os dados levantados.....55

## RESUMO

PESQUISA PARTICIPATIVA NO RIO SÃO FRANCISCO, REGIÃO DE TRÊS MARIAS-MG: CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL E COMUNIDADE PESQUEIRA.

A atualidade dos problemas ambientais nos remete a um aumento gradativo na busca de modos de vida e de produção ambientalmente sustentáveis em resposta ao estado atual de degradação e utilização desigual dos recursos naturais. Nesta busca há um reconhecimento da necessidade de se considerar as diferentes esferas que compõem um problema ambiental na sua complexidade, passando por questões econômicas, sociais, ecológicas e culturais. Esta perspectiva recente implica na mudança de alguns paradigmas da ciência que se coloca de forma autoritária como detentora de um saber que prevalece sobre os demais saberes. Com o intuito de desenvolver um projeto de pesquisa científica que considerasse saberes populares é que se desenvolveu o presente trabalho dentro da perspectiva da pesquisa-ação, implementando-se, a partir da demanda comunitária, um diagnóstico de contaminação ambiental por metais e metalóides no Rio São Francisco, região de Três Marias – MG, através da análise das concentrações de metais em amostras de água, sedimentos e peixes, sendo os resultados comparados com os critérios de qualidade pertinentes a cada compartimento ambiental. Este diagnóstico confirmou a contaminação por metais nas águas, caracterizada pela violação dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA n° 357/05 para corpos de água de Classe 2 (classe atribuída a esse trecho do rio), pelos metais Zn e Mn no período da seca (1ª coleta) em pontos amostrais próximos ao lançamento de efluentes da Votorantim Metais, e por uma maior diversidade de metais no período da chuva (Cd, Mn, Pb, Zn, Cu e Fe), que foi atribuída principalmente ao aumento de partículas suspensas na água, já que essas partículas (sólidos totais suspensos) possuem um elevado potencial de concentrar contaminantes, como os metais e metalóides. Para os sedimentos, as concentrações determinadas mostram altos valores nos pontos mais próximos à fonte pontual (VM), violando, várias vezes, os valores guia de qualidade TEL (*Threshold Effect Level*) e PEL (*Probable Effect Level*) e, inclusive, o SEL (*Severe Effect Level*), o que representa sério risco de impacto ambiental (ecológico), pois representa a violação de um valor guia de qualidade que prevê a ocorrência de efeitos biológicos negativos severos. Outras análises realizadas para indicar o potencial tóxico desses sedimentos apontam como ponto mais crítico a foz do córrego Consciência e o ponto de lançamento de efluentes tratados da VM. Para peixes, os dados indicam que os níveis de metais não comprometem o consumo do filé, mas deve-se levar em conta que análises foram feitas para três espécies (curimba-pacu, mandi e trairão) e que o número de amostras não foram muito grande. Além do diagnóstico da contaminação ambiental, o que se obteve foi o estabelecimento de espaços de diálogo nos quais a comunidade de pescadores tiveram voz quando se apropriaram do conhecimento e informação fruto da pesquisa-ação, colocando a ciência em favor desses atores, possibilitando a esses alcançarem alguns avanços no caminho da sustentabilidade de seu modo de vida e cultura.

Palavras chave: contaminação, metais, comunidade pesqueira, participação

## ABSTRACT

PARTICIPATIVE RESEARCH IN THE SAO FRANCISCO RIVER, TRES MARIAS, MG – BRAZIL: ENVIRONMENT CONTAMINATION AND FISH COMMUNITY.

The increasing public recognition of environmental degradation and inequitable use of natural resources drives the search for environmentally sustainable and socially equitable resource utilization. In this search context is recognized the necessarily considers different spheres that make up a complex environmental problem – including environmental, social, economic and cultural questions. This recent change in perspective and paradigm allows scientific knowledge to authoritatively trump other types of knowledge, such as traditional knowledge developed from the culture and way of life of traditional extractive communities. To develop a scientific research project that considers popular knowledge was used the action-based research perspective on the metal contamination evaluation in the Sao Francisco River trough the water, sediment and muscle fish metals evaluation. The results were compared with the specific environment quality criteria and indicated that the waters of the Sao Francisco River in the area influenced by VM are primarily contaminated by zinc and manganese, at levels that violate the resolution 357/05 of the Brazilian National Environment Committee (CONAMA) in two points during the dry season. In the rainy season, contamination is more serious, as more violations of the CONAMA Resolution 357/05 are found for a variety of metals (Cd, Mn, Pb, Zn, Cu e Fe). This is probably due to run-off from soils with residual deposits, increased percolation from retention ponds, and increased quantity of suspended material in the water with potential to aggregate metal contaminants. For sediments in the study area, there are worrisome metal concentrations that exceed this tabulated Severe Effect Limits (SEL) by up to 16 times, indicating a strong probability that the sediments are causing an adverse effect on the biota and contributing significantly to the degradation of water quality. With respect to contamination of fish, of the 54 fish analyzed, only one showed concentrations of metals above the limits for human consumption established by decree 685/98 of the National Agency for Health Vigilance (ANVISA). Another results were multi-stakeholder involvement in an environmental problem through participative tools, promoting the exchange of different types of knowledge, fosters dialogue between different actors involved in the same socio-environmental context, and promotes the insertion of research into the context of the complexity in which the demand for it developed. Science is thus applied in favor of the community in search of sustainable livelihoods and environments.

Key words: contamination, metals, fish community, participation

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	Iv
LISTA DE TABELAS.....	Vi
LISTA DE FIGURAS.....	Viii
RESUMO.....	Xi
ABSTRACT.....	Xiii
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Preâmbulo.....	1
1.2 Contexto e alguns referenciais teóricos.....	2
<b>CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
<b>PARTE I – ESTUDO DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR METAIS E METALÓIDES NO RIO SÃO FRANCISCO, REGIÃO DE TRÊS MARIAS-MG.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 3 – CRITÉRIOS DE QUALIDADE AMBIENTAL.....</b>	<b>9</b>
3.1 Critério de Qualidade de Água.....	9
3.2 Valores-Guia de Qualidade de Sedimentos.....	10
3.3 Avaliação da contaminação em peixes.....	14
<b>CAPÍTULO 4 – ÁREA DE ESTUDO E PLANO DE COLETA.....</b>	<b>15</b>
4.1 Área de Estudo.....	15
4.2 Plano de Coleta.....	16
<b>CAPÍTULO 5 – MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
5.1 Amostragem e medidas <i>in-situ</i> .....	20
5.1.1 Água.....	20
5.1.2 Sedimentos.....	21
5.1.3 Peixes.....	22
5.2 Determinações Analíticas.....	22
5.2.2 Determinação do Teor de Umidade.....	22

5.2.3 Determinação do Teor de Carbono Orgânico.....	23
5.2.4 Metais e metalóides.....	23
<b>CÁPITULO 6 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>27</b>
6.1 Parâmetros físico-químicos das águas.....	27
6.2 Caracterização dos Sedimentos.....	27
6.3 Metais e Metalóides.....	29
6.3.1 Águas.....	29
6.3.2 Sedimentos .....	34
6.3.3 Peixes.....	42
<b>PARTE II – INTEGRAÇÃO PROJETO DE PESQUISA-COMUNIDADE LOCAL.....</b>	<b>47</b>
<b>CAPÍTULO 7 – PARTICIPANTES E PARTICIPAÇÃO.....</b>	<b>48</b>
7.1 Participantes.....	48
7.2 Participação.....	49
<b>CAPÍTULO 8 – DESCREVENDO INTERAÇÕES, OBSERVAÇÕES E RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>
8.1 Visita de reconhecimento.....	51
8.2 Coleta Participativa.....	51
8.3 Oficinas de trabalho.....	53
8.3.1 I Oficina de Qualidade de Água e Saúde Pública.....	53
8.3.2 II Oficina de Qualidade de Água.....	55
8.3.3 III Oficina de Trabalho.....	56
<b>PARTE III – CONCLUSÕES.....</b>	<b>62</b>
<b>CAPÍTULO 9 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>63</b>
<b>CAPÍTULO 10 – POSSÍVEIS CAMINHOS A SEREM TRILHADOS.....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>67</b>
<b>Apêndice A - Parâmetros físico-químicos das águas medidos <i>in-situ</i> durante as coletas.....</b>	<b>71</b>

<b>Apêndice B</b> - VGQS e concentração de metais nos sedimentos.....	73
<b>Apêndice C</b> - Documento Síntese da I Oficina de qualidade de água e saúde pública.....	74
<b>Apêndice D</b> - Panfleto para disseminação dos resultados do projeto – parte externa.....	76



## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

### Preâmbulo

A presente dissertação de mestrado busca trazer ao leitor alguns resultados e reflexões construídas a partir de um projeto de pesquisa em que foi proposto o desenvolvimento seguindo os preceitos da pesquisa-ação. Minha formação acadêmica, pautada na objetividade, na isenção científica e nas descobertas analíticas alcançadas a partir da aplicação de rigorosos protocolos, facilitou o caminho no desenvolvimento de um diagnóstico de contaminação por metais, mas foi a vivência acadêmica, pessoal e o contato com outras racionalidades das áreas humanas que contribuíram para a sensibilização e subjetividade necessária para o desenvolvimento de uma outra parte do projeto, que era o envolvimento comunitário no processo de pesquisa. Um desafio que nos foi lançado e aceito com todas as forças por encontrar nesta integração comunitária a humanidade que sentimos falta durante a formação acadêmica.

Neste momento imaginei o valor que isso teria para mim, mas a realidade foi muito mais do que fui capaz de imaginar. É impossível apreender tudo o que foi vivido da experiência e do saber da experiência, pois se perde algo das vozes, dos olhares, dos gestos, muito do que meus sentidos, pouco treinados para captar, foram capazes de sentir e de me transformar sem que eu identificasse o processo que estava desencadeando e sofrendo simultaneamente, ou seja, estava estabelecido o diálogo onde me deixei transformar por tudo que os comunitários e outros atores me ensinaram, ao passo que eles se deixavam transformar pelos saberes técnicos que eram veiculados no contexto da pesquisa.

O ato de escrever é quase que uma doação do que foi apreendido neste período de pesquisa, mas toda esta experiência quando aqui posta na forma de dissertação torna-se estagnada, quando na realidade ela ainda está dentro de mim e além de mim em um constante processo de construção e reconstrução. Ao mesmo tempo quando passamos do ato de escrever, que nesse caso me foi delegado, para o ato de ler, o contexto passa a ser o seu, leitor, e, assim sendo, passo ao leitor a responsabilidade de re-construir o que aqui está apresentado com base nos seus sentidos, se apropriando de uma vivência que lhe é desconhecida por meio de uma leitura crítica e criativa, tornando-a um momento de humanização.

## 1.2 Contexto e alguns referenciais teóricos

O Rio São Francisco, um dos mais importantes rios brasileiros, possui aproximadamente 2.700 km de extensão, nascendo na Serra da Canastra, em Minas Gerais passando por Goiás, Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco até desaguar no oceano. Sua bacia hidrográfica possui área de drenagem superior a 630.000 km<sup>2</sup>.

As comunidades de pescadores artesanais do Rio São Francisco em Minas Gerais têm reproduzido seu modo de vida na região há mais de um século. A exploração da natureza por comunidades tradicionais se fundamenta num conjunto de crenças e saberes no uso dos recursos naturais, fundados nas tradições e na vivência empírica do ambiente próximo. Pescadores artesanais do Alto-Médio São Francisco dependem diretamente das variações dos ciclos ambientais e da ecologia dos recursos pescados e com isto, mantêm uma associação íntima com o sistema aquático e com os peixes, desenvolvendo conhecimentos e compreensões imprescindíveis para a sua sobrevivência na pesca (THÉ, 2003).

O modelo atual de desenvolvimento baseado no neoliberalismo promove o estabelecimento de uma relação desigual dentre os diferentes usuários dos recursos naturais, favorecendo, assim, uma relação conflituosa entre os diferentes grupos sociais concorrentes a este uso, pois certos usos impulsionados pela geração de lucro de grandes empreendimentos comprometem os usos tradicionais e, neste contexto, os benefícios e os danos gerados pela apropriação dos recursos naturais são divididos desigualmente (ACSELRAD, 2005).

Mundialmente é reconhecido o aumento dos problemas ambientais e gradativamente amplia-se a percepção de que estes problemas passam por diferentes esferas, como a esfera ecológica, social, econômica e até mesmo cultural, que constituem as complexas dimensões da problemática ambiental (UNEP, 1999; LEFF, 2003).

O desenvolvimento industrial e hidrelétrico, poluição e desmatamentos são os principais fatores que têm afetado profundamente populações de peixes e levaram a um declínio na captura, conflitos na regulamentação da pesca e alocação de recursos na bacia do Rio São Francisco, além de muitas dificuldades nas comunidades de pescadores que dependem diretamente da manutenção da qualidade ambiental para manutenção de sua cultura baseada em um modo de vida extrativista tradicional residente na região (PBHRFSF, 2005).

Concomitante ao aumento dos problemas ambientais observa-se um aumento progressivo na busca de práticas ambientalmente sustentáveis, ainda que não na medida de sua magnitude. A integração crescente entre movimentos sociais, técnicos e cientistas de instituições públicas e representantes políticos dos órgãos legislativos, tem sido uma das marcas mais significativas do desenvolvimento da consciência social sobre o meio ambiente e das transformações da esfera pública (STOTZ *et.al.*, 1992).

A necessidade de promoção de participação ativa de diferentes grupos de diferentes atores sociais tem sido enfaticamente considerada como um dos principais requisitos para o desenvolvimento dessas práticas. Concordando e contribuindo para estes princípios de busca de sustentabilidade ambiental através da garantia de persistência dos modos de vida tradicionais, em março de 2003, a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), a World Fisheries Trust - WFT (ONG Canadense) e a Federação de Pescadores Artesanais de Minas Gerais, iniciaram o desenvolvimento do Projeto Peixes, Pessoas e Águas (PPA), através da assinatura da cooperação bilateral entre Brasil e Canadá, com financiamentos da Agência Canadense de Desenvolvimento Internacional (Canadian International Development Agency - CIDA) para um projeto de três anos desenvolvido na região do Alto-Médio São Francisco.

O supra citado projeto criou espaços onde a comunidade pesqueira pôde manifestar seus anseios em busca da melhoria e garantia da sustentabilidade da pesca na região. Neste contexto, a comunidade de pescadores apontou a desigualdade de acesso e uso dos recursos do Rio São Francisco relacionado principalmente à indústria de metalurgia Votorantim Metais Zinco S/A (VM) como um dos principais problemas ambientais da região, criando a demanda por estudos de avaliação de uma potencial contaminação ambiental por metais decorrente das atividades de beneficiamento do zinco realizadas pela empresa desde sua instalação na década de sessenta. No período de instalação da indústria a política de desenvolvimento econômico nacional colocava os aspectos relacionados ao meio ambiente e a qualidade de vida em um terceiro plano. Os governos federais da época consideravam que o País, por ainda dispor de amplas áreas não poluídas dispunha de maior flexibilidade quanto à política de preservação do equilíbrio ecológico (STOTZ *et.al.*, 1992).

Em resposta a esta demanda, iniciou-se em março de 2005, através da participação do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (LBGqA - UFSCar), e do Laboratório de Educação Ambiental (LEA - UFSCar) um projeto de pesquisa-ação visando a realização de um diagnóstico preliminar da contaminação e impacto ambiental por metais no Rio São Francisco, sendo os principais parceiros para o desenvolvimento desta pesquisa a comunidade de pescadores da região de Três Marias - MG , além dos grupos de pesquisa atuantes na área dentro do contexto do projeto PPA e instituições governamentais e não-governamentais interessadas na questão a ser estudada, tendo como instituição de fomento o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Internacional do Canadá (IDRC - Internacional Development Research Center) e apoio da Agência de Desenvolvimento Internacional do Canadá (CIDA).

O contexto em que a problemática ambiental foi levantada criou uma demanda de desenvolvimento de pesquisa com a participação ativa dos diferentes atores constituintes da complexidade que abrange a questão da contaminação para que se alcançasse não somente objetivos de geração de conhecimento, que é próprio da pesquisa, mas que também fosse encaminhada uma ação em prol da resolução do conflito ambiental ou, ao menos, caminhar no sentido de diminuir a desigualdade de uso dos recursos naturais, atendendo assim aos pressupostos da pesquisa-ação, que, concordando com THIOLENT (1985), entendemos como sendo tipo de pesquisa que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de um modo cooperativo ou participativo (THIOLENT, 1985).

A participação ativa, por sua vez, está diretamente relacionada com a comunicação de informações entre diferentes atores e grupos que interagem nessas diferentes esferas, como destacado inclusive em discursos oficiais, como é o caso do capítulo 40 da Agenda 21 (1992), intitulado “Informação para a tomada de decisão”, no qual é afirmado que: “A necessidade de informação surge em todos os níveis, desde o de tomada de decisões superiores, nos planos nacional e internacional, ao comunitário e individual” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1992).

O discurso defendido pela Agenda 21 apresenta um modelo de desenvolvimento sustentável no qual a participação é colocada como essencial e a

informação é assumida como motivadora de ação, agente promotora de responsabilidade social e capaz de promover mudança de comportamento (MACNAGHTEN, 1997). De acordo com FURNIVAL *et al* (2005), a informação constitui-se em pré-condição para criar e fomentar fóruns ou espaços para a construção coletiva de consensos, se possível, em torno de programas, metas, ações e estratégias cogitadas para alcançar a sustentabilidade, mas não cessa em si mesma (FURNIVAL *et al.*,2005).

Aproximando esta necessidade de comunicar as informações com o intuito de fomentar atitudes e ações ambientalmente sustentáveis é necessário reconhecer que a compreensão sobre a questão a ser abordada é essencial, mas não garante a participação dos diferentes atores sociais, esta se dá a partir da emancipação e da criação de um sentimento de potencial em agir e mudar o seu ambiente. Este processo ocorre de maneira vertical, estabelecendo-se uma relação direta do indivíduo com o conhecimento, sua importância e eficácia de sua ação e também se estabelece a partir de uma relação horizontal entre indivíduo e instituição (MACNAGHTEN, 1997), ou seja, a ação é alcançada somente quando os atores envolvidos confiam na instituição que está promovendo a ação, não sendo suficiente o conhecimento da causa a ser trabalhada.

O quadro que se estabelece a partir deste discurso, indica que há uma necessidade de participação de diferentes atores sociais na busca e execução de práticas sustentáveis em diferentes âmbitos, e que a comunicação e conhecimento são essenciais, mas não suficientes, para o estabelecimento destas práticas devido à necessidade, intrínseca a este processo, da legitimação do conhecimento dos atores partícipes das diferentes esferas que compõe o quadro da questão ambiental de maneira ampla.

Como colocado por WELP *et al.* (2006), tradicionalmente a ciência tem tido a autoridade de definir quais são os problemas socialmente relevantes e quais os caminhos adequados para investigá-los, mas é importante que a ciência se abra para novos caminhos se baseando em um processo de diálogo a ser estabelecido com os sujeitos envolvidos na problemática a ser estudada (WELP *et al.*, 2006), dessa maneira o conhecimento científico, em parceria com outros saberes igualmente importantes, exerce seu papel na construção da sustentabilidade considerando-se diferentes perspectivas, ou seja, a partir da ótica da transdisciplinaridade.

---

O presente projeto propôs um esboço de estratégias para contribuir com esses objetivos, trabalhando especificamente no contexto do desenvolvimento do diagnóstico preliminar de contaminação ambiental por metais e utilizando-se de ferramentas da pesquisa-ação como método de integração desses diferentes sujeitos em torno da problemática ambiental em estudo. A estratégia adotada foi a criação de espaços para troca de saberes, sendo estes espaços concretizados na forma de oficinas de trabalho e coleta participativa, com ambas as atividades almejou-se promover diálogo entre saber técnico e saber popular além de promover o diálogo entre diferentes atores envolvidos na problemática ambiental para o reconhecimento das diferentes perspectivas de um mesmo problema.

## CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS

O que prevalece atualmente na caracterização dos problemas ambientais é uma divisão desigual dos benefícios e danos gerados pela apropriação do ambiente, o que nos aponta a necessidade de buscar uma democratização do uso desses recursos, sendo este um passo na busca da sustentabilidade.

Acreditando que a ciência, nesse contexto, tem que superar alguns paradigmas que faz crer na sua isenção, objetividade e capacidade de delinear apropriadamente as prioridades a serem estudadas e aplicadas na busca da sustentabilidade dentro de um contexto sócio-ambiental, é que se desenvolveu o projeto de pesquisa-ação, a realização do diagnóstico de contaminação ambiental por metais em parceria com a comunidade de pescadores profissionais artesanais de Três Marias e região, considerando o saber tradicional adquirido por estes atores devido à cultura da pesca, ou seja, dando voz a outros saberes.

A adesão a um trabalho de pesquisa-ação significou trabalhar com a comunidade e em prol desta comunidade na busca de gerar maior conhecimento sobre a contaminação ambiental por metais denunciada, considerando o saber comunitário e promovendo o diálogo desse com conhecimento científico, e almejando que o produto deste diálogo fosse a apropriação do conhecimento gerado pelos comunitários e que este conhecimento favorecesse este grupo no diálogo com outros atores favorecidos por outros aspectos, como o econômico, status fornecido pela posição de representação do Estado, dentre outros.

Dos objetivos específicos, podemos citar:

1. Realização de uma avaliação da contaminação por metais e metalóides na área de influência da Votorantim Metais Zinco S.A. -Três Marias (MG) na bacia do Rio São Francisco, através da realização de análises químicas de metais e metalóides nas matrizes sedimento, água da coluna d'água e peixes.
2. Promoção da troca de saberes entre comunidade de pescadores e técnicos atuantes no projeto.
3. Apropriação do conhecimento construído a partir da pesquisa pelos comunitários, almejando contribuir para o processo de emancipação destes sujeitos.
4. Disseminação dos conhecimentos gerados a partir de estratégia construída pelo grupo de comunitários e pesquisadores.
5. Estabelecimento de espaço de diálogo entre os diferentes atores partícipes da problemática estudada.

# **Parte I**

Estudo de Contaminação Ambiental por  
Metais e Metalóides no Rio São Francisco, Região  
de Três Marias – MG.



## **CAPÍTULO 3 – CRITÉRIOS DE QUALIDADE AMBIENTAL**

Contaminação ambiental é definida como a presença de elementos antrópicos no ambiente em quantidade suficiente para denotar um potencial efeito adverso aos seres que habitam ou fazem uso do citado ambiente (MANAHAM,1984). Assim sendo, os critérios de qualidade ambiental buscam, essencialmente, relacionar efeitos adversos identificados no meio ambiente com os causadores deste efeito, para a partir dessa relação estabelecer os limites permitidos ou concentrações máximas toleráveis para substâncias introduzidas no ambiente por meio de atividades antrópicas.

### **3.1 Critério de Qualidade de Água**

Atualmente a Resolução No. 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) dispõe sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências para águas superficiais inseridas em território nacional.

Essa resolução veio a substituir a antiga Resolução CONAMA No. 20 de 1986 devido à necessidade de adequação à Política de Recursos Hídricos definida pela Lei 9433 de 1997, atender novas demandas no licenciamento ambiental, adequação com a Portaria 518 de 2004 que dispõe sobre a qualidade de água para consumo humano, além da incorporação de novos conhecimentos científicos sobre parâmetros importantes para avaliação da qualidade dos recursos hídricos. Este processo se desenvolveu em um período de três anos e contou com a participação ativa de representantes da CETESB, SABESP, Indústrias, Ministério Público, ANA, IBAMA, Universidades, SETAC, e outros (UMBUZEIRO, 2006).

Na citada resolução, os padrões de qualidade são estabelecidos com base nos usos preponderantes de um determinado corpo de água, o que define também, sua classe, sendo que cada classe engloba um grupo de usos. A cada classe se atribui padrões (valores máximos) para que o corpo de água permita concomitantemente o conjunto de usos definidos para a classe, sendo o padrão estabelecido com base no valor mais restritivo dentre os usos preponderantes a certa classe.

Estes padrões de qualidade são estabelecidos para substâncias capazes de causar efeitos adversos ou desconforto a organismos expostos, que apresentam probabilidade de ocorrência na água devido a características geológicas (naturais) ou fontes de poluição e, ainda, substâncias em uso no país ou região.

Para consumo humano e dessedentação de animais, por exemplo, são avaliados efeitos não cancerígenos, cancerígenos e organolépticos; para irrigação é avaliada a fitotoxicidade, capacidade de acúmulo ou praguicidas; para proteção da vida aquática avalia-se efeito crônico, dentre outros (UMBUZEIRO, 2006).

Uma potencial limitação na utilização dos padrões de qualidade estabelecidos a partir dos estudos toxicológicos são os fatores de incerteza inerentes às metodologias utilizadas na geração destes valores, como a qualidade dos dados toxicológicos disponíveis, existência de dados em humanos e sua qualidade, variabilidade de resposta interespecie e intraespecie, dentre outras pertinentes a cada uso para o qual se estabelece o padrão. Mas a resolução atual apresenta avanços que amenizam as possíveis conseqüências das incertezas relacionadas ao uso dos padrões de qualidade, como colocado por CAMPOS *et al.* (2006): (i) a demanda por complementar a avaliação da qualidade da água com os próprios ensaios toxicológicos, que foram usados para derivar os critérios, realizando a análise com a própria água, (ii) Inclusão de análises de outras matrizes como sedimento, material particulado suspenso e organismos expostos; (iii) Análises físico-químicas são também complementadas com biomarcadores de efeito e exposição e estudos epidemiológicos (CAMPOS *et al.*, 2006)

### **3.2 Valores-Guia de Qualidade de Sedimentos**

Atualmente é reconhecida a importância que os sedimentos exercem no meio ambiente, pois além de sua função ecológica essencial para a manutenção da biodiversidade a partir da perspectiva da contaminação ambiental os sedimentos, por possuírem um reconhecido potencial de acúmulo de contaminantes, podem passar a representar uma fonte significativa de contaminação apesar dos processos de dessorção ou biotransformação serem normalmente lentos (BURTON, 2002). Sendo esse compartimento ambiental parte integrante do ambiente aquático, interagindo tanto com a coluna de água quanto com a biota residente e dependente deste ambiente, é de extrema importância o estabelecimento de critérios de

qualidade para esta matriz com o intuito, inclusive de normatização, aplicando-se critérios no estabelecimento de políticas públicas.

Não há legislação nacional que disponha a respeito da qualidade dos sedimentos enquanto estes ainda compõem o ambiente natural, exceto a legislação que disciplina a dragagem e disposição dos sedimentos dragados, a Resolução CONAMA N° 344 de 2004.

Para avaliação da qualidade de sedimentos adota-se, então, os valores-guia de qualidade de sedimento (VGQS) internacionais que são valores numéricos de concentração de contaminantes individuais inorgânicos (metais e metalóides) e orgânicos (um amplo número de diferentes compostos) estatisticamente definidos com base em associações de valores de concentração química desses contaminantes nos mesmos a resultados de testes de toxicidade ou bioensaios (toxicidade aguda e crônica) realizados com um grande número de diferentes organismos-teste. Esses VGQS dividem-se, fundamentalmente, em duas categorias (e.g., USACE, 1998):

1) *VGQS mecânicos* - são baseados no equilíbrio de partição, derivado pela USEPA e visam proteger organismos bentônicos, tal como os demais, e são em número de dois: (a) o VGQS dos sulfetos volatilizáveis por acidificação (SVA) (ou da fase sólida), que é embasado na concentração de metais simultaneamente extraídos (MES) (definidos, apenas, para cinco metais: Cd, Cu, Ni, Pb e Zn) e o SVA; e (b) o VGQS das águas intersticiais (também chamado de critério de unidades tóxicas das águas intersticiais).

2) *VGQS empíricos* - são valores numéricos embasados em amplos bancos de dados de concentração individuais de contaminantes inorgânicos e orgânicos, a partir dos quais são estabelecidas relações de causa (concentração de contaminantes)-efeito (resposta biológica de organismos bentônicos), que são também chamados de VGQS de co-ocorrência.

O princípio teórico que embasa o estabelecimento do VGQS mecânico é a teoria do equilíbrio de partição, na qual se admite que os contaminantes estabelecem, nos sedimentos, um equilíbrio entre os metais da fase sólida, representada pela forma dos sulfetos, e a fração de metais da fase líquida, isto é, concentração nas águas intersticiais. Assumindo que a disponibilidade desses contaminantes está diretamente relacionada ao potencial que esses possuem em provocar efeitos tóxicos aos seres residentes dos sedimentos, o que se faz é medir

simultaneamente a concentração de sulfeto (SVA – sulfeto volatilizável por acidificação) e de metais (Cd, Cu, Ni, Pb e Zn), constatando-se se há excesso de metais ou de sulfetos, e no caso de excesso de metais, reconhecendo o carbono orgânico como uma fração também importante na partição destes, faz-se uma normalização a partir da qual defini-se a tendência dos metais estarem livres (i.e., na forma de íons hidratados), e conseqüentemente possuírem maior potencial tóxico. Em complementação a essa análise, realiza-se também a avaliação das águas intersticiais, tendo-se como parâmetro os critérios de qualidade de água, considerando que os metais presentes nas águas intersticiais dos sedimentos encontram-se biodisponíveis, sendo esta uma rota de exposição direta (USEPA, 2000; SILVÉRIO, 2003; MOZETO *et al.*, 2006)

Diversos projetos ou estudos realizados principalmente nos EUA e Canadá estabeleceram valores numéricos de VGQS empíricos através de um extenso banco de dados de concentração de metais, metalóides e compostos orgânicos e toxicidade para uma grande variedade de tipos de sedimentos (e.g., MOZETO *et al.*, 2006). A partir de um tratamento estatístico dessa relação, definiram-se faixas de concentração de contaminantes individuais para as quais pode ser esperada (relativamente) baixa ou alta probabilidade de manifestação de efeito adverso a biota em decorrência da presença de um contaminante.

No gráfico da Figura 3.1 é ilustrado genericamente esses valores e efeitos biológicos esperados. Nela, pode-se ver que TE se refere aos VGQSs do nível limiar de efeito (TEL do inglês '*threshold effect level*') e PE do nível provável de toxicidade (PEL do inglês '*probable effect level*'). A curva da Figura 3.1 é a clássica curva de resposta biológica ou resposta tóxica, onde se pode ver que, na parte central (a chamada de zona de transição) pequenos aumentos na concentração dos contaminantes leva a significativos aumentos na resposta biológica (tóxica), ou seja, a probabilidade de efeitos biológicos aumenta grandemente.

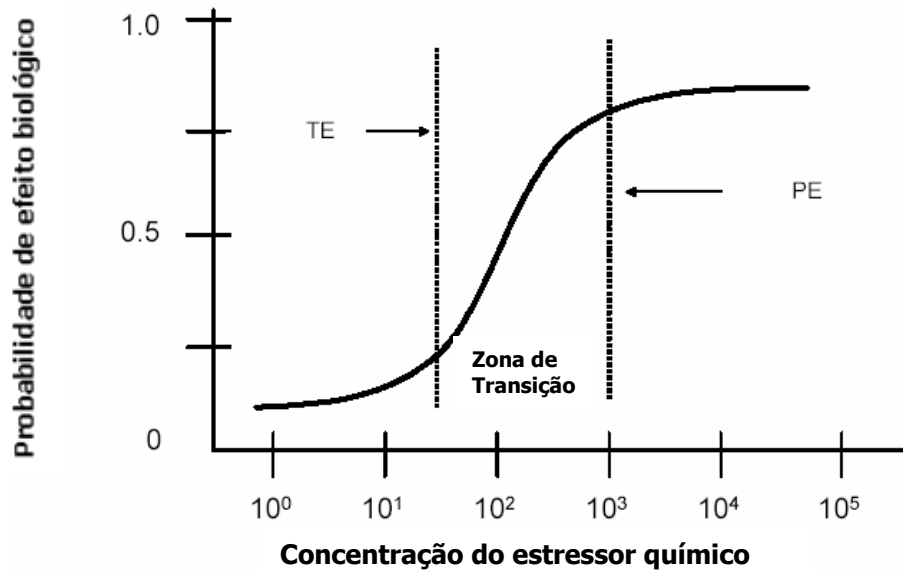


FIGURA 3.1 – Modelo genérico conceitual da relação da probabilidade de efeitos ou respostas biológicas e a concentração de um contaminante químico único (WENNING e INGERSOLL, 2002).

A utilização dessa ferramenta na previsão de toxicidade de sedimentos não é inequívoca, sendo possível a ocorrência de um falso negativo ou falso positivo, o que sugere que a utilização destes VGQS deve ser apenas de forma orientadora e não, determinante de toxicidade, como apontam diversos autores (CHAPMAN *et al.*, 1999; USEPA, 2000; BORGAMN, 2000; BURTON, 2000; BRIDGES *et al.*, 2005; CHAPMAN e ANDERSON, 2005; MOZETO *et al.*, 2005; MOZETO *et al.*, 2006).

Outra ferramenta de avaliação da qualidade de sedimento é a utilização de valores de referência, ou de “*background*”, definidos como valores de concentração de metais, ou outros compostos de interesse em ambientes naturais não impactados (i.e., sem um histórico de influências antrópicas) e que possuam características iguais ou muito similares às do ambiente de estudo.

Do desenvolvimento da pesquisa observado nos últimos anos neste assunto nasceram os chamados sistemas ou esquemas integrados e hierárquicos de avaliação da qualidade de sedimento que não só leva em conta os VGQSs acima citados, mas também, um grande volume de dados levantados com base em diversas outras linhas de evidências (BURTON, 2000; BRIDGES *et al.*, 2005; CHAPMAN e ANDERSON, 2005; MOZETO *et al.*, 2006).

### **3.3 Avaliação da contaminação em peixes**

A contaminação de peixes por metais foi avaliada em comparação com a Portaria N° 685 de 1998 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a única legislação brasileira designada para esse fim, e as discussões foram desenvolvidas considerando-se as limitações deste critério, que estabelece níveis máximos de tolerância com base em valores orientadores para a proteção da saúde humana.

Essa portaria define níveis máximos de tolerância para alguns metais reconhecidamente nocivos à saúde humana, tendo como base a concentração desses em músculo de peixe, o que aponta a limitação deste critério para a inferência do potencial efeito negativo à saúde do peixe decorrente da presença desses metais, pois outros tecidos, como por exemplo, o fígado e os rins possuem maior potencial de concentração para esse tipo de contaminantes. Estudos confirmam que, com exceção do mercúrio, a opção pela análise do músculo é ruim decorrente do efeito de “diluição”, já que o músculo corresponde a aproximadamente 55% da massa corporal e o metal se distribui primeiramente em outros órgãos (KLAVERKAMP *et al.*, 2002).

Assim sendo, as discussões em torno da concentração de metais em peixes se limitará à avaliação de potenciais problemas relacionados ao consumo do filé das espécies analisadas.

## CAPITULO 4 - ÁREA DE ESTUDO E PLANO DE COLETA

### 4.1 Área de Estudo

O Rio São Francisco possui aproximadamente 2.700 km de extensão, nascendo na Serra da Canastra (MG), passando por Goiás, Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco até desaguar no oceano (GODINHO e GODINHO, 2003).

Devido à sua extensão e diferentes ambientes percorridos, a bacia está dividida em 4 regiões fisiográficas de acordo com os desníveis de sua calha principal em: (i) Alto São Francisco, da nascente até a cidade de Pirapora; (ii) Médio São Francisco, de Pirapora até Remanso; (iii) Sub-Médio São Francisco, de Remanso até Paulo Afonso; (iv) e o Baixo São Francisco, de Paulo Afonso até sua foz.

Os principais afluentes do Rio São Francisco estão no estado de Minas Gerais. Fornecem cerca de 70% da água do rio, num percurso aproximado de 700 km, com área de drenagem de 243.000 km<sup>2</sup> que corresponde a 41% da área do estado, o que faz deste trecho o mais importante do vale, sendo considerado um nascedouro e o maior reduto de peixes do Rio São Francisco (GODINHO e GODINHO, 2003).

A degradação da bacia do São Francisco, principalmente nas últimas décadas, se deu pela ação antrópica resultante do crescimento populacional e pelo desenvolvimento econômico da região, que aconteceu sem um planejamento de uso dos recursos naturais (PBHSF, 2003).

Os principais impactos identificados na região fisiográfica do Alto São Francisco, de acordo com o Programa GEF (Fundo Mundial para o Meio Ambiente) São Francisco são: (i) erosão do solo, incluindo a oriunda de estradas rurais, resultando em carga de sedimentos que atinge os corpos de água, acarretando o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios além de impactos negativos na qualidade e quantidade da água para os diversos fins; (ii) concentração urbana, industrial e atividade mineradora, com a geração de resíduos, lançamento de esgotos que comprometem a qualidade da água dos corpos receptores (PBHSF, 2003).

A área de estudo se restringe a um pequeno trecho do Rio São Francisco que se estende da Represa de Três Marias até a foz do Rio Abaeté, trecho este, que possui aproximadamente 45 km de extensão. Esse trecho foi

escolhido devido ao interesse de estudar o impacto de uma fonte pontual de contaminação por metais e metalóides a jusante da barragem de Três Marias, a Votorantin Metais Zinco S.A. (VM), que se aloca no município de Três Marias.

## 4.2 Plano de Coleta

As coletas foram realizadas em duas campanhas de amostragem, sendo a primeira realizada no período de seca (8-11 de junho de 2005), e a segunda no período de chuvas (14-15 de janeiro de 2006), como caracterizado pelo gráfico da Figura 4.1, que representa níveis de precipitação da região.

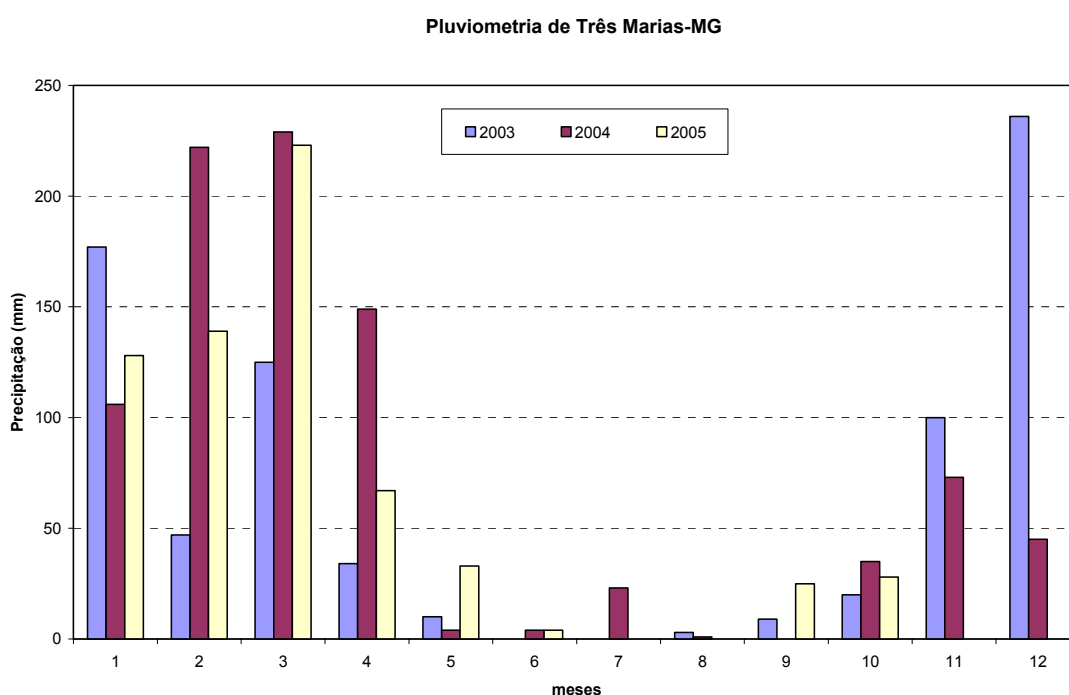


FIGURA 4.1: Gráfico da precipitação em Três Marias-MG, para os anos de 2003, 2004 e 2005. Dados fornecidos pelo Dr. Edson Vieira Sampaio, CODEVASF, Três Marias-MG (comunicação pessoal).

Tendo como preceito que a participação na pesquisa facilita a interação e apropriação pela comunidade dos dados gerados, os pontos a serem amostrados foram definidos em conjunto com a comunidade pesqueira em uma visita realizada nos dias 11-13 de março de 2005.

Na citada visita, houve o primeiro contato com a comunidade pesqueira local e um levantamento dos problemas por eles identificados foi realizado em conversa informal e durante o percurso no rio onde os pescadores indicavam os



pontos que consideravam importante realizar coleta, havendo por parte do grupo acadêmico esclarecimentos dos requisitos essenciais dos pontos a serem amostrados para que esses atendessem a demanda do estudo a ser realizado.

O plano amostral consistiu em oito pontos que foram indicados pelos pescadores como sendo pontos que caracterizam as principais influências antrópicas, especialmente a relacionada à VM. Esses pontos abrangem não só o curso do Rio São Francisco, mas também alguns de seus afluentes que representam outras possíveis fontes de contaminação em decorrência da ocupação de suas micro-bacias por barragens de contenção de resíduos da VM. Um ponto em especial correspondente ao sítio de referência (ou de “*background*”) se encontra na represa de Três Marias a montante da área de estudo e bastante afastado da barragem, na região da represa próxima à foz do Rio Borrachudo.

Durante a realização da I Oficina de Qualidade de Água e Saúde Pública, realizada no período do dia 12 -13 de junho de 2005, a comunidade pesqueira solicitou a coleta de amostras de sedimentos em dois pontos descritos como sendo locais onde havia lodo com forte odor desagradável, associando-o à existência de contaminação. Esses pontos localizam-se em remansos próximo a Cachoeira Grande, no Rio São Francisco. Duas amostras foram coletadas: uma a jusante e a outra, a montante da citada cachoeira; o sedimento coletado estava acumulado nas raízes dos aguapés (uma macrófita aquática).

Os pontos amostrais estão identificados na Tabela 4.1 e ilustrados na imagem de satélite da Figura 4.2.

TABELA 4.1- Descrição dos pontos amostrais e coordenadas geográficas.

<b>Ponto</b>	<b>Descrição</b>	<b>Coordenadas</b>
<b>SF0</b>	Represa Três Marias – Ponto de Referência	S 18° 16' 56,3" W 45° 22' 04,8"
<b>SF1</b>	Foz do córrego do Barreiro Grande	S 18° 11' 35,0" W 45° 15' 04,8"
<b>SF2</b>	Rio São Francisco próximo ao ponto de captação de água pela VM	S 18° 11' 17,4" W 45° 15' 01,9"
<b>SF3(D)</b>	Local de descarga de efluente tratado pela VM, margem direita do Rio São Francisco	S 18° 10' 52,6" W 45° 14' 24,7"
<b>SF3(E)</b>	Local de descarga de efluente tratado pela VM, margem esquerda do Rio São Francisco	S 18° 10' 43,3" W 45° 14' 28,5"
<b>SF4(D)</b>	Foz do córrego Consciência, na margem direita do Rio São Francisco	S 18° 10' 45,5" W 45° 14' 15,6"
<b>SF4(E)</b>	Foz do córrego Consciência, na margem esquerda do Rio São Francisco	S 18° 10' 30,6" W 45° 14' 22,9"
<b>SF5</b>	Ilha do Piriquito, no Rio São Francisco	S 18° 08' 42,2" W 45° 13' 29,4"
<b>SF6</b>	Foz do córrego Espírito Santo, no Rio São Francisco	S 18° 07' 34,9" W 45° 11' 13,6"
<b>SF7</b>	Encontro do córrego Espírito Santo com o córrego Lavagem	S 18° 07' 46,3" W 45° 10' 44,2"
<b>SF8(E)</b>	Foz do rio Abaeté, margem esquerda do Rio São Francisco	S 18° 02' 10,0" W 45° 11' 12,7"
<b>SF8(D)</b>	Foz do rio Abaeté, margem direita do Rio São Francisco	S 18° 02' 18,9" W 45° 11' 10"
<b>CG-J</b>	A jusante da Cachoeira Grande, no Rio São Francisco	-
<b>CG-M</b>	A montante da Cachoeira Grande, no Rio São Francisco	-

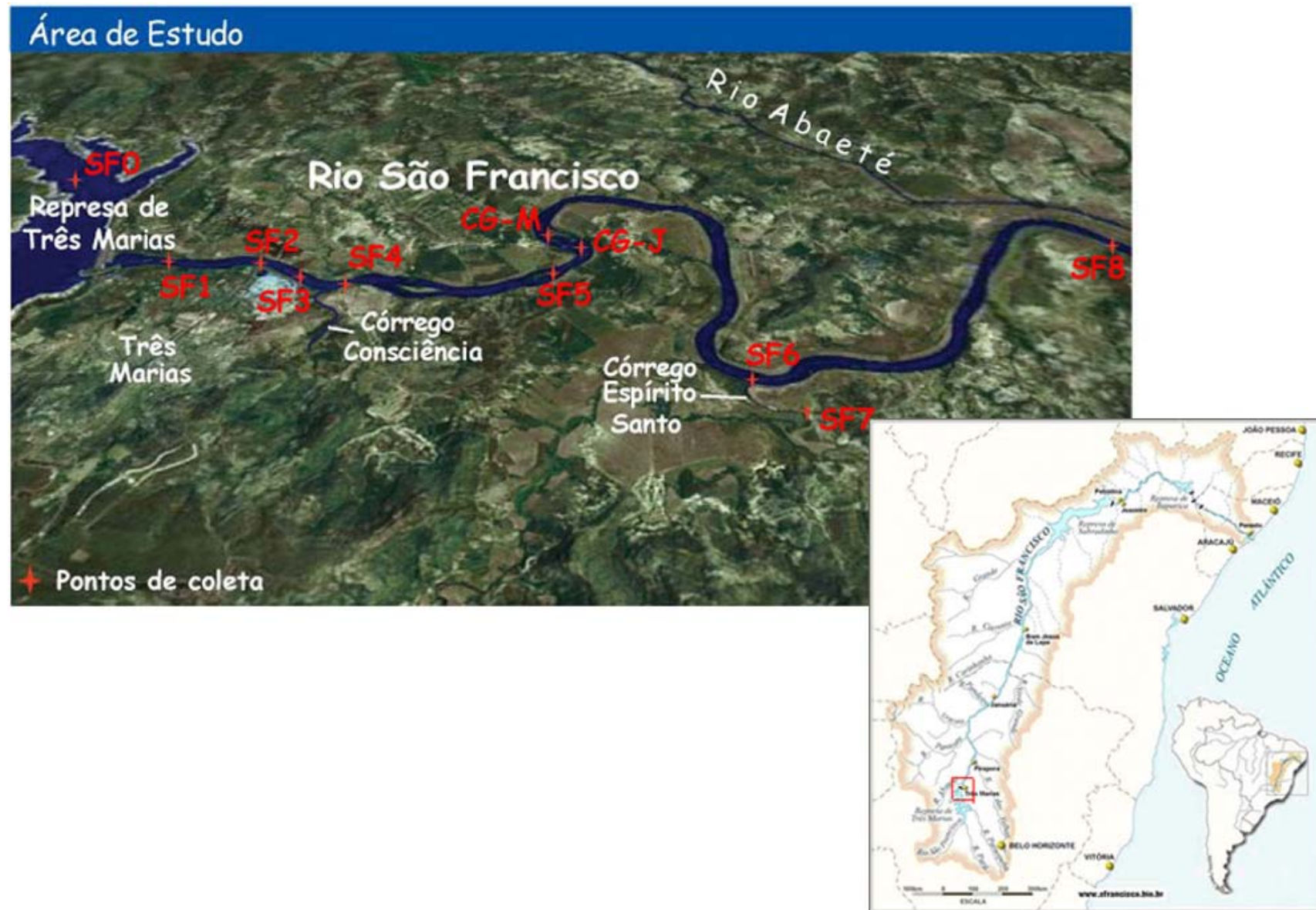


FIGURA 4.2 - Imagem de satélite da região do Rio São Francisco da Represa de Três Marias até a foz do Rio Abaeté, representando a área de estudo, que se encontra localizada na Bacia do Rio São Francisco, destacado em vermelho. Fonte: Google Earth (2005) e [www.sfrancisco.bio.br](http://www.sfrancisco.bio.br) adaptado.

## CÁPITULO 5 – MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Amostragem e medidas *in situ*

Os pontos de coleta foram geo-referenciados com auxílio de um aparelho GPS (Global Positioning System) (ver coordenadas geográficas na Tabela 4.1). Para a realização das coletas, foram utilizadas embarcações cedidas pelos pescadores locais, que participaram das mesmas.

Em cada ponto de amostragem, foram tomadas medidas '*in situ*' de profundidade, temperatura, pH,  $E_H$ , oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, utilizando uma sonda com multisensores (Hydrolab Quanta Water Quality Monitoring System) devidamente calibrada.

#### 5.1.1 Água

A coleta de águas superficiais foi realizada em três profundidades, superfície, meio e fundo, utilizando-se uma garrafa do tipo Van Dorn, ilustrada na Figura 5.1, e armazenadas em garrafas tipo PET descontaminadas. As amostras foram mantidas refrigeradas a aproximadamente 4°C até o momento das análises e acidificadas com ácido nítrico ultra-puro até pH próximo de 2.

As determinações de metais e metalóides foram realizadas nos três estratos (superfície, meio e fundo) para os seguintes pontos, considerados mais relevantes devido a proximidade da VM, bem como, mais profundos: Represa de Três Marias (SF0), captação de água da VM (SF2), local de descarga da água de efluentes da VM (SF3), foz do córrego da Consciência (SF4), Ilha do Piriquito (SF5), foz do córrego Espírito Santo (SF6).



FIGURA 5.1- Garrafa Van Dorn utilizada na coleta de água no presente projeto.

### 5.1.2 Sedimentos

Os sedimentos superficiais foram coletados com auxílio de uma draga tipo Van-Veen, ilustrada na Figura 5.2a, em todos os pontos de coleta localizados no curso do Rio São Francisco e afluentes (SF1 a SF8), mediu-se o potencial redox ( $E_H$ ) e em seguida, os sedimentos foram armazenados em sacos de PVC reforçados e mantidos a 4°C até seu processamento em laboratório.

No sítio de referência, localizado na represa de Três Marias (foz do Rio Borrachudo), o sedimento foi coletado na forma de testemunho utilizando-se um testemunhador de gravidade (Ambhul e Buhrer, 1975), ilustrado na Figura 5.2b, e o testemunho foi fatiado a cada 3 cm, sendo as alíquotas de sedimentos armazenadas em potes plásticos que foram mantidos refrigerados a 4°C até seu processamento em laboratório.

A base do testemunho (parte mais profunda alcançada na coleta dos testemunhos) foi adotada como referência, pois representa a parte mais antiga do processo de deposição dos sedimentos, livre de alterações antrópicas (Obs.: embora não tenha sido feita a datação da coluna de sedimentos, assume-se que os testemunhos obtidos tenham atingido a base da coluna sedimentar depositada desde a formação da represa de Três Marias da CEMIG).

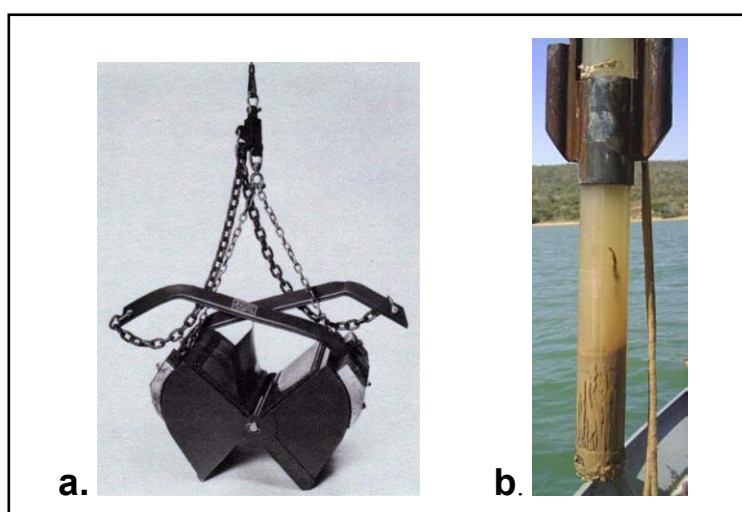


FIGURA 5.2 - a. Draga Van Veen; b. testemunhador de gravidade (Ambhul e Buhrer, 1975).

### 5.1.3 Peixes

As espécies de peixe amostradas foram definidas com auxílio da comunidade de pescadores e do pesquisador Dr. Yoshimi Sato, ictiólogo da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Três Marias – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF).

O plano amostral é composto por três espécies em cada ponto, somando um total de 54 exemplares, sendo um importante critério de seleção a condição de que as espécies fossem típicas da região de estudo e tivessem diferentes hábitos alimentares. Atendendo a esta demanda, as espécies escolhidas foram: Curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) peixe de alimentação detritívora e migratório o principal peixe, em biomassa, na pesca artesanal do rio São Francisco; Mandi (*Pimelodus maculatus*), peixe onívoro de hábitos migratórios durante período de reprodução e Trairão (*Hoplias lacerdae*), peixe piscívoro não migratório.

Após a coleta, as amostras foram congeladas inteiras e assim mantidas até abertura e retirada do músculo em laboratório, sendo este o tecido processado de acordo com procedimento descrito na seção 5.2.4.

## 5.2 Determinações Analíticas

### 5.2.1 Análise granulométrica

Com as análises granulométricas almeja-se subsidiar o entendimento da partição de contaminantes entre as partículas, sendo um subsídio a compreensão da partição dos contaminantes entre diferentes compartimentos ambientais.

As análises granulométricas foram feitas de acordo com a norma ABNT (ABNT, 1982). A análise granulométrica descrita nesse método é uma combinação de análise por sedimentação e por peneiramento e foram realizadas no Laboratório de Mecânica dos Solos - Departamento de Engenharia Civil da UFSCar.

### 5.2.2 Determinação do Teor de Umidade

Para a determinação do teor de umidade das amostras, foi pesada uma alíquota de aproximadamente 5 g de sedimento que, posteriormente, foi seco em estufa a 65°C até massa constante. Após secagem, as amostras foram pesadas e o teor de umidade determinado gravimetricamente.

### 5.2.3 Determinação do Teor de Carbono Orgânico

O carbono orgânico total foi analisado no aparelho TOC 5000 da Shimadzu acoplado a um SSM (*Solid Sample Module*) 5000A através do método 3510B do *Standard Methods*. O método consiste na queima de todo carbono a 900°C, transformando-o em CO<sub>2</sub>, fornecendo o valor de Carbono Total (CT), e o Carbono Inorgânico (CI) reage com ácido fosfórico também sendo transformado em CO<sub>2</sub> a uma temperatura de 200°C. Ambos são quantificados em um detector de Infravermelho com limite de detecção de 0,3 % e o Carbono Orgânico Total (COT) é obtido através da diferença entre o CT e CI.

### 5.2.4 Metais e metalóides

Na água foram realizadas as determinações dos metais Ag, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn e dos metalóides As e Se. Nas amostras de água que continham mais do que 1 % (m/v) de particulado suspenso, os metais foram extraídos de acordo com o Método 200.2 da USEPA (USEPA, 1994). Os métodos utilizados para análise dos metais e metalóides e os limites de determinação nas condições do método encontram-se na Tabela 5.1.

Para os sedimentos e peixes, os metais Ag, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn e os metalóides As e Se foram extraídos de acordo com o Método 3050B da USEPA (USEPA, 1996). Este consiste na pesagem de uma massa próxima a 2,0000 ±0,0001 g de sedimento seco ou tecido úmido, fazendo-se o ataque com ácido nítrico, peróxido de hidrogênio e ácido clorídrico. As determinações foram realizadas por espectrometria de emissão atômica por plasma de indução acoplado (ICP-AES), com exceção da Ag, para qual utilizou-se espectrometria de absorção atômica com forno de grafite (GF-AAS), e As e Se, para os quais utilizou-se espectrometria de absorção atômica com gerador de hidretos (HG-AAS).

Para o caso específico do mercúrio, utilizou-se o Método 245.6 da USEPA para sedimentos, tendo sido apenas a temperatura de extração alterada para 95°C ao invés de 60°C como descrito por FADINI (1999), para extração em tecidos de peixe. O Hg foi determinado por espectrometria de absorção atômica com vapor frio (CV-AAS).

Realizou-se a extração e determinação de sulfetos volatilizáveis por acidificação (SVA) e metais extraídos simultaneamente (MES) dos sedimentos, segundo procedimento proposto por ALLEN *et al.*, (1993). As quantificações de SVA

foram realizadas por espectrofotometria, método do azul de metileno descrito em *Standard Methods* (1985), utilizando-se um espectrofotômetro portátil HACH modelo DR/2010, enquanto os MES (Cu, Cd, Pb, Ni e Zn) foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica por chama.

Extraiu-se a água intersticial, para realização de análise de metais, por centrifugação dos sedimentos por 15 minutos em centrífuga refrigerada a 4 °C. As amostras foram então filtradas a vácuo sob atmosfera de nitrogênio gasoso em membrana de acetato de celulose de 0,45 µm e preservadas com ácido nítrico para posterior determinação de metais.

Os métodos utilizados para extração de metais nos sedimentos são comparáveis aos métodos empregados para a definição dos VGQS TEL/PEL/SEL, amplamente adotados em trabalhos realizados no Canadá e nos EUA. Os limites de detecção e os métodos de leitura dos elementos estão na Tabela 5.1. As determinações espectrofotométricas foram realizadas na Divisão de Laboratório do Conselho Nacional de Energia Nuclear de Poços de Caldas - MG, sob supervisão do Dr. Marcos R.L. do Nascimento.

TABELA 5.1 - Métodos de análise e limites de quantificação para metais e metalóides nas matrizes água, sedimento e peixe.

Elemento	Método	Limite de quantificação nas condições do método (mg L <sup>-1</sup> )	Limites de quantificação nas condições do método (mg kg <sup>-1</sup> )
Ag	GF-AAS	0,0008	0,2
As	HG-AAS	0,002	0,3
Cd	GF-AAS	0,0002	0,02
Fe	ICP-AES	0,03	-
Pb	GF-AAS	0,001	0,05
Cu	ICP-AES	0,008	1,0
Cr	ICP-AES	0,04	2,0
Hg	CV-AAS	0,0001	0,025
Mn	ICP-AES	0,06	3,5
Ni	ICP-AES	0,020	2,5
Se	HG-AAS	0,01	2,0
Zn	ICP-AES	0,02	1,0



Para certificação dos métodos analíticos adotados para realização das extrações de metais em sedimentos e peixes, utilizou-se material de referência certificado: para os sedimentos, utilizou-se o material certificado NIST (*National Institute of Standards and Technology* - EUA) nº 8704, que corresponde ao sedimento do *Buffalo River*; para peixes utilizou-se o material certificado da NRC (*Nacional Research Council Canadá*) DORM – 2, que corresponde a músculo do peixe *dogfish*. Os resultados de recuperação obtidos para os sedimentos e para os peixes estão apresentados nas Tabelas 5.2 e 5.3, respectivamente. Os resultados de recuperação se mostraram satisfatórios, com exceção para o chumbo na certificação da extração em músculo de peixe, para qual não se obteve recuperação devido a concentração desse metal no material certificado ser muito próxima ao limite de quantificação do método utilizado.

Para controle de qualidade das análises, realizaram-se réplicas de 30 % das amostras analisadas, obtendo-se uma variação menor do que 10 % entre as réplicas, além da realização de brancos analíticos, que se apresentaram satisfatórios, pois encontram-se abaixo dos limites de quantificação para a maioria dos analitos, sendo as exceções correspondentes aos metais analisados com técnicas analíticas mais sensíveis, como é o caso do mercúrio e chumbo, e para metais mais abundantes, como o zinco. Para os casos citados as leituras dos brancos, ainda assim, apresentaram-se na faixa de 8 % acima de LQ ( $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ ) para o Zn e 20 a 30 % acima de LQ para Hg (LQ =  $0,0001 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e Pb (LQ =  $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ ), sendo esses devidamente descontados para obtenção de resultados coerentes.

TABELA 5.2 - Dados das análises de recuperação para material certificado para sedimento, NIST nº 8704 (*Buffalo River sediment*).

Metais	Valor Certificado (mg kg <sup>-1</sup> )	Valor Experimental (mg kg <sup>-1</sup> )	Recuperação – Sedimento do Buffalo River (%)
Cd	2,94 ± 0,29	3,01 ± 0,10	108,5
Cr	121,9 ± 3,8	117 ± 3	96,0
Co	13,57 ± 0,43	14,56 ± 1,2	107,3
Pb	150 ± 17	167 ± 3	111,3
Mn	544 ± 21	546 ± 5	100,4
Ni	42,9 ± 3,7	40,0 ± 2	93,2
Zn	408 ± 15	416 ± 4	102,0

TABELA 5.3 - Dados de recuperação para material certificado para músculo de peixe, DORM-2 NRC (*dogfish*).

Metais	Valor Certificado (mg kg <sup>-1</sup> )	Valor Experimental (mg kg <sup>-1</sup> )	Recuperação – Músculo peixe DORM-2 (%)
Cd	0,043 ± 0,008	0,051	118,6
Co	0,182 ± 0,031	0,197	108,2
Cr	34,7 ± 5,5	29,0	83,6
Cu	2,340 ± 0,160	2,230	95,3
Ni	19,400 ± 3,100	17,640	90,2
Pb	0,065 ± 0,007	-	-
Zn	25,6 ± 2,3	21,4	83,5

## CÁPITULO 6 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Variáveis físico-químicas das águas.

As variáveis físico-químicas medidas em campo no período da seca apresentaram teores elevados de oxigênio dissolvido, relativamente baixos valores de condutividade elétrica, o que é bastante característico de ambientes lóticos não impactados. Não foram detectadas variações significativas nas diferentes profundidades (superfície, meio e fundo) fato que evidencia a relativamente baixa profundidade e alta homogeneização da coluna de água do trecho em estudo do Rio São Francisco.

Já para o período da chuva, manteve-se a caracterização de uma coluna de água bastante homogênea e observou-se que, logo após a barragem da CEMIG, as águas do Rio São Francisco apresentaram níveis de oxigênio baixos (pontos SF1, SF2, SF3 e SF4) e próximos ao determinado para as águas mais profundas da represa (ponto SF0), o que se pode atribuir ao maior volume de água turbinada no período da cheia, e, portanto, um maior aporte de águas mais frias, além de apresentarem menor concentração de oxigênio dissolvido por se tratar de águas profundas e conseqüentemente mais anóxicas. O nível de oxigênio dissolvido é ainda mais baixo no ponto SF1, foz do córrego Barreiro Grande devido a um segundo fator, qual seja, o aporte de matéria orgânica proveniente do esgoto da cidade de Três Marias que é lançado neste córrego sem tratamento prévio. Os dados encontram-se no Apêndice A.

### 6.2 Caracterização dos Sedimentos

Para caracterização dos sedimentos amostrados foi medido em campo o potencial redox ( $E_H$ ) dos mesmos e em laboratório determinou-se a umidade, a granulometria e o teor de carbono orgânico total (COT), sendo esses dados apresentados na Tabela 6.1 e Figura 6.1.

TABELA 6.1 - Dados de umidade e COT das amostras de sedimento coletadas no Rio São Francisco.

	COT (%)		E <sub>H</sub> (mV)	
	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta
<b>SF0</b>	-	1,278	-	-0,92
<b>SF1</b>	0,832	1,088	-0,135	-0,168
<b>SF2</b>	0,465	1,057	-0,137	0,83
<b>SF3(D)</b>	0,456	0,220	-0,001	-1,6
<b>SF3(E)</b>	-	0,350	-	-1,6
<b>SF4(D)</b>	0,704	0,962	-0,134	-1,97
<b>SF4(E)</b>	-	0,462	-	-1,65
<b>SF5</b>	1,268	0,87	0,02	-0,56
<b>SF6</b>	0,181	0,678	0,142	-1,57
<b>SF7</b>	0,467	0,592	-0,137	-1,6
<b>SF8(D)</b>	-	0,738	-	-0,56
<b>SF8(E)</b>	0,416	-	-0,059	-

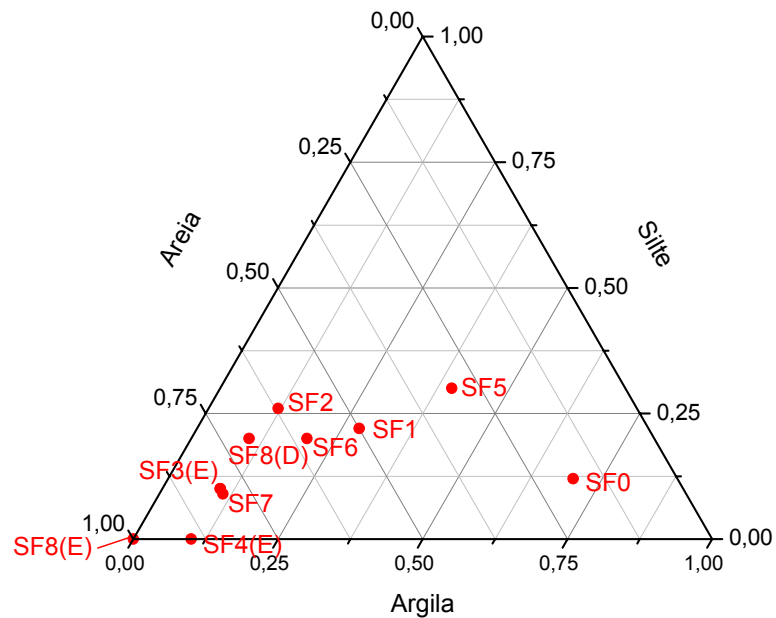


FIGURA 6.1- Diagrama de classificação granulométrica das amostras de sedimento.

Os dados apresentados indicam que o sedimento do leito do rio no trecho de trabalho no Rio São Francisco é predominantemente arenoso, com baixos teores de matéria orgânica e baixa umidade. Um ponto que apresenta característica granulométrica diferenciada é o ponto SF5, localizado na Ilha do Piriquito, no qual encontra-se um sedimento mais argiloso. O potencial redox ( $E_H$ ) indica que o sedimento de fundo é predominantemente reduzido.

Para os pontos de coleta CG-J e CG-M não se dispõe de dados de caracterização, pois essas amostras foram coletadas em um momento em que não havia material em campo para realização das medidas de potencial redox. A granulometria desses sedimentos não foi realizada devido a quantidade insuficiente de material coletado, mas trata-se de um sedimento aparentemente argiloso.

Os parâmetros acima apresentados influenciam consideravelmente na partição dos metais nos sedimentos, sendo assim, essa caracterização é de extrema importância para atribuição de um ponto amostral como ponto de referência. O ideal é que o ponto de referência, também conhecido como “*background*”, deve, além de não ter influências antrópicas que reflitam em uma potencial de contaminação, apresentar características físico-químicas semelhantes aos demais pontos amostrais em estudo.

## 6.3 Metais e Metalóides

### 6.3.1 Águas

Para as amostras de água coletadas, foram determinadas as concentrações dos metais Ag, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn e dos metalóides As e Se nas camadas de superfície, meio e fundo somente para os pontos SF0, SF2, SF3, SF4, SF5 e SF6, pois esses pontos foram selecionados seguindo-se dois critérios: a profundidade do local amostrado e a proximidade da área de influência da VM, sendo assim selecionados como os mais relevantes.

Os resultados das determinações analíticas de metais e metalóides nas águas estão representadas na Tabela 6.2, que traz as concentrações de Cd, Mn, Pb, Zn, Cu e Fe. Os demais elementos não se encontram aqui descritos, pois todas as determinações resultaram valores que não violam os padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA No. 357/05 para águas de Classe 2. Importante frisar que todos os limites de detecção dos métodos empregados nas análises atendem a citada resolução (ver Tabela 5.1).

TABELA 6.2 - Concentração (mg L<sup>-1</sup>) de metais em água. Os valores destacados em cinza correspondem as concentrações que violaram os padrões de qualidade de água definidos pela Resolução CONAMA N° 357/05 para corpos de água Classe 2 (\*). Encontram-se apresentados na tabela, concentrações de metais para superfície (S), meio (M), e fundo (F) nos pontos SF0, SF2, SF3(D), SF4(D) e SF5.

		Cd (0,001)*		Mn (0,1)*		Pb (0,01)*		Zn (0,18)*		Cu (0,009)*		Fe (0,3)*	
		1° col	2° col	1° col	2° col	1° col	2° col	1° col	2° col	1° col	2° col	1° col	2° col
SF0	S	< 0,0002	0,0003	< 0,06	< 0,06	0,003	0,003	0,04	< 0,02	< 0,008	0,013	0,06	0,03
	M	< 0,0002	< 0,0002	< 0,06	< 0,06	0,002	0,007	< 0,02	< 0,02	< 0,008	< 0,008	0,27	<b>5,88</b>
	F	< 0,0002	0,0003	< 0,06	<b>1,61</b>	0,003	<b>0,019</b>	0,04	0,12	< 0,008	< 0,008	0,08	0,08
SF1	S	< 0,0002	0,0013	< 0,06	<b>0,78</b>	0,008	0,006	0,12	<b>0,23</b>	< 0,008	0,010	< 0,02	<b>2,61</b>
SF2	S	< 0,0002	0,0011	< 0,06	0,12	0,002	0,005	< 0,02	0,04	<b>0,045</b>	< 0,008	0,03	0,14
	M	< 0,0002	0,0007	< 0,06	0,11	0,002	0,004	< 0,02	< 0,02	< 0,008	0,010	< 0,02	0,25
	F	< 0,0002	< 0,0002	< 0,06	<b>0,79</b>	0,001	<b>0,022</b>	< 0,02	0,07	< 0,008	< 0,008	0,03	<b>0,73</b>
SF3(D)	S	< 0,0002	0,0003	0,75	0,14	0,001	0,006	0,16	0,20	< 0,008	0,009	0,05	0,20
	M	< 0,0002	0,0003	0,22	0,14	0,002	0,003	0,11	0,20	< 0,008	0,012	0,05	0,23
	F	< 0,0002	0,0004	0,41	0,13	0,001	0,002	0,13	0,22	< 0,008	0,009	0,05	0,25
SF3(E)	S	-	0,0003	-	0,14	-	0,006	-	0,20	-	0,013	-	0,11
SF4(D)	S	< 0,0002	0,0112	0,12	<b>0,82</b>	0,002	0,013	0,12	<b>4,66</b>	< 0,008	< 0,008	0,04	0,34
	M	< 0,0002	0,0870	0,15	<b>0,50</b>	0,001	0,057	0,47	<b>2,28</b>	< 0,008	0,016	0,05	0,32
	F	< 0,0002	0,0059	0,15	<b>0,48</b>	0,002	0,007	0,38	<b>2,09</b>	< 0,008	< 0,008	0,04	0,37
SF4(E)	S	-	< 0,0002	-	0,10	-	0,005	-	< 0,02	< 0,008	0,016	-	0,09
SF5	S	< 0,0002	< 0,0002	< 0,06	0,13	0,002	0,003	0,07	0,06	< 0,008	< 0,008	0,13	0,14
	M	< 0,0002	< 0,0002	< 0,06	0,13	0,002	0,005	0,06	0,07	< 0,008	< 0,008	0,04	0,20
	F	< 0,0002	< 0,0002	< 0,06	0,13	0,003	0,004	0,06	0,07	< 0,008	0,019	0,03	0,10
SF6	S	< 0,0002	< 0,0002	< 0,06	0,20	0,002	0,005	0,05	0,04	< 0,008	< 0,008	0,23	<b>0,37</b>
SF7	S	< 0,0002	< 0,0002	< 0,06	0,30	0,003	0,007	< 0,02	< 0,02	< 0,008	0,010	< 0,02	0,19
SF8(E)	S	< 0,0002	< 0,0002	< 0,06	<b>0,73</b>	0,004	<b>0,018</b>	< 0,02	0,08	< 0,008	0,016	< 0,02	<b>0,47</b>
SF8(D)	S	-	< 0,0002	-	0,10	-	0,009	-	0,06	-	0,010	-	0,19

Nos resultados anteriormente apresentados, encontram-se destacadas em cinza as concentrações que estão acima dos padrões de qualidade de água definidos pela Resolução CONAMA N° 357/05 para corpos de água de Classe 2.

Para o período de seca, foram detectadas duas violações dos padrões de qualidade, para o Mn, nos pontos SF3 e SF4, e para o Zn, no ponto SF4. As violações são de até 7 vezes para o Mn e 4 vezes para o Zn. Para esse período pode-se observar que o aumento das concentrações de metais nas águas do Rio São Francisco é decorrente da influência das fontes pontuais de metais que podem ser identificadas como sendo a descarga de efluentes tratados da VM e o Córrego Consciência, que possui em seu leito grande quantidade de passivo ambiental depositado historicamente pela citada empresa.

Já para o período de chuva, foram determinadas violações para todos os pontos de coleta, sendo as violações mais críticas para zinco e manganês no ponto SF4 na margem direita do Rio São Francisco, no qual foi determinada concentração de zinco até 25 vezes acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA No 357/05.

O aumento das violações dos padrões de qualidade de água observado no período de chuva se atribui a fatores como o aumento no aporte de contaminantes decorrentes da lavagem dos solos ocupados por resíduos ricos em metais armazenados na área da empresa VM, o período da chuva também intensifica o processo de percolação dos resíduos armazenados nas barragens de contenção de rejeitos da VM. Outro fator bastante relevante é o significativo aumento da quantidade de particulado suspenso na água nesse período, como se pode observar a partir da quantificação dos sólidos totais suspensos apresentados na Tabela 6.3.

Essa elevada quantidade de particulado suspenso na água no período de chuva implicou na necessidade de aplicação de um procedimento de extração de metais nessa matriz, pois a Resolução CONAMA No 357/05 é definida com base na concentração de metais totais, com exceção para o ferro, cobre e alumínio, para os quais os padrões de qualidade são estabelecidos com base na concentração de metais dissolvidos. Sendo assim, realizou-se extração de parte da água para análise de metais totais de acordo com método da USEPA 300.2 (USEPA, 1994), e filtrou-se parte da amostra coletada em fibra de acetato de celulose de 0,45µm para realização da análise de metais dissolvidos.

TABELA 6.3 - Concentração dos particulados suspensos ou STS (sólidos totais suspensos).

Particulado Suspenso (mg/L)			
		1º coleta	2º coleta
SF0	S	1,5	9,2
	M	-	9,1
	F	-	8,8
SF1	S	2,6	28,8
SF2	S	3,1	27,6
	M	-	24,8
	F	-	1049,2
SF3(D)	S	1,8	28,8
	M	-	21,6
	F	-	26,4
SF3(E)	S	-	28
SF4(D)	S	2,1	25,3
	M	-	28
	F	-	31,2
SF4(E)	S	-	26,4
SF5	S	2,2	22,8
	M	-	24
	F	-	30,8
SF6	S	1,7	22,8
SF7	S	1,4	36,8
SF8(E)	S	6,0	67,6
SF8(D)	S	-	30,4

Os pontos amostrais SF3 e SF4 são pontos que, reconhecidamente, caracterizam a influência da empresa (Votorantim Metais Zinco S.A.) no trecho considerado do Rio São Francisco e seus afluentes, já que o primeiro está localizado no local de descarga dos efluentes tratados da empresa e o segundo sofre influência da barragem de contenção de resíduos, já desativada, localizada na foz do Córrego Consciência, mas que ainda armazena resíduos e possui sua estrutura condenada devido a problemas de vazamento, podem ser considerados os pontos mais críticos em relação a contaminação por metais nas águas.

Os dados levantados indicam que há violação dos padrões de qualidade estabelecidos pela resolução CONAMA Nº 357/05, por infração do Artigo Art. 28, que estabelece que “os efluentes não poderão conferir ao corpo de água características em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento”, e outros artigos dispostos na mesma resolução, como, Condição II do § 1º do Art. 32, que, em síntese, dispõe que o lançamento de efluente mesmo tratado não deve “ocasionar a ultrapassagem das



*condições e padrões de qualidade de água, estabelecidos para as respectivas classes, nas condições de vazão de referência”.*

Outro aspecto da Resolução CONAMA Nº 357/05 que está condicionado a estudos mais aprofundados sobre a toxicidade do ambiente em estudo refere-se ao § 1º do Art. 34 da CONAMA Nº 357/05, que diz: *“que o efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente”*, deve ser levado em consideração, principalmente diante da mortandade de peixes já observada na região e as elevadas concentrações dos metais já citados.

Dentre os usos previstos para corpos de água Classe 2 consta “a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme a Resolução CONAMA Nº 274/00”. Diante da violação dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/05, como apresentado acima, considerou-se a possibilidade desse uso estar também comprometido, mas, como descrito na supra citada resolução, esse uso é dependente de outra Resolução, a CONAMA Nº 274/00, que dispõe quanto a balneabilidade dos corpos de água. Quando se consulta esta resolução, nota-se que a balneabilidade é definida estritamente com base em parâmetros microbiológicos e não com base em concentração de metais, por exemplo, o que impossibilita o condicionamento deste uso em decorrência dos dados levantados.

Outro aspecto importante a ser ressaltado sobre as supra citadas violações da Classe 2 das águas do Rio São Francisco é que tais violações foram detectadas em pontos amostrais distantes da fonte de lançamento, i.e., fora da zona de mistura dos citados efluentes com as águas do rio, o que é considerada uma transgressão da citada legislação (CONAMA No. 357/05).

As violações dos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA No. 357 de 2005 foram comunicados aos órgãos ambientais responsáveis pela fiscalização da empresa e dos efluentes por ela lançados sendo estes: a FEAM no âmbito estadual e a ANA no âmbito federal. Mas a simples identificação do problema não implica em uma ação de gestão imediata, sendo este um árduo processo que muitas vezes, como foi o caso que aqui está sendo relatado, depende não só de uma caracterização técnica do problema, mas também de forças e articulações políticas para que o Estado obrigue os responsáveis pelos danos

causados a tomarem providências cabíveis, o que reforça a importância de trabalhar de maneira participativa com intuito de dar mais peso social aos dados levantados.

### 6.3.2 Sedimentos

Para as amostras de sedimentos, três tipos de extrações de metais foram realizadas: (i) os metais (potencialmente) biodisponíveis, Ag, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn e os metalóides As e Se, pelo método 3050B USEPA (USEPA, 2001), e Hg pelo método 245.6 da USEPA (USEPA, 1991), que permitem comparações com o VGQSs empíricos antes citados; (ii) a extração da fração de metais extraídos simultaneamente (MES) (também considerada potencialmente biodisponíveis como preconizado pela USEPA (2000)) com os sulfetos volatilizáveis por acidificação (SVA) (ALLEN *et al.*, 1991); e (iii) extração das águas intersticiais para análise de metais, que corresponde, segundo vários autores, à verdadeira fração biodisponível desses elementos.

Os dados gerados a partir da quantificação dos metais potencialmente biodisponíveis (USEPA, 1996) mostram o perfil de concentração ilustrado nos gráficos da Figura 6.2.

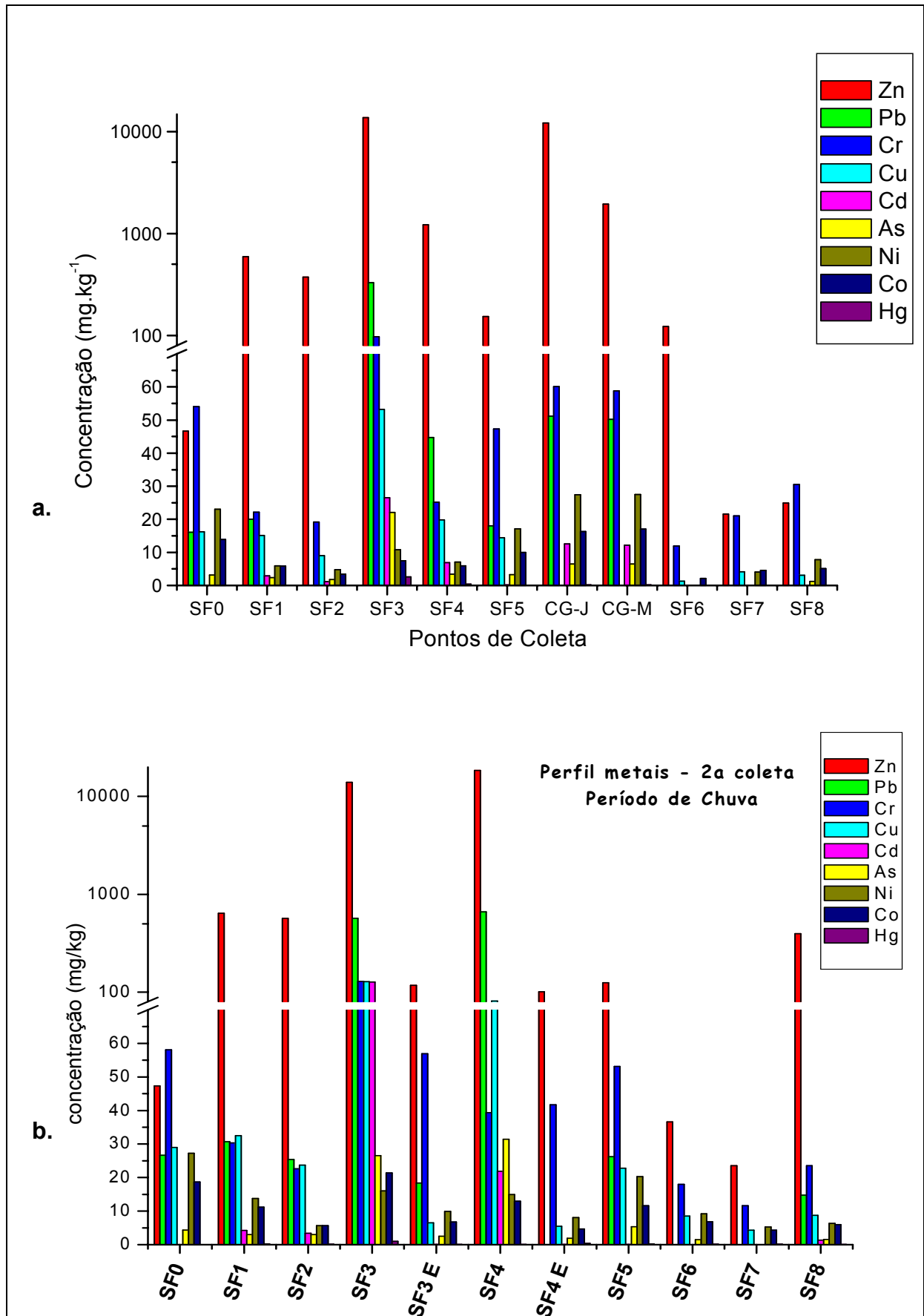


FIGURA 6.2 - Perfil de concentração de metais no trecho de estudo no Rio São Francisco – MG. O gráfico **a** corresponde ao período de seca e o gráfico **b** corresponde ao período de chuva; os pontos amostrais estão dispostos seguindo a ordem em que se encontram no curso do Rio São Francisco (i.e., de montante a jusante).

Como se pode observar nos gráficos ilustrados na Figura 6.2, há um aumento significativo da concentração dos metais nos pontos que sofrem influência mais direta da VM, ou seja, pontos SF3 (próximo ao local de descarga dos efluentes tratados da VM) e SF4 (Foz do Córrego da Consciência); há também uma atenuação destas concentrações conforme se afasta desses pontos e quando se observam os pontos localizados na margem esquerda do Rio São Francisco, margem oposta às instalações da empresa.

Uma elevada concentração de metais é também observada nos pontos CG-M e CG-J. Os sedimentos desses pontos, apesar de se localizarem mais afastados da fonte pontual de metais, são bastante finos, e, portanto, possuem uma maior capacidade de adsorção e poder de acumular metais. Os dados desses pontos ilustram, também, que há um transporte de contaminantes ao longo do rio, e que essa contaminação, se acumula em determinados pontos, o que se torna ainda mais evidente quando se observa o ponto SF8(D), localizado na margem direita do Rio São Francisco, na foz do Rio Abaeté, a aproximadamente 45 km de distância da área de instalação da citada empresa.

Nas Figuras 6.3 e 6.4, a seguir, encontram-se ilustrados os gráficos das concentrações para cada metal estudado e os respectivos VGQS utilizados para avaliação da qualidade dos sedimentos analisados.

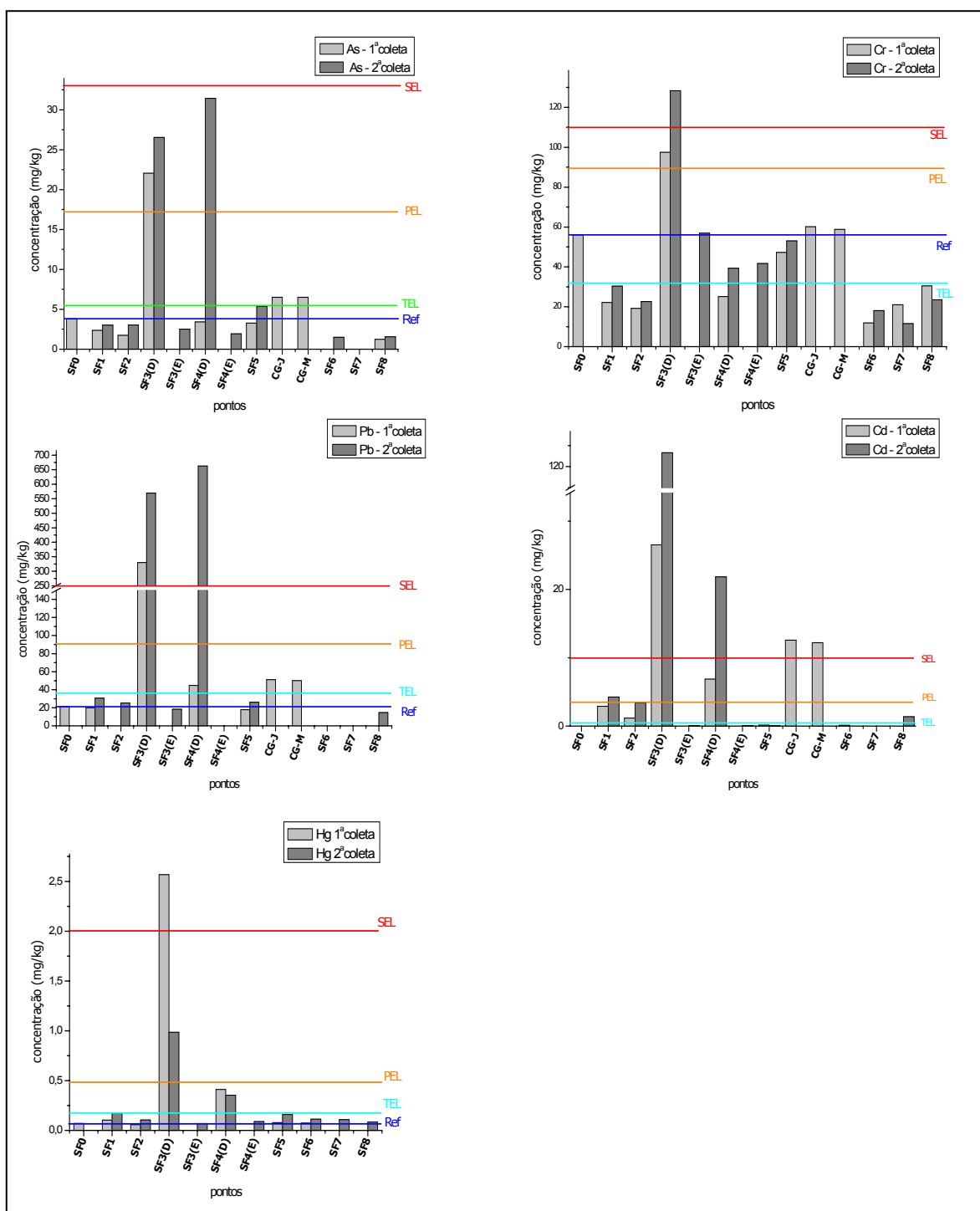


FIGURA 6.3 - Gráficos de concentração dos metais As, Pb, Cr, Cd, Zn e Hg determinada para os pontos de coleta de SF0 a SF8 e os respectivos VGQS, TEL/PEL/SEL para os contaminantes já citados, representados em forma de linhas nas cores azul claro, laranja e vermelho, respectivamente e, em azul escuro, tem-se o valor de referência ('background'). As tabelas com os valores que geraram os gráficos aqui representados são encontradas no Apêndice B.

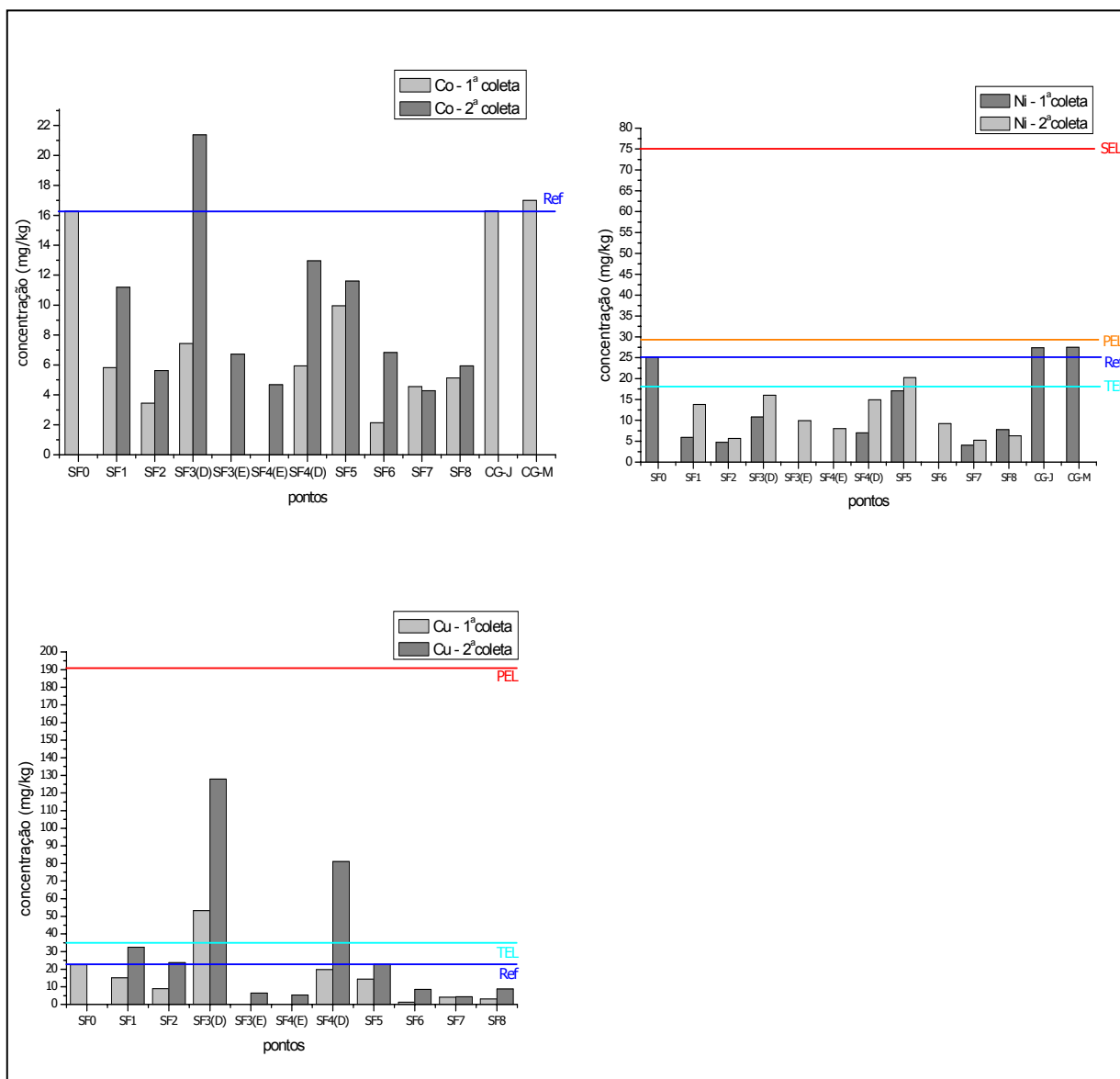


FIGURA 6.4 - Gráficos de concentração dos metais Co, Ni e Cu, determinadas para os pontos de coleta de SF0 a SF8 e os respectivos VGQS, TEL/PEL/SEL para os contaminantes já citados, representados em forma de linhas nas cores azul claro, laranja e vermelho, respectivamente e, em azul escuro, tem-se o valor de referência (“background”). As tabelas com os valores que geraram os gráficos aqui representados são encontradas no Apêndice B.

Os valores de referência (*background*), apresentados nos gráficos das Figuras 6.3 e 6.4 (linha azul intitulada como “Ref”) são valores que representam as concentrações naturais ou com nível desprezível de contaminantes encontradas para a região de trabalho da bacia do Rio São Francisco. No presente trabalho estes valores foram gerados a partir da extração dos metais da última camada (mais profunda) dos testemunhos coletados na represa de Três Marias, próximo ao Rio Borrachudo (S 18° 16' 56,3" W 45° 22' 04,8"), e representam, como já antes citado,

valores de linha de base dos sedimentos que inicialmente formaram a coluna sedimentar da represa na época de fechamento da barragem. Os perfis de distribuição desses metais ao longo dos dois testemunhos coletados estão apresentados em forma de gráficos nas Figuras 6.5 (a) e (b).

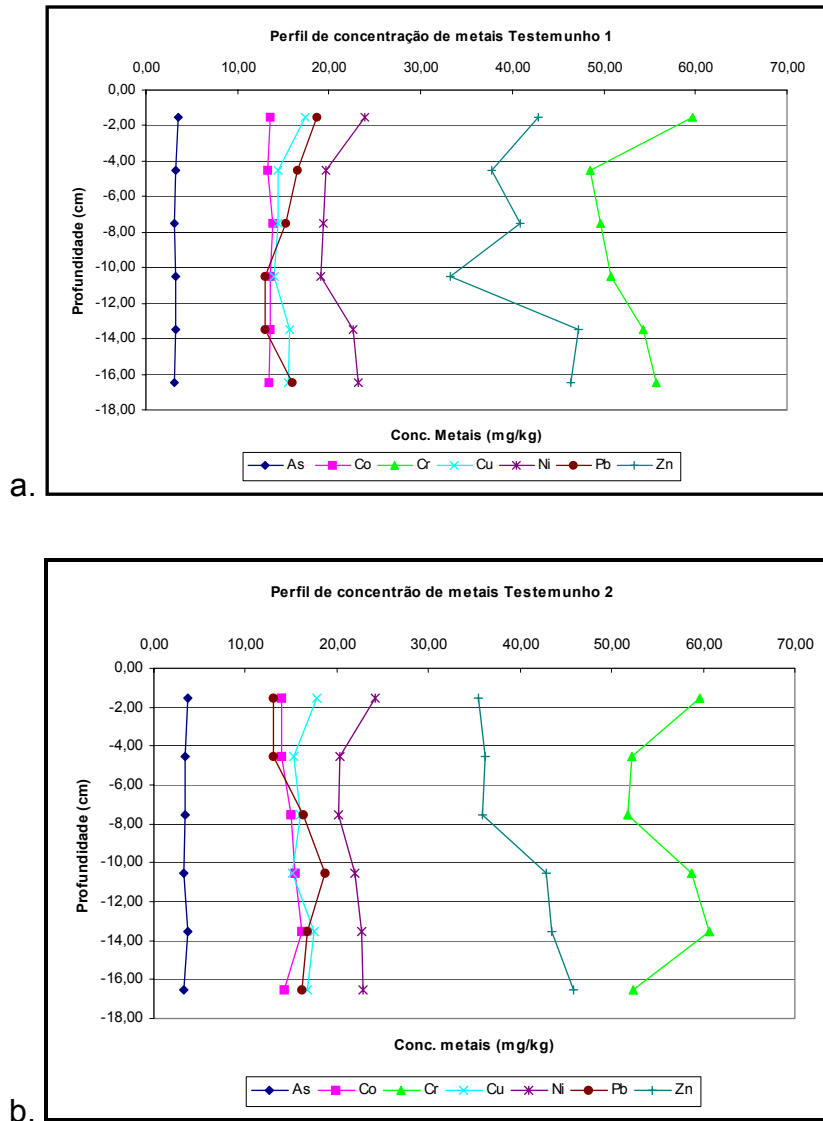


FIGURA 6.5: Perfil de concentração de metais e metalóides no testemunho 1 (a) e testemunho 2 (b) coletados na Represa de Três Marias – MG, próximo ao Rio Borrachudo. O testemunho foi fatiado a cada 3 cm.

Os valores de *background* obtidos a partir da concentração de metais presente na última fatia dos testemunhos coletados permite concluir-se que há uma ação antrópica que reflete em um grande aumento na concentração de metais nos sedimentos do leito do Rio São Francisco, já que os valores determinados para os

pontos SF3 e SF4, por exemplo, para metais como Hg, Cd, Zn e Pb e o metalóide As apresentam concentrações até 500 vezes acima dos valores encontrados para o ponto considerado como referência (*background*).

Como antes citado, esses valores-guia são definidos com base em um grande banco de dados emparelhados de concentração química de contaminantes e testes de toxicidade nos sedimentos, dados *in situ*, de laboratório e de sedimentos naturais e fortificados com contaminantes (e.g., MACDONALD *et al.*, 2000; NOAA SQUIRTs, 1999). No entanto há que se ter em mente que esses VGQS devem ser empregados apenas em uma abordagem do tipo *screening* em avaliações da qualidade de sedimento, dado que, dependendo do elemento químico, a capacidade de previsão da toxicidade é bastante baixa, como apontam diversos autores (CHAPMAN *et al.*, 1999; USEPA, 2000; BORGAMN, 2000; BURTON, 2000; BRIDGES *et al.*, 2005; CHAPMAN e ANDERSON, 2005; MOZETO *et al.*, 2006).

Como se pode observar, para todos os metais e metalóides que há VGQS estabelecidos, esses foram violados em TEL e PEL no ponto SF3, com exceção do níquel. As violações mais significativas são as do Cd, Zn, Hg e Pb que violam os respectivos valores de SEL (do inglês, *severe effect level*) em aproximadamente 3 vezes para o Cd, em 16 vezes para o Zn e em aproximadamente 1,5 vezes para o Pb e Hg.

Pode-se dizer que se trata de violações extremas e, mesmo se considerando o caráter *screening* do uso dessas ferramentas, pode-se afirmar que, com probabilidade muito alta, essas concentrações medidas devem resultar (ou estar resultando) em toxicidade à fauna aquática (organismos bentônicos e peixes), além de estarem contribuindo significativamente para deterioração da qualidade da água. Há que se registrar que os valores de TEL são valores limiares de toxicidade, ou seja, são valores de concentração química desses elementos para os quais a toxicidade é muito pouco provável, enquanto que os valores de PEL referem-se a níveis prováveis de toxicidade e SEL são valores que indicam um potencial tóxico mais elevado, representando limite para a intervenção na Província de Ontário, Canadá (PERSUAD *et al.*, 1992).

Quando se usa o VGQS mecanístico do SVA/MES, o critério utilizado para aferir se um sedimento é ou não potencialmente tóxico é baseado na diferença de concentrações  $\Sigma[MES] - [SVA]$ , como indicado no diagrama da Figura 6.6. Para



as diferenças em que se obtêm resultados positivos, faz-se a normalização dos dados com base na concentração de carbono orgânico total (COT ou  $f_{COT}$ ), fração esta que, além dos SVA, também atua no controle da partição, biodisponibilidade e toxicidade de metais no sedimento. Isto é, essa normalização desconta o efeito do COT sobre a partição e biodisponibilidade de metais dos sedimentos.

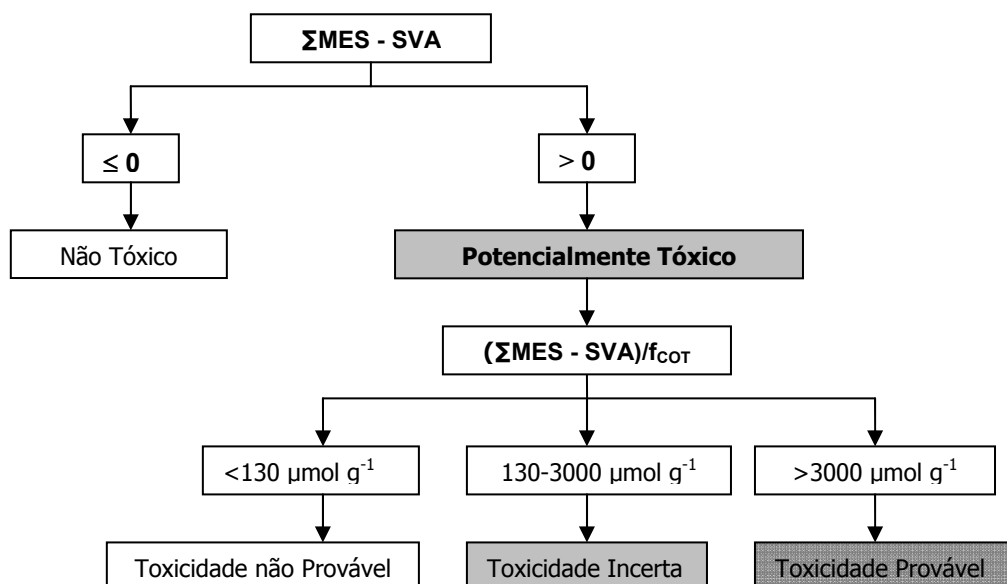


FIGURA 6.6 - Diagrama de classificação do potencial tóxico de acordo com VGQA SVA/MES. Os tons de cinza correspondem ao nível de potencial tóxico tal como na Tabela 6.4, que se remete aos dados obtidos na coleta (USEPA, 2000; Silvério, 2003).

Os resultados obtidos na análise SVA/MES para as amostras coletadas estão apresentados na Tabela 6.4.

TABELA 6.4 - Resultados obtidos para VGQS mecânico SVA/MES

	1ª Coleta		2ª Coleta	
	$\Sigma$ MES - SVA ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ )	( $\Sigma$ MES - SVA)/fcop ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ )	$\Sigma$ MES - SVA ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ )	( $\Sigma$ MES - SVA)/fcop ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ )
SF0	0,39	19,95	0,90	50,23
SF1	4,60	543,57	2,97	272,79
SF2	5,36	1.151,86	3,94	372,77
SF3-D	116,77	25.399,63	139,07	63211,43
SF3-E	-	-	1,33	380,00
SF4-D	8,97	1.255,27	181,38	18855,00
SF4-E	-	-	8,37	1811,00
SF5	1,43	108,98	1,08	124,00
SF6	0,99	548,42	0,14	21,00
SF7	0,14	30,45	< LQ	-
SF8-D	-	-	2,31	313,00
SF8-E	0,05	11,23	-	-

Como se pode observar nos resultados apresentados na Tabela 6.4 para o período da seca (1ª coleta) a amostra do ponto SF3 apresenta toxicidade provável, enquanto para os demais amostras representativas dos demais pontos de coleta apresentam toxicidade incerta com exceção dos pontos SF0, SF5, SF7 e SF8 que se enquadram na faixa de toxicidade não provável. Quando se observa os resultados obtidos a partir das amostras coletadas no período da chuva (2ª coleta) tem-se toxicidade provável para os pontos SF3 – D (margem direita) e SF4 – D (margem direita) e para os demais pontos amostrais tem-se toxicidade incerta, com exceção dos pontos SF0, SF5 e SF7.

Os valores-guia das águas intersticiais são complementares ao VGQS baseado no SVA. O VGUTAI (Valores-guias de unidades tóxicas de águas intersticiais) para um dado metal corresponde a concentração deste metal determinada na água intersticial dividida pelo seu valor correspondente FCV (*Final Chronic Value*), concentração de metal que provoca mortalidade de 50% dos organismos testes em bioensaios (CL50), definido para a derivação dos critérios de qualidade de água (USEPA, 1985). Esse cálculo é realizado para os cinco metais utilizados na determinação do VGQS do SVA (Cd, Cu, Pb, Ni e Zn), o somatório dos VGUTAI determinado para cada metal deve ser menor ou igual a 1 para que a manifestação de efeitos tóxicos não seja esperada.

Os resultados obtidos para os VGUTAI estão apresentados na Tabela 6.5 a seguir.

TABELA 6.5 - Resultados obtidos para VGQS mecanístico VGUTAI.

	VGUTAI Cd	VGUTAI Cu	VGUTAI Ni	VGUTAI Pb	VGUTAI Zn	$\Sigma$ VGUTAI
SF0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0810	0,081
SF1	0,23	0,000	0,000	0,290	0,162	0,682
SF2	0,035	0,000	0,000	0,20	0,000	0,235
SF3 (D)	3,33	0,000	0,000	0,000	0,776	<b>4,106</b>
SF3 (E)	0,000	0,000	0,000	0,14	0,000	0,140
SF4 (D)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,102	0,102
SF4 (E)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SF5	0,000	0,000	0,000	0,16	0,0448	0,205
SF6	0,103	0,000	0,000	0,31	0,0552	0,468
SF7	0,000	0,000	0,000	0,10	0,0414	0,141
SF8 (D)	0,55	0,000	0,000	0,86	0,448	<b>1,858</b>

Considerando que este VGQS é complementar ao VGQS da fase sólida, pode-se inferir que o ponto SF3 (D) apresenta um potencial tóxico de acordo com ambos os VGQS mecanísticos.

### 6.3.3 Peixes

Para avaliação preliminar da contaminação por metais na biota residente na área de estudo do Rio São Francisco, optou-se pela análise de metais em músculo de peixe por tratar-se de uma matriz importante devido a sua relevância ecológica e para a atividade de pesca artesanal profissional desenvolvida na região, além do consumo do filé de peixe ser um hábito muito presente na comunidade de pescadores da região.

Foram coletados as seguintes espécies de peixes: Curimatã pacu (*Prochilodus argenteus*), peixe de alimentação detritívora e o principal peixe, em biomassa, na pesca artesanal do Rio São Francisco, Mandi-amarelo (*Pimelodus maculatus*), peixe onívoro com tendência à ictiofagia e Trairão (*Hoplias lacerdae*), peixe piscívoro.

A coleta foi realizada na área de estudo no Rio São Francisco e um exemplar de cada espécie no período da seca e da chuva na Represa de Três Marias.

Os metais determinados no músculo dos peixes foram Ag, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn e os metalóides As e Se, os resultados estão apresentados abaixo.

Quanto ao Mandi, foi coletado um total de 14 exemplares no Rio São Francisco, na área de estudo com tamanho médio de 24,3 cm, a concentração média para os metais detectados no músculo analisado encontra-se apresentadas na Tabela 6.6.

TABELA 6.6 - Número de exemplares nos quais foi detectado algum metal, amplitude de variação da concentração dos metais detectados no músculo dos exemplares coletados e a concentração média para mandis.

<b>Metais</b>	<b>Exemplares com níveis detectáveis de metais n = 14</b>	<b>Concentração média (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Amplitude de concentração (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Concentrações determinadas para Mandi da represa (SF0)</b>	<b>Limites máximos – Portaria 658/98 ANVISA (mg kg<sup>-1</sup>)</b>
<b>Pb</b>	5	0,314 ± 0,276	0,055 – 0,798	< LQ	2,00
<b>Zn</b>	10	3,778 ± 0,740	2,634 – 4,072	< LQ	-
<b>Hg</b>	13	0,200 ± 0,110	0,104 – 0,386	0,239	0,50

Os resultados das concentrações médias de metais obtidas para o Curimatã-Pacu encontram-se apresentados na Tabela 6.7, para esta espécie foram coletados um total de 25 exemplares, que apresentaram tamanho médio de 26,0 cm.

TABELA 6.7 - Número de exemplares nos quais foi detectado algum metal, amplitude de variação da concentração dos metais detectados no músculo dos exemplares coletados e a concentração média para Curimatã-Pacu.

<b>Metais</b>	<b>Exemplares com níveis detectáveis de metais n = 25</b>	<b>Concentração média (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Amplitude de concentração (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Concentrações determinadas para Curimatã-Pacu da represa (SF0) (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Limites máximos Portaria 658/98 ANVISA (mg kg<sup>-1</sup>)</b>
<b>Pb</b>	15	0,256±0,191	0,053 - 0,798	<LQ	2,00
<b>Zn</b>	22	3,437±0,865	1,039 - 5,436	<LQ	-
<b>Hg</b>	12	0,033±0,018	0,027 - 0,053	0,424	0,50

Os resultados apresentados na Tabela 6.8 correspondem à concentração de metais determinada nos exemplares de Trairão coletados, sendo um total de 15 exemplares com tamanho médio de 42,7 cm.

TABELA 6.8 - Número de exemplares nos quais foi detectado algum metal, amplitude de variação da concentração dos metais detectados no músculo dos exemplares coletados e a concentração média para trairão.

<b>Metais</b>	<b>Exemplares com níveis detectáveis de metais n = 15</b>	<b>Concentração média (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Amplitude de concentração (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Concentrações determinadas para Trairão da represa (SF0) (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Limites máximos Portaria 658/98 ANVISA (mg kg<sup>-1</sup>)</b>
<b>Pb</b>	15	0,966±1,853	0,045 - 4,280	0,25	2,00
<b>Zn</b>	15	4,990±2,649	2,634 - 5,121	2,9	-
<b>Hg</b>	12	0,388±0,221	0,142 - 0,848	<LQ	1,00

Os dados obtidos para as amostras de peixes apresentados são comparados aos limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos em alimentos constantes na Portaria n° 685/98 – ANVISA. Pode-se ver que os valores médios não violam a citada portaria, no entanto, tem-se que considerar o número relativamente baixo de exemplares coletados neste estudo que não permite dar um peso estatístico a afirmação de que o consumo dos peixes das espécies analisadas não está comprometido devido às inúmeras variáveis que devem ser levadas em

consideração quando se trata de contaminação em peixes como, por exemplo, o caráter migratório das espécies, tamanho, maturidade, sexo, dentre diversos outros fatores.

A opção pela análise de metais em músculo de peixe atende parcialmente à demanda de avaliação da qualidade do pescado para consumo, mas não é a melhor opção para avaliar a biodisponibilidade dos metais. Outros tecidos, como, por exemplo, o fígado, os rins e as guelras possuem maior potencial de concentração para este tipo de contaminantes.

## **Parte II**

Integração Projeto de Pesquisa-Comunidade Local

## CAPÍTULO 7 – PARTICIPANTES E PARTICIPAÇÃO

### 7.1 Participantes

O desenvolvimento deste projeto segue os preceitos e características de pesquisa-ação, que articula a produção de conhecimentos, a ação educativa e a participação dos envolvidos, isto é, produz conhecimentos sobre a realidade a ser estudada e, ao mesmo tempo, realiza um processo educativo e participativo, para enfrentamento dessa mesma realidade (TOZONI-REIS, 2003).

Os principais sujeitos, partícipes do processo de troca de saberes e geração de conhecimento, no presente projeto, foi a comunidade de pescadores de Três Marias e Beira Rio. Essa opção foi baseada no fato desses sujeitos terem apontado a demanda pela realização do estudo e estarem intimamente ligados à problemática a ser estudada devido a sua cultura de pesca, que os torna extremamente dependentes do meio ambiente, especificamente do Rio São Francisco e seu entorno de residência, que se encontra muito próxima à empresa VM, como ilustrado no mapa da Figura 7.1 .

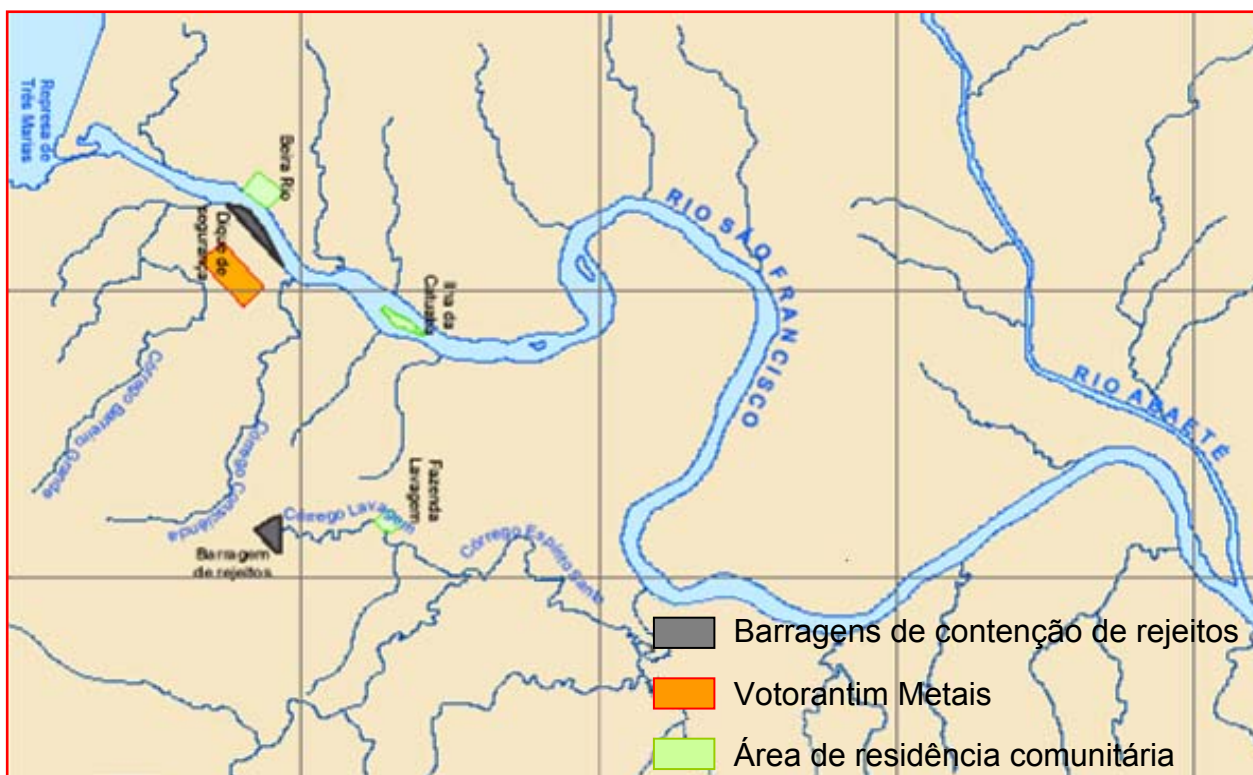


FIGURA 7.1: Mapa ilustrativo da área de ocupação da empresa Votorantim Metais Zinco e a área de residência comunitária.



Segundo THÉ (2003), a comunidade pesqueira do Rio São Francisco na região de Três Marias é constituída por 68% de moradores oriundos da cidade de Três Marias e do município vizinho São Gonçalo do Abaeté (Bairro Beira Rio), e 32% por moradores de outras cidades do Estado de Minas Gerais.

De acordo com VALÊNCIO (2001), em relatório sócio-econômico sobre os pescadores do Alto-Médio São Francisco, 50% das famílias possuem renda familiar *per capita* de até meio salário mínimo e apenas 19% têm renda *per capita* familiar de 1 salário mínimo ou mais. Segundo essa mesma autora, quanto à escolaridade, 28% dos pescadores nunca freqüentaram a escola e 65% têm somente até 4 anos de escolaridade, sendo que, apenas 9% dos pescadores têm escolaridade acima do ensino fundamental completo.

Segundo THÉ (2003), a média de idade dos pescadores da região é de 37 anos, a média de tempo de pesca de 23 anos. Estima-se que 48% trabalham exclusivamente com a pesca artesanal, 52% desenvolvem outro tipo de atividade além da pesca, como garçom, mecânico, entregador de gás, comerciante de peixe, guia turístico para pesca amadora, pintor e marceneiro.

Pesquisa censitária realizada em 2004 pelo Projeto Rumo a Co-gestão da Pesca demonstrou que há uma gradativa desvalorização da cultura da pesca decorrente da baixa renda e aumento na dificuldade em manter uma boa condição de vida somente com essa atividade (IDRC, 2004).

## 7.2 Participação

Durante a realização de todo o diagnóstico de contaminação ambiental deste projeto, o grupo de pesquisa privilegiou o saber comunitário, que desempenhou papel importante no desenvolvimento das atividades de pesquisa, inicialmente pela colaboração na determinação dos pontos de coleta mais adequados para a avaliação preliminar da abrangência e magnitude da potencial contaminação por metais a ser investigada, e posteriormente no processo de discussão, contextualização e encaminhamentos pertinentes aos resultados levantados.

As ferramentas utilizadas para a promoção do diálogo de saber popular e conhecimento científico foram as seguintes: visita de reconhecimento em campo, coleta participativa, oficinas de trabalho e elaboração de um panfleto informativo. A Tabela 7.1 apresenta os objetivos específicos de cada atividade.

TABELA 7.1 – Atividades desenvolvidas para promoção da troca de saberes comunitários com conhecimento científico gerado no projeto de pesquisa e seus respectivos objetivos.

<b>Atividade</b>	<b>Objetivos específicos</b>
Visita de reconhecimento Março de 2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer o primeiro contato com a comunidade</li> <li>• Definir plano amostral.</li> </ul>
1ª Oficina de trabalho Junho de 2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilização dos sujeitos em relação a abrangência do projeto</li> <li>• Discussão das questões relevantes quando se trata de qualidade ambiental – dentro do contexto do projeto.</li> <li>• Formação da equipe de voluntários que participaria da coleta.</li> </ul>
Coleta Participativa Junho de 2005 e Fevereiro de 2006	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coletar amostras representativas do período de seca e período da chuva com a participação da comunidade de pescadores.</li> </ul>
2ª Oficina de trabalho Novembro de 2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação e discussão dos resultados parciais com a comunidade de pescadores e posteriormente com demais interessados.</li> <li>• Discussão do modo de divulgação dos resultados.</li> </ul>
3ª Oficina de trabalho Junho de 2006	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação e discussão dos resultados finais.</li> <li>• Encaminhamentos do projeto.</li> <li>• Divulgação dos resultados.</li> </ul>
Panfleto Informativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexão participativa dos diferentes atores sobre os resultados e suas implicações.</li> <li>• Divulgação compreensível das informações priorizadas participativamente.</li> </ul>

Apresenta-se, a seguir, uma descrição crítica das citadas atividades e posteriormente, uma avaliação do papel que cada uma destas etapas desempenhou na compreensão, divulgação da pesquisa e consideração da percepção comunitária em torno da problemática estudada.

## **CAPÍTULO 8: DESCREVENDO INTERAÇÕES, OBSERVAÇÕES E RESULTADOS**

### **8.1 Visita de reconhecimento**

Essa visita consistiu na apresentação do grupo de pesquisadores à comunidade de pescadores, dando início à parceria que se estabeleceu entre esses sujeitos. A introdução do grupo de pesquisa na comunidade foi feita por intermédio de outros pesquisadores que estavam atuando na região no contexto do projeto Peixes Pessoas e Águas (PPA). Devido ao caráter também participativo do projeto PPA, já havia sido estabelecida na região uma relação de confiança e parceria entre o grupo de pesquisadores atuante no projeto PPA e a comunidade de pescadores da região de Três Marias e Beira Rio, o que facilitou sobremaneira a implementação das ações deste projeto em particular.

Essa relação de confiança e parceria foi, então, expandida ao grupo de pesquisa do LBGqA-DQ/UFSCar, que realizou o diagnóstico de contaminação ambiental por metais. Na visão da comunidade, as atividades propostas pelo LBGqA eram parte do projeto PPA e não de um projeto independente que estava inserido em um mesmo contexto de atuação.

O estabelecimento dessa relação de confiança e parceria entre a comunidade de pescadores e o grupo de pesquisa foi extremamente importante para o desenvolvimento de todo processo de pesquisa participativa que se seguiria, pois, como colocado por MACNAGHTEN e JACOBS (1997), essa participação se dá a partir da criação de um sentimento de potencial em agir e mudar o seu ambiente e confiança entre as partes atuantes, possibilitando a construção de uma ação conjunta a partir dos laços de parceria estabelecidos.

### **8.2 Coleta Participativa**

A coleta participativa visou integrar a comunidade participante do processo de intervenção e pesquisa desenvolvido, através da participação dos pescadores na etapa de determinação dos pontos amostrais e durante a coleta de amostras propriamente dita.

Com a integração da comunidade nesta etapa do estudo de contaminação por metais, almejou-se promover diálogo entre saber técnico e saber

popular, possibilitando que o estudo respondesse à demanda da comunidade, levando-se também em consideração as necessidades técnicas que tem que ser atendidas para realização da avaliação da contaminação por metais.

A participação da comunidade pesqueira na coleta se deu em três momentos: o primeiro foi na definição dos pontos amostrais, realizada durante uma viagem de barco, em 10 de março de 2005; o segundo foi a participação na primeira oficina de trabalho, durante a qual houve um módulo específico para apresentação e discussão dos procedimentos de coleta; e, por fim, a participação nas coletas de amostras, para as quais, as pessoas que se ofereceram como voluntários se organizaram em dois grupos: um participaria da coleta de sedimento e de água e o outro trabalharia na coleta de peixes.

A participação dos pescadores na definição dos pontos amostrais foi muito importante tecnicamente, pois, o grande conhecimento destes sobre a região possibilitou que mesmo com poucos pontos amostrais obtivéssemos um diagnóstico satisfatório, no qual foi possível identificar alguns pontos críticos de contaminação, que sofre grande influência da atividade de beneficiamento do minério de zinco desenvolvida pela VM.

Durante a realização das coletas de água e sedimento a participação dos pescadores foi com o empréstimo do barco, a pilotagem e algum auxílio no processo de coleta propriamente dito, o que se deve a pouca familiaridade com os procedimentos de coleta desse tipo de amostra, caracterizando tal momento como mais um momento de aprendizagem mútua, no qual o grupo de pesquisa, em contrapartida, se apropriou do conhecimento comunitário sobre o ambiente a ser estudado. Já na coleta de peixes, os pescadores se organizaram e se dividiram entre os pontos de coleta e realizaram toda a coleta com autonomia. Isso se deve a maior familiaridade com esse trabalho, a intervenção dos técnicos se deu basicamente nas recomendações quanto ao armazenamento e registro das amostras.

As coletas participativas colaboraram ao processo de trocas de saberes populares e científicos e valorização do saber comunitário adquirido empiricamente a partir da vivência e dependência dos pescadores artesanais do rio dos processos ecológicos que regem o cotidiano da pesca, o que reforça a importância da ciência em considerar outros saberes na busca da sustentabilidade.

### **8.3 Oficinas de trabalho**

Com o intuito de integrar a comunidade ribeirinha no processo de levantamento de dados ambientais se buscaram ferramentas participativas que permitissem o alcance de resultados concretos ao final do projeto de diagnóstico e a criação de espaços de diálogo para reconhecimento dos envolvidos das diferentes faces de um mesmo problema sócio-ambiental.

Nesse processo de criação de espaços de diálogo, as três Oficinas de Trabalho realizadas no projeto tiveram importantíssimo papel. Reconhecendo como necessário ao processo de ensino e aprendizagem o estabelecimento de um diálogo que se inicia na problematização das questões cotidianas, como proposto por FREIRE (1979), é que se construiu a proposta das oficinas, sendo o ponto de partida, para todas as questões abordadas, a percepção comunitária em torno do tema a ser tratado, como contaminação ambiental, os critérios de qualidade ambiental, suas implicações e limitações.

#### **8.3.1 I Oficina de Qualidade de Água e Saúde Pública**

A oficina foi dividida em quatro módulos, sendo que cada um foi trabalhado por um período de quatro horas. Os módulos foram estruturados com intuito de facilitar e promover uma troca de saberes efetiva entre o grupo de pesquisa e a comunidade ribeirinha da região de Três Marias-MG. Sendo assim, todos os módulos eram iniciados com questionamentos sobre os temas a serem abordados para definição de um ponto de partida ou um contexto para a discussão, e possibilitar que esta fosse conduzida com base na realidade da comunidade ribeirinha. A oficina foi facilitada pelas equipes do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (Maria Isabel Fioravanti, Antonio A. Mozeto e Erida Silva) e Laboratório de Educação Ambiental (Tatiana Terasin e Haydée Torres).

Como material de apoio ao ensino, utilizaram-se apresentações em meio eletrônico (por computador), que funcionaram como guias da seqüência dos temas e conceitos desenvolvidos e dos objetivos de cada módulo, como ilustrado na Figura 8.1.

Dentro do contexto de cada módulo foram também realizados experimentos de laboratório e de campo com o intuito de aumentar a interatividade do processo de troca de saberes entre pesquisadores e a comunidade pesqueira, como ilustrado nas fotos da Figura 8.2.



FIGURA 8.1 - Nesta figura encontram-se ilustrados três dos 40 slides utilizados na I Oficina.



FIGURA 8.2 - Fotos de alguns momentos da I Oficina de Qualidade de Água e Saúde Pública. As fotos registram momentos de realização de experimentos na I Oficina.

A oficina contou com a expressiva participação de 39 (trinta e nove) pessoas, sendo 18 (dezoito) pescadores, 05 (cinco) membros da comunidade de Três Marias e de 16 (dezesesseis) pesquisadores de diferentes instituições, tais como UFSCar, São Carlos – SP; CODEVASF, Três Marias – MG; SAAE, Pirapora – MG; Fundacentro, Salvador – BA; CIDA, Canadá e IDRC, Canadá.

O produto gerado nessa oficina foi um documento síntese com os principais tópicos abordados nos dois dias de trabalho, sendo que, ao final de cada módulo, eram retomados os conceitos importantes que haviam sido discutidos e estes foram devidamente registrados em painel durante toda a oficina (Apêndice C).

### 8.3.2 II Oficina de Qualidade de Água

Esta oficina, realizada nos dias 16 e 17 de novembro de 2005, dividiu-se, essencialmente, em três etapas: i) retomada dos tópicos trabalhados na I Oficina; ii) discussão dos tópicos necessários para entendimento dos resultados e discussão dos resultados; e, iii) discussão do encaminhamento da forma e conteúdo da divulgação dos resultados apresentados e discutidos.

Na primeira etapa, dois tipos de material de apoio foram utilizados: (i) uma galeria de fotos da I Oficina, que teve como objetivo iniciar um resgate do que havia sido trabalhado e, assim, possibilitar um ambiente de continuidade no trabalho que seria desenvolvido nos próximos dias de oficina, e (ii) o documento síntese produzido na I Oficina.

O resgate dos conceitos foi feito apresentando-se as frases que foram registradas no documento síntese da I Oficina em um painel de apoio (afixado na parede da sala de aula) e, a partir destes tópicos, resgatou-se o que de importante havia sido discutido. Este processo garantiu um mínimo de uniformidade no grupo de participantes, já que alguns não fizeram parte da I Oficina, além de colaborar para o estabelecimento de uma relação de continuidade com a oficina anterior.

Para o desenvolvimento das etapas seguintes, utilizou-se como material de apoio um *banner* de 3 m (comprimento) x 1,5 m (altura) constituído de uma foto, impressa em cores de uma imagem de satélite, obtida na *Google Earth*, da região da bacia do Rio São Francisco em que está sendo desenvolvido o trabalho (foto da Figura 8.3). O objetivo desse *banner* foi o de propiciar uma representação gráfica, com tamanho grande, de apoio à representação dos resultados que seriam discutidos no evento.



FIGURA 8.3 - Foto do *banner* de apoio, sobre o qual foram identificados os pontos de coleta e suas características, e, posteriormente, os dados levantados.

Para representação e discussão dos resultados, optou-se pela utilização de diferentes símbolos para os diferentes compartimentos ambientais, sendo o tamanho desses símbolos proporcionais à concentração dos diferentes metais detectada numa dada matriz ambiental do ponto amostral correspondente. Empregaram-se, também, diferentes cores para indicar se a concentração encontrada estava ou não acima dos limites estabelecidos por diferentes critérios empregados, tais como, legislações ambientais aplicáveis a cada matriz ambiental e a cada metal analisado, valores-guia de qualidade de sedimentos e valores-referência da bacia, para as diferentes matrizes analisadas (água, sedimento e peixe). Optou-se por representar somente os resultados mais notáveis, no intuito de tornar a discussão mais produtiva e centrada nos principais problemas identificados.

### 8.3.3 III Oficina de Trabalho

A proposta para a III Oficina de Trabalho foi a apresentação do diagnóstico de contaminação realizado e discussão a cerca dos dados das campanhas de coleta dos períodos de seca e chuva, bem como a discussão de um material de divulgação a ser desenvolvido, dando continuidade ao já discutido durante a II Oficina.

Essa oficina teve como público alvo a comunidade de pescadores da região de Três Marias, bem como, outros membros da comunidade em geral local e



representantes de instituições que estão, direta ou indiretamente, envolvidas e/ou interessadas no problema ambiental que este projeto de pesquisa se propôs a discutir. Estiveram presentes representantes das seguintes instituições: Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM), Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF), Ministério Público, Sindicato dos Metalúrgicos de Três Marias, Votorantim Metais (VM), Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Três Marias (SEMEIA), Secretaria Municipal de Saúde de Três Marias (SESAU), Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Três Marias da Companhia de Desenvolvimento do Vale do Rio São Francisco (CODEVASF).

A III Oficina foi dividida em três etapas: i) apresentação e discussão dos resultados do diagnóstico realizado pelo LBGqA da UFSCar; ii) apresentação e discussão dos resultados de um estudo preliminar sobre bioindicadores de exposição a metais e pesticidas realizados na Universidade de Winnipeg, Canadá; iii) discussão sobre divulgação dos resultados, conclusões, recomendações e encaminhamentos do grupo participante em torno do que foi apresentado e discutido.

A apresentação dos resultados foi realizada de maneira interativa, seguindo a proposta desenvolvida durante a II Oficina de Qualidade de Água e o evento foi facilitado pela equipe do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (Antonio Mozeto, Erida Silva e Marcos do Nascimento).

A proposta central era, com base nos conceitos discutidos, dados apresentados e também discutidos, problematizar a questão da contaminação considerando o objetivo final de divulgação do diagnóstico realizado, visto que os resultados atestaram que havia contaminação por metais, como enunciados pela comunidade de pescadores. Esse exercício de reflexão possibilitou a emergência de diversas questões preocupantes que estavam relacionadas com a contaminação e com o cotidiano da comunidade de pescadores, sendo que estas questões giraram basicamente em torno de dois eixos centrais: as implicações da contaminação para a qualidade do pescado e as implicações da contaminação à saúde humana.

A compreensão do alcance e limitações do diagnóstico realizado foi confirmada no contexto da discussão dos tópicos a serem abordados no material de divulgação e quais encaminhamentos julgavam-se necessários. Esses tópicos,

gerados de maneira participativa na terceira oficina de trabalho encontram-se listados abaixo:

Para as águas:

- Há violações da CONAMA 357/05 devido à concentração de metais na água;
- Os dados do período da chuva mostram que há um aumento na concentração desses metais na água devido:
  - ao aumento da quantidade de partículas (sólidos totais suspensos),
  - a intemperismo e transporte do solo na região e re-suspensão dos sedimentos;
  - ao aumento da quantidade de água nas barragens de resíduos, potencializando os processos de descargas superficiais e subterrâneas.
- Os critérios estabelecidos pela CONAMA 357 visam proteção da vida aquática, dentre outros usos previstos para corpos de água Classe 2, portanto, para avaliar o consumo humano da água, devemos recorrer à portaria 518/04 do Ministério da Saúde.
- Considerando que há a prática de consumo da água do rio para beber sem um prévio tratamento pela comunidade de pescadores, temos que pensar em um tratamento simplificado que possa ser feito por eles, impedindo problemas de saúde em decorrência do mal uso das águas do rio.
- Considerando, inicialmente, a concentração de metais, os problemas em potencial (considerando-se a Portaria 518 de potabilidade), com base nos dados levantados pelo projeto, são o manganês e o cádmio que violam os limites da legislação citada.
- Em estudo da Secretaria da Saúde de Três Marias, os problemas com metais detectados na água consumida sem tratamento foi com Fe e Mn.
- No entanto, outros critérios (bacteriológicos) ainda devem ser avaliados para permitir o consumo dessa água após tratamento simplificado.
- Ações: a secretaria da saúde irá continuar os estudos avaliando critérios bacteriológicos.
- Sugestões: proposição de um método de tratamento simplificado adequado enquanto a COPASA não fornece água tratada para a comunidade do Beira Rio.

Para os sedimentos:

- Os sedimentos do rio estão criticamente contaminados por metais, principalmente no ponto de descarga dos efluentes da VM e na foz do córrego da Consciência.
- Os sedimentos se movimentam (transporte a distância e na coluna de água), podendo ser carreados e se acumular em diferentes pontos do rio. Como esse sedimento está contaminado, podem-se formar alguns pontos criticamente poluídos ao longo do rio (regiões potencialmente tóxicas aos organismos que vivem nele).
- Novos projetos a serem implementados para resolver problemas causados pelo passivo ambiental deverão ser apresentados e discutidos em conjunto com a comunidade.

Para os peixes:

- As concentrações médias de metais encontradas nos filés dos peixes (mandi, curimba-pacu e trairão) estão abaixo dos limites máximos de tolerância da portaria 685/98 da ANVISA.
- Os resultados até o momento gerados não indicaram riscos ao consumo do filé das espécies analisadas. São necessárias mais análises para avaliar o consumo de outras partes do peixe e outras espécies.
- Proposta: Monitoramento mensal da qualidade do pescado, abrangendo várias espécies da barragem de Três Marias até o pontal do Abaeté.
- Ações: A VM se compromete a viabilizar e arcar com os custos de coleta e análises mensais dos peixes em conjunto com a comunidade.
- Procurar outros estudos e parcerias a serem realizados para responder questões pendentes com o intuito de analisar outras partes do peixe: brânquias, fígado, cabeça e realizar testes de toxicidade *in situ*.
- Desenvolver um centro local de monitoramento e pesquisa capaz de facilitar diagnósticos rápidos.
- Capacitação da comunidade para participar no monitoramento.

Como se pode observar o sumário dos tópicos e encaminhamentos apontados pelo grupo participante das oficinas abrange os principais tópicos pertinentes da pesquisa realizada, o que nos permite inferir que os espaços criados

– as oficinas de trabalho – desempenharam satisfatoriamente seu papel de promoção de diálogo e busca de ações, já que a presença de diferentes atores envolvidos na problemática ambiental, dando voz à comunidade de pescadores, possibilitou acordos e avanços futuros necessários para alcançar melhores condições ambientais, e conseqüentemente melhores condições de vida para essa comunidade.

Nesse processo, a pesquisa científica foi colocada em favor dos pescadores e outros comunitários que vivem uma relação estreita de dependência do rio os quais representam o grupo mais fragilmente exposto aos problemas decorrentes da contaminação por metais diagnosticada, o que foi possível devido a comunicação ativa e participativa no trabalho que foi conduzido seguindo preceitos da pesquisa-ação.

Transpondo para uma segunda etapa de comunicação e disseminação dos resultados, foi produzido um panfleto informativo contemplando os tópicos acima citados e apresentando os resultados utilizando-se de artifícios gráficos e textos com linguagem acessível, para criação de veículo de informação que poderia ser utilizado e compreendido pela comunidade de pescadores de Três Marias e outras da região que estejam interessadas na problemática abordada.

Após a redação do panfleto, este foi apresentado para as principais lideranças e instituições de Três Marias e região que participaram das oficinas de trabalho, para adequação de linguagem e aprovação do material final, que foi recebido positivamente pela comunidade de pescadores. Esse material foi levado por esses atores aos seus locais de convívio social, onde as questões da qualidade ambiental do Rio São Francisco são discutidas, como no Grupo de Trabalho da Pesca, que se encontra bimestralmente para discussão sobre questões que tangem o cotidiano da pesca artesanal profissional da região do alto-médio São Francisco, além de outros espaços menos específicos da classe pesqueira, mas que também discutem as questões ambientais com a sociedade de Três Marias e outros atores, como a Rede de Cooperação em Pesquisas e Ações Relacionadas à Mortandade de Peixes e ao Monitoramento Ambiental na Bacia do Alto-Médio São Francisco, criada no contexto do Projeto PPA.

## **Parte III**

Conclusões

## CAPÍTULO 9 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando o quadro ambiental atual há um aumento na preocupação e na busca por modos de produção e de vida sustentáveis, que sejam mais adequados a manutenção dos recursos naturais. Nesta busca é gradativamente maior o reconhecimento de que para que se estabeleça a almejada relação sustentável com o ambiente é necessário tratar a questão ambiental a partir da complexidade que a é intrínseca, considerando os aspectos sociais, ecológicos, econômicos, políticos e culturais. O caminho adotado na tentativa de atingir todos estes aspectos na pesquisa realizada e aqui relatada foi a inserção da pesquisa no contexto em que a demanda por ela foi gerada, através dos princípios da pesquisa-ação.

O que prevalece atualmente, caracterizando-se os problemas ambientais, é uma divisão desigual dos benefícios e danos gerados pela apropriação do ambiente, o que nos aponta a necessidade de buscar uma democratização do uso desses recursos, sendo este um passo em direção à sustentabilidade.

Transpondo essa caracterização para o caso de estudo discutido na presente dissertação, essa desigualdade fica clara quando o diagnóstico realizado aponta que há uma contaminação ambiental decorrente das atividades desenvolvidas pela VM, já que as concentrações de metais nas águas e nos sedimentos violam os critérios de qualidade estabelecidos para cada um desses compartimentos ambientais.

Essas violações indicam alta probabilidade dessa contaminação estar comprometendo a qualidade ambiental necessária para o desenvolvimento e sobrevivência da biota residente, influenciando no estoque pesqueiro prejudicando os que vivem da pesca, além de apresentar indícios comprometimento à saúde humana, de acordo com estudos realizados por equipe da USP e Fiocruz em parceria com a Secretaria da Saúde de Três Marias, financiado pelo IDRC.

Há um reconhecimento por parte dos diferentes atores envolvidos na problemática estudada que há outros problemas ambientais que atingem a região, como a falta de tratamento de esgoto, mas a contaminação por metais apresenta-se de maneira crítica dado os elevados níveis de metais determinados nas águas, destacando-se o período das chuvas, e nos sedimentos, que acumulam concentrações de zinco até 22 vezes acima de SEL ( $18466 \text{ mg kg}^{-1}$  na foz do Córrego Consciência).

Acreditando que a ciência, nesse contexto, tem que superar alguns paradigmas que faz crer na sua isenção, objetividade e capacidade de delinear apropriadamente as prioridades a serem estudadas e aplicadas na busca da sustentabilidade dentro de um contexto sócio-ambiental, é que se desenvolveu o projeto de pesquisa-ação, na realização do diagnóstico de contaminação ambiental por metais, em parceria com a comunidade de pescadores profissionais artesanais de Três Marias e região, considerando o saber tradicional adquirido por esses atores devido à cultura da pesca, dando voz a outros saberes, traçando o caminho da multi-interdisciplinaridade no delineamento e desenvolvimento do projeto.

A adesão a um trabalho de pesquisa-ação significou trabalhar com a comunidade e em prol desta buscando gerar maior conhecimento sobre a contaminação ambiental por metais denunciada, considerando o saber comunitário e promovendo o diálogo deste com conhecimento científico, e almejando que o produto desse diálogo fosse a apropriação do conhecimento gerado pelos comunitários e um direcionamento da pesquisa por parte dos técnicos, atendendo as demandas reais da comunidade, o que foi concretizado na consideração do apontamento dos pontos críticos de contaminação, na adaptação do plano de coleta para realização de análise nas margens direita e esquerda do Rio São Francisco, devido à preocupação com a área de moradia das comunidades, e com a produção de um material de divulgação dos resultados.

O desenvolvimento da pesquisa de maneira inclusiva e dialógica possibilitou que o conhecimento científico favorecesse os comunitários em um segundo momento do processo de pesquisa-ação, no qual se propôs estabelecer um diálogo entre os comunitários, os técnicos, representantes da empresa (VM), órgãos públicos, como secretaria da Saúde (SESAU) e do Meio Ambiente (SEMEIA) de Três Marias, além de outros atores envolvidos ou interessados na questão ambiental a ser discutida. Nessa etapa, os comunitários foram favorecidos pelos conhecimentos gerados pela pesquisa na busca de avanços concretos para resolução do problema através da discussão com outros atores favorecidos por outros aspectos, como o econômico ou status fornecido pela posição de representação do Estado.

Para a promoção do diálogo entre diferentes saberes é que se propôs a utilização de ferramentas participativas para a criação de espaços de diálogo, o que se concretizou na forma de oficinas de trabalho e coleta participativa.

A efetividade desse processo de favorecimento dos comunitários a partir do compartilhamento de informação e geração de conhecimento promoveu alguns avanços que vão além da maior credibilidade e força de argumentação que o estudo e a produção de um material de divulgação em parceria com esses sujeitos possibilitou, alcançaram-se também avanços práticos como a realização de outros estudos pelo Estado impulsionado pelo questionamento dos comunitários, dentre os quais podemos citar a avaliação da potabilidade da água consumida pelos ribeirinhos.

Este projeto é um exemplo de que a consideração dos sujeitos envolvidos em uma problemática ambiental por meio de ferramentas participativas, promovendo a troca de saberes e o diálogo entre diferentes atores que partilham um mesmo contexto sócio-ambiental promove a inserção da pesquisa dentro do contexto de complexidade do qual surgiu a demanda pela realização da mesma, o que possibilita que o conhecimento científico seja colocado em favor da comunidade desencadeando um processo de 'empoderamento' para confronto com o sujeito poluidor através da aquisição de seus símbolos e linguagem na busca por modos de vida e de produção ambientalmente sustentáveis.



## **Cápítulo 10 – POSSÍVEIS CAMINHOS A SEREM TRILHADOS**

Como já colocado, o projeto de pesquisa o qual os resultados encontram-se aqui apresentados, foi desenvolvido dentro de um projeto mais amplo, o Projeto Peixes Pessoas e Águas, e neste contexto, inúmeras outras pesquisas e ações foram realizadas, tendo como principal objetivo, caminhar em busca da sustentabilidade da pesca e do modo de vida das comunidades ribeirinhas.

As ações relacionadas com a questão sócio-ambiental estenderam-se além do diagnóstico de contaminação por metais das águas e dos sedimentos do Rio São Francisco realizado por este projeto (esta dissertação), tendo-se realizado também pelo supra-citado projeto mais amplo, pesquisas de saúde humana para diagnosticar uma potencial contaminação por metais nas pessoas residentes da área de influência da VM. Neste aspecto, obtiveram-se resultados indicativos de anormalidade. O grupo responsável da pesquisa deste projeto mais amplo (Fiocruz, USP), destaca a necessidade de realização de um estudo mais aprofundado para que se possa relacionar a anormalidade nos níveis de metais em alguns indivíduos com a contaminação dos ambientes aquáticos (objeto desta dissertação) decorrente das atividades de beneficiamento de zinco da VM.

Realizaram-se, também, algumas análises dos níveis de metais e pesticidas em peixes, concomitantemente, à análise de bioindicadores de exposição a metais e compostos orgânicos com o intuito de apurar a influência da contaminação ambiental por metais com a mortandade de peixes ocorrida no ano de 2005 no local de estudo. Os resultados, mesmo que em caráter preliminar, indicaram que o nível de metais presente no Rio São Francisco próximo à área de influência da empresa VM é suficiente para causar estresse nos peixes aumentando a produção de metalotionina (PALACE *et al.*, 2006). Outros estudos realizados pela FEAM que culminaram no RELATÓRIO TÉCNICO SISEMA Nº 02//2006, Processo COPAM 194/1977, atribui à empresa, a responsabilidade pela mortandade de peixes juntamente com a CEMIG pelo manejo da represa de Três Marias, sendo esta, a responsável pelo início do processo de re-suspensão dos sedimentos que culminaram na mortandade de Surubins que é de conhecimento público.

Como consequência das mobilizações catalisadas pelo PPA existe atualmente uma organização que discute as questões ambientais do Alto-Médio São Francisco denominada REDE DE COOPERAÇÃO INTERINSTITUCIONAL

PESQUISAS E AÇÕES RELACIONADAS À MORTANDADE DE PEIXES E AO MONITORAMENTO AMBIENTAL NA BACIA DO ALTO-MÉDIO SÃO FRANCISCO, que nasceu após o I FÓRUM DE COOPERAÇÃO INTERINSTITUCIONAL EM PESQUISAS E AÇÕES RELACIONADAS À MORTANDADE DE PEIXES E AO MONITORAMENTO AMBIENTAL NA BACIA DO ALTO-MÉDIO SÃO FRANCISCO que teve como objetivo traçar estratégias para a resolução da questão da mortandade de peixes no local de estudo.

Da citada rede, participam inúmeras instituições privadas e governamentais, que de alguma maneira, estão envolvidas com as questões ambientais da região. Representantes destas instituições se encontram bimestralmente para ouvir problemas prioritários levantados pela comunidade, e apresentar e discutir suas propostas para solução dos mesmos. É nosso reconhecimento que esta iniciativa é de grande contribuição para o processo de gestão participativa.

O trabalho realizado nesta dissertação, juntamente com os vários aspectos contextualizados acima, possibilitaram algumas importantes constatações. Talvez, a mais importante delas, seja a constatação de que, mesmo que o presente estudo tenha claramente identificado e caracterizado a severa contaminação dos ecossistemas em estudo e que isto esteja diretamente ligado às atividades de processamento de minério pela VM, este fato não é suficiente para uma mudança de postura do poluidor visando o desencadeamento de um processo de reparação da degradação ambiental e respeito às políticas públicas ambientais vigentes no País. Reside aí, então, uma ou várias importantes questões de pesquisa que devem nortear futuros projetos.

É reconhecida a responsabilidade do Estado o dever de garantir os usos igualitários dos recursos naturais, mas também é reconhecida a sua dificuldade em fazê-lo, o que aumenta a importância de incluir outros atores no processo de gestão ambiental: os que sofrem com a citada desigualdade de acesso, neste caso a Comunidade de Pescadores Artesanais, em parceria com universidades e instituições que apoiem a organização e capacitação dessas comunidades para enfrentamento dos conflitos ambientais, reconhecendo a desigualdade histórica existente entre esses sujeitos e os empreendimentos/empreendedores.

Portanto, mais do que espaços de diálogo, fazem-se necessários comunitários que saibam como intervir nesses espaços, para que não se reproduza

a realidade histórica vivida até o momento cuja força do capital é soberana sobre valores como a preservação dos modos de vida tradicionais.

Muitos avanços foram observados e alguns se encontram aqui relatados, mas ainda há muito por fazer e pelo que se lutar no intuito de alcançar a tão almejada justiça ambiental e social no Alto-Médio São Francisco (Região de Três Marias, MG).

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Análise Granulométrica de Solos. Método de Ensaio. Projeto de revisão de norma nº 7181. 1982. p. 16
- ACSELRAD, H. "Justiça Ambiental". IN: *Encontros e Caminhos: Formação de educadoras(es) ambientais e coletivos educadoras(es) ambientais e coletivos educadores*. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, Brasil. 2005. p. 217-228.
- ALLEN, H.E.; FU, G.; DENG, B." Análisis of acid – volatile sulfide (AVS) and simultaneously extracted metals (SEM) for the estimation of potential toxicity in aquatic sediments". *Environ. Toxicol. Chem.*, 12: 1441-1453, 1993.
- BORGMANN, U.. "Methods for assessing the toxicological significance of metals in aquatic ecosystems: Bio-accumulation toxicity relationships, water concentrations and sediment spiking approaches". *Aquat. Ecosyst. Health Manage.* 4: 227-289. 2000.
- BRIDGES, S.B.; BERRY, W.J.; DELLA SALA, S.; DORN, P.B.; ELLS, S.J.; GRIES, T.H.; IRELAND, D.S.; MAHLER, E.M.; MENZIE, C.A.; POREBSKI, L.M.; STRONKHORST, J.. "A framework for assessing and managing risks from contaminated sediments". In: WENNING, R. J.; BARTELY, G.E.; INGERSOLL, C. G.; MOORE, D.W. (Eds). "Use of Sediment Quality Guidelines and Related Tools for the Assessment of Contaminated Sediments". Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). ISBN I-880611-71-6. 2004 p. 227-266.
- BURTON, G. A., Jr. . "Sediment quality criteria in use around the world." *Limnology* 3: 65-75. 2002.
- CAMPOS, S. V.; FREITAS, B. T.; UMBUZEIRO, G.A.. "Critérios de Qualidade de água por usos individualizados e a gestão dos recursos subterrâneos". In: XLIII Congresso Brasileiro de Geologia. 2006.
- CHAPMAN, P.M.; ANDERSON, J.. "A decision-making framework for sediment contamination". *Integr. Environ. Assess. Manag.* 1(3): 163-173. 2005.
- CHAPMAN, P.M.; WANG, F.; ADAMS, W.R.; GREEN, A.. "Appropriate applications of sediment quality values for metals and metalloids". *Environ. Sci. Technol.* 33: 3937-3941. 1999.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. "Agenda 21". 1992. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21.htm>. Acessado em 20 de novembro de 2006.
- EL ANDALOUSSI, K. *Pesquisas-ações: ciências, desenvolvimento, democracia*. Tradução Michel Thiollent . EDUFSCar. São Carlos, Brasil. 2004. p.192.

- FADINI, P. S. **Comportamento biogeoquímico do mercúrio na bacia do rio Negro (AM)**. 1999. 116 f. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal de Campinas, Campinas, SP, 1999.
- FREIRE, P. *Conscientização*. Editora Cortez. São Paulo, Brasil. 1979. p. 87
- FURNIVAL, A. C.; OKI, C. S.; COSTA, L. S. Desvelando as práticas culturais na comunicação de informação ambiental para a sustentabilidade. IN: *Informação e conhecimento; aproximando áreas de saber*. FURNIVAL, A. C & COSTA, L. S. (Org.). São Carlos, EdUFSCar. 2005. p.261.
- GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. *Águas, Pessoas e Pescadores do São Francisco da Minas Gerais*. 1ª ed.. Minas Gerais, PUC Minas. 2003. 468 p.
- KLAVERKAMP, J. F.; BARON, C. L.; FALLIS B. W.; RANSON, C. R.; WAUTIER, K. G., VANRIEL P. . "Metals and metallothionein in fishes and metals in sediments from lakes impacted by uranium mining and milling in Northern Saskatchewan". Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2420. p.14-16. 2002.
- MACDONALD, D.D.; INGERSOLL, C.G.; BERGER, T.A.. "Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems." Arch. Environ. Contam. Toxicol. 39: 20-31.2000.
- MACNAGHTEN, P.; JACOBS, M.. Identification with sustainable development: Investigating cultural barriers to participation. Global Environmental Change 7: 5-24, 1997.
- MANAHAN, S. E. *Environmental Chemistry*. 4a Edição. Monterey. Cole Publishing Company.1984. p.612
- MOZETO, A.A.; JARDIM, W.F.; UMBUZEIRO, G.A. *Métodos de Coleta, Análises Físico-químicas e Ensaio Biológicos e Ecotoxicológicos de Sedimentos de Água Doce*. 1ª Edição. Cubo Editora. 2006. 224p.
- PBHSF - PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA NA BACIA DO SÃO FRANCISCO ANA/GEF/PNUMA/OEA. *Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – Nº 13 Recuperação e Conservação Hidroambiental*. Brasília. Distrito Federal. p.64. 2003.
- PERSUAD, D.; JAGUMAGI, R; HAYTM, A. *Guidelines for the Protection and Management of Aquatic Sediment Quality in Ontario*. Water Resources Branch, Ontário. Ministry of the Environment, Toronto. 26p. 1992.
- SILVÉRIO, P.F. *Bases técnico-científicas para a derivação de valores-guias de qualidade de sedimentos para metais: experimentos de campo e laboratório*. São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – USP, 2003. Tese de doutorado, 132p.

- STOTZ, E.N.; VALLA, V. V. V.; PIRES, A. C.; OLIVEIRA, G. S.; FISZON, J.T.; MASCARENHAS, M. T. M.; COUTO, R. C. S. Processo de conhecimento sobre saúde, meio ambiente e desenvolvimento na relação entre sociedade civil e Estado. IN: *Saúde, Ambiente e Desenvolvimento, II: Processos e conseqüências sobre as condições de vida*. LEAL, M.C. et. al. (Org). Rio de Janeiro, ABRASCO, 1992.
- THÉ, A. G. *Conhecimento Ecológico, Regras de Uso e Manejo Local dos Recursos Naturais na Pesca do Alto-Médio São Francisco, MG*. São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – UFSCar, 2003. Tese de Doutorado, 197p.
- THIOLLENT, M. *Metodologia da Pesquisa Ação*. São Paulo. Ed Cortez. 1985.
- TOZONI-REIS, M. F. C.; Diniz, R. E. S. “A formação dos educadores ambientais na universidade: contribuições da metodologia da pesquisa-ação-participativa”. II Encontro Pesquisa em Educação Ambiental: abordagens epistemológicas e metodológicas. UFSCar, São Carlos, SP, Brasil.8p. 2003.
- UMBUZEIRO, G.A.. “Avanços e dificuldades na interpretação e implementação da resolução Conama 357 de 2005”. In: Anais IX Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia, São Pedro. p. 6-6. 2006.
- UNEP - United Nations Environment Programme. “Global Environmental”. Outlook 2000. UNEP, 20p. 1999.
- USEPA. United States Environmental Protection Agency. *Methods for the determination of metals in environmental samples. Supplement I*. Method 300.2. 12p. 1994.
- USEPA. United States Environmental Protection Agency. *Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils*. Method 3050B. 12p. 1996.
- USEPA. United States Environmental Protection Agency. “Equilibrium partitioning sediments guidelines (ESGs) for the protection of benthic organisms: Metal mixtures (cadmium, copper, lead, nickel, silver and zinc)” Office of Science and Technology. Office of Research and Development. Washington, D.C. 20460. EPA – 822 – R 00 – 005. 2000.
- USEPA. United States Environmental Protection Agency. 2001. *Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual*. EPA 823-B-01-002. 208pp.
- VALÊNCIO, N. F. L. S. 2001. Relatório do Survey do Sub-Projeto Condições de Vida e Trabalho do Pescador Profissional Artesanal do Alto-Médio São Francisco. PADCT/Ciamb do Ministério de Ciências e Tecnologias. NPD/CECH, UFSCar.
- WELP, M.; VEGA-LEINERT, A.; STOLL-KLEEMANN, S.; JAEGER, C. C.. 2006. Science-based stakeholder dialogues: Theories and tools. *Global Environmental Change* 16. 170–181pp

- 
- WENNING, R. J.; INGERSOLL, C. G. 2002. Summary of the SETAC Pellston Workshop on the use of sediment quality guidelines and related tools for the assessment of contaminated sediments. 17-22 August 2002. Fairmont, Montana, USA. SETAC, Pensacola-FL, USA.

## Apêndice A

Parâmetros físico-químicos das águas medidos *in situ* durante as coletas.

SF0												
Profundidade (m)		T°C Ar			pH		T°C água		OD (mg/L)		Cond (mS/cm)	
1a coleta	2ª coleta	1a coleta	2a coleta		1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta
9,10	8,00	22,65	30,20	superfície	6,01	6,71	23,13	28,00	6,44	5,70	0,055	0,050
				meio	6,08	6,73	22,72	27,95	5,85	5,50	0,054	0,060
				fundo	6,10	6,27	22,50	27,73	3,89	3,40	0,058	0,050
SF1												
Profundidade (m)		T°C Ar			pH		T°C água		OD (mg/L)		Cond (mS/cm)	
1a coleta	2ª coleta	1a coleta	2a coleta		1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta
1,20	1,95	22,00	26,00	superfície	8,14	5,27	23,09	24,70	6,24	1,20	0,100	0,170
				meio	6,92	5,89	22,11	24,50	4,01	0,90	0,165	0,260
				fundo	7,34	6,17	21,18	24,50	1,29	0,20	0,286	0,320
SF2												
Profundidade (m)		T°C Ar			pH		T°C água		OD (mg/L)		Cond (mS/cm)	
1a coleta	2ª coleta	1a coleta	2a coleta		1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta
2,60	2,30	22,05	29,00	superfície	6,97	5,92	22,76	24,70	6,26	3,40	0,062	0,040
				meio	6,73	5,60	22,73	24,65	5,87	3,00	0,061	0,050
				fundo	6,54	5,75	22,70	24,62	5,93	2,70	0,060	0,050
SF3 (D)												
Profundidade (m)		T°C Ar			pH		T°C água		OD (mg/L)		Cond (mS/cm)	
1a coleta	2ª coleta	1a coleta	2a coleta		1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta
3,20	3,30	22,30	27,40	superfície	8,00	6,05	22,60	24,70	6,28	3,80	0,063	0,060
				meio	7,80	5,76	22,68	24,72	7,80	3,80	0,121	0,060
				fundo	7,70	5,94	22,85	24,71	7,70	3,60	0,521	0,060
SF3 (E)												
Profundidade (m)		T°C Ar			pH		T°C água		OD (mg/L)		Cond (mS/cm)	
1a coleta	2ª coleta	1a coleta	2a coleta		1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta
-	3,10	-	29,50	superfície	-	5,80	-	25,00	-	3,50	-	0,050
				meio	-	5,98	-	25,00	-	3,20	-	0,050
				fundo	-	5,87	-	25,00	-	3,80	-	0,050
SF4 (D)												
Profundidade (m)		T°C Ar			pH		T°C água		OD (mg/L)		Cond (mS/cm)	
1a coleta	2ª coleta	1a coleta	2a coleta		1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta
1,50	1,70	22,70	31,00	superfície	5,86	5,70	22,56	25,60	6,41	3,10	0,107	0,180
				meio	5,96	5,84	22,55	25,60	5,94	3,00	0,121	0,120
				fundo	5,93	5,89	22,53	25,54	5,85	3,20	0,106	0,100
SF4 (E)												
Profundidade (m)		T°C Ar			pH		T°C água		OD (mg/L)		Cond (mS/cm)	
1a coleta	2ª coleta	1a coleta	2a coleta		1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta
-	3,70	-	27,40	superfície	-	5,00	-	25,18	-	3,20	-	0,030
				meio	-	5,71	-	25,07	-	3,30	-	0,030
				fundo	-	5,85	-	25,00	-	3,10	-	0,030



SF5													
Profundidade (m)		T°C Ar			pH		T°C água		OD (mg/L)		Cond (mS/cm)		
1a coleta	2ª coleta	1a coleta	2a coleta		1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	
6,50	6,00	21,74	29,00	superfície	8,00	5,96	22,51	24,90	6,13	4,00	0,070	0,060	
				meio	7,82	5,88	22,50	24,60	5,80	4,30	0,070	0,070	
				fundo	7,98	5,91	22,51	24,00	5,86	4,00	0,070	0,060	
SF6													
Profundidade (m)		T°C Ar			pH		T°C água		OD (mg/L)		Cond (mS/cm)		
1a coleta	2ª coleta	1a coleta	2a coleta		1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	
2,40	2,60	22,59	25,30	superfície	6,66	7,00	22,82	25,30	7,00	5,60	0,068	0,060	
				meio	7,24	6,03	22,55	25,20	6,44	5,60	0,057	0,060	
				fundo	7,29	7,22	22,71	25,20	6,63	5,50	0,054	0,060	
SF7													
Profundidade (m)		T°C Ar			pH		T°C água		OD (mg/L)		Cond (mS/cm)		
1a coleta	2ª coleta	1a coleta	2a coleta		1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	
1,60	1,20	20,05	29,20	superfície	7,01	5,90	21,77	28,60	6,24	6,00	0,031	0,030	
				meio	7,53	6,25	20,80	28,60	5,80	5,90	0,031	0,030	
				fundo	7,44	5,87	20,68	28,60	5,76	5,80	0,031	0,030	
SF8 (D)													
Profundidade (m)		T°C Ar			pH		T°C água		OD (mg/L)		Cond (mS/cm)		
1a coleta	2ª coleta	1a coleta	2a coleta		1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	
-	4,00	-	36,30	superfície	-	6,03	-	28,00	6,91	5,40	0,064	0,070	
				meio	-	-	-	-	6,34	-	0,063	-	
				fundo	-	-	-	-	6,52	-	0,063	-	
SF8 (E)													
Profundidade (m)		T°C Ar			pH		T°C água		OD (mg/L)		Cond (mS/cm)		
1a coleta	2ª coleta	1a coleta	2a coleta		1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	1a coleta	2a coleta	
2,00	2,10	17,80	28,00	superfície	7,37	5,97	21,86	28,00	6,91	7,70	0,064	0,040	
				meio	7,25	6,02	21,80	28,00	6,34	7,40	0,063	0,040	
				fundo	7,06	5,60	21,82	28,00	6,52	6,50	0,063	0,040	

## Apêndice B

Tabela 1: Valores-guia de qualidade de sedimento empíricos (Burton, 2002).

	Zn	Pb	As	Co	Cr	Cu	Cd	Hg	Ni
<b>TEL</b> (mg/kg)	<b>123,1</b>	<b>35,00</b>	<b>5,900</b>	.	<b>37,30</b>	<b>35,70</b>	<b>0,596</b>	<b>0,170</b>	<b>18,00</b>
<b>PEL</b> (mg/kg)	<b>315,0</b>	<b>91,30</b>	<b>17,00</b>	.	<b>90,00</b>	<b>197,0</b>	<b>3,530</b>	<b>0,486</b>	<b>36,00</b>
<b>SEL</b> (mg/kg)	<b>820,0</b>	<b>250,0</b>	<b>33,00</b>	.	<b>110,0</b>	<b>110,0</b>	<b>10,00</b>	<b>2,000</b>	<b>75,00</b>

Tabela 2: Concentração (mg kg<sup>-1</sup>) de metais nos sedimentos

	As		Cd		Co		Cr		Cu		Hg		Ni		Pb		Zn	
	1a col	2a col	1a col	2a col	1a col	2a col	1a col	2a col	1a col	2a col	1a col	2a col	1a col	2a col	1a col	2a col	1a col	2a col
SF0	3,78	--	< LQ	0	16,27	--	56,08	--	22,58	--	0,07	--	25,12	--	21,33	--	46,96	--
SF1	2,36	3,03	2,90	4,25	5,81	11,19	22,14	30,33	15,07	32,48	0,10	0,17	5,95	13,77	20,01	30,72	593,10	639,90
SF2	1,76	3,04	1,18	3,39	3,44	5,63	19,18	22,60	8,97	23,70	0,06	0,10	4,75	5,68	< LQ	25,34	373,77	567,62
SF3(D)	22,04	26,53	26,54	126,55	7,43	21,38	97,47	128,36	53,24	127,91	2,57	0,98	10,81	16,04	330,09	569,49	13715,28	13920,90
SF3(E)	--	2,50	--	0,06	--	6,73	--	56,95	--	6,48	--	0,07	--	9,92	--	18,36	--	117,33
SF4(D)	3,42	31,43	6,88	21,86	5,94	12,97	25,11	39,34	19,77	81,04	0,41	0,35	7,03	14,93	44,69	663,03	1218,33	18466,68
SF4(E)	--	1,91	--	0,07	--	4,68	--	41,69	--	5,45	--	0,09	--	8,03	--	--	--	100,87
SF5	3,26	5,36	0,14	0,05	9,96	11,60	47,32	53,09	14,40	22,81	0,08	0,16	17,08	20,25	18,02	26,20	153,91	124,85
CG-J	6,50	--	12,60	--	16,30	--	60,10	--	--	--	0,07	0,11	27,40	--	51,20	--	12099,00	--
CG-M	6,50	--	12,20	--	17,00	--	58,80	--	--	--	< LQ	0,11	27,50	--	50,20	--	1950,00	--
SF6	< LQ	1,48	0,11	< LQ	2,13	6,83	11,91	18,01	1,32	8,56	< LQ	0,08	< LQ	9,21	< LQ	< LQ	122,86	36,63
SF7	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	4,54	4,28	20,98	11,59	4,11	4,28	< LQ	< LQ	4,04	5,27	< LQ	< LQ	21,60	23,53
SF8	1,23	1,56	< LQ	1,38	5,14	5,94	30,51	23,52	3,10	8,70	< LQ	< LQ	7,77	6,31	< LQ	14,73	24,90	396,30

## Apêndice C

Documento Síntese da I Oficina de qualidade de água e saúde pública.

### I OFICINA SOBRE QUALIDADE DA ÁGUA E SAÚDE PÚBLICA

Três Marias - 12 e 13 de junho de 2005

**MÓDULO I – Definindo qualidade da água**

**MÓDULO II – Condições e parâmetros da qualidade da água**

**MÓDULO III – Toxicidade e comportamento dos metais**

**MÓDULO IV – Coletas de amostras e análises químicas (em campo)**

#### 1. RESUMO DOS PRINCIPAIS CONCEITOS TRABALHADOS

- Bacia hidrográfica: bacia bem zelada implica em água de boa qualidade.
- Bacia hidrográfica: região inclinada onde a água cair vai correr para um rio ou córrego.
- Fontes de poluição/contaminação: usina hidrelétrica, esgoto, agricultura (monocultura), empresas poluidoras, pecuária, mineradora, lixões, queimadas, desmatamento/assoreamento, “reflorestamento” de eucaliptos/carvoarias.
- Três principais fontes de impacto, na opinião do grupo, que ocorrem na região:
  - indústria de processamento de minério
  - usina hidrelétrica
  - falta de saneamento
- Qualidade da água:
  - as características usadas para definir a qualidade da água depende do uso que fazemos dela
  - devemos verificar a classe do trecho do rio; Rio São Francisco pertence à classe 2
  - são muitas características que precisam ser medidas para verificar se a qualidade da água do rio está de acordo com sua classe
- Considerar ocorrência de poluição/contaminação atmosférica e de solo, além da água.
- Estamos envolvidos por metais pesados variados: utensílios domésticos, chumbada da tarrafa, fumaça de carro, queima de plásticos, pilhas e baterias, anzóis; no ambiente podem ser encontrados no solo, água e ar.
- Os metais sofrem transformação com ação do ser humano: processos industriais, purificação de minérios; transformações podem ser em escalas pequenas ou grandes.
- Dependendo das condições do ambiente (acidez na água da represa é diferente da do rio) a transformação pode ser diferente.
- A condição da água do rio depende da diluição da água que sai da barragem.
- Cheiros diferentes: podem estar associados à água suja (chuvas) ou água limpa (seca); pode ser cheiro de podridão (causas naturais) ou cheiro forte, que irrita, (ocorre mais no período das chuvas, e pode ser de causas não-naturais).
- Quanto mais organismos se alimentam de algo contaminado e servem de alimento para outro, a concentração vai aumentando na cadeia alimentar.
- Pergunta: essa acumulação prejudica a reprodução dos peixes, por exemplo, dos surubins fêmeas? Os filhotes nascem com problemas?
- A dinâmica da cadeia alimentar foi boa e pode servir também para mostrar alteração da quantidade de cada tipo (ou espécie) de organismo.

## 2. PROBLEMAS

- Desarticulação das informações dos três órgãos do Estado de Minas Gerais: FEAM, COPAM e IGAM
- Existe rede de monitoramento? Onde são os pontos de coleta? Quando se coleta (frequência)? Quais são os parâmetros? Quem coleta?

## 3. SUGESTÕES DE AÇÕES

- A exemplo do que já existe para a qualidade da água tratada, exigir a divulgação dos dados pelos órgãos de fiscalização e das empresas (qualidade dos efluentes).
- Atuar nos comitês para exigir a divulgação (de fácil acesso) destes dados para a comunidade.
- Utilizar a mídia para divulgação permanente e contínua dos fatos – repórteres comunitários, programas de rádio, jornal, TV.
- Procurar dados de análises da água do Rio São Francisco no site da ANA (Agência Nacional das Águas).
- Mobilizar a sociedade porque a mortandade afeta a todos.
- Solicitar a CEMIG cronograma de limpeza das máquinas.
- Procurar profissionais de Direito Ambiental: WWF, Greenpeace, CI (Conservation Internacional), Justiça ambiental ([www.justicaambiental.org.br](http://www.justicaambiental.org.br)).
- Desenvolver ações de Educação Ambiental que envolva toda a comunidade e as escolas, para ações conjuntas. Programar tais ações.
- Preparação de materiais didáticos e concursos (recreação e lazer).
- Criação de um “conselho” ou grupo de trabalho ou comissão.
- Criação ou fortalecimento de uma ONG.
- Sugestões para a pesquisa: pescadores devem ajudar na definição dos pontos, dos melhores horários para coleta, da melhor época do ano, para aperfeiçoar o cronograma de coletas.
- Os pescadores podem fazer anotações de qualquer ocorrência num caderninho de campo, colocando data, local da ocorrência, o que aconteceu, ou o que foi encontrado.
- Elaborar projeto de pesquisa e monitoramento para revitalização com linguagem dos próprios pescadores.
- Promover coleta participativa com os pescadores interessados que fizeram a I Oficina.

## 4. SUGESTÕES PARA A II OFICINA

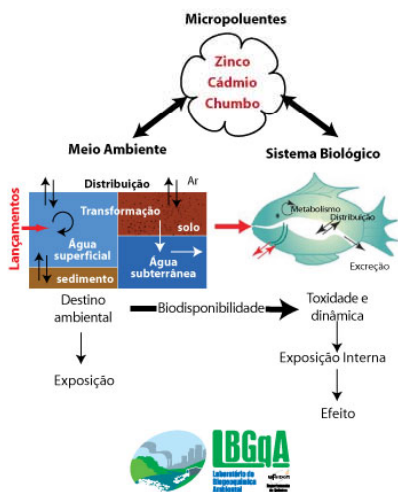
- Trazer dados dos monitoramentos dos órgãos estaduais e municipais (ex. IGAM, série histórica do SAAE de Pirapora).
- Levantar outras leis e normas complementares.
- Apresentação de histórias, lendas e “causos” pelos pescadores e comunidade.
- Sugestão de participantes para as próximas oficinas: órgãos públicos, CEMIG, representantes do comércio (restaurantes, agências de turismo, Sebrae), sindicato dos metalúrgicos entre outros. Convidar mais mulheres.
- Os pescadores podem realizar uma pesquisa sobre o que acontece com os anzóis em diferentes locais (represa e rio) e apresentar os resultados para os participantes da II Oficina.
- Repetir a parte prática e aprofundar o que foi tratado na I Oficina.

**Organização:** Laboratório de Biogeoquímica Ambiental/Departamento de Química/UFSCar  
Laboratório de Educação Ambiental/Departamento de Hidrobiologia/UFSCar

**Apoio:** Projeto Co-Gestão da Pesca do IDRC; Projeto Peixe, Pessoas e Água da CIDA; WFT – Canadá; CODEVASF/Três Marias, MG – Membros da comunidade de Três Marias.

## Apêndice D

### Panfleto para disseminação dos resultados do projeto – parte externa



Maiores informações podem ser obtidas contatando:

(1) Prof. Antoinio A. Mozeto  
 (amozeto@dq.ufscar.br/amozeto@gmail.com)  
 e Erida F. Araujo Silva (bolsista CNPq) (erida123@hotmail.com)  
 ou fax-fone (16) 33518212

(2) site da Rede de Cooperação Interinstitucional em Pesquisas e Ações Relacionadas à Mortandade de Peixes e ao Monitoramento Ambiental na Bacia do Alto e Médio São Francisco  
 (http://www.tresmarias-mg.com.br/noticias\_semeia\_home.htm)

### Algumas considerações

Como acontece com muitos rios do mundo todo, o Rio São Francisco sofre diferentes impactos ambientais negativos decorrentes dos vários usos e ocupação dos solos de sua bacia hidrográfica devido a atividades industriais, urbanas, agropecuárias, do desmatamento para produção de carvão, etc. Mesmo com tantos problemas o rio ainda se mantém vivo em grande parte de sua extensão e garante o sustento de muitas famílias através da pesca e outras atividades como o funcionamento de indústrias, a geração de energia dentre outras. No entanto, no presente, são necessárias ações para que o desenvolvimento da bacia do Rio São Francisco e uso de suas águas se dê de maneira ambiental, social e economicamente equilibrada.

No caso da contaminação por metais, que foi o objeto do estudo deste projeto e que este folheto relata resumidamente, os resultados obtidos indicam que devemos ficar atentos aos elevados níveis de concentração de certos metais nas águas e também aos perigos decorrentes das expressivas contaminações dos sedimentos por metais, especialmente, em localidades próximas à área de instalação e operação da Votorantim Metais na região de Três Marias-MG.

O estudo desenvolvido neste projeto se estendeu da represa de Três Marias até a foz do Rio Abaeté (ver figura abaixo). Neste trecho foram identificadas concentrações elevadas de alguns metais nos sedimentos em vários pontos do Rio São Francisco, sendo alguns deles, tão distantes da Votorantim Metais quanto a foz do Rio Abaeté. Mas, como mostram os dados de nosso projeto, a contaminação das águas e dos sedimentos mais significativa foi identificada nas proximidades da citada empresa. Diante desses fatos é de suma importância a realização de estudos mais específicos e sistemáticos para identificar a área de abrangência e de ocorrência destes níveis elevados de metais e o nível do perigo (toxicidade) que os mesmos representam à saúde dos ecossistemas e de seres humanos.

Diante deste cenário, é nosso dever propor, apoiar e monitorar ações e parcerias que contribuam para a eliminação da contaminação contínua das águas do Rio São Francisco e de buscar resolução dos problemas da significativa contaminação por metais dos sedimentos, no sentido de se minimizar ou até eliminar os decorrentes riscos ecológicos e à saúde humana, além de reconhecer e buscar alternativas para a solução de outros problemas ambientais locais decorrentes do esgoto, lixo urbano, e outras atividades.



# O rio São Francisco está contaminado por Metais?

Projeto: Avaliação de Contaminação Ambiental por Metais em Águas, Sedimentos e Peixes no Rio São Francisco em Três Marias - MG

Realização: IBGQA

Apoio: IDRC, WFP, Canadian International Development Agency, UFSCAR, Prefeitura de Três Marias, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

## Apêndice E

### Panfleto para disseminação dos resultados do projeto – parte interna

#### Como nasceu o projeto?

A partir de uma demanda da comunidade de pescadores de Três Marias e região durante a participação no projeto "Rumo à Co-gestão da Pesca no Alto-Médio São Francisco".

**Realização:** Laboratório de Biogeoquímica Ambiental - LBGQA/DQ - Universidade Federal de São Carlos - SP

**Financiamento:** IDRC (Centro de Pesquisa Canadense sobre Desenvolvimento Internacional); CIDA (Agência Canadense de Desenvolvimento Bilateral) e CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

**Apoio:** Federação e Colônia de Pescadores do Rio São Francisco-MG, Estação de Hidrobiologia e Limnologia da CODEVASF - Três Marias, Prefeitura de Três Marias, GEPEA/UFSCar, WFT (ONG canadense) e Projeto Peixes Pessoas e Águas.

#### O que foi feito?

- Coletas de amostras de água, sedimento e peixes:
  - 1ª no período de seca: 8 a 11 de junho de 2005
  - 2ª no período de chuva: 15 e 16 de fevereiro de 2006
- Na água analisaram-se os elementos prata, cádmio, cobalto, manganês, níquel, chumbo e zinco. Nos sedimentos e peixes analisaram-se os elementos prata, cádmio, cobalto, manganês, níquel, chumbo, zinco, arsênio e selênio.
- Interpretação dos resultados foi realizada a partir da comparação dos resultados obtidos nas amostras coletadas no rio:
  - com os resultados que se espera encontrar naturalmente nos sedimentos da região.
  - com padrões de qualidade encontrados em leis ambientais brasileiras e de outros países para avaliação de qualidade de água, sedimento e peixes.

#### Onde foi feito o estudo?

Em oito pontos de coleta no Rio São Francisco, da barragem da represa de Três Marias até o pontal do Aboeté, e um ponto na represa de Três Marias (ponto de referência - Rio Borrachudo), como ilustrado na figura no verso.

#### Quais são os critérios utilizados para avaliar qualidade de água?

Baseamos-nos na lei nacional estabelecida pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA nº 357 de 2005, que define quais são os padrões de qualidade de água para contaminantes, como os metais, de acordo com o uso que é feito destas águas. O Rio São Francisco é um rio Classe 2, devido aos usos que são feito de suas águas (pesca, banho, abastecimento, outros).

#### Resultados para as águas

##### Principais violações dos padrões de qualidade de águas Classe 2:

Período de Seca	Manganês: no ponto próximo à descarga do efluente tratado da Votorantim Metais (0,145 mg/L) e na foz do Córrego da Consciência (0,747 mg/L)
Período de Cheia	Ferro e manganês: na represa e em quase todos os pontos de coleta no rio São Francisco Cádmio e zinco: ambos metais foram encontrados em concentrações elevadas na foz do Córrego da Consciência (Cd:0,087 mg/L e Zn: 4,66 mg/L) e somente zinco no ponto de descarga do efluente tratado da Votorantim Metais (0,215 mg/L)

#### O que significam esses resultados?

- No período de chuvas, devido à lavagem dos solos, dos resíduos armazenados na área da Votorantim Metais às margens do Rio São Francisco e de outras áreas ribeirinhas, uma maior quantidade de sedimentos em suspensão na água foi detectada e, conseqüentemente, maiores concentrações de metais nas águas foram encontradas.
- As concentrações de metais encontradas nas águas do Rio São Francisco violam os padrões de qualidade da Classe 2 da Resolução CONAMA 357/05. Como esses padrões representam limites de ocorrência de efeitos letais, ou alteração no comportamento, reprodução ou fisiologia da vida aquática, as violações a esta lei ambiental representam riscos ecológicos e, e possivelmente, à saúde humana.

#### Os sedimentos do rio estão contaminados por metais?

A resposta é sim. Principalmente pelos metais cádmio, zinco e chumbo, como indicado abaixo.

Zinco	até 22 vezes acima do nível em que se espera efeitos negativos ao ambiente(*). (18.466 mg/kg na foz do córrego da Consciência)
Chumbo	até 3 vezes acima do nível em que se espera efeitos negativos ao ambiente(*). (663 mg/kg na foz do córrego da Consciência)
Cádmio	até 2 vezes acima do nível em que se espera efeitos negativos ao ambiente(*). (22 mg/kg na foz do córrego da Consciência)

#### Pontos mais críticos:

- próximo à descarga dos efluentes da Votorantim Metais;
- na foz do Córrego da Consciência;
- nos sedimentos presos nos igarapés na Cachoeira Grande;

Como mostrado na tabela anterior, as concentrações de vários metais encontradas nos sedimentos excedem aos limites de efeitos negativos aos organismos que vivem nos sedimentos (bentos), o que pode ser interpretado como um aviso antecipado que efeitos negativos podem atingir o ecossistema como um todo e mesmo à saúde humana.

Os metais cobalto, cromo e níquel também foram encontrados em concentrações elevadas, mas podemos considerar estes valores como de origem natural na região, já que esses metais também foram encontrados em concentrações relativamente elevadas nos sedimentos da represa de Três Marias (ponto de referência - Rio Borrachudo).

(\* Estes valores numéricos foram calculadas com base nos valores-guia de qualidade de sedimento SEL (nível de efeito severo - Severe Effect Level) definido pelo Ministério do Meio Ambiente de Ontário - Canadá (Ontario Ministry of Environment Screening Level Guidelines).

#### O que podemos dizer sobre os peixes?

A interpretação dos dados de peixe utilizou os limites máximos de tolerância para contaminantes por compostos inorgânicos (que é caso dos metais) estabelecidos para alimentos pela Portaria nº 685/98 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Os limites estabelecidos por esta portaria visam proteger a saúde humana, estabelecendo critérios de qualidade de consumo.

#### Especies de peixes analisada:

Corimba-Pacu 

Trairão 

Mandi 

- Com base nos dados até agora levantadas as concentrações médias de metais encontradas nos filés das amostras de peixes capturados estão abaixo dos limites máximos de tolerância da Portaria 685/98 da ANVISA.

Considerando o número limitado de amostras de peixes até então analisadas (total de 54 amostras), os resultados até o momento gerados não indicam riscos ao consumo do filé das espécies analisadas. São necessárias, portanto, mais análises para avaliar o consumo de filé e outras partes do peixe (fígado, guelras, cabeça, pele) bem como, outras espécies de peixes.