

RELATÓRIO TÉCNICO – MORTANDADE DE PEIXES

Local: Rio São Francisco	Bacia Hidrográfica: Rio São Francisco
Municípios: Três Marias / São Gonçalo do Abaeté / Pirapora	
Data da Mortandade: Janeiro a setembro 2005	
Responsável pela Vistoria: 4° GP PM Mamb de Três Marias	

Desde 1969, o rio São Francisco tem sido cenário de repetidas mortandades de peixes, principalmente na região de Três Marias. Porém aquelas que vêm ocorrendo desde janeiro deste ano têm sido atípicas. A poluição industrial sempre esteve no cerne da contaminação das águas estando potencializada por esgotos sanitários do município. Todavia, quatro eventos registrados no final de 2004 e início de 2005 podem ser somados à poluição sistemática que culminou no desastre ecológico da ictiofauna:

1. Chuvas abundantes;
2. Transbordo de lama altamente tóxica da caixa de contenção da Barragem Nova(0,026% foi o suficiente para promover a morte dos organismos da espécie *Daphnia similis*), devido a falha no sistema elétrico das bombas de recalque, da Barragem em 31/12/04 e 13/01/05;
3. Extravasamento de lama terciária ou resíduos classe I da Barragem Velha, constatada por sulfatações;
4. Aumento da vazão turbinada em 6/01/05 e abertura dos vertedouros da Barragem de Três Marias, em 19/01/05, fechamento em 15/02/05 e nova abertura em 04/03/05, com vazão defluente total acima de 1000 m³/s, chegando a alcançar 1800 m³/s em fevereiro.

As fortes chuvas, a força da correnteza do rio ampliada pelo aumento brusco das vazões da Usina Hidrelétrica de Três Marias promoveram grande agitação e turbilhonamento, ocasionando o carreamento e arraste da lama tóxica das Barragens Velha e Nova; do córrego Consciência; assim como revolvimento de sedimentos tóxicos acumulados desde 1969 no fundo do rio São Francisco, propagando-se ao longo do mesmo. Como o surubim é uma espécie que vive mais próxima ao sedimento, foi a primeira a receber o impacto, tendo principalmente afetada suas brânquias, fígado, pele e olhos. A forte agitação provocada no leito do rio além de propiciar a disponibilização de metais pesados e interação entre as partículas orgânicas e inorgânicas de caráter tóxico presentes, contribuiu também para o emulsionamento de ar nas águas, conduzindo os animais que já se encontravam sob efeito crônico ao efeito agudo.

FEAM/DIMOG	IGAM/DvSI	IEF/Pesca
Autor: Antônio Alves dos Reis	Autor: Fábio Sebastião Duarte Melo	Autor: Marcelo Coutinho Amarante
Assinatura:	Assinatura:	Assinatura:
Data: ___/___/___	Data: ___/___/___	Data: ___/___/___

1. INTRODUÇÃO – HISTÓRICO

- O peixe constitui-se num bioindicador eficiente do nível de qualidade ambiental de um meio hídrico. Quando se apresenta saudável, retrata, em geral, a harmonia ecológica do corpo d'água(1). Em contraposição, a mortandade desses organismos caracteriza uma situação de desequilíbrio. Até a década de 60, o ecossistema das águas do rio São Francisco, a partir da região de Três Marias, era equilibrado. Até essa data, segundo a Federação de Pescadores Profissionais - FEPESCA, não havia sido registrada ocorrência de mortandade de peixes decorrente de ação antrópica.
- Em janeiro de 1961, foi concluída a construção da Barragem de Três Marias a partir do represamento do Rio São Francisco. Teve como principais objetivos: regularização do curso das águas do rio nas cheias periódicas; melhoria da navegabilidade; utilização do potencial hidrelétrico e o fomento da indústria e irrigação. A Barragem tem 2.700 metros extensão com base de 600 metros, altura de 75 metros e sua usina gera 396.000 KW. O lago banha 8 municípios, tem 21 bilhões de metros cúbicos de água e 1.040 quilômetros quadrados de superfície (8,7 vezes a Bahia de Guanabara).
- Em 1963, o município obteve sua emancipação e contava com poucos habitantes.
- Em 1965, foi iniciada a construção das instalações da Companhia Mineira de Metais – CMM, atual Votorantim Metais Zinco SA - Três Marias.
- Em 1969, a CMM iniciou sua operação, lançando seus rejeitos industriais diretamente, *in natura*, no rio São Francisco.
- Em 1973, o Departamento Nacional de Águas e Esgotos - DNAEE apontou a CMM como responsável pela poluição do rio São Francisco e pelo lançamento de grandes quantidades de material tóxico em suas águas. (ANEXO 01).

Nessa mesma data, o Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC constatou estagnação das águas do ribeirão Consciência durante os períodos de chuvas, mencionando que quando havia uma elevação do nível de água no rio São Francisco, o ribeirão Consciência passava a funcionar como uma bacia de sedimentação, com acumulação de grandes quantidades de sedimentos. (ANEXO 01)

- Em 1974, o DNAEE relatou que o pH na desembocadura do ribeirão Consciência atingia o valor de 3,0, indicando a natureza ácida dos efluentes da CMM e que o teor de zinco, cádmio e cobre de suas águas alcançavam, respectivamente, os valores de 560,0; 0,17 e 7,2 mg/L. Além disso, a medida da condutividade elétrica foi de 4.600,0 µmho/cm. (ANEXO 01)
- Em 1975, o DNAEE apontou em seu 2º relatório que a CMM polui o ribeirão Consciência e, em menor proporção, o ribeirão Barreiro Grande. Contamina também, o lençol subterrâneo e, considerou a situação irreversível, levando-se em conta a rápida infiltração das águas de drenagem em função da natureza do terreno. (ANEXO 01)
- Em 1976, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, em seu relatório, afirma que o ribeirão Consciência passou a ser o próprio despejo da CMM, só não atingindo proporções drásticas por causa do grande volume de água do rio São Francisco com sua conseqüente capacidade de diluição. (ANEXO 01)
- Em out/1978, o COPAM afirma que as lamas, depositadas nos terrenos da CMM, não só poluem os solos, mas também o rio São Francisco. As fortes chuvas carreiam grandes quantidades de lamas residuárias para o rio São Francisco provocando mortandade de peixes. (ANEXO 01)

- Em 1983, a Barragem de contenção situada às margens do rio São Francisco, denominada atualmente de Barragem Velha, entrou em funcionamento.
- Em Fev/1998, a empresa foi autuada pela FEAM por dispor resíduos sólidos de forma inadequada provenientes do tratamento de efluentes em área pertencente à empresa - Fazenda Forquilha - (AI 387/98). O caráter temporário alegado pela empresa, na sua defesa na ocasião, já durava 8 anos, quando o COPAM determinou retirada imediata do resíduo estocado.
- Em Dez/2001, foi observada uma surgência de líquido no aterro a jusante do lado esquerdo do dique de contenção da Barragem Velha da CMM. Nessa ocasião foi recomendado pela GEOCONSULTORIA, contratada pela empresa, proceder a verificação da funcionalidade da trincheira drenante existente, no período seco, de modo a eliminar a possibilidade de impacto ambiental nas águas superficiais do rio São Francisco.
- Em 2002, foi concedida pelo COPAM, Licença de Operação da Barragem de Contenção de Lama Terciária (Barragem Nova) ao empreendimento. Porém, desde o início de seu funcionamento ela veio apresentando problemas, por ter sido construída em um vale onde estão situadas as nascentes do córrego Lavagem. Observa-se no local um constante percolado na parte central do sopé da Barragem. Três caixas de contenção com recalque do líquido para a Barragem foram instaladas ao longo do córrego Lavagem objetivando mitigar os impactos.
- Em 2002, segundo projeção do censo do IBGE de 2000, Três Marias contava com cerca de 24.024 habitantes. Este contingente populacional responde pela produção diária de 25.110 kg de DBO. A carga de DBO pode ser estimada pelo produto da população (hab) com a carga per capita de DBO (da ordem de 0,045 a 0,060 kgDBO₅/hab.dia, usualmente adotada como 0,054 gDBO₅/hab.dia) (Von Sperling). Considerando que a maior contribuição é oriunda da população do município de Três Marias, temos: 0,054 kgDBO/hab.dia X 24.024 hab = 1.297,3 Kg DBO/dia. Essa carga está sendo lançada no ribeirão Barreiro Grande, tributário da margem direita do rio São Francisco. O município não dispõe ainda de uma Estação de Tratamento de esgotos - ETE.
- Em ago/2002, a CMM foi autuada pela FEAM, pela constatação do parâmetro zinco, nas águas do córrego Lavagem, em desacordo com os padrões ambientais vigentes, devido a problema de estanqueidade do sistema da Barragem Nova – Bacia de contenção de rejeitos de lama terciária.
- Em ago/2003, uma equipe coordenada pela Agência Nacional de Águas – ANA e composta por técnicos da ANA, FEAM, IGAM e CETEC vistoriou a CMM e entorno coletando diversas amostras de água e sedimentos. A análise da amostra de resíduo líquido de uma poça, encontrada ao lado da Barragem Velha, revelou alto teor de zinco. Essa poça evidenciou extravasamento do líquido da Barragem. Os resultados de análises de quase todas as amostras de águas de superfície apresentaram elevados teores de zinco e cádmio.
- Em 31/12/2004, segundo informações de técnicos da CMM durante 40 minutos, houve transbordo de lama industrial proveniente da Barragem Nova. Esse tempo foi o suficiente para o lançamento de grande volume de lama altamente tóxica, contendo metais pesados(0,026% foi o suficiente para provocar efeito agudo imediato aos microcrustáceos *Daphnia similis*). A lama projetada atingiu o córrego Lavagem, que deságua no ribeirão Espírito Santo, que por sua vez é afluente da margem direita do rio São Francisco.
(ANEXO 02)

- Em 5/1/2005, segundo as Centrais Elétricas de Minas Gerais - CEMIG, ocorreram fortes chuvas a jusante da Barragem de Três Marias, alcançando uma precipitação de 39 mm (ANEXO 3);
- Em 6/1/2005, a CEMIG ampliou a vazão média turbinada da Barragem de Três Marias de 500 m³/s para 800 m³/s.
- Em 13/1/05, atendendo a denúncia de contaminação do córrego Lavagem, a Polícia Militar de Meio Ambiente de Três Marias constatou o transbordamento de lama terciária da caixa de contenção n° 03, proveniente da Barragem Nova da CMM. Foi constatado também que as bombas das caixas de retenção n° 01 e 02, que fazem o recalque das águas residuárias para a Barragem, estavam paradas.
- Em 17/1/05, segundo a CEMIG, a precipitação pluviométrica observada nesse dia foi de 30 mm a jusante da Barragem de Três Marias. (ANEXO 3).
- Em 19/1/05, a CEMIG abriu os vertedouros da represa de Três Marias, fato que já não ocorria há 8 anos. Por conseguinte, no período de janeiro a maio deste ano, a vazão defluente total ultrapassou 1000 m³/s, valor acima do qual ocorre turbilhonamento e vórtices nas águas, podendo provocar arraste e revolvimento de material de fundo. Essa vazão chegou a alcançar 1800 m³/s, no mês seguinte. (ANEXO 03)
- Em 27/1/05, segundo a CEMIG a precipitação nesse dia alcançou o índice de 40 mm a jusante da Barragem de Três Marias. (ANEXO 3).
- A partir de janeiro/2005 foram registrados pelo 4º GP PMMAmb de Três Marias 12 ocorrências de mortandade de peixes no rio São Francisco, principalmente de surubim (peixe de fundo). O maior número ocorreu no trecho Três Marias / São Gonçalo do Abaeté, conforme relatado sucintamente no QUADRO 1. (ANEXO 04)
- Em junho/2005, com base no Parecer Técnico de Mortandade de peixes DIMOG 01/FEAM a Votorantim Metais Zinco SA, unidade Três Marias, foi autuada pelo Instituto Estadual de Florestas - IEF em 2 milhões de reais.
- Em julho/2005, tendo em vista dar continuidade ao processo de investigação de mortandade de peixes, foram feitas coletas de amostras de água, e sedimentos em 23 pontos da área considerada crítica do rio São Francisco e afluentes, no trecho situado da represa da CEMIG até a ilha do Coló, passando pelos córregos Barreiro Grande, Consciência, retiro Velho e Lavagem; ribeirão Espírito Santo e do Gado e rio Abaeté. Os resultados obtidos são discutidos no item 2. (ANEXOS 05, 06 e 07).
- Em 10/08/05, foi constatada sulfatação do enrocamento de pedras da Barragem Velha até o rio São Francisco, em direção preferencial, demonstrando extravasamento dos rejeitos da Barragem. A Votorantim foi autuada pela FEAM. (ANEXOS 08 e 09).
- Em 14/09/05, ocorreu acidente no interior da usina industrial da CMM, despejando no rio São Francisco, carga tóxica que transbordou para a calha de lançamento de efluentes tratados - E1. A Votorantim foi autuada pela FEAM. (ANEXO 10).
- Em 17/10/05, técnicos da FEAM, IGAM e ANA, no acompanhamento da coleta de amostra efetuada pela BIOAGRI, em cumprimento ao Protocolo de Compromisso Nº 0001/2005 firmado entre a ANA, SEMAD e a Votorantim, constataram sulfatação em três locais: ao longo do córrego Lavagem a partir da 3ª caixa de contenção; no córrego Consciência, próximo à Barragem Velha, e no solo, entre a Barragem Velha e o córrego Consciência. (ANEXO 11)

Segundo a FEPESCA de outubro de 2004 a setembro de 2005, morreram aproximadamente 25 toneladas de peixes.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 – QUALIDADE DAS ÁGUAS

- Rios São Francisco e Abaeté; córregos Barreiro Grande e Consciência.

QUADRO 2 – Resultados das análises físico-químicas das águas. Fonte: CETEC (ANEXO 12).

PARÂMETROS	PADRÃO CLAS 2 (RES CONAMA 357)	SF04	C1	SF05	SFCGR	SF07	CL	RA02	BG1	BG2
Zinco Total (mg/L Zn)	0,18	0,14	950,5	0,34	0,18	0,13	0,03	0,06	0,57	0,62
Cádmio Total (mg/L Cd)	0,001	0,0024	1,14	0,0011	0,0021	0,0009	<0,0005	0,0025	<0,0005	0,0012
Chumbo Total (mg/L Pb)	0,01	<0,005	0,46	<0,005	<0,005	0,029	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cobre Total (mg/L Cu)	0,02*	0,011	0,063	0,004	<0,004	0,004	0,004	<0,004	0,055	0,04
Cobre dissolvido (mg/L Cu)	0,009	<0,004	0,08	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,006	<0,004
Condutividade elétrica, 25°C (µmho.cm ⁻¹)	**	421	4140	121	65,1	59,9	531	72,9	506	480
pH	6 a 9	7,3	4,1	7,1	7	7,4	7,2	7,6	6,6	7,1
Demanda Bioquímica de Oxigênio, DBO (mg/L O ₂)	5	<2	---	<2	2	<2	---	<2	313	48
Demanda Química de Oxigênio, DQO (mg/L O ₂)	**	19	---	9	11	11	---	<5	641	68
Oxig Dissolvido (mg/L O ₂)	> 5,0	5,5	---	5,5	6,2	4,4	---	7,3	<0,5	1,7
Nitrogênio Amoniacal (mg/L N)	3,7	<0,1	---	<0,1	<0,1	<0,1	---	<0,1	14,3	8,5
Turbidez (NTU)	100	6,19	26,7	6,32	36,4	113	10,9	35	303	35,7

* = Padrão DN COPAM 10/86; ** = Não tem limites estabelecido na legislação estadual ou federal referida. (2) (3)

Descrição dos pontos de amostragem

SF04 = Rio São Francisco logo a jusante do lançamento de efluentes (E1) da CMM

C1 = Córrego Consciência dentro da área de influência da CMM

SF05 = Rio São Francisco logo a jusante do córrego Consciência

SFCGr = Rio São Francisco logo a montante da corredeira Cachoeira Grande (margem direita)

SF07 = Rio São Francisco logo a montante do rio Abaeté

CL = Córrego Lavagem a 20 m de sua foz no ribeirão Espírito Santo

RA02 = Rio Abaeté a jusante da ponte da rodovia BR040

BG1 = Córrego Barreiro Grande a montante da CMM e a jusante da cidade de Três Marias

BG2 = Córrego Barreiro Grande após a Vila Operária da CMM

No **QUADRO 2** estão destacados apenas os pontos nos quais um dos parâmetros selecionados esteve acima dos limites preconizados pela legislação **CONAMA 357** ou **DN COPAM 10/86**.

2.1.1 – METAIS PESADOS

Todos os metais pesados têm propriedades tóxicas sobre os peixes. Alguns metais mais tóxicos exercem ação sinérgica entre si e sobre outros compostos, aumentando a toxidez de ambos. Exemplos: o cianeto associado ao zinco e cádmio é excessivamente tóxico; o cádmio tem sua ação tóxica incrementada na presença de zinco e cobre; o zinco mais oxigênio emulsionado sob forte agitação tem sua toxicidade aguda ampliada. (4) (5) (6)

Os metais pesados selecionados para investigação das mortandades de peixes no rio São Francisco, nessa etapa, foram: Zn, Cd, Pb, Cu e As.

ZINCO

Examinando o **QUADRO 2**, verifica-se que o zinco alcançou valores absurdos nas águas do córrego Consciência(C1), estando cinco mil duzentos e oitenta vezes (5.280 X) acima do limite legal. No rio São Francisco, logo a jusante do córrego consciência (SF05), o zinco também esteve acima do limite, porém apenas 1,88 X já que sofreu diluição. Nota-se que, até mesmo no rio São Francisco, na localidade de Cachoeira Grande, a 5,04 Km (em linha reta), aproximadamente, do ponto a jusante do córrego consciência, o zinco foi encontrado no limite. O esperado, dada a enorme capacidade de diluição do rio São Francisco e das medidas de contenção dos rejeitos adotadas pela empresa, seria de todos os parâmetros encontrarem-se em valores bem abaixo daqueles exigidos pela legislação, principalmente nas águas do rio São Francisco.

No córrego Barreiro Grande, o zinco também extrapolou o limite em 3,16 X e 3,44 X, nos pontos BG1 e BG2, respectivamente. Mesmo assim os valores são extremamente inferiores àqueles encontrados no córrego Consciência(C1).

Nota-se que os valores obtidos nos demais pontos estão de acordo com a legislação, quando se leva em consideração os padrões ambientais para águas superficiais de classe 1 e 2 e águas para consumo humano. Entretanto, quando se toma como referência os critérios para a vida aquática em água doce estabelecidos na literatura científica mundial (7), verifica-se que os limites são bem mais restritivos. Por exemplo, para as espécies de peixes *Salmo gairdneri* (Truta arco-íris) e *Salmo salar* (Salmão do atlântico), já introduzidas no Brasil (8), os valores encontrados nas análises extrapolam os limites estabelecidos para essas espécies relativamente a concentração letal média (CL50) e o limite de tolerância médio (TLm), conforme pode-se inferir observando os **QUADROS 3 e 4**.

QUADRO 3 – Nº de vezes acima do limite recomendável de toxicidade aguda para o zinco nas espécies de peixes *Salmo gairdneri* e *Salmo salar*, jovem, em águas brandas, nos pontos de amostragens dos rios São Francisco (SF), Consciência(C) e Barreiro Grande(BG).

ESPÉCIE	LIMITE (µg/L)	SF01	SF02	SF03	SF04	SF05	SFCGr	SF06	SF07	C1	BG01	BG02
Truta Arco-íris (<i>salmo gairdneri</i>)	4,3 (96h)	7X	16X	21X	32 X	79X	42X	7X	30X	221.046X	133X	144X
Salmão do atlântico (<i>salmo salar</i>)	6,5 (24h)	5X	11X	14X	22X	52X	28X	5X	20X	146.231X	88X	95X

Fonte: Quality Criteria, 1979. (Ref. 7)

• $TL_{50} = CL_{50}$

CL₅₀ (Concentração Letal média) = concentração do agente tóxico, que causa efeito agudo (letalidade) a 50% dos organismos em 24 a 96 horas de exposição, nas condições-teste.

TLm=TL₅₀. Limite de tolerância médio = concentração de material de teste no qual 50% dos animais de teste são capazes de sobreviver sob as condições de teste para um período específico de exposição.

LIMITE RECOMENDÁVEL = 0,01 CL₅₀, 96 h / Limite para vida aquática em água doce num tempo de exposição de 96 horas, determinado através de bioensaios, usando espécies residentes sensíveis

QUADRO 4 – Nº de vezes acima do limite recomendável de toxicidade aguda para o ZINCO nas espécies de peixes *salmo gairdneri* e *salmo salar*, jovem, em águas brandas, nos pontos de amostragens dos córregos Lavagem(CL) e Retiro Velho(RV); ribeirões Espírito Santo(ES) e do Gado(RG) e rio Abaeté(RA).

ESPÉCIE	LIMITE (µg/L)	CL	ES1	RG	RV	RA01	RA02
Truta Arco-íris (<i>Salmo gairdneri</i>)	4,3 (96h)	7x	5X	2X	21X	5X	14X
Salmão do atlântico (<i>Salmo salar</i>)	6,5 (24h)	5X	3X	1,5X	14X	3X	9X

Fonte: Quality Criteria, 1979. (Ref. 7)

• $TL_{50} = CL_{50}$

CL₅₀ (Concentração Letal média) = concentração do agente tóxico, que causa efeito agudo (letalidade) a 50% dos organismos em 24 a 96 horas de exposição, nas condições-teste.

TLm=TL₅₀. Limite de tolerância médio = concentração de material de teste no qual 50% dos animais de teste são capazes de sobreviver sob as condições de teste para um período específico de exposição.

0,01 CL₅₀, 96 h = Limite para vida aquática em água doce num tempo de exposição de 96 horas, determinado através de bioensaios, usando espécies residentes sensíveis

O limite recomendável para que o zinco não tenha efeito adverso sobre as espécies de peixes examinadas é 100 vezes menor o valor da CL₅₀. Com base nos QUADROS 3 e 4, nota-se que o zinco extrapolou esse limite em todos os pontos. Caso as espécies *Truta arco-íris* e *Salmo salar* fossem expostas às águas do rio São Francisco, por 96 horas e 24 horas, respectivamente, estariam sob efeito tóxico, principalmente no ponto SF05, a jusante do córrego Consciência.

CÁDMIO

O cádmio ocorre na natureza principalmente como um sal de sulfeto, freqüentemente associado com minérios de zinco e chumbo.

Biologicamente, o cádmio é um elemento não essencial, não benéfico, reconhecidamente de alto potencial tóxico e que se acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar. O cádmio pode ser fator para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, inibição no crescimento, doenças crônicas em idosos e câncer. Apresenta efeito crônico, pois concentra-se nos rins, no fígado, no pâncreas e na tireóide, e efeito agudo, sendo que uma única dose de 9,0 gramas pode levar à morte. O padrão de potabilidade é fixado pela Portaria 518 do Ministério da Saúde, em 0,005 mg/L. Estudos feitos com animais demonstram a possibilidade de causar anemia, retardamento de crescimento e morte. O cádmio ocorre na forma inorgânica, pois seus compostos orgânicos são instáveis; além dos malefícios já mencionados, é um irritante gastrointestinal, causando intoxicação aguda ou crônica sob a forma de sais solúveis. A ação do cádmio sobre a fisiologia dos peixes é semelhante às do níquel, zinco e chumbo. Está presente em águas doces em concentrações traços, geralmente inferiores a 1 µg/L. (9)

Examinando o **QUADRO 2**, pode-se observar, que o córrego Consciência apresenta valores críticos para o cádmio. O valor obtido encontra-se mil cento e quarenta vezes (1.140X) acima do limite legal. Os demais pontos nos quais o limite do cádmio foi ultrapassado não foram tão expressivos, provavelmente, devido a forte diluição sofrida por esse metal pelas águas do rio São Francisco e à possível interação ou absorção ao longo de sua trajetória nos demais cursos d'água. Todavia nenhum valor além do limite deveria ser encontrado nas águas do rio São Francisco.

CHUMBO

Em seres humanos, o chumbo apresenta poder cumulativo no organismo. Quando assimilado pode desencadear uma série de perturbações como danos ao sistema nervoso central, podendo ocasionar epilepsia, convulsões e paralisia, redução da capacidade intelectual em crianças, diminuição da resistência frente a infecções, anemia, intoxicação crônica ou saturnismo, a qual pode levar à morte.

Em condições naturais apenas traços são encontrados nas águas, da ordem de 0,01 mg/L ou menos. Maiores concentrações são decorrentes da contaminação por efluentes de indústrias, baterias ou canalizações antigas em processo de corrosão.

O limite de toxicidade recomendado para a forma aquática é de 0,01 vezes LC_{50} (96h). (7).

O teor de chumbo nas águas amostradas esteve 46X (quarenta e seis vezes) acima do padrão legal no córrego Consciência. No rio São Francisco, a montante do rio Abaeté, foi encontrado 3X (três vezes) acima do limite.

COBRE

O cobre ocorre geralmente nas águas, naturalmente, em concentrações inferiores a 20 µg/L. Quando em concentrações elevadas, é prejudicial à saúde e confere sabor às águas. Segundo pesquisas efetuadas, é necessária uma concentração de 20 mg/L de cobre ou um teor total de 100 mg/L por dia na água para produzirem intoxicações humanas com lesões no fígado. No entanto, concentrações de 5 mg/L tornam a água absolutamente impalatável, devido ao gosto produzido. (9)

O cobre total foi encontrado tanto no córrego Consciência quanto no Barreiro Grande. No primeiro (C1), seu teor esteve 32X (trinta e duas vezes) acima do limite estabelecido na DN COPAM 10/86; no segundo, 28X a montante da CMM (BG1) e 20X após a vila operária da CMM (BG2). No primeiro córrego, pode-se afirmar que o valor obtido é proveniente exclusivamente da empresa. No segundo caso, a contribuição pode ser considerada de lançamento de lixo urbano, contendo material cobreado, ou a base de cobre. Todavia, outras análises deverão ser feitas *a posteriori*, a montante, dentro e a jusante da cidade, para confirmar tais resultados.

Para o cobre dissolvido houve apenas uma ocorrência em desacordo – córrego Consciência, tendo sido encontrado nove vezes (9X) acima do limite permitido.

ARSÊNIO

O arsênio é um elemento tóxico, podendo causar câncer de pele e de fígado em seres humanos. Apresenta efeito cumulativo no organismo. A ingestão de 100 mg/L pode resultar em severa intoxicação no homem. O limite de toxicidade recomendado para a vida aquática é de 0,05 mg/L. Nos locais onde há pesca, o padrão legal estabelecido na Resolução Conama 357 é de 0,00014 mg/L.

Nessa campanha de amostragem em Três Marias não foi feita análise de arsênio nas águas, mas somente no sedimento.

2.1.2 – CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Os valores muito elevados encontrados para a medida da condutividade elétrica das águas amostradas no córrego Consciência, Lavagem e Barreiro Grande evidenciam a presença de altos teores de sais dissolvidos ou ácidos em solução, caracterizando interferências antrópicas, mediante lançamento de despejos industriais e/ou esgotos domésticos.

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Apesar de não existir padrões legais de qualidade de água para a condutividade elétrica, segundo a CETESB, em geral, níveis superiores a $100\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados. A dissolução de eletrólitos em água aumenta a sua condutividade e, dependendo da concentração de eletrólitos totais dissolvidos, pode conferir ao meio características eletroquímicas que o tornam altamente corrosivo. (9)

Sulfato de zinco e sulfato de cádmio são sólidos brancos à temperatura ambiente, solúveis na água. Já o Sulfato de chumbo é branco no estado sólido, porém é praticamente insolúvel na água, possuindo um K_{ps} de 1×10^{-8} (ANEXO 9).

Os cursos d'água no qual os valores de condutividade elétrica estiveram acima do valor de referência, nos pontos amostrados, foram: córrego Consciência(C1), Lavagem(CI), Barreiro Grande(BG) e São Francisco (SF). As águas do córrego Consciência destaca-se dos demais, por estar quarenta e uma vezes (41X) acima do valor de referência assinalado pela CETESB que é de $100\mu\text{S}/\text{cm}$. Tal fato evidencia que esse trecho do córrego Consciência vem recebendo em suas águas, percolados ou surgências da Barragem Velha, bem como do passivo ambiental depositado no seu entorno.

As estações de amostragens monitoradas pela empresa(CI, CII, CIII e CIV) estão localizadas a montante do ponto(C1) e por conseguinte dos pontos de surgência da Barragem Velha, deste modo, os dados de automonitoramento apesar de encontrarem-se muito acima do valor de referência nas estações CIII e CIV, mostram-se muito aquém dos valores obtidos em C1.

2.1.3 – pH

É a relação numérica que expressa o equilíbrio entre íons H^+ ou OH^- .

A água ácida é conhecida por desregular a capacidade osmoreguladora. Estudos dos efeitos da acidificação da água no peixe sugerem que os ovos e estágios larvários são os mais vulneráveis. Os estágios jovens de vida apresentam maiores desvantagens como a pouca capacidade locomotora, que os impedem de escaparem de uma situação potencialmente perigosa. Alterações bruscas de pH podem causar o desaparecimento de espécies aquáticas.(3)

Cabe aqui apenas destacar o pH ácido obtido no ponto do córrego Consciência, situado próximo da Barragem Velha. Essa acidez pode ser resultante de borra ácida depositada no solo nas proximidades desse ponto ou percolado da Barragem Velha não suficientemente neutralizado no processo de tratamento. Ressalta-se também que a empresa possui fábrica de ácido sulfúrico – H_2SO_4 e o emprega no seu processo industrial de produção de zinco.

2.1.5 – OD/DBO/DQO, FOSFATO E NITROGÊNIO AMONIACAL

Esses parâmetros indicam principalmente a contaminação por esgotos sanitários, os quais mostraram-se expressivos no córrego Barreiro Grande. Córrego que recebe todo o esgoto doméstico de Três Marias, e que por enquanto, está sem nenhum tratamento.

Essa situação é preocupante pela probabilidade de propagação de doenças de veiculação hídrica e de potencialização da mortalidade de peixes, uma vez que os animais já se encontram fragilizados e estressados pela poluição industrial decorrente de metais pesados.

2.2 – SEDIMENTOS

Por não existir no Brasil critérios definidos por lei, federal ou estadual, para a avaliação da qualidade de sedimento, mediante caracterização química e avaliação do seu teor de contaminação, a Cetesb e diversas teses de mestrado e doutorado vêm adotando o critério canadense e seus valores numéricos como padrão de referência de contaminação para sedimentos. (Cetesb, 1998). Nesse critério, o limite mais restritivo é denominado PEL - *Probable Effect Levels* (nível provável de efeito - concentração acima da qual o efeito adverso à biota é severo). Os mesmos valores estão sendo propostos para serem usados em nível nacional através de uma Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA.

Segundo Mosetto, nos EUA, e em várias outras partes do mundo, reconhece-se que, os contaminantes tóxicos presentes nos sedimentos dos rios, lagos, áreas alagáveis e corpos de água de regiões costeiras têm o potencial de desencadear uma degradação ambiental continuada mesmo nos casos onde a coluna d'água desses ambientes estejam dentro de critérios 'aceitáveis' de qualidade segundo os padrões vigentes. Reconhece-se também que, sedimentos contaminados, podem causar impactos negativos à qualidade da água mesmo após a interrupção da descarga de efluentes ou abatimento completo das emissões ao corpo receptor. (10)

QUADRO 5A - Resultados da análise de metais totais nos sedimentos das águas do rio São Francisco. Fonte: CETEC (ANEXO 13)

METAL PESADO	CRITÉRIO DE QUALIDADE*									
	PEL* (mg/Kg)	SF00	SF01	SF02	SF03	SF04	SF05	SF06	SF07	SFCGr
AS TOTAL (mg/Kg)	17,0	2,49	1,74	2,72	1,69	3,74	8,94	1,25	1,13	0,91
Cd TOTAL (mg/Kg)	3,5	1,23	1,87	6,83	6,92	15,80	19,70	2,37	11,20	23,30
Cu TOTAL (mg/Kg)	197,0	17,60	7,28	36,10	35,50	31,20	60,90	20,10	32,80	45,60
Pb TOTAL (mg/Kg)	91,3	<10,00	<10,0	20,80	20,70	56,00	474,80	<10,00	<10,00	<10,00
Zn TOTAL (mg/Kg)	315,0	57,10	43,50	586,20	3190,00	2180,00	17750,00	232,50	758,40	2200,00

Fonte: Laboratório de Traços Metálicos do Setor de Análises Químicas – CETEC, em 18-7-2005.

Os valores com sinal < estão abaixo do limite de quantificação do método.

* Fonte: Conselho Canadense de Ministérios de Meio Ambiente (Canadian Council, 2001).(11)

* PEL - Probable effect levels (nível provável de efeito - concentração acima da qual o efeito adverso à biota é severo)

Descrição dos pontos de amostragem

SF00 = Rio São Francisco dentro da Represa de Três Marias

SF01 = Rio São Francisco à montante do córrego Barreiro Grande e da CMM

SF02 = Rio São Francisco logo à jusante do córrego Barreiro Grande

SF03 = Rio São Francisco em frente à Barragem de Rejeitos (VELHA) e logo a montante de E1

SF04 = Rio São Francisco logo a jusante do lançamento de efluentes (E1) da CMM

SF05 = Rio São Francisco logo a jusante do córrego Consciência

SFCGr = Rio São Francisco logo a montante da corredeira Cachoeira Grande (margem direita)

SF06 = Rio São Francisco logo a jusante do ribeirão Espírito Santo

SF07 = Rio São Francisco logo a montante do rio Abaeté

Observa-se no QUADRO 5A, que não foi encontrado valores significativos para metais pesados no sedimento da represa de Três Marias e nem no rio São Francisco, a montante do córrego Barreiro Grande. Entretanto, em seis pontos do rio São Francisco, desde a jusante do córrego Barreiro Grande até o rio Abaeté foram encontrados altos teores de zinco e cádmio nos sedimentos. Os valores de zinco e cádmio no ponto amostrado a jusante do Espírito Santo, embora abaixo do PEL, mostrou-se expressivo como valor de alerta. O maior valor obtido para o zinco e cádmio foi encontrado, respectivamente, no rio São Francisco, logo a jusante do córrego Consciência e a montante da Cachoeira Grande.

QUADRO 5B - Resultados da análise de metais totais nos sedimentos das águas do córrego Consciência(C), Retiro Velho(RV) e rio Abaeté(RA), Lama da Barragem Velha(LBV) e Lama da Barragem Nova(LBN) (ANEXO 13)

METAL PESADO	CRITÉRIO DE QUALIDADE*					
	PEL* (mg/Kg)	C1	RV	RA1	LBV	LBN
As TOTAL (mg/Kg)	17,0	63,6	3,04	3,24	232,8	18,8
Cd TOTAL (mg/Kg)	3,5	37,6	7,3	5,77	637,2	63,3
Cu TOTAL (mg/Kg)	197,0	927	36,1	50,2	679,1	113,9
Pb TOTAL (mg/Kg)	91,3	802	1,77	<10	7950	1280
Zn TOTAL (mg/Kg)	315,0	5170	412	72,3	42660	29910

Os valores com sinal < estão abaixo do limite de quantificação do método.

* Fonte: Conselho Canadense de Ministérios de Meio Ambiente (Canadian Council, 2001).(11)

* PEL - Probable effect levels (nível provável de efeito - concentração acima da qual o efeito adverso à biota é severo)

Descrição dos pontos de amostragem

C1 = córrego Consciência dentro da área de influência da CMM Três Marias

RV = Córrego Retiro Velho logo na sua foz no rio São Francisco

RA1 = Rio Abaeté em sua foz no rio São Francisco

LBV = Lama da Barragem Velha da CMM

LBN = Lama da Barragem Nova da CMM

No **QUADRO 5B**, nota-se que todos os teores de metais pesados selecionados estiveram bastante acima do valor de referência, no córrego Consciência, decrescendo do zinco para o cádmio, Zn>Cu>Pb>As>Cd. Entretanto, quando se leva em conta o número de vezes além do limite, a ordem passa a ser: Zn>Cd>Pb>Cu>As. Cabe ressaltar também que o acúmulo de sedimentos a jusante do córrego Consciência deve-se ao aporte de material desse córrego mais o do rio São Francisco à frente da Barragem Velha. Observa-se que a quantidade de metais da Barragem Velha ainda é muito superior ao da Barragem Nova.

QUADRO 6 - Nº DE VEZES ALÉM DO PEL* PARA OS METAIS Zn, Cd e Pb NOS SEDIMENTOS

Metal	SF02	SF03	SF04	C1	SF05	SF07	RV	RA	LBV	LBN	SFCGr
Zn	1,86X	10,12X	6,92X	16,4X	56,35X	2,4X	1,3X	-	135,4X	95X	6,98X
Cd	1,95X	1,98X	4,51X	10,74X	5,63X	3,2X	2,1X	1,65X	182X	18X	6,66X
Pb	-	-	-	8,8X	5,20X	-	-	-	87X	14X	-

PEL - Probable effect levels (nível provável de efeito - concentração acima da qual o efeito adverso à biota é severo)

Com base no **QUADRO 6**, observa-se que:

- O teor de zinco obtido nos sedimentos no rio São Francisco, a jusante do córrego Consciência, é alarmante. Isso significa que esse metal uma vez disponibilizado é passível de provocar grande impacto ambiental. É preciso considerar que o sistema foi altamente agitado após ampliação da vazão turbinada e vazão vertida da Barragem de Três Marias, desde de janeiro/2005, com alternâncias de abertura e fechamento do vertedouro.
- O cádmio apresentou-se acima do limite PEL, desde logo a jusante do córrego Barreiro Grande até a localidade de corredeira de Cachoeira Grande, passando por toda a área de influência da Companhia Mineira de Metais com os respectivos valores 1,95 X; 1,98X; 4,51X; 5,63X; 3,2X e 6,66X.
- Os sais de chumbo são pouco solúveis em água. Devido a essa baixa solubilidade, os sais de chumbo tendem a precipitar, formando soluções complexas. Por isso, quase todo o chumbo dos sistemas aquáticos está confinado ao sedimento. (ver tabela de Kps).
Os dados apresentados nos **QUADROS 5 e 6** indicam que o chumbo encontrado nas águas do rio São Francisco, logo a jusante do córrego Consciência, na área de influência da CMM, apresentou concentração superior ao valor para o qual se espera efeitos adversos severos sobre organismos aquáticos (PEL). O chumbo esteve 5,2 vezes acima do limite estabelecido.

O envenenamento por chumbo, antes de causar ação cáustica sobre as brânquias, provoca transtornos nos órgãos internos do peixe.

O chumbo orgânico é absorvido mais rapidamente que o inorgânico.

Ressalta-se que o grande volume d'água do rio São Francisco apresenta sempre algum grau de atenuação do impacto do sedimento contaminado, porém, além da diluição, ocorrem vários processos físico-químicos durante e após o despejo do material na coluna d'água e seu assentamento no fundo.

2.3 – PESTICIDAS E HERBICIDAS

Todos os resultados da análise de pesticidas nas águas do rio Abaeté e São Francisco apresentaram valores abaixo do nível de quantificação do método. (ANEXO 14)

Ressalta-se que o trecho do rio Abaeté compreendido entre sua foz até a ponte da RODOVIA BR 040 foi percorrida pelo técnico do IMA de Montes Claros, Sr. Luiz, tendo sido constatado apenas lavouras de pequeno porte ao longo do rio, nesse trecho. O Sr. Luiz mencionou ainda que no entorno da represa de Três Marias existem lavouras de grande porte, porém não foi constatada mortandade de peixes a montante da Barragem.

2.4 – TESTES DE ECOTOXICIDADE (ANEXO 15)

A toxicidade pode ser definida como a capacidade de um agente químico em provocar danos a um organismo vivo. A ecotoxicologia é a subdivisão da toxicologia criada em consequência da observação de que certos produtos químicos persistentes exercem uma ação tóxica em diversos pontos do ecossistema. O aparecimento de um produto químico ou da manifestação de seus efeitos tóxicos pode sobrevir a grandes distâncias do ponto inicial da introdução no meio. Os testes de ecotoxicidade aplicam-se, principalmente, na avaliação do grau de contaminação crônica e sistemática de cursos d'água por substâncias tóxicas de alto grau de impacto ambiental.

Ensaio de Toxicidade Crônica e Aguda

Com ampla utilização nos países desenvolvidos, e em uso em alguns estados do Brasil, os testes de toxicidade complementam a metodologia tradicionalmente adotada através de padrões de emissão e de qualidade para controle de poluição das águas. Serve de instrumento à melhor compreensão e fornecimento de respostas às ações que vêm sendo empreendidas no sentido de se reduzir a toxicidade do despejo líquido, de seu efeito sobre o corpo receptor, e, em última instância, promover a melhoria da qualidade ambiental.

Os ensaios de toxicidade consistem na determinação do potencial tóxico de um agente químico ou de uma mistura complexa, sendo os efeitos desses poluentes detectados através da resposta de organismos vivos.

No ensaio de toxicidade crônica o organismo aquático utilizado é o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* (NBR13373). São utilizadas as denominações Agudo, Crônico e Não Tóxico, para eventuais descrições dos efeitos deletérios sobre os organismos aquáticos. O efeito agudo é caracterizado por uma resposta severa e rápida a um estímulo, a qual se manifesta nos organismos aquáticos em tempos relativamente curtos (0 a 96 horas), sendo o efeito morte o mais observado. O efeito crônico caracteriza-se pela resposta a um estímulo que continua por longos períodos de exposição do organismo ao poluente (1/10 do ciclo vital até a totalidade da vida do organismo), que pode ser expressa através de mudanças comportamentais, alterações fisiológicas, genéticas e de reprodução, etc. (12)

O teste de toxicidade agudo foi realizado com o organismo teste *Daphnia similis* no efluente proveniente do Transbordo da Barragem Nova (TBN), no qual foi estabelecido o percentual do volume da amostra coletada que provocou efeito tóxico nos organismos.

Quando da ocorrência de eventos caracterizando efeito agudo ou crônico nas amostras de água coletadas, pode-se considerar que os respectivos corpos de água que estão sendo avaliados não apresentam condições adequadas para a manutenção da vida aquática. (13)

No QUADRO 7 estão representadas as estações de amostragem em que ocorreram efeitos tóxicos nos testes realizados no laboratório. Os resultados apontaram para 9 (nove) estações com águas tóxicas para os organismos testes. Deste total, embora o teste tenha sido de toxicidade crônica, 6(seis) apresentaram efeitos agudos, isto é, mortalidade dos microcrustáceos *Ceriodaphnia dubia* em 48 horas após a incubação, indicando uma alta toxicidade das águas. O efluente coletado na estação TBN, por sua vez, mostrou uma condição deletéria extrema para organismos vivos, na medida que 0,03% da concentração da amostra foi suficiente pra provocar a mortalidade dos microcrustáceos *Daphnia similis*.

QUADRO 7 - Resultados Positivos de Ecotoxicidade, nas estações de amostragem, Três Marias, junho/2005. (ANEXO 15)

ESTAÇÕES	TOXICIDADE CRÔNICA	TOXICIDADE AGUDA
BG1-Córrego Barreiro Grande montante CMM	48h	
BG2-Córrego Barreiro Grande jusante CMM	48h	
C1 – Córrego Consciência próximo à Barragem Velha-CMM	48h	
RA1 – Rio Abaeté em sua foz	X	
RG – Ribeirão do Gado logo em sua foz	X	
RV – Córrego Retiro Velho em sua foz	X	
RPH8 – Tanque construído dentro da Barragem Nova	48h	
SF05 – Rio São Francisco a jusante da CMM	48h	
TBN – Transbordo da Barragem Nova – CX1 de contenção		0,026% amostra

2.5 – ANÁLISE DE METAIS NOS PEIXES (ANEXO 16)

Descargas repentinas de grandes quantidades de poluentes químicos, orgânicos ou inorgânicos em um curso d'água podem causar a morte instantânea de peixes. Além disso, a lavagem pelas chuvas de resíduos tóxicos depositados nos solos e de revolvimento de sedimentos tóxicos do fundo dos mananciais, quando não promovem a mortandade direta de peixes, debilitam esses organismos tornando-os suscetíveis à infecções secundárias e doenças parasitárias por bactérias, vírus e fungos.

Algumas substâncias, mesmo quando absorvidas em pequenas quantidades, são diretamente prejudiciais à esses organismos, causando lesões nos órgãos internos como mucosas, vilosidades intestinais, fígado, etc. Outras substâncias agem externamente atingindo os filamentos branquiais, epiderme, derme e nadadeiras.

Se estes poluentes forem degradáveis, transformando-se através de reações químicas e/ou biológicas quando em contato com a massa d'água, o equilíbrio do meio poderá ser retomado a uma certa distância do ponto de lançamento. Entretanto, no trecho em que essa transformação se processa, os organismos poderão enfrentar dificuldades, ou até mesmo impedimento, de se manterem no ambiente. No caso de poluentes persistentes ou bioacumulativos, efeitos mais drásticos poderão ocorrer nas populações expostas.

Há três vias de absorção de metais nos peixes:

1. Respiratória. Como íons livres que são absorvidos através das superfícies respiratórias (brânquias);
2. Cutânea. Como íons livres absorvidos pela superfície do corpo e difundem passivamente através da corrente sanguínea; e
3. Digestiva. Ingerido juntamente com o alimento e partículas, bem como íons livres ingeridos com a água.(14)

A respiração dos peixes é branquial. Nos dois lados da faringe desses animais, encontram-se arcos que sustentam pequenas lâminas, as brânquias, onde a água passa. A água entra pela cavidade bucal, circula pelas brânquias e sai pelos opérculos, que abrem e fecham ritmicamente. Essas pequenas lâminas são irrigadas pelo sangue, que recolhe o oxigênio contido na água. O sangue passa pelas brânquias no sentido oposto ao da água em mecanismo de contra-corrente.

Os peixes do ecossistema do rio São Francisco, a partir de Três Marias, vêm sendo submetidos ao efeito crônico desde 1969 e sob efeito agudo, por ocasião das chuvas, segundo depoimento de pescadores profissionais da região. O efeito crônico, de modo geral, permite a sobrevivência do organismo, embora afete uma ou várias de suas funções biológicas, tais como reprodução, crescimento, etc. É observado em situações onde os peixes são expostos à concentrações de agentes tóxicos, tais como metais pesados, amônia e agrotóxicos, durante longos períodos de tempo. O efeito agudo, promove a morte dos peixes e ocorre pelo excesso de material tóxico lançado e o sinergismo provocado pelas diversas substâncias presentes no meio.

2.5.1 – AMOSTRA DE MAIO/2005

QUADRO 8 - PARECER TÉCNICO Nº 401526, CETEC – 20/05/05

PARÂMETRO (µg/g)	VÍSCERAS (µg/g)	BRÂNQUIAS (µg/g)	FILE (µg/g)	LIMITE* (µg/g)
Zinco (Zn)	19,4	34,4	5,06	50
Cádmio (Cd)	0,029	<0,008	<0,008	1
Chumbo (Pb)	<0,08	<0,08	<0,08	2
Cobre (Cu)	3,01	1,38	0,14	30

* Limites máximos permitidos em alimentos (Portaria 685/98 ou Decreto 55871/65)(17)

Os valores com sinal < estão abaixo do limite de quantificação do método.

2.5.2 – AMOSTRA DE JUNHO/2005

QUADRO 9 - CERTIFICADO DE ENSAIO Nº 617513 – CETEC-12/06/05

PARÂMETRO (µg/g)	BRÂNQUIAS (µg/g)	FÍGADO (µg/g)	BAÇO (µg/g)	MUSCULATURA (µg/g)	LIMITE* (µg/g)
Zinco (Zn)	24,6	54,7	14,5	3,19	50
Cádmio (Cd)	0,08	9,60	0,25	<0,30	1
Chumbo (Pb)	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	2
Cobre (Cu)	3,43	25,5	1,33	0,42	30

* Limites máximos permitidos em alimentos (Portaria 685/98 ou Decreto 55871/65)

2.5.3 – AMOSTRA DE JULHO/2005

QUADRO 10 - CERTIFICADO DE ENSAIO Nº 617514 – CETEC-08/07/05

PARÂMETRO (µg/g)	VÍSCERAS (µg/g)	BRÂNQUIAS (µg/g)	FILE (µg/g)	LIMITE* (µg/g)
Zinco (Zn)	16,1	20,2	4,46	50
Cádmio (Cd)	<0,30	<0,30	<0,30	1
Chumbo (Pb)	<0,30	<0,30	<0,30	2
Cobre (Cu)	3,92	4,20	0,29	30

* Limites máximos permitidos em alimentos (Portaria 685/98 ou Decreto 55871/65)

Analisando os QUADROS 8, 9 e 10 verifica-se que apesar dos teores de zinco nas brânquias estarem abaixo do limite para consumo humano, os valores são bastante elevados. Já no fígado os teores de zinco e cádmio apresentaram-se acima até mesmo do limite para o consumo humano. É preciso considerar que quando sob efeito agudo, os peixes antes de se saturarem de metais pesados, por bioacumulação, costumam ser afetados nas brânquias e ou no fígado, morrendo por asfixia ou intoxicação.

As principais características observados nos peixes quando submetidos a necropsia e análise morfológica foram: brânquias esbranquiçadas ou amarronzadas; fígado com manchas ou necrosados; boca com queimaduras, pele soltando com facilidade, olhos opacos ou cegos.

2.5.4 – AMOSTRA DE OUTUBRO/1978

BOLETIM DE ANÁLISE SEC Nº 185/78 – CETEC - 1978

PARÂMETRO	ESCAMAS, NADADEIRAS, GUELRAS (µg/g)	CABEÇA E BRÂNCUIAS (GUELRAS) (µg/g)	FILÉ (µg/g)	VISCERAS (µg/g)	LIMITE* (µg/g)
Zinco	178,0	28,8	14,2	25,0	50
Cádmio	1,48	0,10	0,03	0,63	1
Chumbo	3,00	5,8	0,6	3,1	2
Cobre	7,4	1,9	0,3	3,8	30
Alumínio	37,0	0,4	2,6	37,5	—
Cálcio	1333	15144	3858	925	—
Magnésio	1926	481	241	200	—
Ferro	88,9	17,3	4,8	131	—
Manganês	14,8	2,9	0,6	1,9	—
Níquel	6,7	1,9	0,3	1,9	5
Cobalto	2,2	1,0	0,6	1,9	—

* Limites máximos permitidos em alimentos (Portaria 685/98 ou Decreto 55871/65)

Na mortandade de peixes ocorrida na região, em out/1978, a análise laboratorial identificou num peixe de escama (dourado) elevado teor de zinco e chumbo nas brânquias (guelras) nadadeiras e escamas (parte externa dos peixes), bem como de cálcio, magnésio e ferro.

Na conclusão final desse parecer foi relatado o seguinte: “O efluente da CMM em estado coloidal, após diluição pelas águas do rio São Francisco, deposita-se nas guelras dos peixes na forma de uma película impermeabilizante, provocando a morte por asfixia. Esta hipótese é viável, pois a concentração de zinco e outros metais pesados, tem sido encontrada mais elevada nas partes externas dos peixes.

Outra hipótese, seria o acúmulo destes elementos na cadeia alimentar, fenômeno que seria agravado quando da ocorrência de concentrações muito elevadas de zinco nas águas, acelerando o processo de intoxicação.”

Segundo Russel (7), a toxicidade dos compostos de zinco aos animais aquáticos varia com diversos fatores ambientais, particularmente dureza, oxigênio dissolvido e temperatura. Concentrações de compostos de zinco provocam mudanças adversas na morfologia e fisiologia dos peixes. Concentrações tóxicas agudas induzem avarias celulares e obstrução das guelras com muco. Concentrações tóxicas crônicas de compostos de zinco provocam enfraquecimento geral e mudanças histológicas comuns a vários órgãos. O crescimento e maturação são retardados.

Os seguintes autores: Doudoroff e Katz, Carpenter, Behrens, Ellis, Jones e Westfall, concordam, geralmente, com o fato de que a morte de peixes submetidos aos metais pesados se deve à

asfixia, causada pela coagulação do muco sobre as brânquias, de maneira a torná-las impermeáveis à passagem do oxigênio e demais gases na respiração. (6)

Para os peixes, muito mais que para o homem, as doses elevadas de cobre são extremamente nocivas. Assim, trutas, carpas, bagres, peixes vermelhos de aquários ornamentais e outros, morrem em dosagens de 0,5 mg/L. Os peixes morrem pela coagulação do muco das brânquias e conseqüente asfixia (ação oligodinâmica). Os microrganismos perecem em concentrações superiores a 1,0 mg/L. O Cobre aplicado em sua forma de sulfato de cobre, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, em dosagens de 0,5 mg/L é um poderoso algicida. O Water Quality Criteria indica a concentração de 1,0 mg/L de cobre como máxima permissível para águas reservadas para o abastecimento público. (9) (15)

Quando peixes são expostos a doses tóxicas sub-letais de cobre, esse elemento foi encontrado acumulado principalmente nas brânquias, no fígado e rins. No caso de toxicidade aguda, as brânquias são seriamente danificadas.

Segundo a CETESB (9), os efeitos tóxicos do zinco sobre os peixes são muito conhecidos, assim como sobre as algas. A ação desse íon metálico sobre o sistema respiratório dos peixes é semelhante à do níquel, ou seja, precipita a secreção da mucosa produzida pelas brânquias dos peixes. Assim, o espaço inter-lamelar é obstruído e o movimento normal dos filamentos das brânquias é bloqueado. O peixe, impedido de realizar as trocas gasosas entre a água e os tecidos branquiais, morre por asfixia.

Segundo Samuel Branco (3), freqüentemente ocorrem mortes em massa, de peixes, em peixarias ou mesmo aquários ornamentais, vitimados por zinco proveniente do revestimento interno de canos galvanizados. Em geral, esses acidentes se acham relacionados com a agitação da água ou ar emulsionado na água, os quais podem contribuir, de maneira bastante apreciável, para um aumento da toxidez – em relação aos peixes – dos metais pesados nela presentes, uma vez que essas intoxicações se devem à coagulação de muco sobre as brânquias, impedindo respiração, esse fenômeno é facilitado pela agitação que promove maiores possibilidades de encontro das partículas coloidais desse material.

Experiências de Samuel Branco, repetidas inúmeras vezes (16):

EXPERIMENTO 1: Peixe vermelho, 4cm + 40 ppm de $\text{Zn}(\text{HCO}_3)_2$ + cuba de 2.000 mL

Observação: Peixe morre em 15 minutos.

EXPERIMENTO 2: Retirando-se o peixe morto da 1ª experiência e colocando-se, em seguida, na mesma solução um segundo peixe.

Observação: Peixe se mantém vivo, não demonstrando nenhuma reação fisiológica em 4 horas de permanência.

EXPERIMENTO 3: Arejando-se a água do experimento nº 2, a água tornava-se novamente tóxica.

Observação: peixe morre em 30 minutos.

EXPLICAÇÕES:

1ª) Experiência:

A solução de zinco na qual era colocado o peixe tornava-se bastante turva. Filtrando-se a solução turva, verificou a existência de uma espessa mucilagem coagulada, que ficava retida no papel de filtro; testando o filtrado com ferrocianeto de potássio, revelaram quase ausência do metal no filtrado, enquanto que davam resultados fortemente positivos na mucilagem retida pelo papel.

CONCLUSÃO: O metal provocava a coagulação da mucilagem das brânquias do peixe, ficando retido totalmente por aquela, enquanto que a água ficava isenta do elemento tóxico.

2ª) Experiência: Após a retirada do peixe morto do aquário, a água tornava-se inócua, uma vez que, apresentava apenas pequena quantidade de zinco, porém, insuficiente, para produzir qualquer reação fisiológica nos peixes em 4 horas de permanência.

3ª) Experiência: O borbulhar de ar ou o emulsionamento deste na água teria um efeito de natureza física e não química, aumentando a precipitação dos colóides, sob ação dos metais.

ZINCO + EMULSIONAMENTO DE AR NA ÁGUA = AÇÃO SINÉRGICA → EFEITO AGUDO

Este fenômeno contraria o fato geralmente aceito de que em baixos níveis de oxigênio dissolvido, os peixes sucumbem a concentrações de substâncias tóxicas que eles podem tolerar quando em presença de níveis elevados de oxigênio. Ou em outras palavras, o oxigênio geralmente aumenta a resistência dos organismos à ação de substâncias tóxicas e não o contrário.

Logo, o rio São Francisco, tem sido cenário de repetidas mortandades de peixes, desde 1969. A poluição industrial encontra-se no cerne da contaminação, sendo potencializada por esgotos sanitários e abertura brusca dos vertedouros da Barragem de Três Marias. A tabela abaixo embora não reflita toda a realidade das ocorrências, apresenta registros feitos pela FEPESCA, Polícia Militar de Meio Ambiente de Três Marias, jornais e da ONG canadense World Fish Trust - WFT.

REINCIDÊNCIAS DE MORTES DE PEIXES – TRÊS MARIAS (ANEXO 19)

DATA	Nº DE OCORRÊNCIAS	LOCAL
1974	1	Rio São Francisco
1976	1	Rio São Francisco
Março/1978	1	Rio São Francisco
Outubro/1978	1	Rio São Francisco
Dezembro/1984	1	Rio São Francisco
Janeiro/2005	1	Rio São Francisco
Abril/2005	1	Rio São Francisco
Maio/2005	3	Rio São Francisco
Junho/2005	20	Rio São Francisco
Julho/2005	7	Rio São Francisco
Agosto/2005	2	Rio São Francisco

Fontes: DNAEE / CPRM / FEAM / PMMamb / WFT / FEPESCA

2.6 – AUTOMONITORAMENTO DA COMPANHIA MINEIRA DE METAIS – CMM – 2003/2004

ZINCO NO CÓRREGO CONSCIÊNCIA. As Figs. 1 e 2 do ANEXO 17 mostram que os pontos CIII e CIV extrapolaram o limite preconizado na legislação em todos os meses, exceto em janeiro e julho/2003, para o primeiro e maio para o segundo. Valores absurdos foram alcançados em agosto e setembro/2003 no ponto CIII, estando acima do limite, respectivamente, cerca de 213,7 vezes e 170 vezes. O ponto CIV também teve valores expressivos em março e setembro estando acima do limite 44,9 vezes e 57,2 vezes, respectivamente.

Os dados de monitoramento da CMM mostram que os resultados estiveram acima dos padrões em 75% das estações de amostragem, no mês de agosto/2003. Sabe-se que, às margens do córrego Consciência, principalmente próximo da Barragem Velha e da calha de descarte de efluentes (E1), há expressivo passivo ambiental resultante de ex-depósito de resíduos e de surgências de lama terciária por sob o dique de contenção da Barragem Velha. Isso justifica os elevadíssimos teores de zinco (960 mg/L) obtido no ponto “C1 da campanha de amostragem feita pelo SISEMA em julho/2005”, situado a jusante de CIV.

De abril/2004 a maio/2005, os dados de monitoramento da CMM referente ao zinco mostram que os resultados estiveram acima dos padrões na maioria das estações de amostragem ao longo do córrego Consciência. O cádmio, tanto no córrego Barreiro Grande quanto no córrego Consciência, apresentou concentrações acima do limite no mínimo em três campanhas efetuadas nesse período. Destaca-se que em fevereiro e março os valores obtidos foram de 0,18 e 0,37 mg/L, encontrando-se 180X e 370X acima do limite, respectivamente. (Figs. 4 e 5 – ANEXO 17).

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA. Os dados de condutividade elétrica feitos pela CMM foram apresentados no relatório de automonitoramento em Nohms(???), provavelmente interpretado equivocadamente como nanoOhms, entretanto, a leitura correta deve ser $\mu\text{mho/cm}$, pois a medida é feita através de condutímetro e a unidade usada é o mho que é o inverso da unidade de resistência Ohm. (Figs. 3; 6 e 7)

OBS: No Sistema Internacional de Unidades, adotado pelo Brasil, a unidade de condutância é siemens, abreviando-se S (maiúsculo). Logo, $\mu\text{mho/cm}$ corresponde a microsiemens por centímetro ($\mu\text{S/cm}$).

Outras considerações:

O equilíbrio de um ecossistema caracteriza-se pela capacidade deste em assimilar, transformar e eliminar, continuamente, a matéria ou energia presente. A capacidade desse ecossistema receber e assimilar descarga de resíduos tóxicos é determinada pelas interações físicas, químicas e biológicas dentro desse sistema. A partir do momento que um ecossistema apresenta acúmulo de matéria e/ou energia, pode-se considerar que esse ecossistema está em desequilíbrio e, portanto, contaminado.

Há quatro tributários, à margem direita do rio São Francisco, na região de Três Marias que estão contribuindo substancialmente para a degradação desse caudaloso rio, mediante veiculação de material altamente tóxico: o córrego Barreiro Grande, Consciência, Lavagem e ribeirão Espírito Santo. O primeiro recebe o esgoto sanitário do município e os outros três sofrem influência direta da CMM. O rio São Francisco está “doente” porque tem sido alimentado com alta carga de contaminantes químicos tóxicos: A CMM está instalada às margens do rio São Francisco, entre o córrego Barreiro Grande e o Consciência. O ribeirão Espírito Santo deságua a 5 km do córrego Consciência (em linha reta), no rio São Francisco, porém recebe as águas do córrego Lavagem que por sua vez, recebe o percolado das águas residuárias da Barragem Nova.

Dentre os tipos de contaminação, temos a biológica, a física e a química. No ecossistema aquático do rio São Francisco no trecho de Três Marias, a contaminação industrial vem sendo introduzida sistematicamente através do córrego Consciência, principalmente no período das chuvas e a sanitária através do Córrego Barreiro Grande.

Quando ocorre uma mortandade de peixes, esta já é a resposta final da alteração do ambiente aquático, pois os demais organismos, como o fito e o zooplâncton, bem como os organismos bentônicos, já foram afetados, o que agrava ainda mais o impacto. No entanto, somente um entendimento ecológico detalhado do ecossistema afetado poderá fornecer subsídios complementares para avaliar estes parâmetros.

O surubim foi a espécie identificada mais afetada diretamente, entretanto, deve-se considerar que na cadeia trófica outras espécies também foram atingidas, bem como invertebrados. Estes últimos têm o poder de assimilar metais pesados mais intensamente do que os próprios peixes.

Cabe ressaltar que mortandade de peixes nessa região já é esperada pelos pescadores por ocasião das cheias. Por isso, já foram registradas diversas ocorrências ou reincidências desde a década de 70. Entretanto, as mortandades verificadas desde janeiro/2005 foram atípicas.

Chuvas abundantes e vazão defluente total das águas do rio São Francisco acima de 1000 m³/s promoveram o revolvimento de sedimentos tóxicos depositados no fundo do rio, arrastando também a lama altamente tóxica proveniente de extravasamentos das Barragens Velha e Nova por percolação e vertidas no rio São Francisco direta ou indiretamente através dos tributários, Consciência e ribeirão Espírito Santo, principalmente.

3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Desde 1969, o rio São Francisco tem sido cenário de repetidas mortandades de peixes, principalmente na região de Três Marias. Porém aquelas que vêm ocorrendo desde janeiro deste ano têm sido atípicas. A poluição industrial sempre esteve no cerne da contaminação das águas; estando potencializada por esgotos sanitários do município. Todavia, quatro eventos registrados no final de 2004 e início de 2005 podem ser somados à poluição sistemática que culminou no desastre ecológico da ictiofauna:

- 1º) Chuvas abundantes;
- 2º) Transbordo de lama altamente tóxica da caixa de contenção da Barragem Nova da Votorantim (o teste de ecotoxicidade mostrou que 0,026% dessa lama foi suficiente para provocar efeito agudo, letal, nos microcrustáceos *Daphnia similis*), devido a falha no sistema elétrico das bombas de recalque, da Barragem em 31-12-2004 e 13-1-2005;
- 3º) Extravasamento de lama terciária ou resíduos classe I da Barragem Velha da Votorantim, constatada por sulfatações, também em agosto e outubro desse ano (ANEXOS 8 e 11);
- 4º) Aumento da vazão turbinada em 6/01/05 e abertura dos vertedouros da Barragem de Três Marias, em 19/01/05, fechamento em 15/02/05 e nova abertura em 04/03/05, com vazão defluente total acima de 1000 m³/s, chegando a alcançar 1800 m³/s em fevereiro.

Além disso, vem ocorrendo há muitos anos a entrada de material tóxico no rio São Francisco, carregado pelas chuvas, através do córrego Consciência, derivado do passivo ambiental depositado às suas margens e do material da Barragem Velha resultante das surgências e sulfatações, já constatadas também pela elevadíssima condutividade elétrica resultante dos altos teores de sais de metais pesados nesse córrego.

As fortes chuvas, a força da correnteza do rio ampliada pelo aumento brusco das vazões da Barragem de Três Marias promoveram grande agitação e turbilhonamento, ocasionando o carregamento e arraste da lama tóxica proveniente das Barragens, assim como revolvimento de sedimentos tóxicos acumulados no fundo do rio São Francisco, propagando-se ao longo do mesmo. Como o surubim é uma espécie que vive mais próxima ao sedimento, foi a primeira a receber o impacto, tendo como alvo principal, suas brânquias, fígado, pele e olhos. A forte agitação provocada no leito do rio, além de propiciar a disponibilização de metais pesados e interação entre as partículas orgânicas e inorgânicas de caráter tóxico presentes, contribuiu também para o emulsionamento das águas pelo ar, conduzindo os animais, que já se encontravam sob efeito crônico, ao efeito agudo.

O zinco foi o metal de maior concentração detectado na fisiologia dos peixes, afetando principalmente o aparelho branquial (guelras) e fígado. Apesar das concentrações no filé encontrarem-se abaixo do limite recomendado para consumo humano, o conjunto dos efeitos foram suficientemente críticos para comprometer a sobrevivência desses animais. Logo, a principal *causa mortis* dos peixes foi devida a asfixia promovida pela precipitação de muco nas guelras induzida por metais pesados e por intoxicação do fígado por substâncias tóxicas provenientes de poluição industrial introduzida nos animais por ingestão e absorção cutânea.

Pode-se inferir também que, além do *stress* provocado por rejeitos contendo metais pesados, o efeito sinérgico desses metais oriundos da lama terciária de resíduos classe I, entre si e com o material orgânico do leito do rio, e do esgoto sanitário de Três Marias são os principais agentes das sucessivas mortandades de peixes.

Cabe salientar que o aporte sistemático de material orgânico e microrganismos patogênicos através do córrego Barreiro Grande também têm potencializado as ocorrências verificadas. O contingente populacional do município de Três Marias tem contribuído com uma carga orgânica de aproximadamente 1,3 ton DBO/dia, o que requer construção imediata de uma Estação de Tratamento de Esgotos - ETE.

A empresa até a presente data, não tomou medidas efetivas para remoção do material acumulado no córrego Consciência nas proximidades da Barragem Velha, córrego Lavagem e sulfatações verificadas na parte frontal da Barragem Velha.

A situação caótica gerada pela persistência da morte de peixes ao longo do rio São Francisco afetou não somente a esfera ambiental como também a sócio-econômica, com perspectiva de projeção na saúde humana. Esse quadro configura a elevada fragilidade do ecossistema resultante, principalmente, do impacto produzido no trecho da região de Três Marias por contaminação urbana e industrial. Medidas enérgicas e urgentes necessitam ser tomadas, tendo como alavanca o trabalho de parceria interinstitucional e local. Deste modo, considerando a recorrência freqüente de mortandades de peixes no rio São Francisco, desde janeiro deste ano, evidenciando nexos de causalidade com os despejos da CMM e esgoto urbano da Prefeitura de Três Marias, recomenda-se:

À Prefeitura de Três Marias:

- Construção imediata pela Prefeitura de Três Marias da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE e implantação de interceptores, de modo a canalizar todo o esgoto doméstico para a ETE.

À CEMIG:

- Reavaliação do critério de ampliação da vazão turbinada e vertida de modo que a vazão defluente total não ultrapasse 1000 m³/s, sendo feita de modo gradativo.

À Votorantim:

- Adoção de medidas mais adequadas para impedir que os rejeitos classe I extravasem das Barragens;
- Construção de uma terceira barragem;
- Transferência do material das Barragens Velha e Nova para a Terceira.
- Realização de monitoramento contínuo dos parâmetros condutividade elétrica, temperatura, pH, oxigênio dissolvido e turbidez das águas nos pontos críticos de entrada de efluentes no rio São Francisco, através de estações de amostragens fixas com respostas on-line:
 - Rio São Francisco a jusante dos vertedouros da Represa de Três Marias;
 - Córrego Barreiro Grande, próximo de sua foz no rio São Francisco;
 - Rio São Francisco, defronte aos pontos de surgências ou sulfatações da Barragem Velha da CMM;
 - Córrego Consciência, próximo da Barragem Velha;
 - Córrego Lavagem, a jusante das caixas de contenção e na foz do Espírito Santo;
 - Córrego Espírito Santo, próximo de sua foz no rio São Francisco.
- Realização do monitoramento biológico com peixes da bacia, mediante instalação de tanques-redes nos pontos mencionados acima, exceto nos córregos Consciência e Lavagem;
- Realização de ensaios ecotoxicológicos crônicos e agudos nas águas e sedimentos desses pontos, com freqüência mensal, até o sistema não apresentar efeito adverso aos microcrustáceos;
- Realização de projeto de repesqueamento para recomposição das espécies da ictiofauna em déficit na região por todos os responsáveis, submetendo-o à aprovação dos órgãos ambientais;

- Promover o desassoreamento do córrego Barreiro Grande e Consciência, mediante dragagem por empresa especializada, realizando o transporte e a disposição em local adequado (3ª Barragem);
- Rever o prazo estabelecido no PC 001/2005, firmado entre a ANA, SEMAD e Votorantim, para remoção do passivo ambiental do empreendimento que se encontra na Barragem Velha, ao seu lado na antiga área de despejo e no corpo de fundo do rio São Francisco, evitando-se assim novas mortandades de peixes e alterações irreversíveis na biota aquática.
- Analisar a presença de metais pesados nos peixes, de modo a contemplar não apenas as vísceras, músculos e brânquias, como também: a cabeça, a cauda, as nadadeiras, baço, rins e coração;
- Estudar detalhadamente as condições do fitoplâncton e zoobenton do ecossistema;
- Efetuar estudo de avaliação de risco de toda a área impactada com avaliação do grau de interconexão das águas do lençol freático com o rio São Francisco.
- Realização de Check-list nos pontos possivelmente vulneráveis do processo de produção da fábrica;
- Caso as medidas anteriores não tenham se mostrado eficazes, o empreendimento do Grupo Votorantins Zinco – Três Marias deve sofrer ação de embargo, dessa unidade, com remoção de todo o passivo ambiental de sua responsabilidade, para fins de restauração efetiva do equilíbrio do ecossistema;

Ao SISEMA:

- Criação de rede de monitoramento interinstitucional sistematizada, com frequência trimestral, elencando-se parâmetros chaves para todos os pontos de modo a contemplar análise de sedimentos além das análises de águas superficiais e profundas.
- Realizar o cadastramento georeferenciado de todos os empreendimentos potencialmente poluidores instalados na bacia do rio São Francisco em operação e clandestinos, gerando mapa.
- Realização de estudo de valoração dos danos ambientais causados desde a primeira mortandade;
- Reverter ao meio ambiente local os recursos auferidos pelas autuações para recuperação efetiva do ecossistema, ressarcindo parte dos prejuízos causados.
- Incorporação dos termos do Protocolo de Compromisso - PC assumido pela CMM perante a Agência Nacional das Águas – ANA e o Ministério Público, às condicionantes do processo de revalidação do licenciamento ambiental da empresa perante a FEAM, de modo que, seja dada continuidade ao programa de monitoramento de sedimentos nos pontos sugeridos neste relatório.
- Reavaliação das condicionantes do processo de revalidação do licenciamento ambiental da CMM/Três Marias de modo a torná-las alinhadas com a perspectiva de revitalização do São Francisco e tributários nesse trecho.
- Inclusão pelo IGAM no Projeto Águas de Minas da análise de sedimentos nas estações de amostragens, SF015, no rio São Francisco e SF017, no rio Abaeté;
- Realização de nova campanha de amostragem e análises de água, sedimentos e peixes, pelo SISEMA, até novembro/2005;

- Acompanhamento das ações previstas no Protocolo de Compromisso nº 001/2005 firmado entre a CMM e a ANA/SEMAD;
- Consolidação do plano de ação compartilhada pelos autores envolvidos para viabilizar as medidas de mitigação dos impactos ambientais.

À Secretaria de Estado de Saúde – SES

- Levantamento pela SES, do número de pessoas com diagnósticos de problemas hepáticos, renal, cancerígenos e óbitos com indícios de metais pesados na região impactada.
- Exame clínico pela SES, de uma amostra do universo populacional dos municípios de Três Marias, São Gonçalo do Abaeté e Pirapora expostos aos metais pesados, de modo a contemplar análise nos fios de cabelo, sangue e urina.

Este Relatório Técnico será encaminhado a Promotoria do Ministério Público da Bacia do rio São Francisco, ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, ao Instituto Estadual de Florestas - IEF, ao Centro de Apoio Operacional do Ministério Público - CAO, ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, às Prefeituras Municipais de Três Marias, São Gonçalo do Abaeté e Pirapora; à Polícia Militar de Meio Ambiente de Três Marias.

Antônio Alves dos Reis
Engº Químico CRQ-II 02300837

Fábio Sebastião Duarte de Melo
Químico CRQ-II 02101093

Marcelo Coutinho Amarante
Biólogo CRB – 13394/4-D

ANEXOS

Mortandades de Peixes no rio São Francisco, Desde janeiro a setembro 2005, entre Três Marias e Pirapora.

DOCUMENTOS CORRELATOS

Anexo 01	Extrato do Anexo 2 do Relatório de Visita às instalações da Companhia Mineira de Metais em atendimento a denúncia de mortandades de peixes, 26-out-1978, COPAM, elaborado por Célio Murilo de Carvalho Valle e José Cláudio Junqueira Ribeiro
Anexo 02	Auto de fiscalização Nº 003734/2005, FEAM, 4-1-2005
Anexo 03	Dados de vazão turbinada e vertida da usina da CEMIG em Três Marias.
Anexo 04	Boletins de ocorrência de mortandade de peixes 4º GP de PMMamb TM.
Anexo 05	Descrição das Estações de Amostragens e Parâmetros analisados
Anexo 06	Relatório de Vistoria-8/7/05
Anexo 07	Mapa de distribuição das estações de amostragens
Anexo 08	Auto de infração AI 3005/2005 - sulfatação Barragem Velha
Anexo 09	Ficha técnica do sulfato de zinco, cádmio e cobre.
Anexo 10	Auto de infração - acidente despejo de material não tratado na calha de efluentes
Anexo 11	Relatório de vistoria - FEAM/IGAM - sulfatação, acompanhamento da BIOAGRI -17/10/05
Anexo 12	Certificados de Ensaios, referentes à análise físico-químicas das águas, emitido pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC
Anexo 13	Certificados de ensaios, referentes a análise de sedimentos, emitido pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC
Anexo 14	Certificados de ensaios de pesticidas e herbicidas em água – emitido pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC
Anexo 15	Certificados de ensaios ecotoxicológicos -
Anexo 16	Certificados de necropsia e análise de metais em peixes - emitido pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC
Anexo 17	Automonitoramento da Companhia Mineira de Metais – 2003/2004
Anexo 18	Autuações feitas pela FEAM à Companhia Mineira de Metais – CMM
Anexo 19	Mapa de localização das reincidências: Trecho do rio São Francisco, entre os Municípios de Três Marias e Pirapora.
Anexo 20	Relatório Fotográfico – Coleta de amostras água, sedimentos e peixes
Anexo 21	Reportagens de jornal

BIBLIOGRAFIA

01	Proposta de Estratégia de Ação nas ocorrências de Mortandade de Peixes. Fev/1993. DICIQ – Centro de Informação/FEAM.
02	Norma ABNT NBR 12713
03	Norma ABNT NBR 13373
04	Curso de Atendimento à Mortandade de Peixes. Julho/2000. ME-0624. Centro de Informação/FEAM
05	Desenvolvimento de metodologia para diagnosticar causas de mortandade de peixes - CETEC. SETEMBRO/1996.
06	Branco, Samuel Murgel. Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária. CETESB, 1986.
07	Train, Russell E. - Quality Criteria for Water . Washington DC – Environmental Protection Agency, 1979.
08	http://www.agridata.mg.gov.br/espeixe.htm
09	http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#cadmio
10	Mozeto Antonio A. - CRITÉRIOS DE QUALIDADE DE SEDIMENTOS (CQS) PARA METAIS PESADOS: Fundamentos teóricos e técnicos para implementação Laboratório de Biogeoquímica Ambiental DQ – UFSCar / São Carlos, SP
11	Conselho Canadense de Ministérios de Meio Ambiente (Canadian Council, 2001).
12	ABNT NBR 13373
13	ABNT NBR 12713
14	Técnicas de investigação de mortandade de peixes - Curso CETESB. Out/1992.
15	Pedrozo, Maria de Fátima Menezes e Lima, Irene Videira de – Ecotoxicologia do cobre e seus compostos – Série Cadernos de Referência Ambiental, v.2 - CRA, Salvador – BA, 2001.
16	BRANCO, S.M. – Observações sobre o comportamento de peixes em presença de certos compostos metálicos dissolvidos na água. Revista DAE, 21(37):37-41, S PAULO, 1960
17	Brasil, Leis, Decretos, etc. Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos – DINAL – Portaria no 685 de 27 de agosto de 1998 fixa limites máximos de tolerância de contaminantes químicos em alimentos. Diário Oficial de 24/09/98.
18	Curso de atendimento à mortandade de peixes
19	Anexo I: Curso treinamento para amostragem emergencial de águas e peixes.