

# **ESTUDO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DO EXTRATIVISMO MINERAL E POLUIÇÃO MERCURIAL NO TAPAJÓS**

**- PRÉ-DIAGNÓSTICO -**

**4**

*RITA MARIA RODRIGUES*

*ARTUR F. S. MASCARENHAS*

*AMBRÓSIO HAJIME ICHIHARA*

*TEREZINHA MARIA CID SOUZA*

*EDISON DAUSACKER BIDONE*

*VICTOR BELLIA*

*SANDRA HACON*

*ALBERTO ROGÉRIO B. DA SILVA*

*JOÃO BOSCO P. BRAGA*

*BERNARD STILIANIDI FILHO*



PRÉSIDENTE DA REPÚBLICA

Itamar Franco

MINISTRO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

José Israel Vargas

PRESIDENTE DO CNPq

Lindolpho de Carvalho Dias

DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

José Ubirajara Alves

DIRETOR DE PROGRAMAS

Eduardo Moreira da Costa

DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO

Derblay Galvão

DIRETOR DE UNIDADES DE PESQUISA

Luiz Bevilacqua

**CETEM - Centro de Tecnologia Mineral**

CONSELHO TÉCNICO-CIENTÍFICO (CTC)

Roberto C. Villas Bôas (Presidente); Peter Rudolf Seidl (Vice-presidente); Antonio Dias Leite Junior; Arthur Pinto Chaves; Octávio Elísio Alves de Brito; Saul Barisnik Suslick; Ronaldo Luiz Correa dos Santos; Juliano Peres Barbosa; e Fernando Antonio Freitas Lins e Luiz Alberto C. Teixeira (Suplentes)

DIRETOR

Roberto C. Villas Bôas

DIRETOR ADJUNTO

Peter Rudolf Seidl

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS - DTM

Adão Benvindo da Luz

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRATIVA - DME

Juliano Peres Barbosa

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE QUÍMICA INSTRUMENTAL - DQI

Roberto Rodrigues Coelho

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO - DES

Ana Maria B. M. da Cunha

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO - DAD

Denyr Pereira da Silva

**ESTUDO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES  
DO EXTRATIVISMO MINERAL E POLUIÇÃO  
MERCURIAL NO TAPAJO**

**PRÉ-DIAGNÓSTICO**

RITA MARIA RODRIGUES

ARTUR F. S. MASCARENHAS

AMBRÓSIO HAJIME ICHIHARA

TEREZINHA MARIA CID SOUZA

EDISON DAUSACKER BIDONE

VICTOR BELLIA

SANDRA HACON

ALBERTO ROGÉRIO B. DA SILVA

JOÃO BOSCO P. BRAGA

BERNARD STILIANIDI FILHO

*Tomba? 006295*

*ST. AH  
EX-1  
CÉ*

CT-00005883-6

SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL Nº 4

CETEM/CNPq

FICHA TÉCNICA

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Francisco R. C. Fernandes

REVISÃO

Dayse Lúcia M. Lima

EDITORIAÇÃO ELETRÔNICA

Alessandra S. Rogenfisch

ILUSTRAÇÃO

Jacinto Frangella

Pedidos ao:

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

Departamento de Estudos e Desenvolvimento - DES IMÔNIO

Rua 4 - Quadra D - Cidade Universitária - Sha-do Fundão 5852

21541590 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Fone: (021) 260-7222 - Ramal: 218 (BIBLIOTECA)

Fax: (021) 2602837 / 2909196

Solicita-se permuta.

We ask for change.

Estudo dos impactos ambientais decorrentes do extrativismo mineral e poluição mercurial no Tapajós - pré-diagnóstico/ Rita Maria Rodrigues [et al.]. - Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1994.

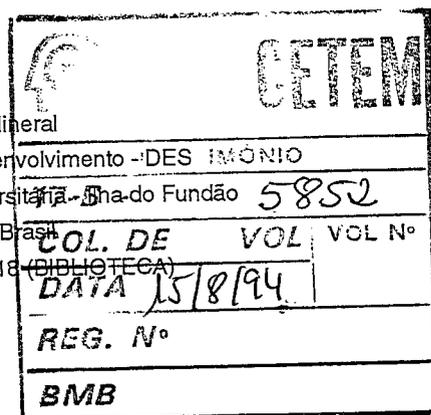
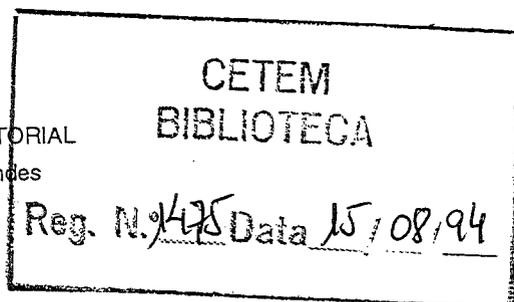
220 p. (Série Tecnologia Ambiental, 4)

1. Indústria Mineral - Aspectos ambientais. 2. Impacto Ambiental - Tapajós (PA). 3. Poluição. 4. Mercúrio. I. Rodrigues, Rita Maria. II. Centro de Tecnologia Mineral. III. Título. IV. Série.

ISBN 85-7227-044-2

ISSN 0103-9849

CDD553.6



# ESTUDO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DO EXTRATIVISMO MINERAL E POLUIÇÃO MERCURIAL NO TAPAJÓS

- PRÉ-DIAGNÓSTICO -

*RITA MARIA RODRIGUES**ARTUR F. S. MASCARENHAS**AMBRÓSIO HAJIME ICHIHARA**TEREZINHA MARIA CID SOUZA**EDISON DAUSACKER BIDONE**VICTOR BELLIA**SANDRA HACON**ALBERTO ROGÉRIO B. DA SILVA**JOÃO BOSCO P. BRAGA**BERNARD STILIANIDI FILHO*

4

JADER FONTENELLE BARBALHO  
Governador do Estado do Pará

LUIZ PANIAGO DE SOUZA  
Secretário de Estado de Indústria, Comércio e Mineração

LUIZ REGIS FURTADO  
Secretário Adjunto

ALBERTO ROGÉRIO BENEDITO DA SILVA  
Diretor da Área de Mineração

JOÃO BOSCO PEREIRA BRAGA  
Diretor do Departamento de Fomento Mineral

RITA MARIA RODRIGUES  
Coordenadora do Grupo de Atividade para Controle Ambiental

## APRESENTAÇÃO

Os estudos dos efeitos do mercúrio e do material particulado sobre o homem e o meio ambiente têm recebido destaque especial nas atividades de tantos quantos lidam com a questão ambiental da Amazônia.

Fora dos limites geográficos do Brasil, mas dentro da Amazônia, há grupos na Bolívia, na Venezuela, na Colômbia, etc. que buscam caracterizar o problema e as suas soluções, para aquelas realidades amazônicas.

No Brasil destacam-se grupos de pesquisa voltados às várias facetas do meio ambiente e do homem: do INPA, sediado em Manaus; do Museu Paraense Emílio Goeldi, sediado em Belém; do Instituto Evandro Chagas, Belém; da Universidade Federal do Pará, Belém; da Secretaria do Estado, Indústria, Comércio e Mineração do Estado do Pará, Belém; do DNPM, da CPRM e da Fundação Oswaldo Cruz, no Rio de Janeiro; da Universidade Federal do Rio de Janeiro; da Universidade Federal Fluminense, em Niterói; da Universidade Federal de Mato Grosso, em Cuiabá; da Metamat, em Cuiabá; da Universidade de São Paulo e do Centro de Tecnologia Mineral - CETEM.

O conhecimento e a literatura nacionais vêm se enriquecendo nestes últimos quatro anos, através dos dados levantados e coligidos por essas várias equipes de pesquisa.

O trabalho ora publicado pelo CETEM foi executado pela SEICOM, no âmbito do Programa de Controle Ambiental da Garimpagem no Rio Tapajós - CAMGA-TAPAJÓS, relatando os resultados produzidos, bem como as análises, conclusões e opiniões dos seus autores.

Rio de Janeiro, 18 de janeiro de 1994.

**Roberto C. Villas Bôas**  
Diretor

## APRESENTAÇÃO DO GOVERNADOR

Os problemas ambientais causados pela atividade garimpeira encontram-se no centro das preocupações do Governo do Estado do Pará. Um dos mais importantes componentes da política voltada para o setor é o Programa de Controle Ambiental da Garimpagem no Rio Tapajós - CAMGA-TAPAJÓS/ Comércio e Mineração - SEICOM.

Referido Programa compreende seis projetos, entre os quais o Estudo de Impactos Decorrentes do Extrativismo Mineral e Poluição Mercurial do Tapajós, cujo Pré-Diagnóstico é objeto desta publicação. Este trabalho foi elaborado pela Diretoria da Área de Mineração - DIRAM, da SEICOM, e contou com a colaboração da Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTAM, do Instituto Evandro Chagas - IEC e do Departamento Nacional da Pesquisa Aplicada Ltda e o apoio da Prefeitura Municipal de Itaituba, através de sua Secretaria Municipal de Mineração e Meio Ambiente.

Jader Fontenelle Barbalho  
Governador do Estado do Pará

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1	8.4. A AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SUPPORTED/DILUIÇÃO DO RIO TAPAJÓS COM USO DE SIMULAÇÕES BASEADAS EM BALANÇOS DE MASSA	128
1.1. A QUESTÃO DO GARIMPO	2	8.5. ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO DE PEIXES POR MERCÚRIO NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO ESTUDO	146
1.2. EQUIPE RESPONSÁVEL	7	8.6. ANÁLISE DO RISCO DA EXPOSIÇÃO DAS POPULAÇÕES DO MERCÚRIO	160
2. HISTÓRICO	9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	182
2.1. O OURO NO BRASIL	9	9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	192
2.2. O OURO NO TAPAJÓS	11	9.1. CONCLUSÕES	192
3. A LEGISLAÇÃO	17	9.2. RECOMENDAÇÕES	193
4. ÁREA DE INFLUÊNCIA DOS ESTUDOS	22	ANEXO 1 - GENERALIDADES SOBRE A PESCA NA REGIÃO	208
4.1. LOCALIZAÇÃO	22		
4.2. CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS	22		
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	28		
5. A ATIVIDADE GARIMPEIRA			
5.1. MÉTODOS DE LAVRA E BENEFICIAMENTO	29		
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33		
5.2. ESTRUTURA DAS RELAÇÕES SÓCIO-ECONÔMICAS	34		
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49		
6. IMPACTOS AMBIENTAIS DA ATIVIDADE GARIMPEIRA	50		
6.1. MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO	50		
6.2. COMENTÁRIOS SOBRE OS IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS (IAS)	53		
7. DIAGNÓSTICO ECONÔMICO	58		
7.1. O OURO NO BRASIL	58		
7.2. POPULAÇÃO E RENDA DOS GARIMPOS	61		
7.3. O OURO E OUTROS RECURSOS EXAURÍVEIS	66		
7.4. GARIMPOS E BENS DE PROPRIEDADE COMUM	67		
8. CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO NA BACIA DO TAPAJÓS	69		
8.1. INTRODUÇÃO	69		
8.2. ESTRATÉGIA DE ABORDAGEM	70		
8.3. ANÁLISE CRÍTICA DAS CONCENTRAÇÕES DOS FLUXOS DE MERCÚRIO EM ÁGUAS E SEDIMENTOS DA ÁREA DO ESTUDO ATRAVÉS DE SIMULAÇÕES BASEADAS EM BALANÇOS DE MASSA	74		

## 1. INTRODUÇÃO

A Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração - SEICOM, órgão da Administração Direta do Governo do Estado do Pará, dentre as suas inúmeras funções institucionais contempla o fomento às atividades de mineração e à exploração racional dos recursos minerais, evitando desta forma, modificações profundas e irreversíveis nos ecossistemas da Região Amazônica.

A exploração de ouro através do que denomina-se "garimpagem" constitui-se o processo mais irracional de uso dos recursos minerais. Isto porque, apesar de ser uma atividade secular no Brasil, a garimpagem de ouro na região do Tapajós teve seu desenvolvimento a partir dos anos 50, quando foi descoberto ouro aluvionar no rio das Tropas, afluente da margem direita do rio Tapajós. Em três décadas, o processo de extração de ouro, que era feito através de equipamentos rudimentares, sofreu a inserção de novas tecnologias, o que se traduz em quantidades cada vez maiores de material trabalhado no anseio de recuperar o bem mineral em maior quantidade. Esta inserção tecnológica vem ao longo dos anos provocando danos ambientais de grande monta. Além da tecnologia, o mercúrio utilizado no processo de concentração e apuração do ouro também compromete o meio ambiente.

Diante dessa problemática, é que a SEICOM, através da Diretoria de Área de Mineração - DIRAM elaborou em 1989, o Programa de Controle Ambiental da Garimpagem no rio Tapajós - CAMGA-TAPAJÓS, que em sua concepção básica buscaria formas de racionalizar a exploração de ouro por "garimpagem", maximizando a produção e minimizando os efeitos negativos ao homem e ao meio ambiente. O Programa CAMGA-TAPAJÓS compreende a realização de diagnóstico sócio-econômico e avaliação das potencialidades associativas; identificação e análise dos fatores impactantes; desenvolvimento, aperfeiçoamento de tecnologias de extração, beneficiamento e recuperação de ouro e mercúrio; ocupação alternativa

consorciada com extrativismo mineral; e ampla difusão de tecnologias, dados e informações ambientais necessárias à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental.

## 1.1 A QUESTÃO DO GARIMPO

A ilegalidade da mineração artesanal do ouro foi parcialmente resolvida pela legislação com a Permissão de Lavra Garimpeira (Lei nº 7.805 de 18/07/89) e com a criação das "reservas garimpeiras", fato impeditivo da simples retomada das jazidas encontradas pelos garimpeiros, tal como ocorria no Brasil colonial. De todo modo, a reserva garimpeira não abstrai o garimpeiro da obediência às outras leis vigentes, em particular àquelas que se referem à proteção ambiental.

A redução do preço do ouro no mercado internacional (no ano de 1991 o preço oscilou entre US\$ 400,00/onça troy, na época da guerra do Iraque, em janeiro, e US\$ 350,00/onça troy, estando cotado a aproximadamente US\$ 355,00 por onça troy no dia 15 de novembro de 1991 na bolsa de Nova Iorque), fez com que a garimpagem diminuísse, sobretudo sua rentabilidade, a qual, agindo em conjunto com a insegurança da permanência na atividade, debitou grande parcela dos custos da lavra sobre o meio ambiente, por este se tratar de uma propriedade coletiva que, de modo prático, quer dizer a mesma coisa que "sem dono".

Inobservância das leis civis, criminais, trabalhistas e minerárias, sonegação de impostos, destruição de florestas e várzeas, de bancos pesqueiros, poluição com óleos, graxos, "saponáceos" e mercúrio metálico, disseminação pelo País de doenças endêmicas antes restritas a algumas áreas amazônicas, são alguns dos problemas (que são custos ambientais) amplamente divulgados por todos os instrumentos de mídia. Por causa deles há incansável exigência de providências por parte dos poderes executivos de todos os níveis: federal, esta-

dual e municipal, mesmo sendo detectado nessas manifestações o uso de dados discrepantes entre si e sem apontar qualquer saída global para o problema existente há mais de três séculos. Até nas publicações científicas observam-se simples constatações dos problemas e sua denúncia. Muito raramente se apresentam soluções parciais (para um ou outro fator impactante), cuja eficácia em geral é duvidosa por falta de uma visão holística do garimpo.

O Governo do Estado do Pará, preocupado com o problema, elaborou o Programa de Controle Ambiental da Garimpagem do Rio Tapajós (CAMGA-TAPAJÓS), com o objetivo de conhecer em maior profundidade o "Problema Garimpo", dimensioná-lo devidamente e planejar as ações integradas que serão necessárias para resolvê-lo ou mitigá-lo, pelo menos, seja a curto, a médio ou a longo prazo. O Quadro 1.2, resume as sete fases em que se divide a estratégia geral de atuação do Projeto Estudos dos Impactos Ambientais decorrentes do Extrativismo Mineral integrado ao Programa CAMGA-TAPAJÓS.

O referido Projeto iniciou suas atividades em setembro de 1991, tendo como primeira grande atividade o treinamento para integração e nivelamento interinstitucional do pessoal das entidades envolvidas no Projeto (Quadro 1.1.), cuja conclusão deveria consubstanciar e programar as atividades seguintes. Este relatório pretende concluir o objetivo proposto, envolvendo as três primeiras fases (I; II; e III) da estratégia geral apresentada no Quadro 1.2.

QUADRO 1.1 - Curso de Integração do Programa CAMGA-TAPAJÓS.

PARTICIPANTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adimar Siqueira Moreira Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTAM</li> <li>• Cláudio Franco de Melo Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTAM</li> <li>• Suely Serfaty Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM</li> <li>• Carlos Alberto Silva de Almeida Instituto de Desenvolvimento Econômico-Social do Pará - IDESP</li> <li>• Edvaldo Carlos Brito Loureiro Instituto Evandro Chagas - IEC/FNS</li> <li>• Lenita Lucimar Pereira Calixto Fundação Nacional de Saúde - FNS</li> <li>• Iracina Maura de Jesus Fundação Nacional de Saúde - FNS</li> <li>• Paulo Augusto da Costa Marinho Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM</li> <li>• João Bitencourt Quaresma Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM</li> <li>• Emanuel Mendonça Vieira Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM</li> <li>• Moisés Edgardo Handal Lopes Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTAM</li> <li>• Terezinha Cid Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM</li> <li>• Dulcidéia da Conceição Palheta Faculdade de Ciência Agrárias do Pará - FCAP</li> <li>• Cristina Maria Araújo Dib Taxi Faculdade de Ciência Agrárias do Pará - FCAP</li> <li>• Reynaldo Silva Sanches Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTAM</li> </ul>

QUADRO 1.1 - Curso de Integração do Programa CAMGA-TAPAJÓS.

cont.

PARTICIPANTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Willamine de Jesus Barbosa Macedo Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTAM</li> <li>• Gilson Corrêa Cabral Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTAM</li> <li>• Argemira dos Santos Araújo Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTAM</li> <li>• Maria Eloísa de Oliveira Gama Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTAM</li> <li>• Manoel Távares de Paula Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTAM</li> <li>• Manoel Pedro Oeiras Diniz Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTAM</li> <li>• Iloé Listo Azevedo Rio Doce Geologia e Mineração - DOCEGEO</li> <li>• Elizabeth C. de Oliveira Santos Instituto Evandro Chagas - IEC/FNS</li> <li>• Raimundo Abraão Teixeira Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM</li> <li>• Maria Benedita França Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração - SEICOM</li> <li>• Rita Maria Rodrigues Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração - SEICOM</li> <li>• Ambrósio Hajime Ichihara Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração - SEICOM</li> <li>• Maria Saleta Amorim Costa Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração - SEICOM</li> <li>• Artur Fernando Silva Mascarenhas Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração - SEICOM</li> </ul>

QUADRO 1.2 - Estudo dos Impactos Ambientais no Âmbito do Programa CAMGA - TAPAJÓS

Fase I	Caracterização da Questão	Cenário(s) Biótico Físico-Químico Sócio-econômico
Fase II	Análise dos Processos de Atuação Humana	Identificação dos Fatores Impactantes (senso comum)
Fase III	Identificação dos Impactos (senso comum)	Avaliação e Seleção dos Impactos Ambientais Significativos (senso comum)
Fase IV	Dimensionamento dos Impactos	Avaliação das Intensidades e Magnitude de cada um dos Fatores e Impactos Considerados "Significativos" na Fase III
Fase V	Seleção de Alternativas de Intervenção	Avaliação e Priorização de Instrumentos, por Grupos de Impactos
Fase VI	Plano de Ação	Curto, Médio e Longo Prazos
Fase VII	Gerenciamento	Monitoramento das Ações X Resultados; Correções de Rumo quando Necessário

Evidentemente, o conteúdo deste relatório expressa as conclusões da equipe do projeto retrocitado, dentro do Programa CAMGA-TAPAJÓS, auxiliada por consultores da empresa especializada OIKOS Pesquisa Aplicada Ltda., do Rio de Janeiro, não implicando que tanto as posições assumidas, como as conclusões e as recomendações feitas, sejam as do Governo do Estado do Pará. Em outras palavras, o conteúdo deste relatório é de exclusiva responsabilidade da equipe que o preparou, embora todos os recursos usados para chegar até ele fossem assegurados pelo governo estadual.

1.2 EQUIPE RESPONSÁVEL

COORDENAÇÃO:

Edison Dausacker Bidone (OIKOS)

Rita Maria Rodrigues (SEICOM)

SEICOM - Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração

Artur Fernando Silva Mascarenhas

Maria Salete Amorim Costa

IEC/FNS - Instituto Evandro Chagas/Fundação Nacional de Saúde

Elisabeth de Oliveira Santos

Edvaldo Brito Loureiro

Iracina Maura de Jesus

SECTAM- Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente

Ambrósio Hajime Ichihara

Argemira dos Santos Araújo

Manoel Tavares de Paula

Manoel Pedro Oeiras Diniz

Reynaldo Silva Sanches

DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral

Terezinha Maria Cid Souza

Emanoel Mendonça Vieira

## CONSULTORIA - OIKOS PESQUISA APLICADA LTDA

Sandra Hacon (Programa de Pós-Graduação em Geoquímica da Universidade Federal Fluminense)

Vitor Bellia (Diretor Geral da OIKOS e colaborador do Programa de Pós-Graduação em Geoquímica da Universidade Federal Fluminense)

Edison Dausacker Bidone (Programa de Pós-Graduação em Geoquímica da Universidade Federal Fluminense)

### REVISÃO DO RELATÓRIO

Alberto Rogério Benedito da Silva (SEICOM)

Bernard Stillanidi Filho (SEICOM)

João Bosco Pereira Braga (SEICOM)

### APOIO:

José Luis Bezerra da Silva (SEICOM)

Simone de Fátima Monteiro Ferreira (SEICOM)

Edinéa Soares Branco (OIKOS)

Severino José dos Santos (OIKOS)

Luis Fernando Trindade dos Santos (OIKOS)

## 2. HISTÓRICO

### 2.1. O OURO NO BRASIL

A História do Brasil conta que, apesar das primeiras informações sobre ouro remontarem a 1552, na antiga Capitania de São Vicente, (SP) e a Carta Régia de 1603 citar o Pará como produtor de ouro, a garimpagem de ouro emergiu nas terras de Minas Gerais, ainda no período colonial, quando os dominadores "permitiam" a fuga de escravos e condenados por pequenos delitos, os quais, para sobreviver, formavam pequenas comunidades que procuravam ouro para trocá-lo pelos víveres de que necessitavam. Os próprios dominadores adquiriam este ouro a preço vil, pois era produzido "ilegalmente" por "fugitivos". Quando o bem mineral encontrado demonstrava uma possança considerável, e/ou com baixo custo de lavra, os dominadores, com todo o apoio de suas forças armadas, tomavam a área "ilegalmente" explotada pelos "fugitivos". Passava-se a conviver com duas formas distintas de produção aurífera: a mineração organizada, segundo a tecnologia disponível na época, e a mineração artesanal, praticada "ilegalmente" pelos "fugitivos" nas jazidas de menor importância.

O modelo de "prospecção por fugitivos" prosperou e invadiu os domínios da busca de pedras preciosas (aliás, não se sabe onde começou antes), quando outros grupos populacionais passaram a buscar estes bens, seja como alternativa de sobrevivência, seja para satisfazer o sonho de riqueza rápida. As "Entradas" e as "Bandeiras", em geral, oriundas do território paulista, proliferaram em busca deste "Eldorado" durante os séculos XVII e XVIII. Grande parte delas se não eram iniciativas do Governo Colonial (as "Bandeiras"), as "Entradas", pelo menos, tinham apoio deste mesmo Governo.

Mesmo com a passagem dos séculos e a introdução de leis severas de controle da mineração, as quais deveriam inibir a garimpagem,

a notícia de que aqui ou ali alguém havia enriquecido com a descoberta de uma pedra preciosa excepcional, ou com a descoberta de algum depósito de ouro muito rico, sempre aguçou a imaginação de indivíduos gananciosos e outros marginalizados economicamente. Somados estes fatores à frágil fiscalização possível num território com as dimensões e as dificuldades de acesso como as existentes, a época, no Brasil, vê-se os motivos das atividades garimpeiras nunca terem se extinguido, apesar da ilegalidade em que é mantida.

Nos últimos anos do século atual, especialmente a partir dos anos 70, as lavras artesanais de ouro tiveram motivos de sobra para seu incremento. Em primeiro lugar, o governo Nixon (EUA), em 1971, desvinculou o dólar do padrão ouro em defesa dos estoques de Fort Knox, disparando um processo que, somado com as incertezas políticas (tensão sino-soviética, guerra fria, derrota dos EUA frente ao Vietnã, dois choques do petróleo, guerra do Yonk-Pur, etc), elevaram o preço médio da onça troy de ouro de US\$ 36,00, em 1970, ao recorde de US\$ 612,00 por onça troy, média de 1980 (preço histórico, equivalente a aproximadamente US\$ 1.613,23 nos dias de hoje, se o valor for corrigido pela variação do índice de preços ao consumidor da economia americana desde 1980 até 1990). A preços tão elevados, até as lavras artesanais se tornaram extremamente atrativas, pois o sonho da riqueza rápida se materializava nas cotações das bolsas de mercadorias de todo o mundo.

As elevadas cotações daquele momento coincidiram com a queda do emprego e da renda no Brasil, que se acelerou logo após o denominado "segundo choque do petróleo", imposto pela OPEP em 1979, liberando vastos contingentes de mão-de-obra urbana e reduzindo, drasticamente, as possibilidades de sobrevivência com as rendas da agricultura artesanal exercida por grande parcela da população rural, compondo um binário incentivador da atividade garimpeira.

Por último, embora não menos importante, deve-se registrar a bancarrota vivida pelo Brasil em termos dos pagamentos interna-

cionais, cuja crise, a partir de 1982, exigiu e ainda exige a urgente e permanente obtenção de divisas para manter o abastecimento de petróleo e outros bens e serviços dos quais o País é tão carente: o ouro, neste caso, era, e ainda é, um grande mitigador dos problemas enfrentados na denominada "frente externa".

Ao agregar os fatores listados, pode-se deduzir uma semelhança muito grande entre a situação existente nos primeiros anos da década de 80 e o início das atividades garimpeiras ainda no período colonial, quais sejam: a necessidade de formar estoques de divisas fazendo com que as atividades garimpeiras passassem a ser não apenas toleradas, mas, verdadeiramente incentivadas, apesar das ilegalidades em que estão envolvidas; falta de concessão para exploração do subsolo que, constitucionalmente, pertence à União; falta de planos de lavra que garantam não serem de caráter predatório, devidamente aprovados pelo DNPM; falta dos planos de recuperação das áreas após o esgotamento das jazidas, lavra em áreas já concedidas a terceiros, etc. etc.

Este virtual apoio às atividades garimpeiras apresentou-se, também, com duas aparentes vantagens adicionais: a rapidez em que se dá a produção, à medida que prescinde de demorados projetos e trâmites burocráticos; e ao mesmo tempo em que cria atividade alternativa aos contingentes de mão-de-obra mais duramente atingidos pela crise econômica da denominada "década perdida". O maior exemplo desta administração com visão de curto prazo é (ou foi ...) o garimpo de Serra Pelada, neste mesmo Estado do Pará, que abrigou perto de 100.000 indivíduos vivendo de sua cava, e que recebeu visita até de um Presidente da República.

## 2.2. O OURO NO TAPAJÓS

As primeiras informações sobre ocorrências de ouro na região do Tapajós, datam da primeira metade do século XVIII. No século XIX, alguns faiscadores são referenciados na literatura, entre os quais se

destaca Antonio Peixoto, que trabalhou em escavações nas margens do rio Tapajós e seus afluentes. No século atual, as primeiras bibliografias datam de 1933 e se referem ao relatório sobre os resultados geológicos, sem sucesso, da viagem de exploração do rio das Tropas e da região de Monte Alegre, executado por Friedrich Katzer, no período de setembro a novembro de 1892, publicado em Boletim do Museu Paraense de História Natural e Etnografia, em 1901.

Mas, o início da atual atividade garimpeira em toda bacia do Tapajós só se dá em 1958 com a descoberta do Sr. Nilçon Pinheiro, em plena fase de decadência dos seringais no Tapajós. Uma expedição chefiada pelo Sr. Pinheiro, com 60 homens vindos do Amazonas, atingiu o rio das Tropas, afluente do rio Tapajós, e encontrou próximo a sua foz, em um pequeno afluente denominado Grotta Rica, aquela considerada a primeira ocorrência de ouro de importância significativa, descoberta, em verdade, por Raimundo Ferreira. Essa mesma equipe descobriu em seguida outras ocorrências no Igarapé Cuiú-Cuiú.

No início da década de 60, inúmeras outras ocorrências foram descobertas, principalmente ao longo das drenagens de grande porte, como nos rios Tapajós, Crepori, Jamanxim e outros.

Nesta mesma época, especificamente em 1962, foi aberta a primeira pista de pouso no garimpo. Segundo relatos de antigos pilotos, o piloto paraense Deusdeth Pena fez o pouso inaugural da Pista do Sudário no Marupá, no comando de uma aeronave CESNA-182. Consta da crônica aeronáutica que essa pista media 220 passos de comprimento (dados da pesquisa de Ireno Lima). No ano seguinte, foi aberta a pista do Cuiú-Cuiú, inaugurando o sistema de abastecimento dos garimpos através de aeronaves.

Nessa primeira fase dos garimpos do Tapajós, que vai desde 1958 até final dos anos 60, a atividade garimpeira era principalmente manual, com os garimpeiros lavrando os pequenos igarapés próximo de suas cabeceiras. Estima-se que cerca de 70% da mão-de-obra

inicial do garimpo provinha dos seringais e os outros 30% da área urbana, particularmente de Santarém.

Na década de 70, com o Plano de Integração Nacional iniciasse a construção das Rodovias Transamazônica e Cuiabá-Santarém. Por conta disso, a atividade garimpeira sofreu um sensível incremento, com a chegada de um maior contingente populacional, vindo principalmente do Nordeste, e com a diminuição dos custos de manutenção nos garimpos. Nessa mesma década, as empresas de mineração começaram a ser atraídas pelo ouro do Tapajós. Registros do DNPM mostram que os pedidos de alvará de pesquisa se multiplicaram em áreas em vários rios afluentes do Tapajós.

A rápida proliferação dos garimpos, acompanhada do aumento natural da concentração de garimpeiros e, obviamente, da produção de ouro, despertou a atenção das autoridades governamentais. Como decorrência dessa preocupação, em 1972 foi firmado convênio entre o DNPM e a Fundação de Assistência ao Garimpeiro-FAG, com o objetivo de prestar assistência oficial aos garimpeiros do Tapajós, no sentido de disciplinar as atividades de garimpagem pelo estabelecimento de cadastramento, fiscalização e orientação técnica, visando melhor aproveitamento, principalmente no que se refere a recuperação do ouro, além do fornecimento de mercadorias a preços mais acessíveis. Esse programa não obteve o sucesso esperado e, por isso, durou apenas dois anos. Somente em 1977, o DNPM criou o Projeto Estudos dos Garimpos Brasileiros, objetivando resolver problemas entre garimpeiros e titulares de alvarás de pesquisa.

Até 1978, a garimpagem vinha se comportando conforme prescrevia a legislação vigente, ou seja, trabalho individual utilizando instrumentos rudimentares, aparelhos manuais ou máquinas simples e portáteis para a extração do ouro nos alvéolos de cursos d'água ou nas margens e em depósitos secundários ou chapadas. A partir desse período, teve início a mecanização da atividade garimpeira. Vários fatores contribuíram para essa mudança, dentre os quais: a elevação do preço do ouro no mercado internacional e interno; o grande con-

tingente populacional e a exaustão dos depósitos aluvionares nas calhas de drenagem menores. Isto forçou os garimpeiros a dirigirem seus trabalhos para o leito ativo dos drenos maiores.

O trabalho que era feito com pá e picareta passou a ser feito com moto-bomba de alta-pressão, tanto para a desagregação do capeamento estéril como do minério (cascalho aurífero). No transporte do minério até as caixas concentradoras também utiliza-se moto-bomba de grande poder de sucção. A concentração final do ouro, no entanto, ainda é feita de forma rudimentar.

Até então, todo o material trabalhado da região do Tapajós era sedimento passivo; a partir desse ano, as atenções se voltaram para o leito ativo do rio, através de dragas rudimentares. Segundo informações obtidas nos garimpos, este tipo de operação teve início em 1977 no rio das Tropas, quando um americano tentou, sem muito sucesso, montar uma draga. Em 1978, no mesmo rio, as dragas foram aperfeiçoadas e, com o sucesso, esses equipamentos sofreram modificações tecnológicas, hoje operando na atividade dragas de 8, 10 e 12 polegadas de diâmetro.

Em 25 de julho de 1983 o Ministro das Minas e Energia baixou a Portaria nº 882, definindo uma área de 28.745km<sup>2</sup>, no município de Itaituba, como de livre garimpagem, respeitando os direitos dos alvarás concedidos nos termos do Decreto Lei nº 227 de 28.02.67. Segundo a "Listagem Programa Sistema de Informações Geológicas PROSIG/DNPM", chama a atenção que nenhum desses alvarás redundou em uma mina. Eram pura especulação. Nesse ano, o Projeto Garimpo passou a atuar definitivamente na região do Tapajós, com apoio na cidade de Itaituba e frentes avançadas de serviços nos garimpos do Cuiú- Cuiú e Marupá.

Em 1984 o Projeto Garimpo diversificou-se, passando a ser chamado de Projeto Ouro. Em 1985, por falta de orçamento compatível com a programação, os trabalhos sofreram uma paralisação, só sendo retomados em 1986, com o então Projeto Ouro passando a

se chamar de Projeto Ouro e Gemas, agora com novas atribuições. Os poucos recursos disponíveis não permitiram alcançar os objetivos propostos, o que impossibilitou a continuação dos trabalhos programados.

A ausência do poder público na atividade em muito contribuiu para que o garimpo atingisse o atual estágio em que se encontra. A falta de orientação e assistência adequadas fez com que os garimpeiros desenvolvessem seus trabalhos utilizando técnicas predatórias à produção mineral e ao meio ambiente.

Com o advento da nova Constituição (05.10.88), a questão da garimpagem foi tratada de maneira mais específica. A Lei nº 7.805 de 18.07.89, que alterou o Decreto nº 227 de 28.02.67, criou o regime de permissão de lavra garimpeira, extinguiu o regime de matrícula e tratou matérias de direito mineral. Dois aspectos importantes dessa Lei foram: (i) considerar como crime a extração de substâncias minerais garimpáveis sem a devida permissão; (ii) e responsabilizar os titulares da pesquisa e lavra pelos danos ao meio ambiente. Até 15.12.91, deram entrada no Serviço de Mineração-SEMIN da Delegacia do Ministério da Infra-Estrutura-PA, 760 pedidos de permissão de lavra garimpeira (PLG), relativos a áreas do Tapajós. A maioria foi indeferida por interferência com áreas já oneradas, outros estão aguardando parecer do órgão ambiental do estado (SECTAM), sendo que até a referida data nenhuma PLG foi concedida para a área em questão.

No ano de 1990, as atividades do Projeto Ouro e Gemas foram dirigidas para o cadastramento nacional dos garimpos e garimpeiros, orientação e implantação do regime de permissão de lavra garimpeira e desenvolvimento de tecnologia para lavra e tratamento de ouro, com ênfase para o cadastramento. Na região do Tapajós, foram cadastrados 8.867 garimpeiros em 18 garimpos, o que projetou a estimativa de 88.870 garimpeiros e 600 pontos de garimpos na Região do Tapajós-Parauari.

A partir de agosto de 1991, o Projeto Ouro e Gemas mudou para atividade de fiscalização, controle e avaliação das áreas de ouro e gemas do país, com implantação de escritórios regionais em algumas áreas de garimpagem e, dentre elas, Itaituba, no Pará.

### 3. A LEGISLAÇÃO

Apesar do Código de Mineração (Decreto Lei nº 227, de 28.02.1967, que deu nova redação ao Decreto Lei nº 1985, de 29.01.1940) estabelecer a necessidade de explorar os recursos não renováveis de forma não predatória e de recuperar as áreas afetadas pelas atividades de lavra, sempre foi muito comum a emissão de portarias ministeriais autorizando a lavra artesanal, sem designar, e portanto sem atribuir responsabilidades, aos beneficiários das autorizações. Por exemplo, podem ser citadas as seguintes portarias:

(i) Portaria nº 345, de 05.07.1979, do antigo Ministério de Minas e Energia (MME), estabelecendo o Rio Madeira, no município de Porto Velho (RO), como área destinada à extração de ouro exclusivamente por processos de garimpagem, fiação e cata.

(ii) Portaria nº 443, de 23.04.1980, do MME, estabelecendo o lugar denominado Alto Coité, no município de Poxoréu (MT), como área destinada à extração de recursos minerais exclusivamente por trabalhos de garimpagem, fiação e cata.

(iii) Portaria nº 300, de 15.08.1980, dos Ministérios da Fazenda e das Minas e Energia (MF e MME), estabelecendo instruções sobre a extração e comércio de ouro nos municípios de Maués e Itaituba (AM e PA).

(iv) Portaria nº 43, de 06.02.1981, dos MF e MME, estabelecendo instruções sobre a extração de ouro nos municípios de Marabá, Conceição do Araguaia e São Félix do Xingu, no Estado do Pará.

(v) Portaria nºs 549 e 550, de 10.05.1983, do MME, estabelecendo área destinada à extração de substâncias minerais exclusivamente por trabalhos de garimpagem, fiação e cata, no município de Alta Floresta (MT).

(vi) Portaria nº 551, de 10.05.1983, estabelecendo área destinada à extração de substâncias minerais exclusivamente por processos de

garimpagem, fiação e cata no município de Colider (MT).

(vii) Portarias nºs 882, de 25.07.1983; 25, de 10.01.1984, e 143, todas do MME, designando áreas dos municípios de Itaituba (PA), São Félix do Xingú (PA) e Boa Vista (RR), respectivamente para extração de substâncias minerais exclusivamente por trabalhos de garimpagem, fiação e cata.

Para participar da exploração destas áreas, o Código de Mineração de 1967 exigia o cadastramento do interessado no Departamento Nacional da Produção Mineral e no Ministério da Fazenda (Secretaria da Receita Federal), recebendo, se aceito, o certificado de matrícula de garimpeiro (CMG), passando a ser um garimpeiro. A posse dessa matrícula, portanto, identificava o indivíduo como "garimpeiro", independentemente do fato dele ser trabalhador direto, piloto de aeronave, comerciante ou, mesmo "dono de garimpo".

De todo modo, os direitos minerários concedidos pelas portarias ministeriais o eram para todo e qualquer portador do CMG. Estes mesmos direitos sempre foram, também, muito precários; a qualquer momento uma outra portaria poderia cancelar a anterior, sem que, por isso, fossem devidas quaisquer tipos de compensações. Por exemplo, o MME emitiu as seguintes portarias:

(i) Portaria nº 494, de 09.08.1968, proibindo a garimpagem de ouro de toda a faixa de fronteira entre Rondônia e a Bolívia;

(ii) Portaria nº 73, de 19.01.1982, que determinou o fechamento da Província Mineral de Mapuera às atividades de extração de casiterita, ouro e associados através do Regime de Matrícula;

(iii) Portaria nº 1758, de 23.12.1982, determinando o fechamento da Província de Volta Grande do Rio Xingú às atividades de extração pelo Regime de Matrícula;

(iv) Portaria nº 1341, de 21.09.1982, não permitindo na Província Mineral de Carajás a exploração pelo Regime de Matrícula.

A Constituição Brasileira, promulgada em 05.10.1988, por sua vez, estabeleceu no Art. nº 225:

.....

“ §2º Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§3º As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.”

Ao mesmo tempo, o Art. nº 245 da Constituição do Estado do Pará estabelece que: “O Estado definirá, através de lei, a política minerária e hídrica, defendendo seus interesses, inclusive interrompendo atividades predatórias, ... disciplinando a conservação e o aproveitamento racional dos bens minerais e das águas, observando os seguintes princípios: ...

II - respeito às aptidões do meio físico e à preservação e otimização do aproveitamento dos recursos naturais, objetivando a qualidade de vida da população; ...

V - definição de estratégias de exploração mineral que contemplem os vários segmentos produtivos, inclusive atividades garimpeiras; ...

VI - apoio e assistência técnica permanente na organização, implantação e operação da atividade garimpeira ..., garantida a preservação do meio ambiente e a promoção econômico-social dos garimpeiros...”

Apesar de ser difícil, associar técnica, econômica, social e politicamente as exigências de não predação e proteção ambiental com os métodos e processos de lavra e concentração mineral usados nos garimpos, a Constituição assim o determina. Assim, não é de

surpreender a promulgação da Lei nº 7805, de 18.07.1989, que alterou o Decreto-Lei nº 227, de 28.02.1967 (Código de Mineração), criando o regime de permissão de lavra garimpeira e extinguindo o regime de matrícula, através de um texto confuso, repetitivo, e que dificilmente pode ser atendido em suas exigências. Tal lei define o garimpo das seguintes formas:

(i) "Art. 1º § único: ...o regime de permissão de lavra garimpeira é o aproveitamento imediato de jazimento mineral que, por sua natureza, dimensão, localização e utilização econômica, possa ser lavrado, independentemente de prévios trabalhos de pesquisa.

(ii) Art. 10º: Considera-se garimpagem a atividade de aproveitamento de substâncias minerais garimpáveis (sic) executadas no interior de áreas estabelecidas para este fim,..."

Atendendo ao disposto no Art. nº 225 da Constituição, esta mesma lei estabelece:

(i) "Art. 3º - A outorga de permissão de lavra garimpeira depende do prévio licenciamento ambiental concedido pelo órgão ambiental competente.

(ii) Art. 9º - São deveres do permissionário de lavra garimpeira: ...V - evitar o extravio de águas servidas, drenar e tratar as que possam causar danos a terceiros; VI - diligenciar no sentido de compatibilizar os trabalhos de lavra com a proteção do meio ambiente; ...

(iii) Art. 13 - A criação de áreas de garimpagem fica condicionada à prévia licença do órgão ambiental competente.

(iv) Art. 16 - A concessão de lavra depende de prévio licenciamento do órgão ambiental competente.

(v) Art. 17 - A realização de trabalhos de pesquisa e lavra em áreas de conservação dependerá de prévia autorização do órgão ambiental que as administre.

(vi) Art. 18 - Os trabalhos de pesquisa ou lavra que causarem danos ao meio ambiente são passíveis de suspensão temporária ou definitiva, de acordo com o parecer do órgão ambiental competente.

(vii) Art. 19 - O titular de autorização de pesquisa, de permissão de lavra garimpeira, de concessão de lavra, de licenciamento ou de manifesto de mina responde pelos danos causados ao meio ambiente.

(viii) Art. 20 - O beneficiamento de minérios em lagos, rios e quaisquer correntes de água só poderá ser realizado de acordo com solução técnica aprovada pelos órgãos competentes.

Evidentemente, a Portaria nº 26, de 31/jan/1990, do Diretor Geral do DNPM, normatizando o Decreto nº 98.812 que regulamenta a Lei nº 7.805/89, não poderia (nem tem hierarquia para tanto) resolver os problemas que têm origem nos conflitos dos artigos constitucionais.

Observa-se, como consequência, que a atividade garimpeira continua sendo essencialmente ilegal e dificilmente legalizável. Deve-se reconhecer, todavia, que o garimpo é um problema muito mais amplo do que a simples ação policial poderia resolver, à medida que envolve dezenas de milhares de trabalhadores e dependentes, e interesses econômicos de grande monta, apesar dos impactos ambientais e riscos a que submete a população.

## 4. ÁREA DE INFLUÊNCIA DOS ESTUDOS

### 4.1 LOCALIZAÇÃO

A área dos estudos (Figura 4.1) está localizada na região drenada pela bacia do rio Tapajós, abrangendo terras da Mesorregião do Baixo Amazonas (Microrregião de Santarém - município de Santarém) e Mesorregião do Sudoeste Paraense (Microrregião de Itaituba municípios de Aveiro, Rurópolis e Itaituba).

### 4.2. CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS

#### 4.2.1. Geologia

O arcabouço geológico da área está representado pelas unidades que compõem o embasamento, as unidades pertencentes à Bacia Sedimentar do Amazonas e sedimentos inconsolidados.

O embasamento da área é constituído, principalmente, por rochas ígneas, metamórficas de alto e baixo grau e por sedimentos de idade pré-cambriana. As unidades pertencentes à Bacia sedimentar do Amazonas podem ser divididas em três grandes seqüências, assim distribuídas: uma seqüência mais antiga depositada entre o Ordoviciano e o Neo-Carbonífero, a qual apresenta características eminentemente clásticas; uma seqüência formada em condições deposicionais e ambientais que possibilitaram a formação de uma extensa bacia restrita a semi-restrita, onde foram depositados sedimentos predominantemente químicos durante o Neo-Carbonífero até o Permiano; e uma seqüência Meso-Cenozóica constituída por sedimentos clásticos fluviais. Finalmente, o conjunto foi recoberto por sedimentos inconsolidados, constituídos por cascalhos, areias, siltes e argilas.

## PROGRAMA DE CONTROLE AMBIENTAL DA GARIMPAGEM NO RIO TAPAJÓS CAMGA - TAPAJÓS

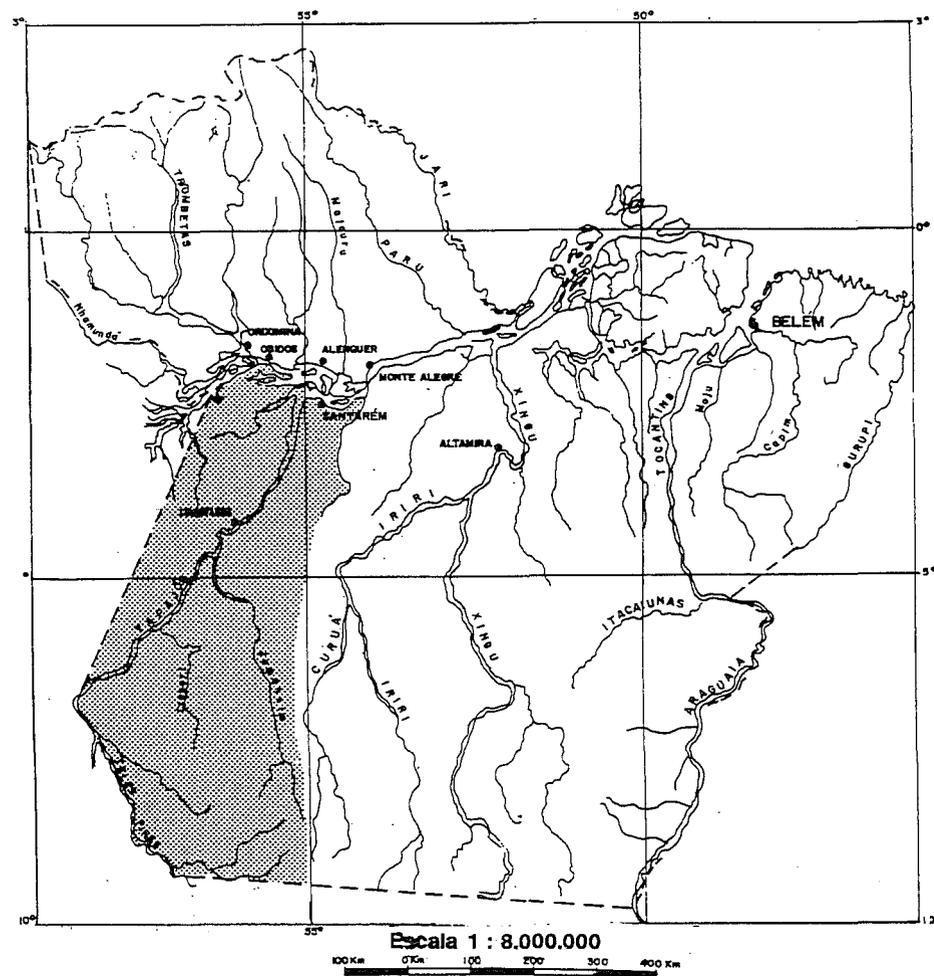


FIG. 4.1 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DOS ESTUDOS

ÁREA DE INFLUÊNCIA DOS ESTUDOS

#### 4.2.2. Relevo

A área de influência dos estudos abrange, segundo a FIBGE-1990, duas regiões geomorfológicas: os Planaltos da Bacia Sedimentar do Amazonas e as Depressões da Amazônia Meridional.

Nas áreas dos Planaltos da Bacia Sedimentar do Amazonas são observadas três unidades geomorfológicas: - o Planalto Rebaixado da Amazônia, caracterizado por uma extensa superfície de aplainamento elaborada em rochas da formação Alter do Chão, de idade mesozóica, levemente dissecada sob a forma de interflúvios tabulares com pequenos aprofundamentos dos talwegues e densamente drenados, com altimetria de aproximadamente 100m; - os planaltos residuais Tapajós-Xingú que são formados por extensas superfícies tabulares, sustentadas por coberturas detrito-lateríticas terciárias, com altitudes variando entre 120 e 170m, denominados regionalmente de platôs. Nestas superfícies tabulares predominam relevos dissecados em interfluviais tabulares e em menores proporções, formas dissecadas em colinas e ravinas; - os planaltos da bacia sedimentar do Amazonas correspondem a relevos formados por *cuestas*, cujos *fronts* se encontram seccionados pelos vales cataclinais dos rios Tapajós, Xingú e outros, além de interfluvios tabulares e mesas, estruturados em rochas de idade paleozóica da Bacia Sedimentar do Amazonas e altitudes entre 300 e 350m.

Na área de domínio das depressões da Amazônia Meridional são observadas cinco unidades geomorfológicas, quais sejam:

- a Depressão Periférica do Sul do Pará que corresponde a uma superfície baixa aplainada modelada ostensivamente sobre rochas pré-cambrianas, onde os processos fluviais atuando sobre o pediplano originam formas de relevo em colinas de topo aplainado e onde a erosão holocênica é evidenciada pela incisão das vertentes. Suas altitudes variam de 125 a 180m.
- o Planalto Dissecado do Sul do Pará, que é representado por maciços residuais de topo aplainado e por um conjunto de

cristas e picos interpenetrados por faixas de terrenos rebaixados, com altitudes variando entre 500 e 600m. O relevo apresenta-se intensivamente dissecado por vales encaixados, geralmente adaptados a rede de fraturas.

- a Depressão do Sul da Amazônia apresenta altitudes em torno de 200m, sendo constituída por uma superfície rebaixada, com drenagem incipiente que proporciona uma dissecação do relevo em colinas e interflúvios tabulares em rochas pré-cambrianas;
- os Planaltos Residuais do Sul da Amazônia são formados predominantemente por rochas metamórficas e ígneas e, subordinadamente, por rochas sedimentares pré-cambrianas, formando um relevo bastante dissecado sob a forma de cristas, interpenetradas por uma superfície mais baixa, constituindo formas tabulares limitadas por rebordos erosivos com altitudes variando de 200 a 400m.
- o Planalto Dissecado do Tapajós é caracterizado por uma superfície fortemente dissecada em cristas, mesas, colinas e interflúvios tabulares, recortada pelos rios pertencentes às bacias do Tapajós-Madeira, com altitudes médias da ordem de 350m.

#### 4.2.3 Clima

De um modo geral, o clima na região é classificado como megatérmico, mas, com suas variações dependendo da região geomorfológica. Nas áreas de domínio dos Planaltos da Bacia Sedimentar do Amazonas é classificado como megatérmico tropical muito quente e úmido, com médias compensadas anuais entre 25°C e 27°C. As médias máximas anuais ficam em 31°C e 33°C e as médias das mínimas 25°C e 24°C. A precipitação anual varia entre 1800mm e 2800mm, com uma nítida divisão na distribuição das chuvas, sendo um período com chuvas abundantes (janeiro a julho) e outro com baixa precipitação (agosto a dezembro). A umidade relativa do ar varia entre 80 e 90%. No período seco apresenta déficits hídricos variados, sendo os pequenos entre 111mm (Cametá-PA) e 237mm

(Manaus-AM) e os moderados entre 336mm e 351mm (Altamira e Óbidos, no Estado do Pará).

No domínio das depressões da Amazônia Meridional, o clima é megatérmico muito quente, sendo que as médias compensadas ficam entre 24°C e 27°C, com amplitudes térmicas anuais pequenas. As médias anuais máximas assinalam valores entre 30°C e 34°C e as médias anuais mínimas oscilam entre 18°C e 22°C. A região possui elevados índices de precipitação, com totais anuais variando geralmente em torno de 2500mm, com importantes flutuações. Possui um regime de precipitação tropical caracterizado por uma nítida divisão em dois períodos, um com chuvas abundantes com excedentes hídricos de 800mm a 1200mm, com duração de cinco a sete meses e outro caracterizado por baixas precipitações e uma duração de três a cinco meses, cujo débito de água varia de 130mm a 270mm. Em Itaituba, o déficit hídrico é moderado: 336mm no período de julho a novembro.

#### 4.2.4 Vegetação

No domínio dos Planaltos da Bacia Sedimentar do Amazonas ocorrem a floresta ombrófila aberta, a floresta ombrófila densa e a savana. A floresta ombrófila aberta domina os altos dos planaltos e eventualmente seus flancos. A floresta ombrófila densa ocorre nos baixos planaltos areníticos com características de floresta luxuriante e muito fechada. A savana em sua forma arborizada ocorre nos flancos dos planaltos mais dissecados. Nesse domínio ocorrem pequenas áreas com mistura florísticas desses tipos de vegetação, formando as denominadas "áreas de tensão ecológica".

No domínio das Depressões da Amazônia Meridional, a vegetação é bastante complexa, abrangendo áreas com floresta ombrófila aberta, com suas *facies* de palmeira, cipós e com sororoca, que ocorrem nos terrenos do embasamento cristalino arrasado, no alto dos planaltos e eventualmente em seus flancos. A floresta ombrófila

densa ocorre principalmente na região dos baixos e médios cursos dos rios Tapajós e Xingú. A savana, que geralmente localiza-se sobre os divisores de água, caracteriza-se pela forma arborizada (campo cerrado) e, mais raramente, por outras formas savanícolas, principalmente na forma florestada (cerradão). Nesse domínio, ocorrem **faixas de transição**, entre a floresta ombrófila densa com a floresta estacional semidecidual e a savana, gerando outras "áreas de tensão ecológica".

#### 4.2.5. Hidrografia

A região é drenada pela bacia do Tapajós, sendo este rio a principal drenagem da região, formado a partir da junção dos rios Juruena e Teles Pires, ambos vindos do Mato Grosso, sendo seus principais afluentes os rios Arapiuns, Jamaxim, Crepori e Tropas entre outros.

Nas áreas de domínio das depressões da Amazônia Meridional, o rio Tapajós e seus afluentes apresentam-se bem encaixados e com trechos encachoeirados, com dificuldades de navegação e poucas áreas de espraiamento. A partir de sua entrada na área dos planaltos da bacia sedimentar do Amazonas, em terrenos paleozóicos, o rio torna-se mais facilmente navegável e quando atinge os terrenos da formação Alter do Chão, o espraiamento torna-se mais evidente.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Departamento de Recursos Naturais e Ambientais. Projeto zoneamento das potencialidades dos recursos naturais da Amazônia Legal. Rio de Janeiro, 1990. 212p.

## 5. A ATIVIDADE GARIMPEIRA

### 5.1. MÉTODOS DE LAVRA E BENEFICIAMENTO

#### - Operação Manual

Até a segunda metade da década de 70, os trabalhos eram feitos exclusivamente através de lavra manual. Essa atividade era desenvolvida, tradicionalmente, nas planícies de inundação dos cursos d'água, nos paleo-aluviões e, mais raramente, em aluviões ativos, apoiada em equipamentos rudimentares, como péola, pá, picareta.

A escolha do local para iniciar os trabalhos era baseada nos resultados obtidos a partir do material retirado de pequenos poços (pranchetas), normalmente de dimensões 1,0m x 0,8m, para testes. A lavra era feita em barrancos, com área de 10m x 10m cada e paredes verticais, que iam até atingir a base do cascalho e parte do *bed rock*.

Após a escolha do local de trabalho, o garimpeiro abria, primeiramente, metade do barranco (banda = 5m x 10m) e, dependendo da produção desta, abria a outra metade, concluindo o barranco.

O perfil mais comum, compreende *bed rock* alterado denominado de *lagrese*, cascalho, areia e argila rica em matéria orgânica.

A execução dos trabalhos de lavra compreendia as seguintes etapas:

- abertura de prancheta para escolha da área (testes);
- roçagem do local a ser trabalhado (desmatamento);
- *debreio* da banda, ou seja retirada do capeamento, que era acumulado em local previamente selecionado;
- retirada do cascalho e empilhamento desse material próximo à área de lavagem;

- "raspagem" da *lagrese*: o termo *lagrese* refere-se ao *bed rock* alterado. Como o ouro encontra-se, principalmente, na base do cascalho, era necessário raspar a *lagrese*, contaminada ao se remover o cascalho.

O cascalho e o *bed rock* alterado eram os únicos materiais lavados (beneficiados) pelo garimpeiro, sendo a argila e a areia abandonados.

Apenas os *crioulos* (negros vindos da antiga Guiana Inglesa), que trabalhavam com *long ton* (lontona), tratavam todo o material. Eles eram especialistas em repassagem de material (beneficiar material já tratado) descartado pelos garimpeiros locais.

O beneficiamento do material consistia das seguintes etapas:

- "traçar" o material: misturar o cascalho com as raspas de *bed rock* e adicionar água, para formar a polpa;
- lavar: nesta fase se processava a concentração do minério e podia ser efetuada principalmente de três modos:
  - . na "cobra-fumando": aparelho rudimentar de madeira.
  - . na *long ton*: aparelho montado com pequena diferença no nível da água de alimentação, dando maior recuperação ao ouro fino e utilizando o próprio leito da grota;
  - . em *dalla*: era uma adaptação da *long ton*, porém, mais eficiente;
  - . apuração em bateia: os equipamentos de concentração não forneciam o ouro em condições de ser comercializado, mas sim em concentrado, que era então bateado para se obter o ouro aluvionar.

No caso de *long ton*, a apuração se fazia também com a bateia, mas em presença do mercúrio usado no equipamento. O amálgama que continha o ouro, era, então, espremido em um pano e o produto retido era aquecido para liberação do mercúrio, ainda existente.

## - Operação com emprego de maquinário

### . "Chupadeira":

Essa operação passou a ser desenvolvida principalmente em coluviões, paleo-aluviões e eluviões, onde a camada aurífera encontra-se sepultada por espessa cobertura estéril (em torno de 5m). A atividade inicial é semelhante à descrita anteriormente, mudando a partir da retirada do capeamento, que passa a ser feito através de desmonte hidráulico.

Toda a operação consiste em um conjunto denominado de "chupadeira", composto por três módulos: o primeiro, utilizado no desmonte e desagregação do barranco, é constituído de um motor acoplado a uma bomba d'água com mangueira de 2 a 3 polegadas de diâmetro, expelindo água sob pressão através de "bico-jato"; o segundo, de constituição idêntica ao primeiro, serve para fazer a sucção, através da mangueira ("maraca"), da polpa do fundo da cata, transportando-a até a caixa concentradora; o terceiro módulo é formado pela caixa da "cobra-fumando", a qual é forrada com estopa ou carpete preso por *rifles* ou "tariscas". O material acumulado no carpete e nos *rifles* da "cobra-fumando" é retirado e lavado em caixa manual, onde é misturado com mercúrio, formando o amálgama. A apuração final é processada com auxílio de bateia. A última etapa constitui-se na queima do amálgama, geralmente através do uso de maçaricos.

No passado, o mercúrio costumava ser empregado apenas na concentração final do minério - o bateamento. Hoje, é comum utilizá-lo na "cobra-fumando" e, algumas vezes, jogando-o diretamente no barranco, antes do início da lavra.

### . Balsas e Dragas

Para lavar sedimento ativo dos rios, foram montadas balsas e dragas que processam um volume relativamente grande de minério,

envolvendo equipamentos semimecanizados.

O equipamento é montado sobre dois botes de madeira ou charutos de ferro, com cerca de 6 metros cada, onde são acopladas pranchas de madeira e sobre estas, motores marítimos a diesel, com potência entre 40 e 65HP. Esse motor tem capacidade para movimentar uma bomba centrífuga adaptada a duas mangueiras com diâmetro entre 4 e 6 polegadas. Numa das mangueiras, cuja extremidade permanece dentro d'água, fica acoplado um cilindro metálico ("maraca"), com extremidade compartimentada para permitir a sucção do cascalho no tamanho ideal; este passa pela bomba e é expelido, por outra mangueira, para uma caixa de madeira contendo peneira para a seleção do material. O material que passa na peneira é retido na caixa de lavagem com cerca de 4 a 5 metros de comprimento por 1,20m de largura, adaptada com "tariscas" e forro de aniagem ou carpete. A mangueira que suga o cascalho é manuseada por mergulhadores, devidamente equipados com roupas especiais de borracha e "chupetas" para aspirar o oxigênio acumulado em câmara de ar. Máscara de proteção para os olhos e cinto de chumbo (cerca de 20kg) completam o equipamento do mergulhador. Em cada balsa trabalham, em média, cinco pessoas, inclusive o gerente. Todos mergulham, se revezando em uma jornada de trabalho diário que varia de 10 a 12 horas de serviço. A apuração final é feita com o auxílio de bateia e a utilização de mercúrio.

Todas as balsas são cobertas com toldos de nylon e, para deslocamento destas, são usados motores de popa, geralmente Yamaha de 15HP.

As dragas diferem das balsas basicamente pela não utilização de mergulhadores, e operam com sucção de 8, 10 e 12 polegadas. As maiores (10" e 12") são as de lança e as de 8" são escarificantes. As dragas de 10" e 12" utilizam motores Scania 315HP e as de 8" usam motores Mercedes Benz ou MWM 92-100HP. Para o deslocamento, são impulsionadas por casco de alumínio acionado por motores de popa de 40-45HP.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Código de mineração e legislação correlativa. Brasília, 1987.
- BRASIL. Constituição, 1988. Constituição da República Federativa do Brasil, Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988.
- DAMASCENO, B. C., PENA FILHO, J. I. C.. Projeto Ouro e Gemas: relatório anual, 1986. Belém: DNPM/CPRM, 1987, 101 p. II. mapa.
- DAMASCENO, B. C.. Projeto Ouro Tapajós, relatório anual 1985. Belém: DNPM/CPRM, 1985. 72 p. II. mapa.
- GASPAR, E. S.. Os bamburrados do Tapajós: Dissertação de mestrado. Paraíba: Universidade Federal da Paraíba, 1990. 142 p.
- PARÁ. Secretaria de Estado de Saúde Pública. Avaliação da degradação ambiental nas áreas de extração de ouro no Estado do Pará: relatório parcial. Belém: SEMA/SESPA, 1988. 132 p. II mapa.
- SILVA, A. R. B. da. Inventário sócio-econômico da Província Aurífera do Médio Tapajós. Belém, DNPM-5o Distrito, 1979. 62 p. II mapa.
- TOMAZ DE AQUINO, E. G., WESCHE, E. de J. B.. Levantamento sobre a atividade de equipamentos flutuantes de garimpagem nos rios Tapajós, Teles Pires e tributários. Belém, SEMIN/DNPM, 1991. II mapa.
- VENTURA, M. S. et al.. Garimpagem de ouro na região do Tapajós. Belém, FAG/DNPM, 1973. V. II.
- LIMA, I. J. S. de. Cantinas Garimpeiras: um estudo das relações sociais nos garimpos de ouro do Tapajós. Belém: SEICOM/DIRAM. no prelo.

## 5.2. ESTRUTURA DAS RELAÇÕES SÓCIO-ECONÔMICAS

Em abril de 1990, a DIRAM/SEICOM iniciou a execução do Projeto Preliminar do CAMGA-TAPAJÓS, denominado Perfil Sócio-Econômico e Potencial Associativo da Comunidade Garimpeira, cujo objetivo geral seria a identificação das relações sociais e de produção dos garimpos de ouro. Optou-se por iniciar a execução do CAMGA-TAPAJÓS pela pesquisa da sócio-economia, diante da necessidade de se produzir categorias censitárias que dessem conta das flutuações da força de trabalho envolvida nesse sistema produtivo chamado garimpo.

Metodologicamente a pesquisa teve início com a elaboração das hipóteses iniciais de trabalho, que levaram em conta não apenas as experiências anteriores da equipe técnica executora, ou de suas instituições sobre os diferentes aspectos da vida social nos denominados garimpos, mas também, com base no trabalho preparatório de consulta e análise de fontes de referências das mais diversas, tais como: documentos oficiais da SUDAM, DNPM e MME; documentos de entidades sindicais; artigos produzidos por geólogos e reportagens veiculadas pela imprensa periódica. Essas informações foram devidamente compulsadas, familiarizando a equipe com uma gama diferenciada de problemas, o que permitiu um controle mais rigoroso das impressões.

Para tanto, privilegiou-se uma análise crítica do que a literatura especializada designa de Modelo Tapajós, bem como noções operacionais capazes de dar conta das variações que envolvem os termos garimpo, garimpeiro e garimpagem.

A partir dessa análise, foi possível à equipe definir detalhadamente os objetivos gerais e específicos, assim como as pistas respectivas que deveriam ser seguidas para alcançá-los. Quanto à metodologia de pesquisa de campo, decidiu-se implementar aquela que pudesse conduzir a informações de boa qualidade. Assim sendo,

optou-se por entrevistas não diretivas e observações diretas. Isto permitiria verificar a consistência das hipóteses iniciais e sugerir redefinições do seu escopo. Os questionamentos tradicionais no estilo perguntas com múltiplas escolhas pareceram inadequadas quando aplicadas em situações de garimpo. Neste caso, o próprio contato com os entrevistados requer diálogos prolongados, confiança mútua e formas graduais de se chegar às questões definidas.

O ato de se indagar sobre dados biográficos dos garimpeiros, trata-se de atitude acompanhada geralmente de suspeição, posto que, mesmo que os nomes sejam muitas vezes subtraídos, conhecem-se uns aos outros por apelidos. Os garimpeiros também parecem temer ações de natureza fiscal ou de cunho policial. Daí, a necessidade de períodos mais longos nas etapas de coletas de dados e informações elementares.

Para tanto, o trabalho de campo foi preparado cuidadosamente para que o pesquisador não fosse visto como um estranho, o que poderia suscitar desconfiança e suspeição provocando reticências dos entrevistados. Daí, porque as técnicas de observações diretas do cotidiano nos "baixões" e nas "currutelas" foram imprescindíveis à pesquisa.

O Projeto Perfil Sócio-Econômico e Potencial Associativo da Comunidade Garimpeira diante de objetivos específicos a serem perseguidos foi desenvolvido a partir de objetos de estudo, ficando cada objeto a cargo de um ou dois pesquisadores. Desta forma, o Projeto consta de quatro objetos de estudos, os quais visam preencher lacunas no conhecimento efetivo da Região do Tapajós, incluindo, é claro, as áreas de garimpo.

## - Objetos de Estudo

1º Objeto: Estrutura Fundiária e Ocupação do Solo e Subsolo - Caracterização Geral do município de Itaituba [Ref. 5.1].

A meta deste objeto consistiu numa caracterização geral do município de Itaituba, segundo dados relativos à estrutura fundiária e ao controle do solo e do subsolo.

O município de Itaituba, detém uma área de 16.577.800ha, correspondendo a 13% do território estadual, sendo o maior município do Estado do Pará e do Brasil. Atualmente estão em curso diversos desmembramentos em seu território, visando a emancipação política-administrativa de alguns distritos, a saber: Jacareacanga, Novo Progresso e Trairão.

A inexistência de séries estatísticas mais recentes - em virtude de o censo agropecuário de 1985 ter-se cingido a uma sinopse preliminar, sem que se tenha ainda os dados definitivos, e, ainda, em função da suspensão do censo de 1990, juntamente com a precariedade dos dados cadastrais do INCRA - impossibilitou que se dispusesse de informações mais precisas relativas à utilização e à situação jurídica formal das terras do município de Itaituba. Agrava essa fragmentação dos dados, a inexistência de um processo de coleta de informações pelos órgãos oficiais competentes, coadunado com a sazonalidade própria à atividade extrativa aurífera, que apresenta variações significativas entre os períodos de inverno e verão, tal como designados na Região Amazônica.

As primeiras informações oficiais disponíveis dizem respeito a intervenção governamental na região nas últimas duas décadas, marcada essencialmente pelo que pode se denominar de "áreas reservadas". Estas áreas podem ser definidas como extensões territoriais delimitadas e postas sob administração de órgãos públicos de âmbito federal, tanto para fins geopolíticos estratégicos, quanto com a finalidade de preservação de recursos naturais, destinação de área

para atividade de extração mineral e de reconhecimento dos direitos imemorais de povos indígenas. Pode-se adiantar que se trata de um município onde os recursos naturais encontram-se fechados, isto é, sob elevado grau de controle por parte dos poderes públicos.

O que evidencia uma ação governamental do controle de áreas dentro do município de Itaituba concerne à importância dos bens minerais, principalmente de ouro, e a sua posição geográfica e estratégica face à região Amazônica. Com a finalidade precípua de controle de área, no município de Itaituba atuam 6 órgãos governamentais, a saber:

- Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM;
- Ministério do Exército - ME;
- Estado Maior das Forças Armadas - EMFA;
- Fundação Nacional do Índio - FUNAI;
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA; e
- Ministério da Agricultura - MA.

À exceção do DNPM, que administra as questões referentes ao uso do subsolo, as demais cingem-se, basicamente, ao domínio do território. Juntos, esses órgãos detêm 14.433.644 hectares dos quais 11.467.707 hectares, estão internamente dentro do município de Itaituba, correspondendo a cerca de 69,2% da área total (Tabela 5.1). O restante incide em municípios vizinhos.

Dos 11.467.707 hectares das áreas reservadas a esses órgãos, cerca de 2.002.233 hectares estão superpostos, correspondendo a cerca de 17,5% das áreas reservadas. Na verdade, 9.465.474 hectares estão de fato reservados, ou seja, 57,2% do território municipal (Tabela 5.2. e Fig. 5.1).

As áreas reservadas com fins militares correspondem a aproxima-

damente 4.114.813 hectares, perfazendo 24,8% do território municipal.

TABELA 5.1 Áreas Reservadas no Município de Itaituba

Instituições/ Áreas	Área Total (ha)	Área no Município (ha)	% do Município
DNPM	2.874.500	2.874.500	17,4
MIN. AGRICULTURA Res. Flor. Mundurucânia	1.377.000	1.377.000	8,3
EMFA Campo de Prova das Forças Armadas	3.907.200	2.351.062	14,2
IBAMA P. Nac. da Amazônia	1.000.000	655.700	3,9
MIN. EXÉRCITO	2.226.117	1.763.751	10,6
. Gleba Limão	696.500	234.134	1,4
. Gleba Damião	440.500	440.500	2,7
. Gleba Prata	220.034	220.034	1,3
. Gleba Cururu	439.583	439.583	2,7
. Gleba Juruena	429.500	429.500	2,5
FUNAI	3.048.827	2.445.694	14,8
. A.I. Sai-Cinza	125.552	125.552	0,8
. A.I. Kayabi	169.747	169.747	1,0
. A.I. Mundurucu	1.965.000	1.965.000	11,9
. A.I. Andirá-Maraú	788.528	185.375	1,1
<b>TOTAL</b>	<b>14.433.644</b>	<b>11.467.708</b>	<b>69,2</b>

Fonte: Diário Oficial da União - DOU

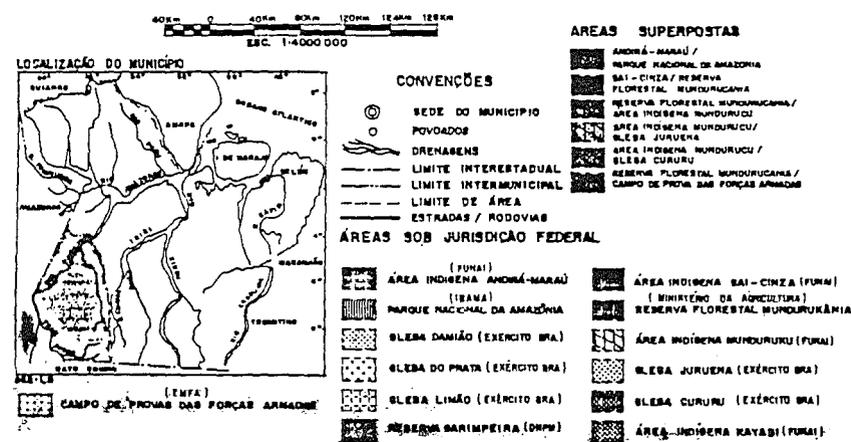
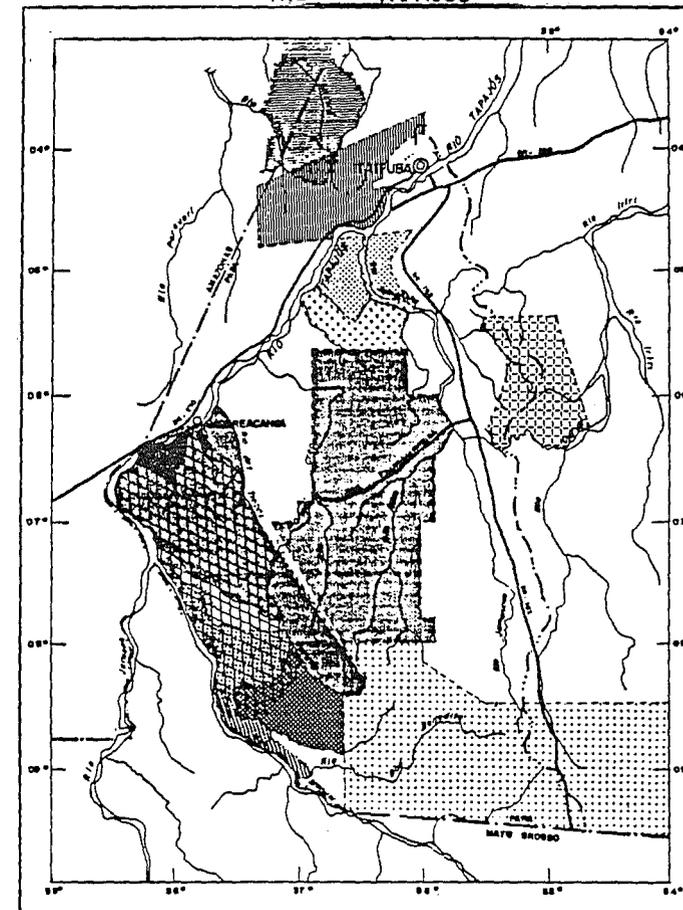


TABELA 5.2 Áreas Superpostas no Município de Itaituba

SUPERPOSIÇÃO	ÁREA (ha)	% DAS ÁREAS RESERVADAS
A.I. Andirá-Maraú X Parque Nacional da Amazônia	76.359	0,7
A.I. Sai-Cinza X Reserva Florestal Mundurucânia	108.676	0,9
A.I. Munduruku X Reserva Florestal Mundurucânia	1.198.254	10,3
A.I. Munduruku X Gleba Jurema	429.500	3,7
A.I. Munduruku X Gleba Cururu	126.653	1,1
Campo de Provas de Cachimbo X Reserva Florestal Mundurucânia	62.791	0,5
TOTAL	2.002.233	17,5

A superposição dessas áreas revela que os memoriais descritivos dos respectivos decretos das áreas reservadas são colidentes, funcionando como um fator conflitivo na estrutura fundiária do município.

Segundo o IDESP [Ref. 5.2], as áreas reservadas no Pará representam mais de 15% da superfície do Estado. Ao se comparar o percentual dessas áreas face à superfície do município, observa-se uma elevada concentração de áreas reservadas no município de Itaituba, superior em aproximadamente quatro vezes àquela correspondente ao estado.

As áreas reservadas, acima relacionadas, se constituem em terras da União, já destinadas para usos e fins específicos, sob controle de determinados órgãos públicos. Enquanto tal, elas diferem das terras públicas devolutas localizadas no município sob administração de órgãos fundiários oficiais, quer seja federal (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA), quer seja estadual (Instituto de Terras do Pará - ITERPA).

Sob jurisdição do INCRA, tem-se 6.601.882 hectares, enquanto sob a administração do ITERPA, um total superior a 700.000 hectares, haja vista que somente aquelas que deverão ser transferidas a partir da implantação das disposições do Decreto nº 2.375/88, correspondem a 688.024 hectares. Daí, o total aproximado de áreas devolutas admitido explicitamente pelos órgãos fundiários no município de Itaituba corresponderia a cerca de 7.289.906 hectares.

2º Objeto: Cantinas Garimpeiras: Um estudo das Relações Sociais nos Garimpos de Ouro do Tapajós [Ref. 5.3]

A cantina deve ser entendida como principal domínio de articulação entre a esfera da produção e a esfera da circulação, ponto privilegiado dessa intersecção; *locus* onde busca-se a reposição dos elementos necessários para manter o processo produtivo, através da manutenção e reprodução de mão-de-obra e dos instrumentos de trabalho. Foram analisadas a partir desse entendimento, a cantina e sua respectiva representação no sistema produtivo: como o trabalhador se organiza para comprar e como o proprietário se organiza para vender, qual a lógica que preside a relação, e qual o tipo de capital.

Tomou-se como base a investigação sob a ótica dos chamados proprietários de garimpo, cotejando-a àquelas dos donos de pares de máquina e dos trabalhadores, estes apenas vendedores da força de trabalho.

Todas as entrevistas indicaram a cantina como centro decisório

ou epicentro das pequenas e grandes decisões do chamado garimpo. Entretanto, convém enfatizar que essa convergência de opiniões se expressa de maneira uniforme apenas no reconhecimento da condição de instância central do poder. As divergências começam a aparecer com nitidez no momento em que se questiona a cantina e seu papel no que diz respeito ao controle do crédito e aos preços praticados.

Este estudo contemplou as principais componentes da cantina materializados em: venda de alimentos ("rancho"); instrumentos de trabalho; combustível; ocupação e usufruto da terra; e compra e/ou troca de ouro.

Ao longo da permanência no campo, percebeu-se que o "rancho" alinha de alimentação básica, a exemplo do chamado "ciclo do ouro" do século XVIII, tem papel destacado, ou seja, os comestíveis que servem para a reprodução da força de trabalho humana, representa a componente de maior grau de indispensabilidade. Esta afirmativa é exclusividade tanto no período do trabalho extrativo manual, como no trabalho de "chupadeira" com o grau de tecnificação existente atualmente. Essa importância do rancho decorre do fato de que a região do Vale do Tapajós, em especial da área contida dentro da reserva garimpeira, dispõe de agricultura incipiente, sendo o município auto-suficiente apenas em banana. O restante dos alimentos em sua grande maioria são provenientes do mercado externo.

O segundo elemento, detectado na escala de importância e indispensabilidade na montagem de uma unidade produtiva, é a maquinaria diversa necessária a efetivação do trabalho. Com a introdução das moto-bombas de bater água, em meados da década de 70 e, posteriormente, no início dos anos 80, com as técnicas de dragagem e desmonte hidráulico, criou-se de tal forma um clima de que o trabalho semimecanizado é melhor, que mesmo provando, através de um estudo de viabilidade econômica, que o manual, em algumas situações, tem maior economicidade, o homem extrator de hoje, o chamado garimpeiro do Vale do Tapajós, prefere optar pelas

máquinas.

Em ordem decrescente de importância, após o rancho e as máquinas, tem-se o combustível, que move os instrumentos produtivos. O combustível tem importância capital, especialmente o óleo diesel. Pode-se considerar que, praticamente, todas as linhas de motores que atuam na produção garimpeira, funcionam à base de óleo diesel. Daí, o óleo diesel é o grande impulsionador das máquinas e motores utilizados na extração aurífera. Ressalta-se que, o uso da gasolina, restringe-se aos motores de popa que, eventualmente, ajudam no apoio logístico movendo "voadeiras", além dos AVGAS nos aviões.

Concebe-se a terra, como recurso básico que compreende o solo e o subsolo, como o quarto elemento em importância, todavia, pode-se classificá-la como uma componente que, ao longo dos anos, vem sofrendo constantes modificações. A terra hoje assume uma crescente importância no contexto produtivo garimpeiro, pelas inúmeras nuances que apresenta. A terra, como o rancho, as máquinas e o óleo diesel, se refletem nos livros caixas da cantina, seja no varejo, ou no atacado, em transações à vista ou a prazo, sendo esta última, a mais marcante.

A componente compra e/ou troca de ouro está posicionada no 5º lugar na matemática de importância, uma vez que toda a comercialização materializada na reposição e aquisição do material pessoal e material produtivo é transacionado em ouro. Existem cantinas que praticamente não operam com dinheiro em espécie. De forma que, nessa economia semi-monetarizada todo o circuito comercial é feito com base no padrão ouro. Essa situação se concretiza tanto na simples operação de compra de ouro pelo dono da cantina, como na permuta do ouro por mercadorias diversas, tais como: "rancho", combustível, equipamentos, peças de reposição, medicamentos, etc.

Estes cinco elementos supracitados se constituem nas componentes centrais do objeto cantina e são analisados por dentro,

no presente relatório, desde o seu histórico e evolução, suas imbricações, até as diferentes formas de aquisições.

3º Objeto: A Relação entre a Atividade Extrativa Mineral e a Agricultura: Trabalhadores Rurais e Garimpeiros [Ref. 5.4]

O objetivo da pesquisa consistiu no estudo da relação entre a atividade extrativa mineral denominada garimpo e a agricultura, a partir da observação de uma situação em que se movimentam trabalhadores rurais, ex-garimpeiros e garimpeiros.

Os trabalhadores "blefados" e desiludidos com a atividade garimpeira procuram o Sindicato Rural de Itaituba por não encontrarem no Sindicato dos Garimpeiros ressonância quanto aos seus direitos e expectativas. Para eles, o Sindicato dos Garimpeiros não teria representatividade suficiente no conjunto dos trabalhadores que ora estão inseridos na atividade extrativa mineral.

Os mais diversos tipos de análise têm tentado caracterizar os garimpos do Tapajós. Na perspectiva de aproximar-se do real surgem explicações dadas por pesquisadores, geólogos e jornalistas, dentre outros, cuja intenção é caracterizar a área, identificando impasses e entraves no quadro sócio-econômico do referido universo.

Para aqueles envolvidos diretamente na atividade extrativa mineral, as diferentes caracterizações podem parecer somente uma ilusão, cujo reflexo pode estar na miséria flagrante dos trabalhadores do chamado garimpo. Estes permanecem durante meses imobilizados pelas dívidas, se tornando serviçais nas equipes de trabalho nos barrancos de determinados padrões.

Aqueles que entram, vêm sempre no garimpo uma solução para os seus problemas econômicos e esperam conseguir recursos a curto prazo.

Para os trabalhadores que se encontram hospitalizados, acometidos de malária, o garimpo pode representar também a morte. Há registro de casos graves. Quando, porventura, conseguem escapar não

voltam jamais para o exercício da atividade aurífera, considerando ainda que muitas vezes essa saída se torna difícil, quando não impossível.

O garimpo representa contradições no que concerne à realidade do patrão (dono de máquinas, dono de pistas, dono de serviços), que mantém os trabalhadores imobilizados a partir de dívidas contraídas.

Nos garimpos, os conflitos sociais se evidenciam envolvendo mulheres e trabalhadores, em oposição às formas de endividamento. Há inúmeros registros de violência contra mulheres menores de idade que trabalham em *boites* e são mantidas sob o regime de coação, sujeitas a maus tratos e torturas físicas.

Os conflitos em função da disputa por terras acabam por desencadear, não raro, a morte de trabalhadores que, diante da necessidade de obter terras para realizar a exploração, acabam sendo coagidos, quando não, presos e torturados. Na maioria das vezes são vitimados por aqueles que se consideram arbitrariamente os legítimos donos de terra.

Esses fatos, embora sumariamente descritos, evidenciam que os garimpos do Tapajós se mantêm a partir de mecanismos de coação que violam a legislação e são incompatíveis com as modernas concepções empresariais da extração mineral.

Esta pesquisa procurou identificar todos os elementos capazes de caracterizar os trabalhadores garimpeiros, desde sua origem, como chegam até Itaituba e aos garimpos, e como se apresentam nos seus diferentes compartimentos, ou seja, "currutela", "baixão", barraco e barranco.

Necessário também se faz ter elementos que permitissem elaborar um calendário das atividades extrativa mineral e agrícola na região do chamado garimpo do Tapajós. Isto posto, foi possível detectar que uma atividade pode ser complementada pela outra, num perfeito sincronismo, não havendo, assim, dificuldades num possível

consórcio - extrativismo mineral x produção agrícola.

Também foi objeto de estudo a forma como se dá atualmente o abandono do extrativismo mineral e o retorno à agricultura, e qual o perfil desse trabalhador rural, ex-garimpeiro, que volta a sua condição de origem retornando à colônia, caracterizada pelo assentamento na Gleba ARRAIÁ realizado pelo INCRA com de Itaituba.

4º Objeto: Mulheres do Ouro: A Força de Trabalho Feminina nos Garimpos do Tapajós [Ref.5.5]

A presente pesquisa teve como objetivo o estudo da força de trabalho feminina no extrativismo mineral de ouro e sua relevância nos cálculos econômicos que regem o funcionamento da unidade produtiva básica nos chamados "baixões". O termo unidade produtiva básica refere-se à unidade de trabalho, isto é, à unidade de produção propriamente dita. A essa unidade integra-se uma equipe de cinco ou seis indivíduos que exercem a atividade de exploração do ouro e um personagem feminino, que mereceu atenção dos pesquisadores. Isto porque, nas estimativas populacionais de garimpeiros, sejam aquelas realizadas por órgãos oficiais de controle e fiscalização (DNPM), ou as conduzidas por órgãos representantes de classe (USAGAL), o referido personagem não é sequer mencionado. As observações de campo demonstram que, normalmente, a cada equipe de trabalho está integrado uma mulher na função regionalmente conhecida como a de cozinheira.

Ao definir a mulher como objeto de observação, pretendeu-se preencher uma lacuna até então existente. Ao dar-se início à pesquisa, em abril de 1990, a bibliografia [Ref.5.6] utilizada como base para as primeiras discussões sobre o garimpo do Tapajós, não se referia à mulher ligada diretamente ao processo produtivo, até porque, informações dão conta de que na época em que o autor coletou as informações que serviram de suporte à sua análise morfológica, a presença da mulher relacionava-se apenas com a prestação de favores sexuais nas *boites* das chamadas currutelas.

Também era considerado pelo autor como componente potencialmente provocador de conflito nos garimpos. Em todos os outros documentos analisados também não havia referência às mulheres e suas possíveis funções. Alguns meses mais tarde, verificou-se que Gaspar [Ref.5.7] identifica a mulher como componente de equipe de trabalho.

A lacuna observada na bibliografia e uma viagem de reconhecimento aos garimpos do Tapajós deu-nos então os elementos necessários para escolher a mulher como objeto de observação.

O *locus* de observação foi o "baixão", mais especificamente, o barraco, local onde a mulher aparece na função de cozinheira. No sentido de melhor situá-la nesse universo, procurou-se entender com base em depoimentos e observações diretas todos os elementos que compõem o que se designa "baixão".

Observou-se, então, que a chamada unidade produtiva básica realiza-se em duas esferas distintas, ou seja: a da extração aurífera, que limita-se ao barranco onde trabalham os membros masculinos da equipe, e a esfera da reprodução, restrita ao barraco no qual a mulher realiza todas as atividades de sua competência.

A mulher na função de cozinheira não é vista pelos seus companheiros de equipe apenas como tal: ela também é a zeladora dos bens e valores guardados no barraco, e, muitas vezes, é peça fundamental na tentativa de recriar um ambiente familiar há muito perdido.

Procurou-se acompanhar todo o trajeto da mulher nos garimpos, desde a sua entrada nas currutelas e "baixões" até sua rotina diária nas cozinhas e sua imprescindibilidade no cálculo e no controle dos alimentos que compõem a dieta básica; como se autodefinem, como são vistas pelos componentes masculinos e qual sua importância segundo estes mesmos indivíduos.

Após recuperar-se todo o funcionamento da unidade produtiva

básica delinearam-se, as principais estratégias de saída dos garimpos que estas mulheres vislumbravam e em que condições esperavam sair.

Observou-se ainda, apesar de muito difícil, como se dá a entrada no garimpo das chamadas mulheres de *boite*, quais os mecanismos de imobilização a que estas mulheres estão sujeitas e, principalmente, as diferentes formas de torturas, aparecendo como autores os donos das *boites* e, em muitos casos, até membros da Polícia Civil e/ou Militar.

Não foi possível detalhar o funcionamento interno das *boites*, devido à recusa dos proprietários, mas observações e depoimentos dão uma idéia aproximada de como vivem as mulheres no seu interior.

As considerações finais encontradas no relatório de pesquisa revelam que, a partir deste momento, a mulher, principalmente na função de cozinheira, deve ser vista como componente fundamental do processo produtivo, devendo ser incluída na categoria de trabalhadores de garimpo ou garimpeiros, haja vista que ela viabiliza, de forma mais adequada, a produção. Da mulher depende o bom rendimento da equipe no barranco.

Em relação às denominadas mulheres de *boite* deverá se evidenciar medidas que possam coibir essa prática de escravidão branca a partir de aprofundamentos dos trabalhos de pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ref.5.1 MASCARENHAS, A. F. S., ANTUNES, D. M. A.. Estrutura fundiária e ocupação do solo e subsolo: - Caracterização Geral do Município de Itaibuba. Belém: SEICOM/DIRAM. No prélo.
- Ref.5.2 IDESP - "Áreas reservadas ou pretendidas pelos Governos da União e do Estado" - Revista Pará Agrário - Ocupação do Solo e Subsolo, 1980.
- Ref.5.3 LIMA, I. J. S.. Cantinas Garimpeiras: um estudo das relações sociais nos garimpos de ouro do Tapajós. Belém: SEICOM / DIRAM no Prélo.
- Ref.5.4 PAIXÃO, A. E. C.: A A relação entre a atividade extrativa mineral e a agricultura: trabalhadores rurais e garimpeiros. Belém; SEICOM/DIRAM. No prelo.
- Ref.5.5 RODRIGUES, R. M. Mulheres do ouro: A força de trabalho feminino nos garimpos. Belém: SEICOM/DIRAM. No prelo.
- Ref.5.6. SALOMÃO, E.P. - Garimpos do Tapajós - Uma Análise da Morfologia e Dinâmica da Produção in Ciência da Terra(1) 38-45, 1981.
- Ref.5.7 GASPAR, E. S. - Os bamburrados do Tapajós - Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, 142p., 1990.

## 6. IMPACTOS AMBIENTAIS DA ATIVIDADE GARIMPEIRA

### 6.1 MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO

Durante o treinamento, os instrutores e os treinandos tiveram oportunidade de discutir, em conjunto, as experiências individuais no trato da questão garimpeira, frente aos problemas ambientais detectados. Essas discussões tornaram possível a divisão dos treinandos em grupos de trabalho, com composição diversificada em termos de especializações profissionais, atribuindo-se, a cada grupo, a tarefa de identificar, segundo as suas experiências, os impactos considerados significativos sobre um determinado meio (antrópico, físico-químico, e biótico). Os resultados dos trabalhos de cada grupo foram discutidos com os outros grupos, com participação dos instrutores, e, finalmente, as conclusões foram integradas em grandes quadros que pudessem ser considerados como conclusão de todos os participantes. Os quadros gerais foram rediscutidos, com base num *check-list*, até que fosse possível construir os Quadros 6.1 e 6.2, os quais resumem os Impactos Ambientais Significativos (IAS), segundo o senso comum de todos os participantes.

Cumprir destacar que os participantes identificaram dois grandes grupos de agentes impactantes: um, se refere à mineração e beneficiamento propriamente ditos; o outro, se refere à desorganização social reinante na atividade, cujas origens e efeitos são independentes, apesar de associadas. Com efeito, a lavra e o beneficiamento artesanal, realizados sem exigências técnicas e legais, não implica, necessariamente, na existência de demanda não satisfeita por serviços públicos, ou na ausência dos direitos do cidadão. Todavia, a "ilegalidade" da atividade garimpeira, faz com que, a ela se associem, as outras "ilegalidades", evidenciadas pela ausência dos direitos trabalhistas, pela criminalidade em níveis elevados, pelos serviços deficientes de saúde e educação, etc. Foram estas constatações que levaram os participantes a elaborar dois quadros de impactos significativos, apesar da constatação de que a ausência

QUADRO 6.1 - Estudo dos Impactos Ambientais no Âmbito do Programa CAMGA - TAPAJÓS Causados pela Lavra e Beneficiamento.

Ativid. Meio Causa	Físico-Química	Biológica	Antrópico
Limpeza da Área	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fornecimento de matéria orgânica às correntes fluviais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destruição de nichos ecológicos (inclui os solos orgânicos superficiais)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda de biomassa como recurso econômico</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita a organificação do Hg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita a intoxicação por Hg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita a intoxicação por Hg</li> </ul>
Desmonte e	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erosão/aumento das cargas em suspensão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alterações das condições dos habitats ecológicos aquáticos e ribeirinhos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdas na estratégia nutricional das populações ribeirinhas e de viveiros/pesqueiros (comprometimento da atividade pesqueira)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudanças na cor, na turbidez e outras características organolépticas das águas</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento dos custos de tratamento d'água para uso da população (inclui irrigação, recreação etc.)</li> </ul>
Concentração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificação de sistemas de drenagem, sobretudo desvios e assoreamentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assoreamento/recobrimento de várzeas</li> <li>• Alteração nas condições dos habitats ecológicos aquáticos e ribeirinhos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdas de recursos sejam de uso atual ou potencial (agrossistemas de várzeas, transporte hidroviário, turismo etc.)</li> <li>• Geração de focos de doenças endêmicas</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poluição das águas (óleos e graxos, detergentes)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alterações nas condições dos habitats ecológicos, aquáticos e ribeirinhos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdas de recursos sejam de uso atual ou futuro (agrossistemas de várzeas, transporte, turismo etc.)</li> </ul>
Amalgamação e Queima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poluição das águas (Hg)</li> <li>• Poluição do ar (Hg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminação e intoxicação da biota</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposição da população à contaminação por mercúrio</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprometimento de atividades econômicas</li> <li>• Doenças ocupacionais (hidragirismo)</li> </ul>

QUADRO 6.2 - Atividades Associadas aos Garimpos

Meio Ação	Antrópico	Biótico	Físico- Químico
<ul style="list-style-type: none"> <li>• DEMANDA NÃO SA-TISFEITA POR SERVIÇOS PÚBLICOS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SAÚDE                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- disseminação de endemias;</li> <li>- aumento do número de casos de doenças gastro-intestinais;</li> <li>- aumento da morbidade, inclusive infantil.</li> </ul> </li> <li>• EDUCAÇÃO                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- limitação de oportunidades fora da atividade.</li> </ul> </li> <li>• SEGURANÇA                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- descontrole das atividades criminais.</li> </ul> </li> </ul>	A D E S R E S E S P E I T O N A L I M E I O S	A D E S R S E S P E I T O N A L I M Z E I D O S
<ul style="list-style-type: none"> <li>• DESORGANIZAÇÃO SOCIAL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DA POPULAÇÃO ORIGINAL (modificação das atividades/ relações pré-existentes)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- nas cidades e vilas</li> <li>- nas populações ribeirinhas</li> </ul> </li> <li>• DA POPULAÇÃO MIGRANTE (flutuação/mobilidade)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- relações familiares</li> <li>- relações sociais (drogas, crimes, etc.).</li> </ul> </li> <li>• DO CIDADÃO (direitos)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- de propriedade (cível)</li> <li>- do trabalho</li> <li>- mineral</li> <li>- outros                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- segurança</li> <li>- consumidor</li> <li>- informação</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	S P E I T O N A L I M E I O S	S E S E S P E I T O N A L I M Z E I D O S
<ul style="list-style-type: none"> <li>• LAVRA PREDATÓRIA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PERDA DE PARCELA SIGNIFICATIVA DE RECURSO NATURAL NÃO RENOVAVEL (perda social)</li> </ul>		

dos direitos antes citados conduz ao tratamento marginal dos trabalhadores garimpeiros ("subcidadãos"), não se podendo esperar uma contrapartida diferente daquela que oferecem: a agressão generalizada ao meio, seja como condição de sobrevivência, seja como expressão consciente ou inconsciente de revolta com sua exclusão social (no Cap.7 - Diagnóstico Econômico, este tema é desenvolvido, segundo sua origem).

Observou-se, também, que a atuação de um fator impactante sobre um meio, gera impactos sobre outros meios. Por exemplo, a atividade de desmonte dos barrancos, lança milhares de toneladas de sedimentos nos cursos d'água, alterando sua cor e turbidez. Tais alterações interferem nas condições de sobrevivência e de reprodução de inúmeros representantes da biota aquática, o que, por sua vez, gera perdas na estratégia nutricional das populações ribeirinhas, aumenta os custos de tratamento d'água para uso humano, etc. Esta observação exige que a avaliação dos impactos seja efetuada como um todo, à medida que a subdivisão do meio-ambiente em três partes (físico-químico, biótico e sócio-econômico), tal como estabelece a Resolução CONAMA nº 001/86, é feita exclusivamente para facilitar o entendimento do processo, através da fixação de parâmetros que são extremamente variáveis. Não se pode desconhecer, assim, que a atuação sobre apenas uma causa, ou sobre um sintoma, não trarão resultados que sejam satisfatórios e permanentes, tendendo, em alguns casos, ao mero desperdício.

## 6.2. COMENTÁRIOS SOBRE OS IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS (IAS)

Observando o Quadro 6.1, Impactos da Lavra Garimpeira nota-se que as operações de lavra e de concentração têm consequências sobre o conjunto do meio ambiente e representam altos custos absorvidos pela sociedade, como se pode observar nos exemplos que se seguem.

(a) A limpeza da área do garimpo, envolvendo tanto a parcela destinada à lavra, como as destinadas à implantação de "currutelas", pistas de pouso, etc, é feita sem qualquer cuidado, às vezes até sem o aproveitamento da madeira comercializável. Os resultados dessa atividade se fazem sentir pelo carreamento do material orgânico, oriundo da limpeza para os cursos d'água, favorecendo a metilação do mercúrio metálico despejado durante as operações de concentração e alterando a cor, a turbidez e, até, a acidez da água. Como consequência dessas alterações, o meio biótico acusa a destruição de nichos ecológicos, incluindo os solos orgânicos superficiais, bem como a potencialização de intoxicação da biota pelo mercúrio organificado em relação ao mercúrio metálico. No meio antrópico, a limpeza do terreno gera a perda da biomassa como recurso econômico, bem como a potencialização das intoxicações pelo mercúrio organificado através do consumo das espécies da biota contaminados no meio aquático.

- (b) O desmonte e a concentração do minério, que por sua vez:
- causam o aumento das cargas em suspensão, interferindo e modificando a cor, a turbidez e outras características organolépticas das águas;
  - modificam os sistemas de drenagem natural, gerando erosões com os conseqüentes desvios de curso e assoreamento indesejáveis; e,
  - contribuem com a poluição das águas pelo despejo de óleos e graxos usados na manutenção e operação de máquinas e motores, e pela dissolução de detergentes usados nas caixas de concentração do minério; no meio biótico as conseqüências se fazem sentir nas alterações dos habitats aquáticos e ribeirinhos e no assoreamento/recobrimento de várzeas, que revelam perdas de recursos naturais de uso atual e/ou potencial, tais como: agrossistemas de várzeas, transporte hidroviário, turismo, etc, bem como na potencial proliferação de vetores trans-

missores de doenças endêmicas.

- (c) A separação e purificação do ouro gera a poluição da água e do ar com mercúrio, com as conseqüentes contaminação e intoxicação da biota, podendo atingir o homem diretamente pela intoxicação ocupacional (entre os garimpeiros que queimam o amálgama no processo de separação do ouro após a amalgamação, e entre os que trabalham nas casas de compra de ouro, onde o processo de queima é repetido com o intuito de purificá-lo ainda mais, caso a primeira queima não tenha sido completa com a total evaporação do mercúrio); a poluição com mercúrio, assim, compromete um número elevado de atividades econômicas, desde a perda da mão-de-obra intoxicada nas atividades ocupacionais, até a pesca, onde reside o maior risco a que a população de consumidores fica exposta.

O Quadro 6.2., por sua vez, destaca os impactos associados à irregularidade da atividade garimpeira. Efetivamente, a população garimpeira tem intensa mobilidade, deslocando-se de uma área para outra, onde pensa que sua sorte estará ali reservada, voltando a seus lugares de origem (em geral outros estados) quando decepcionados, ao mesmo tempo que outros lhes tomam o lugar. A grande maioria viaja sem suas famílias, outros levam suas mulheres e filhos, mas todos acabam convivendo em condições insatisfatórias, seja do ponto de vista físico, seja do ponto de vista social.

A intensa mobilidade no tempo e no espaço dificulta a oferta de serviços públicos, com destaque para baixíssima possibilidade de oferta de serviços de educação, saúde e segurança pública, com conseqüências para toda a sociedade, viva ela do garimpo ou não. A disseminação de doenças endêmicas pelo País, o custo social das doenças ocupacionais, a redução da expectativa de vida e o virtual descontrole das atividades criminosas (contrabando, tráfico de drogas, etc) são todas faces da mesma moeda.

A desorganização social induzida pela ilegalidade do garimpo,

onde qualquer indivíduo pode se introduzir, causa um verdadeiro "inchaço" das vilas, povoados e cidades que lhe são próximos e, após, um esvaziamento quase total, mal começam a se destacar os sintomas de exaustão mineral. A população original sofre as conseqüências da verdadeira invasão quando do início das atividades garimpeiras, sendo obrigada a modificar seus padrões de atividades e de relações sociais, em geral para uma qualidade de vida muito pior. Os direitos do cidadão passam a não ser respeitados (afinal, a atividade é ilegal), começando pelo direito de propriedade de concessão mineral, que só é mantida com o uso da força. Não há (nem pode haver) direitos trabalhistas, não se respeita o direito ambiental, a segurança pública é tênue e o sistema de compras pela cantina é um verdadeiro atentado às leis de defesa ao consumidor.

A ilegalidade da atividade conduz também à exploração exclusiva dos "fácies" mais ricos em minério, numa clara lavra predatória, condenada pelo Código de Mineração por não recuperar todo o minério economicamente extraível. Tratando-se de bens não-renováveis, normalmente o DNPM somente aprovaria planos de lavra que apontassem uma exploração voltada a recuperar o máximo possível de minério, fazendo com que a extração dos fácies mais ricos viessem a financiar a extração dos "fácies" de menor concentração, ou seja, um plano de lavra embasado em lucros médios e não em lucros marginais. A característica predatória se acentua se for considerado que as técnicas artesanais de recuperação são, em geral, menos eficientes do que as técnicas industriais, usualmente utilizadas pelas mineradoras de todo o mundo, gerando perdas econômicas do patrimônio nacional não-renovável, com evidentes perdas sociais.

Finalmente, os comentários sobre os impactos ambientais significativos não poderiam deixar de registrar a inobservância da obrigatoriedade de recuperação das áreas degradadas, exigida legalmente de qualquer minerador, apesar deste impacto não aparecer (para não dificultar seu entendimento) nos Quadros 6.1 e 6.2. A falta desta

recuperação tende a tornar impactos transitórios em permanentes.

## 7. DIAGNÓSTICO ECONÔMICO

### 7.1 O OURO NO BRASIL

O Banco Central do Brasil, a partir de 1981 (tornando-se efetivo na segunda metade da década), desenvolveu o Projeto Ouro, cujas conseqüências legais eram transformar o metal precioso, antes tratado como uma mercadoria qualquer, em algo que tivesse um tratamento diferenciado de outras mercadorias comuns, como já ocorria em outras praças onde o ouro é normalmente comercializado. Tal esforço transpareceu na Constituição Federal de 1988 que através do seu artigo 153, parágrafo 5º, o considerou como ativo financeiro, ou instrumento cambial, trazendo, assim, tratamento tributário diferenciado com uma única alíquota (1%), quando assim for tratado. Tais vantagens repercutiram favoravelmente como inibidoras muito eficientes do descaminho que, antes, era o destinatário principal da produção oriunda dos garimpos (o governo tem condições de fiscalizar de modo eficiente apenas as minerações organizadas). Embora ainda se divulgue um volume considerável de notícias jornalísticas envolvendo o contrabando de ouro, em geral relacionando-o com atividades criminosas, tais como os tráficos de armas e de drogas, parece que o desvio do produto dos mercados formais é muito pequeno em relação ao total produzido anualmente. Como conseqüência, as estatísticas disponíveis sobre a produção da última década, principalmente a partir de 1988, são bem mais confiáveis do que as mais antigas, podendo-se utilizá-las como indicadores válidos.

O Quadro 7.1 mostra a produção de ouro da década de 80, evidenciando de um lado o crescimento vertiginoso da produção industrial, que ao saltar de 4t em 1980 para 22,9t em 1989 auferiu ganhos anuais da ordem de 21%, enquanto que os garimpos da Amazônia, no mesmo período, apesar da taxa positiva, cresceu somente 13,5% ao ano. Com isso, a produção das empresas direcionou o cresci-

mento brasileiro de 15,1% anuais, evidenciando que, em breve, no limiar da década de 90, deverá se igualar à produção garimpeira. Nos garimpos, caso não sejam tomadas medidas mitigadoras, em vista da produção semi mecanizada e da lavra ambiciosa (aproveitando as frações mais ricas do minério), prevê-se a queda cada vez maior da produção. Finalmente, considerando as estatísticas do Gold (1991) - London Gold Fields Mineral Service - a produção de ouro brasileiro, no período de 1980-89, cresceu em média 14,5%, apresentando com efeito, uma estabilidade nos últimos 2 anos, em torno de 100t, o que conflita com os dados estimados pelo DNPM, onde entre 1988-89 houve uma queda de 8%.

QUADRO 7.1 - Produção de Ouro no Brasil (em kg)

ANO	MINAS	%	GARIMPOS(*)				TOTAL
			AMAZÔNIA	%	OUTRAS REGIÕES	%	
1980	4.088	13,00	25.500	81,11	1.850	5,89	31.438
1981	4.376	11,78	30.650	82,55	2.100	5,67	37.126
1982	4.616	7,64	53.700	88,81	2.150	3,55	60.466
1983	6.196	8,26	65.500	87,28	3.350	4,46	75.046
1984	6.655	9,83	58.650	86,56	2.450	3,61	67.755
1985	8.457	10,48	69.100	85,62	3.150	3,90	80.707
1986	9.349	10,09	80.700	87,05	2.650	2,86	92.699
1987	13.616	13,58	83.250	82,98	3.450	3,44	100.316
1988	21.769	17,88	93.500	76,78	6.500	5,34	121.769
1989	22.849	20,46	79.500	71,15	9.380	8,39	111.729

Fonte: DNPM. \* Produção estimada

Dentre as regiões garimpeiras produtoras de ouro, a bacia do rio Tapajós tem grande destaque (ver Quadro 7.2). Reunindo-se as produções do Tapajós-Parauari e do Norte do Mato Grosso (rio Teles Pires e seus afluentes, formadores do Tapajós), vê-se que esta bacia contribuiu, permanentemente, com aproximadamente a metade do ouro produzido pelos garimpos no Brasil (do mínimo anual de 42% ao máximo de 57%). É esta bacia, portanto, a que sofre os maiores impactos da atividade garimpeira, e é nela que se devem concentrar atenções.

QUADRO 7.2 - Produção de Ouro na Amazônia

kg

REGIÃO	ANO	1980	1981	1982	1983	1984
Tapajós-Parauari		12.000	16.700	20.600	25.500	17.000
Sudeste do Pará		9.800	10.500	16.850	20.750	16.200
Norte do Mato Grosso		450	950	4.350	9.400	11.850
Rondônia - Rio Madeira		1.650	450	7.050	3.250	3.450
Roraima		150	250	550	900	750
Amapá		100	150	250	800	1.300
Gurupi		200	250	300	350	1.800
Tocantins		100	200	150	250	750
Cuiabá - Poconé		150	250	2.050	2.050	4.200
Outros		900	950	1.550	2.250	1.350
TOTAL		25.500	30.650	53.700	65.500	58.650

kg

REGIÃO	ANO	1985	1986	1987	1988	1989
Tapajós-Parauari		16.700	20.300	28.200	35.200	33.450
Sudeste do Pará		23.450	32.800	17.650	10.150	7.200
Norte do Mato Grosso		14.800	14.350	16.650	11.350	10.250
Rondônia - Rio Madeira		4.350	2.300	13.400	16.900	11.850
Roraima		550	1.050	1.550	10.150	9.150
Amapá		2.050	5.350	1.850	3.800	2.850
Gurupi		1.850	700	850	300	250
Tocantins		1.050	350	250	850	450
Cuiabá - Poconé		2.100	1.050	800	2.050	1.950
Outros		2.200	2.350	2.050	2.750	2.100
TOTAL		69.100	80.700	83.250	93.500	79.500

Fonte: DNPM. \* Produção estimada

## 7.2. POPULAÇÃO E RENDA DOS GARIMPOS

São muito comuns, em notícias jornalísticas, os dados discrepantes sobre a população garimpeira. Parece que o número de pessoas envolvidas varia de acordo com os interesses individuais, aumentando e diminuindo segundo a necessidade do entrevistado. Os dados dos Quadros 7.3 e 7.4, preparados pelo DNPM, guardam uma certa coerência com o volume de ouro produzido pelos garimpos. Pode-se admitir, todavia, que tais quadros restringem os garimpeiros aos empresários do garimpo e aos trabalhadores diretamente ligados aos processos de lavra, beneficiamento e comércio do ouro bruto. Se a estes números se acrescentar um percentual em torno de 30%, referentes ao pessoal vinculado às atividades garimpeiras (mecânicos, comerciantes, prostitutas, etc.) e aos dependentes de ambos (em torno de 4 pessoas para cada trabalhador de garimpo), chegar-se-ia a um número máximo de dependentes dos garimpos em torno de 2.700.000 indivíduos em todo o Brasil, no ano de 1989 (apenas 420.000 compondo a população economicamente ativa nos processos de garimpagem). Pelo mesmo cálculo este número ter-se-ia reduzido para 1.900.000 indivíduos em 1990, com a "saída" de 800.000 pessoas num único ano. Independentemente da credibilidade destes números, pode-se inferir que, no mínimo, guardam alguma proporcionalidade com os números reais. Como consequência, pode-se deles depreender a extrema mobilidade da migração da população garimpeira, entrando e saindo da atividade tão rapidamente como num passe de mágica.

Continuando a dar credibilidade aos Quadros 7.3 e 7.4, e atribuindo ao ouro um valor médio, nas áreas de garimpo, igual a 85% daquele vigente nas bolsas de mercadorias (as casas de compra de ouro pagam de 80 a 90% deste valor nas compras dos garimpos, dependendo apenas da localização, da concorrência pelo metal, do grau de pureza obtido pelo garimpeiro na concentração e queima, etc), pode-se calcular a renda bruta per capita da atividade. Assim, usando como valor médio recebido pelo garimpeiro durante os anos

QUADRO 7.3 - População Garimpeira do Brasil

(dados estimados)

ANO	AMAZÔNIA	%	OUTRAS REGIÕES	%	TOTAL
1980	90.000	80,21	22.200	19,79	112.200
1981	95.000	71,81	37.300	28,20	132.300
1982	142.000	82,99	29.100	17,01	171.100
1983	240.000	89,88	27.000	10,12	267.000
1984	264.000	92,47	21.500	7,53	285.500
1985	273.000	87,36	39.500	12,64	312.500
1986	270.000	88,96	33.500	11,04	303.500
1987	275.000	90,02	30.500	9,98	305.500
1988	340.000	89,47	40.000	10,53	380.000
1989	350.000	83,35	69.920	16,65	419.920
1990	218.000	74,48	74.700	25,52	292.700

1980-1989: Fonte - DNPM e USAGAL. 1990: Fonte - DNPM (Cadastramento Nacional dos Garimpos e Garimpeiros)

QUADRO 7.4 - População Garimpeira da Amazônia

(dados estimados)

REGIÃO	ANO	1980	1981	1982	1983	1984
Tapajós-Parauari		40.000	40.000	55.000	80.000	80.000
Sudeste do Pará		26.000	28.000	48.000	80.000	70.000
Norte do Mato Grosso		7.000	8.000	10.500	34.000	53.000
Rondônia-Rio Madeira		4.900	5.500	8.000	12.700	9.400
Roraima		1.300	1.500	3.000	1.500	1.600
Amapá		500	600	3.000	1.500	1.600
Gurupi		1.600	2.100	2.500	15.000	23.000
Tocantins		1.500	1.600	2.500	3.000	5.000
Cuiabá-Poconé		4.000	4.000	5.500	6.000	5.500
Outros		3.200	3.700	4.000	4.000	12.500
TOTAL		90.000	95.000	142.000	240.000	264.000

QUADRO 7.4 - População Garimpeira da Amazônia (cont.)

(dados estimados)

REGIÃO	ANO	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Tapajós-Parauari		90.000	95.000	100.000	110.000	130.000	95.000
Sudeste do Pará		50.000	50.000	40.000	47.000	55.000	31.000
Norte do M. Grosso		55.500	54.000	60.500	77.500	77.500	29.400
Rondônia-R. Madeira		11.000	16.500	14.000	20.000	20.000	15.800
Roraima		1.500	2.000	1.500	35.000	13.650	10.500
Amapá		5.000	4.000	5.000	9.000	10.000	14.700
Gurupi		37.000	25.000	22.000	15.000	13.000	6.500
Tocantins		5.500	5.200	6.000	6.500	7.000	6.400
Cuiabá - Poconé		4.500	4.000	4.500	4.500	6.000	3.600
Outros		13.000	14.300	21.500	27.500	17.850	5.100
TOTAL		273.000	270.000	275.000	340.000	350.000	218.000

1980/1989: Fonte - DNPM e USAGAL. 1990: Fonte - DNPM (Cadastramento Nacional dos Garimpos e Garimpeiros)

de 87, 88 e 89 o total de US\$ 10.000,00/kg, pode-se construir o Quadro 7.5 apresentado adiante.

Em se tratando da renda bruta do trabalho de garimpagem, ou seja, sem excluir os altos custos de deslocamentos e viagens em geral, do mercúrio usado na amalgamação, dos combustíveis e lubrificantes, dos víveres e das diversões (que nos garimpos custam de 2 a 5 vezes mais do que nas áreas urbanas brasileiras mais populosas), vê-se que pouco resta para dividir entre os donos dos garimpos (proprietários de balsas e dragas, de pistas de pouso, de lotes, ou de barrancos e "baixões") e seus trabalhadores. A baixíssima renda real auferida pelo conjunto dos garimpeiros justifica a visão miserável oferecida pela imensa maioria das áreas ocupadas pelos garimpos, e a constante migração em busca de melhor sorte que, pela grande maioria, nunca é encontrada.

QUADRO 7.5 - Produção, População e Renda Bruta

ITENS	1987	1988	1989
Produção Garimpeira de Ouro (em t)			
Brasil	86,7	100,0	88,9
Tapajós	28,2	35,2	33,5
População Garimpeira (em milhares)			
Brasil	380,0	419,9	292,7
Tapajós	100,0	110,0	130,0
Pop. Incluindo Dependentes (em milh.)			
Brasil	2.500	2.700	1.900
Tapajós	650	715	845
Renda Bruta per capita (em US\$/ano)			
Garimpeiros-Brasil	2.280	2.380	3.040
Garimpeiros-Tapajós	2.820	3.200	2.570
Com dependentes-Brasil	350	370	470
Com dependentes-Tapajós	430	490	400

Outro ponto a considerar é que o preço médio representa uma distribuição equitativa, o que no garimpo não ocorre. Apenas uns poucos "bamburram", enquanto a maioria sofre quantidades insignificantes caracterizando uma caótica distribuição de rendas não representada no Quadro 7.5.. A ABEMA estimou em seu trabalho que apenas 30% da renda seria apropriada pelo trabalhador do garimpo (estima-se que em Serra Pelada 10% dos indivíduos apropriaram-se de 90% das rendas), ficando os 70% restantes em mãos dos donos das áreas. Se este valor (30%) for aplicado ao Quadro 7.5, notar-se-á que, em média, os trabalhadores tiveram uma renda bruta anual entre 700 e 1000 dólares norte-americanos (140 a 200 dólares de renda per capita), valor muito próximo do salário máximo vigente no Brasil.

A submissão a uma situação tão degradante ocorre em função da própria crise econômica com que o Brasil se defronta há mais de

dez anos, não só negando oportunidades alternativas para a mão-de-obra mas, principalmente, para a mão-de-obra menos qualificada (segundo os levantamentos mais recentes do DNPM, 26,2% dos trabalhadores dos garimpos são analfabetos e 68,4% tem, no máximo, apenas o curso primário) frente a uma tecnologia que exige pessoal cada vez mais especializado e com maior nível de instrução. Em outras palavras, o custo de oportunidade da mão-de-obra garimpeira atualmente tende a zero, dando base econômica à afirmativa comum de que os garimpos são uma válvula de escape (embora muito pequena) para a crise social em que vive o País.

Pode-se, como conseqüência, afirmar que pelo menos parte considerável da renda líquida ainda auferida pelos trabalhadores do garimpo representa, tanto a parcela do meio ambiente destruída e não recuperada, como a parcela de redução da expectativa de vida dos garimpeiros, por se dedicarem à tarefa em condições tão insalubres. Apesar destas afirmações serem bastante duras, pode-se constatar, até com facilidade, sua racionalidade frente à situação vivida pelos garimpeiros: a troca de uma expectativa de vida futura (que, afinal, é apenas uma expectativa) pela sobrevivência, hoje é vantajosa, pois não há expectativa de vida para os que morreram.

Resta saber se, de fato, os custos ambientais que podem se refletir sobre o restante da população (não garimpeira) são compensados pela receita ínfima dos trabalhadores, conforme demonstrado no Quadro 7.5. O exemplo do caso de Minamata é flagrante. Embora existam milhares de processos ainda sem solução, sabe-se que, desde 1968, ano em que o governo japonês reconheceu que o "mal de Minamata" era causado por compostos de mercúrio lançados na baía homônima pela fábrica de fertilizantes nitrogenados Chisso Corp., já foram dispendidos mais de US\$ 1.500.000.000,00, dos quais 370 milhões apenas na retirada do lodo contaminado e seu tratamento e isolamento (1,5 milhões de metros cúbicos). A agência ambiental japonesa calcula que os custos totais de reparação dos danos causados pela contaminação mercurial em Minamata está exigindo

investimentos em torno de US\$90 milhões por ano, sem previsão de conclusão. Esta mesma agência calcula que tais custos são 100 vezes superiores aos que seriam dispendidos com o controle da poluição necessário para impedir a ocorrência da doença, o que geraria uma relação custo-benefício de valor quase absurdo se as ações de controle tivessem sido implementadas.

### 7.3. OURO E OUTROS RECURSOS EXAURÍVEIS

O ouro, como bem mineral, é um recurso exaurível. Outros recursos, entretanto, que poderiam ser renováveis, tais como as várzeas agricultáveis, são totalmente destruídas no processo de busca do ouro, exaurindo-se tal como os bens minerais. Como nem o recurso mineral ouro, nem a várzea destruída são recursos produzíveis pelo homem, suas extração e destruição implicam na redução de possibilidades, atuais e futuras, de submetê-los a uma exploração e uso racionais.

A lavra, assim, deve sempre ser conduzida no sentido de aproveitar-se ao máximo os recursos disponíveis, evitando-se todo e qualquer desperdício dos bens não renováveis. Um bom projeto de lavra mineral leva em conta o conjunto dos teores encontrados em cada fácies mineralizada, programando a extração do minério com base nos teores médios e custos médios de exploração, frente ao custo de oportunidade do capital. Esta condução do processo de lavra permite que sejam recuperados minérios em teores abaixo do que seria considerado econômico, se toda a jazida tivesse os teores mínimos encontrados. Este método, atendendo ao estabelecido no Código de Mineração e na própria Constituição Federal (Cap.3), é dominante nos projetos de lavra aprovados pelo DNPM e tem grande reflexo social, à medida que evita o desperdício de um bem não-renovável.

No caso dos garimpos, inexistem planos de lavra com esta visão social de recuperação mineral. Sempre se buscam as áreas de

maiores teores, explorando-as com exclusividade, ao mesmo tempo que os métodos de recuperação, obsoletos, não permitem que a lavra se dê a níveis desejados. O resultado, como não poderia deixar de ser, é a permanência de grande quantidade de ouro nos jazimentos ou espalhado por grandes espaços, tornando-o inexplorável pelos baixos teores (alto custo de recuperação) que passa a apresentar. Devido à perda que o minério não extraído representa para a sociedade como um todo, e para a nação em particular, esta forma de condução da exploração é denominada "lavra predatória", e o valor do minério que deixa de ser extraído deve compor uma rubrica específica dos custos ambientais gerados pelos garimpos.

### 7.4. GARIMPOS E BENS DE PROPRIEDADE COMUM

A apropriação coletiva de recursos de propriedade comum foi analisada pela primeira vez pelo economista e professor da Universidade de Oxford, William Forster Lloyd, em trabalho originalmente publicado em 1833. Ele demonstrou que uma área de pastoreio comunitário dava resultados positivos enquanto o número de ovelhas não excedesse a capacidade de renovação do pasto (capacidade de suporte do sistema solo-pasto), pois, de outro modo, as pastagens seriam prejudicadas e se reduziria o número de animais que ela poderia sustentar. Segundo Lloyd, os criadores que usavam a área em comum poderiam concordar que seria do interesse de todos reduzir o número de animais a um nível que pudesse ser mantido indefinidamente (produção sustentável), todavia, o criador individual não tinha qualquer incentivo para reduzir o seu rebanho, ou para investir no melhoramento da pastagem, pois estaria absorvendo um custo que não é atribuível a um indivíduo em particular. Em outras palavras, se uma ou ambas atitudes fossem tomadas por um dos criadores, seu exemplo não seria, necessariamente, seguido por todos, fazendo com que a soma das decisões individuais para maximizar os ganhos resultasse na utilização do recurso de modo mais intenso do que ele suporta. A essa estrutura de uso dos recursos, Lloyd

denominou de "tragédia dos bens de propriedade comum".

A lavra garimpeira, de modo geral, se porta do modo denominado como tragédia por Lloyd: tanto o ouro, objeto da extração, como o meio ambiente, destruído para dar acesso ao ouro e receptáculo dos dejetos do garimpo (óleos e graxos, mercúrio, etc. etc.) são usados de forma intensa e despreocupada, fazendo com que a soma das decisões individuais resulte na superação da capacidade de suporte, o que gera os impactos significativos relacionados no Capítulo 6.

Todavia, diferentemente do estudo de caso apresentado por Lloyd, as conseqüências do uso indiscriminado do meio ambiente e dos recursos nele contidos, pela atividade garimpeira, não se limitam a prejudicar exclusivamente (ou quase exclusivamente) aos que a ela se dedicam. Em outras palavras, existem custos, ainda não conhecidos em toda sua extensão, que são, ou serão, absorvidos por outros indivíduos e por toda a sociedade. Eles podem ser facilmente identificados nos Quadros 6.1 e 6.2, apresentados no capítulo anterior, onde compõem os impactos sobre o meio antrópico.

## 8. CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO NA BACIA DO RIO TAPAJÓS

### 8.1 INTRODUÇÃO

Quando das primeiras reuniões visando a definição de uma estratégia que possibilitasse a elaboração do diagnóstico ambiental, proposto pela SEICOM, para a região dos garimpos do Tapajós, ficou clara a necessidade de uma abordagem para o problema "contaminação por mercúrio" que se diferenciasse radicalmente do proposto até então. Em linhas gerais, a estratégia proposta existente era a da realização de novos e intensos levantamentos de campo consistindo da coleta e análise de materiais geoquímicos (água, sedimentos, solos, etc.) e de materiais biológicos (cabelo, urina e sangue). Conseqüentemente, a necessidade de uma abordagem diferenciada advinha, essencialmente, da constatação de que, pela sua similaridade conceitual e operacional, o que se propunha nada mais era do que a repetição de levantamentos do tipo *survey* (i.e., de reconhecimento dos níveis de concentração e de distribuição do mercúrio) que dificilmente levaria a conclusões muito diversas daquelas já enunciadas pelos trabalhos fundamentais realizados na área do estudo (todos do tipo *survey*).

Em realidade, e até por questões dos altos custos envolvidos em levantamentos desta natureza na região, quando confrontados com a exigüidade dos recursos disponíveis, pareceu à equipe técnica responsável pela confecção do referido diagnóstico, que era preciso avançar nos conhecimentos acumulados até então, em direção aos denominados *health assessment*, avaliações dos riscos de exposição das populações humanas e do meio ambiente a agentes tóxicos, [Ref.8.1]. Para tanto, propôs-se, como um primeiro passo metodológico, a reinterpretação dos dados secundários existentes sobre a área do estudo e a realização de levantamentos de dados primários apenas de natureza complementar aos já disponíveis.

Desejava-se, também, que esta reinterpretação e complementação dos dados prévios fosse feita em bases mais objetivas (risco à saúde e ao meio ambiente) para que pudesse servir de possível orientação para os levantamentos propostos, já que, além da SEICOM, outros trabalhos estavam/estão previstos para a área.

É preciso ressaltar o fato de a SEICOM não se tratar de uma instituição de pesquisa, conseqüentemente, era necessário definir, no mais curto espaço de tempo possível, quais as prioridades técnicas e os investimentos a serem realizados pelo Governo do Estado no que tange à questão da contaminação por mercúrio, tendo-se por referencial o máximo de proteção possível das populações expostas e a conservação dos recursos naturais – base da economia do Pará (no caso presente, com ênfase à atividade pesqueira). Além disso, diante da polêmica instaurada devido a esta contaminação, era fundamental que as reinterpretações estivessem baseadas em métodos e técnicas sustentáveis, tanto do ponto de vista científico, como das abordagens propostas por agências internacionais e organismos referenciais, tais como WHO [Ref.8.2 e 8.3] e ATSDR [Ref.8.4].

Em suma, a idéia básica era a de se elaborar um diagnóstico da contaminação mercurial na região foco do estudo que, a partir dos dados secundários existentes associados a levantamentos de dados primários complementares, organizados através de uma metodologia de interpretação baseada na análise do risco de exposição das populações e de contaminação do meio ambiente por mercúrio, fornecesse subsídios à SEICOM para o estabelecimento de um plano de metas relacionado à sua possível atuação no controle dessa contaminação.

## 8.2. ESTRATÉGIA DE ABORDAGEM

Na seleção, organização e interpretação dos dados secundários utilizou-se uma estratégia baseada em algumas premissas:

- (a) do ponto de vista conceitual, a área foco das emissões de mercúrio no presente estudo situa-se em uma reserva estabelecida com a finalidade precípua da garimpagem de ouro. Esse fato torna "legal" uma atividade juridicamente ilegal e tecnicamente inadequada, para um nível desejável de exploração do recurso mineral a que se destina (Cap. 3);
- (b) não somente por esta inadequação, mas, também, por todos os demais motivos expostos no Capítulo 6 do presente estudo, o meio ambiente é profundamente afetado pela atividade garimpeira. Conseqüentemente, os riscos de degradação ambiental no interior da reserva são bastante previsíveis e constituem fontes de problemas potenciais, oriundos da exportação (externalização) dos materiais (incluído o mercúrio) para os demais setores e atividades (existentes e potenciais) da bacia do rio Tapajós, externos à reserva;
- (c) os trabalhos/levantamentos existentes para a área do estudo, sugerem níveis numéricos para um dimensionamento da degradação e da contaminação da área do estudo. A divulgação desses níveis é o que caracterizou, junto à sociedade, uma determinada noção do impacto ambiental da atividade garimpeira, sobretudo o relacionado à contaminação por mercúrio na região. No entanto, é importante ressaltar, que os dados divulgados, no geral, correspondem aos valores médios e máximos, sem que seja realizada uma análise mais aprofundada do seu significado real, isto é, do seu significado, tanto ao nível do comportamento do meio no qual foi coletado (e do seu próprio comportamento dentro deste meio) , quanto ao nível do risco de exposição das populações humanas e atividades econômicas afetadas, quando considerados à luz dos comportamentos citados;
- (d) portanto, o enfoque principal das interpretações se concentraria:
  - nas transferências de materiais entre compartimentos ambientais diferentes (sedimento para a água, p.ex.), assim

como, inter e intrasegmentos de um mesmo compartimento ambiental (transferências entre dois segmentos de um mesmo rio, p.ex.). A base metodológica, para a análise das transferências preconizada foi a realização de simulações a partir de balanços de massa, que permitiram analisar criticamente o significado dos valores numéricos de qualidade de meio, relativos ao mercúrio, disponíveis na bibliografia para a região. Saliente-se que esses valores numéricos estão na base das equações utilizadas na avaliação dos riscos de exposição das populações humanas, assim como na avaliação dos níveis de comprometimento de outras atividades econômicas baseadas diretamente no uso dos recursos naturais;

- na análise do risco de exposição das populações humanas, através do cálculo de doses para mercúrio a que estão submetidas, tanto do ponto de vista ocupacional (i.e., função das suas atividades profissionais), quanto do ponto de vista ambiental (i.e., através do consumo de água, peixes, etc). A estratégia básica para a avaliação do risco de exposição das populações envolve o uso de equações para o cálculo das doses de mercúrio a que estão submetidos os indivíduos de uma dada população. Por sua vez, essas equações, como será visto, possuem componentes de concentrações de mercúrio em materiais naturais (águas, peixes, etc), cujos valores são determinantes no estabelecimento de níveis de risco e, portanto, de prioridades nas ações de controle e gestão ambiental;

(e) dessa forma, as simulações baseadas nos balanços de massa e as análises de risco propostas devem permitir a elaboração de cenários-base para uma avaliação da real exposição das populações (e da fauna, aquática principalmente) ao mercúrio, na tentativa de se transcender as interpretações dos resultados dos levantamentos fundamentais já realizados e disponíveis, para um nível de análise preliminar de risco tanto para a saúde humana

quanto para outras atividades econômicas co-localizadas, sobretudo a pesca. O termo *preliminar* é aqui utilizado, expressamente para significar que a partir dos resultados alcançados é que se torna possível o aprofundamento da análise, a fim de definir-se, em uma segunda etapa dos estudos, o risco real a que estão submetidas as populações e/ou comprometidas outras atividades. Esse aprofundamento se torna necessário porque, como será visto, apesar do avanço significativo representado pelo presente estudo (com a reinterpretação dos dados secundários existentes e de outros novos estudos incluídos neste relatório), não pode este ser considerado conclusivo;

- (f) em função da necessidade de se avaliar o impacto da atividade garimpeira, especialmente de contaminação por mercúrio, sobre a pesca na região e, ainda, da precariedade dos dados disponíveis para teores de mercúrio em tecido de peixe, em cooperação com o Instituto Evandro Chagas, foi realizado um programa de coleta de amostras de peixes na região do estudo. Os resultados e a discussão/interpretação dessas amostragens também são apresentados no presente relatório; e,
- (g) finalmente, visando estimar a saída (exportação) dos fluxos de mercúrio da bacia do Tapajós, foi efetuado um levantamento consistindo da amostragem de água na foz do rio Tapajós, no rio Amazonas na cidade de Santarém-PA. Esse levantamento, assim como o programa de coletas de amostras de peixes, ocorreu durante a época de vazante fluvial no período de outubro/novembro de 1991.

### 8.3. ANÁLISE CRÍTICA DAS CONCENTRAÇÕES E DOS FLUXOS DE MERCÚRIO EM ÁGUAS E SEDIMENTOS DA ÁREA DO ESTUDO ATRAVÉS DE SIMULAÇÕES BASEADAS EM BALANÇOS DE MASSA

#### 8.3.1. Generalidades sobre os balanços de massa

O balanço de massa é aqui entendido como a descrição, sob a forma de fluxo (concentração x vazão), dos materiais (no caso presente o mercúrio e os sólidos suspensos - S.S.) que entram, deixam ou acumulam em um sistema (rio Tapajós, por exemplo), ou segmento de sistema (segmento/seção do rio Tapajós, em Itaituba, por exemplo), com limites definidos.

Os balanços podem ser simulados a partir de dados secundários e/ou a partir de diferentes cenários propostos para o possível e/ou potencial comportamento de um material (elemento, substância, etc.). No caso presente as simulações foram propostas como situações extremas (críticas), no pressuposto de que essas situações refletem valores-limite, balizadores da interpretação e análise de adequação dos dados disponíveis sobre o mercúrio na área do estudo. Em suma, as simulações representam situações referenciais e não, necessariamente, reais.

Bidone [Ref.8.5], propõe uma equação genérica para a realização de balanços de massa, como segue:

Na equação proposta:

- . a transferência é considerada entre dois meios diferentes ou segmentos de um mesmo meio;
- . a acumulação e/ou exportação refletem mecanismos em um mesmo meio ou segmento;
- . os processos biogeoquímicos (tais como a metilação do mercúrio, por exemplo) e outros (sedimentação, volatilização etc.) correspondem a eventos internos a um determinado meio ou segmento de meio e estão relacionados ao termo  $\pm$  massa interna na equação, sendo expressos na forma de velocidade ou taxas de processo (liberação/ transformação/supressão);
- . como taxas também são considerados os termos transferência ou exportação ou acumulação;
- . os termos afluência e efluência constituem fluxos cuja formulação genérica é  $FLUXO=VAZÃO \times CONCENTRAÇÃO$ .

A equação básica do balanço de massa pode apresentar, na prática, elementos de entrada e saída sob diferentes formas, o que modifica o aspecto da equação mas não afeta a sua estrutura básica.

Os principais elementos a serem considerados na formulação da equação são:

- . o caráter conservativo ou não-conservativo das substâncias químicas envolvidas. Como conservativa é considerada a substância que não apresenta decaimento, sedimentação, precipitação, perdas e/ou transformações no espaço e no tempo considerados na análise/simulação;
- . o estado operacional dos parâmetros considerados (vazão, concentração etc.), se constante ou variável durante o transporte/transfêrencia de uma substância ao longo de um meio dado.

Nas simulações a seguir considera-se que tanto as concentrações de mercúrio nas águas quanto as vazões fluviais, comportam-se de uma maneira conservativa. Além disso, serão considerados na realização dos balanços essencialmente os fluxos de entrada (afluência) e de saída (efluência) nos setores fluviais envolvidos. Conseqüentemente, o termo  $\pm$  Massa Interna na equação básica é negligenciável, isto é, igual a zero. Neste caso, a equação genérica se transforma em:

$$\begin{array}{l} \text{TRANSFERÊNCIA} \\ \text{DE MASSA} \end{array} = \begin{array}{l} \text{AFLUÊNCIA} \\ \text{(INPUT)} \end{array} - \begin{array}{l} \text{EFLUÊNCIA} \\ \text{(OUTPUT)} \end{array}$$

Finalmente, nas simulações propostas somente será considerado transporte de materiais na ausência de turbulência. Este enfoque é mais conservador no que tange à avaliação da capacidade de suporte/diluição do meio hídrico considerado, porque a ausência de turbulência na equação de balanço é desfavorável à capacidade de dispersão/diluição de uma substância na água. Conseqüentemente, os valores a serem obtidos através das simulações estarão subestimando, conservadoramente, a real capacidade de suporte/residência do meio analisado.

### 8.3.2. Dados básicos gerais para a realização das simulações

#### a) Produção de ouro na bacia do rio Tapajós

A produção estimada de ouro na bacia do rio Tapajós, durante os anos 80, foi de aproximadamente 320t, distribuídas conforme mostrado na Tabela 8.1.

TABELA 8.1 Produção Estimada de Ouro na Bacia do Rio Tapajós

	ANO										TOTAL	MÉDIA
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89		
PA	12,0	16,7	20,6	25,5	17,0	16,7	20,3	28,2	35,2	33,5	225,7	22,6
MT	0,5	1,0	4,4	9,4	11,9	14,8	14,4	16,7	11,4	10,3	94,8	9,5
<b>TOTAL</b>	<b>12,5</b>	<b>17,7</b>	<b>25,0</b>	<b>34,9</b>	<b>28,9</b>	<b>31,5</b>	<b>34,7</b>	<b>44,9</b>	<b>46,6</b>	<b>43,8</b>	<b>320,5</b>	<b>32,1</b>

FONTE: DNPM [Ref.8.6]

Os dados da Tabela 8.1 indicam uma média de produção anual estimada de 32t. Portanto, uma produção de 320t no período considerado. O que corresponde aproximadamente, entre 3 a 4 vezes as cifras oficiais [Ref.8.8]. Essas estatísticas disponíveis sobre a produção estimada de ouro da última década podem ser utilizadas como indicadores válidos, conforme discutido no Capítulo 7.

b) Estimativa da emissão de mercúrio pelos garimpos no Brasil

Esta estimativa pode ser representada pela relação entre o ouro produzido e o mercúrio utilizado nesta produção, através da razão mercúrio/ouro (Hg/Au). A bibliografia disponível sugere alguns valores para esta razão:

$$\text{Hg/Au} = 1.32 \text{ FONTE: [Ref.8.7]}$$

$$\text{Hg/Au} = 1.70 \text{ FONTE: [Ref.8.8]}$$

$$\text{Hg/Au} = 1.50 \text{ FONTE: [Ref.8.9]}$$

$$\text{Hg/Au} = 2.00 \text{ FONTE: [Ref.8.10]}$$

c) Estimativa da emissão de mercúrio na bacia do rio Tapajós

Com os dados da produção total da Tabela 8.1 e os valores estimados para a razão Hg/Au pode-se compor a Tabela 8.2.

TABELA 8.2 Emissão de Mercúrio na Bacia do Rio Tapajós

Au(t)	ANO										Média Anual	Total
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989		
12,5	16,4	23,3	32,9	46,1	38,1	41,6	45,7	59,2	61,5	57,7	42,3	422,5
18,7	26,5	37,4	52,4	43,3	47,3	52,0	67,3	69,8	65,8	65,8	48,0	480,3
21,2	30,0	42,4	59,3	49,1	53,6	58,9	76,3	79,1	74,3	74,3	54,4	544,2
24,9	35,3	49,9	69,8	57,7	63,0	69,3	89,7	93,1	93,1	87,4	64,0	640,1
Hg/Au	Hg(t)										Média	Total
1,32											42,3	422,5
1,50											48,0	480,3
1,70											54,4	544,2
2,00											64,0	640,1

Na Tabela 8.2, cada valor de mercúrio está relacionado a um outro de ouro através da razão Hg/Au correspondente. Conseqüentemente, os maiores valores estimados para a emissão de mercúrio estão relacionados à razão 2.00.

d) Disponibilidade de mercúrio para uso em garimpos no Brasil

O Brasil não é produtor de mercúrio e, portanto, todas as suas necessidades do metal são supridas através de importação. Dados da CACEX [Ref.8.15] indicam a importação de mercúrio (em t):

1986	1987	1988	1989*	Média**
222	272	203	151	250

\* Dados do primeiro semestre; \*\* Considerando uma importação de 300t em 1989

O valor médio projetado para a década de 80 (1980 a 1989) indica uma importação global de mercúrio de 2500t. Apenas uma parcela deste valor total é potencialmente comercializável para uso em garimpos. Estudos realizados [Ref.8.12] indicam a seguinte destinação do mercúrio importado no Brasil:

Indústria cloro-soda.....	45%
Indústria de tintas.....	22%
Art.odontológicos/farmacêuticos.....	12%
Comercialização e revenda.....	18%
Outros.....	3%

Esses dados permitem a observação de que apenas 21% do mercúrio importado pelo Brasil estaria potencialmente disponível para utilização em garimpos. Isto é, apenas o mercúrio sob as rubricas "Comercialização/Revenda" e "Outros" estaria disponível para garimpos, pois as demais rubricas tem consignaçoão pré-definida.

Conseqüentemente, das 250t médias anuais importadas, somente 21% = (52,5t) poderiam ser destinadas a garimpos, o que indica um uso máximo potencial de 525t de mercúrio pelos garimpos brasileiros nos últimos 10 anos. Por outro lado, a CACEX [Ref.8.12] informa, no entanto, que até 50% das 250t/ano poderiam ter sido utilizadas para revenda, isto é, sem identificação prévia dos consumidores do produto. Esse fato elevaria o total do mercúrio potencialmente utilizado nos garimpos brasileiros a 125t/ano e o total estimado para a última década a 1250t. Esses dados são extremamente coerentes com aqueles obtidos por Ferreira & Appel [Ref.8.10] no seu valioso estudo detalhado de fontes e usos de mercúrio no Brasil. Esses autores quantificaram o uso de mercúrio metálico por garimpos como sendo de, aproximadamente, 120t/ano, com um valor total para a década de 80 de 1200t.

e) Estimativa do total de mercúrio utilizado na bacia do rio Tapajós

Dados do DNPM [Ref.8.6] indicam que a produção de ouro nos garimpos da bacia do rio Tapajós é responsável por, aproximadamente, 50% do ouro produzido por garimpos no Brasil. Logo, teríamos que metade das 1250t de mercúrio, potencialmente utilizadas em garimpos no Brasil na última década, poderiam ter sido empregadas por garimpos do Tapajós, isto é, 625t ou em torno de 62t/ano na década de 80.

Essas cifras não são nada desprezíveis. Elas equivalem, segundo a OECD (*Organization for Economic Co-Operation and Development*) [Ref.8.13], ao consumo de mercúrio, no período considerado, da Dinamarca, Suécia, Noruega, Holanda e Finlândia somadas. Deve-se ressaltar que o valor 625t de mercúrio, estimado como o total usado entre os anos de 1980 e 1989 no Tapajós, é coerente com os valores estimados para o período para as razões Hg: Au entre 1,70 e 2,00, respectivamente 544t e 640t de mercúrio, Tabela 8.2.

8.3.3. Simulação 1: estimativa das concentrações médias e do fluxo de mercúrio nas águas do rio Tapajós

Condicionantes: o mercúrio total emitido, estimado para as atividades garimpeiras na bacia do rio Tapajós, é suposto encontrar-se dissolvido ou associado às partículas em suspensão na água. Portanto, neste primeiro exercício simulatório proposto desconsidera-se tanto o estoque de mercúrio associado aos sedimentos fluviais, quanto os teores de mercúrio volatilizado a partir da queima da amálgama no garimpo (item 8.3.7).

a) Dados Básicos

a.1) Concentrações de mercúrio nas águas do rio Tapajós

VALORES	CONCENTRAÇÃO (ppb)	ÉPOCA	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA
Valores Médios (Itaituba)	0,4	Cheia	8.14
	1,1	Vazante	8.15
	1,3	Vazante	8.14
Valores Máximos (Itaituba)	0,5	Cheia	8.14
	6,2	Vazante	8.14
	6,8	Vazante	8.14
Valor Médio (Jacareacanga)	1,5	Vazante	8.15
Valor Máximo (Jacareacanga)	3,2	Cheia	8.15

Observação: os dados referem-se à água bruta (não filtrada)

a.2) Vazões médias mensais do rio Tapajós

TABELA 8.3 Vazões Mensais Médias do Rio Tapajós [Ref.8.16]

ASPECTO SAZONAL	PERÍODO ANUAL	VAZÃO MÉDIA MENSAL (m <sup>3</sup> /s)	
		ITAIT.	JACAREAC.
Águas altas (cheia)	Fev-Jun	12.100	8.500
Águas baixas (vazante)	Jul-Jan	4.200	3.000

Pela Tabela 8.3 pode-se observar que os valores mínimos para a vazão do rio Tapajós, na seção de Itaituba, encontram-se em torno de 4.200m<sup>3</sup>/s, enquanto que os valores médios para a época de águas altas estão em torno de 12.100m<sup>3</sup>/s. Considerando o período de julho a janeiro como o de águas baixas e o período de fevereiro a junho como sendo aquele de águas altas, pode-se simular vários fluxos de mercúrio neste segmento do rio Tapajós, quando se relaciona os valores de vazão com aqueles de concentração média e máxima de mercúrio, através da fórmula: Fluxo de Mercúrio = Vazão Fluvial x Concentração de Mercúrio.

b) SIMULAÇÕES As simulações propostas encontram-se nas Tabelas 8.4a. e 8.4b.

TABELA 8.4a Simulações do Fluxo de Mercúrio nas Águas do Rio Tapajós em Itaituba (Fluxo Hg(g/s) = Vazão (m<sup>3</sup>/s) x Concentração Hg(g/m<sup>3</sup>))

Concentração de Hg		Vazante Jul-Jan 4.200m <sup>3</sup> /s (a)	Cheia Fev-Jun 12.100m <sup>3</sup> /s (b)	Total Anual (tHg)
ppb	g/m <sup>3</sup>			
(a)	(b)	(a)	(b)	
1,3	0,4	0,0013	0,0004	91,1t Hg + 62,7t Hg = 161,8
6,8	0,5	0,0068	0,0005	518,2t Hg + 78,4t Hg = 596,6
0,2	0,2	0,0002	0,0002	15,2t Hg + 31,4t Hg = 46,6

Nota: 0,2ppb de Hg é o limite máximo permitido para águas doces CLASSES 1 e 2 estabelecido pelo CONAMA [Ref.8.18].

TABELA 8.4b Simulações do Fluxo de Mercúrio nas Águas do Rio Tapajós em Jacareacanga

$$\text{Fluxo Hg(g/s)} = \text{Vazão (m}^3/\text{s)} \times \text{Concentração Hg(g/m}^3\text{)}$$

Concentração de Hg		Vazante Jul-Jan 3.000m <sup>3</sup> /s (a)	Cheia Fev-Jun 8.500m <sup>3</sup> /s (b)	Total Anual (tHg)
ppb	g/m <sup>3</sup>			
(a)	(b)	(a)	(b)	
1,5	0,4	0,0015	0,0004	81,6t Hg + 44,1t Hg = 125,7
0,2	0,2	0,0002	0,0002	10,9t Hg + 22,0t Hg = 32,9

Nota: 0,2ppb de Hg é o limite máximo permitido para águas doces CLASSES 1 e 2 estabelecido pelo CONAMA [Ref.8.17].

A Tabela 8.4a apresenta as simulações realizadas utilizando-se os dados de vazões fluviais e concentrações de mercúrio na seção de Itaituba. Esta seção representa o ponto hipotético de saída (efluência) dos fluxos de materiais (mercúrio incluído) na bacia do rio Tapajós, em função da localização dos levantamentos realizados disponíveis. Portanto, por esta seção passam os fluxos de mercúrio, e outros materiais engendrados pela atividade garimpeira a montante na bacia, tanto no Mato Grosso (garimpos da região de Alta Floresta e Peixoto de Azevedo), quanto no Pará (garimpos da região da reserva garimpeira do Tapajós). Deve-se recordar que, segundo o item 8.3.2, o total estimado de mercúrio potencialmente emitido na bacia é de 62t/a.

A Tabela 8.4b apresenta as simulações realizadas com a utilização dos dados de vazão e concentração de mercúrio disponíveis para Jacareacanga. A seção fluvial de Jacareacanga representa o ponto hipotético de entrada (afluência) dos fluxos de mercúrio oriundos da porção da bacia do rio Tapajós situada a montante da reserva garimpeira do Tapajós no Estado do Pará. Logo, os fluxos de mercúrio que por aí passam são, sobretudo, originários das áreas garimpeiras no Estado do Mato Grosso. Considerando o dado de produção estimada de ouro para estas áreas, da ordem de 9,5t/a

(Tabela 8.1), e a razão Hg:Au=2 (item 8.3.2), pode-se estimar uma quantidade de mercúrio emitida por essas áreas em torno de 19t/a.

### c) Discussão

A análise das simulações propostas permite algumas considerações.

- Considerando o valor médio anual estimado para o mercúrio emitido pelos garimpos do rio Tapajós, (62t/a), e os fluxos de mercúrio simulados na Tabela 8.4a, pode-se observar que somente aqueles fluxos médios relacionados às concentrações em torno de 0,2ppb seriam coerentes. As demais concentrações, se utilizadas como valores médios, caracterizariam fluxos de mercúrio e, conseqüentemente, quantidades de mercúrio emitidas (utilizadas nos garimpos) demasiado altas para o valor estimado proposto. Para um total de mercúrio emitido de 62t/a, o valor correspondente de concentração de mercúrio nas águas do rio Tapajós, na seção de Itaituba seria de, aproximadamente, 0,25ppb ou 0,00025g/m<sup>3</sup>.

- Considerando as simulações para a região de Jacareacanga, na Tabela 8.4b, e o valor médio estimado para as emissões de mercúrio a montante dessa seção, da ordem de 19t/a, observa-se que somente fluxos relacionados a concentrações inferiores a 0,2ppb seriam coerentes com o valor médio estimado para as emissões de mercúrio. Para esse valor estimado de emissão de mercúrio, 19t/a, o valor correspondente de concentração de mercúrio nas águas do rio Tapajós, na seção de Jacareacanga, seria de aproximadamente 0,12ppb ou 0,00012g/m<sup>3</sup>.

- Esses valores de concentração de mercúrio, obtidos através de simulação, são sensivelmente mais baixos que as médias indicadas nos levantamentos disponíveis. Isto pode dever-se ao fato dos valores médios de concentração de mercúrio, e sobretudo os máximos observadas nos levantamentos disponíveis, não refletirem as variações reais das concentrações de mercúrio na água; conseqüentemente, o uso das médias e máximas observadas não con-

segue expressar, através das simulações de fluxos, os valores estimados para a emissão de mercúrio na água na área do estudo.

As concentrações de mercúrio variam no tempo e no espaço. Diferenças entre amostras coletadas em locais muito próximos, em um mesmo momento, podem variar de N.D. (Não Detectado) até um valor máximo. A mesma observação é válida para amostras coletadas em um mesmo local, em diferentes momentos de um levantamento diário por exemplo. O percentual de amostras N.D. pode ultrapassar 50% do número total de amostras, mesmo em áreas consideradas anômalas para um determinado elemento (sobretudo para elementos traços) [Ref.8.18]. Esse fato reflete-se nos altos valores de desvio padrão e nas médias geométricas substancialmente mais baixas do que as médias aritméticas. Por exemplo, dados disponíveis [Ref.8.15] para as águas na área do estudo indicam um valor médio aritmético de 1,1ppb (com um alto valor de desvio padrão: 1,6), que transforma-se em 0,5ppb quando considerada a média geométrica das concentrações de mercúrio. Padberg [Ref.8.19], na área de Itaituba, encontrou todos os valores de concentração de mercúrio na água abaixo de  $10\mu\text{g}/\text{l}$ , ou seja, menores do que 0,01ppb. Chama-se a atenção para o fato dos dois estudos [Refs.8.15 e 8.19] terem sido realizados em épocas semelhantes, isto é, águas baixas e atividade garimpeira em pico de produção.

Fernandes et al. [Ref.8.20] observou dispersões em torno da média e porcentagens de N.D. em análises de mercúrio em águas maiores ainda no período de águas altas, quando a capacidade de dispersão/diluição das águas fluviais é maior (com as águas mostrando altos níveis de diluição de mercúrio) e a atividade garimpeira reduz-se ao seu mínimo anual.

- Esses fatores apontam para uma íntima relação entre a entrada em pulsos aleatórios de sólidos suspensos(S.S.) contaminados por mercúrio a partir do desmonte de margens/barrancos, forma predominante de lavra na área do estudo, [Ref.8.21]. Os valores de concentração de mercúrio associados aos S.S., assim como os

próprios valores de S.S. na água, comprovam esta assertiva. A Tabela 8.5 resume estes resultados.

TABELA 8.5 Sólidos Suspensos (S.S.) e Concentrações de Mercúrio Associados no Rio Tapajós em Itaituba

	FAIXA VARIAÇÃO	MÉDIA ARITMÉTICA	DESVIO PADRÃO	REF.
S.S.(ppm)	15-150	50	$\pm 37$	[8.15]
Hg (ppm)	ND-31,7	7,8	$\pm 11,4$	[8.15]

Pela Tabela 8.5 pode-se observar que as concentrações de mercúrio associadas aos S.S. são maiores quando comparadas com aquelas das análises da água total (água + S.S.): média aritmética de 1ppb, (item a.1). Por outro lado, a ampla faixa de variação e o alto valor do desvio padrão das concentrações do mercúrio associado aos S.S., assim como para os dados de S.S. da Tabela 8.5, são fortes indícios da grande variabilidade espacial e temporal dos fluxos de S.S. e mercúrio nas águas. Isto deve-se, provavelmente, à entrada de S.S., e do mercúrio associado, sob forma de pulsos aleatórios nas correntes fluviais, essencialmente nas épocas de águas baixas e de intensa atividade garimpeira [Ref.8.22]. Nesses casos, a média geométrica das concentrações do elemento associado aos S.S. é de difícil consideração, devido ao grande número de amostras abaixo do limite de detecção. Scarcello & Bidone [Ref.8.23] observaram que em áreas nas quais o substrato geológico, sobre os quais escoam a drenagem superficial, é naturalmente frágil, o aporte de materiais sólidos às correntes e as conseqüentes concentrações de S.S. nas águas são mais regulares e menos dispersas em torno das médias. Portanto, no caso dos garimpos, essas considerações são suficientes para chamar a atenção para o papel fundamental representado pela sazonalidade da dinâmica das águas receptoras de S.S., e do seu mercúrio associado, na análise dos padrões de

exposição das populações ao mercúrio a ser discutida ainda neste documento.

Finalmente, é importante que se mencione a questão dos dados analíticos para mercúrio em água total. Dados de intercalibração analítica para mercúrio em água total (água + S.S.), realizada entre laboratórios do Brasil e do exterior a partir de amostras de águas fluviais coletadas na região de Carajás-PA, apresentaram diferenças, entre amostras analisadas em dois laboratórios, situadas na faixa de 5% a 50% com um valor médio de aproximadamente 25% no conjunto das amostras intercalibradas [Ref.8.22]. Apesar disso, os resultados da intercalibração realizada podem ser considerados como satisfatórios, posto que, em se tratando de análises de água total, é provável que o grau de homogeneização das amostras pode causar diferenças importantes nos resultados, sobretudo para amostras com alta turbidez e analisadas vários dias, ou mesmo semanas, após a sua coleta, apesar de preservadas com a adição de dicromato de potássio e ácido nítrico ainda no campo, conforme preconizado por Feldman [Ref.8.24]. Portanto, o desejável seria que os estudos realizados tivessem por hábito o fornecimento de maiores informações sobre possíveis programas de intercalibração do laboratório responsável pelas análises no estudo realizado. Caso contrário, são lícitas as reservas com as quais muitas vezes são recebidas (e questionadas) denúncias de contaminação ambiental baseadas unicamente em análises de águas.

Segundo Nelson et al. [Ref.8.25], poucos estudos apresentam dados confiáveis para as concentrações aquosas de Cd, Pb e Hg em águas doces (i.e. águas diluídas). Isto deve-se, principalmente, às dificuldades inerentes a coleta e análise de metais nas, geralmente, baixas concentrações observadas para as águas doces. Ainda, segundo os autores, este problema não foi plenamente apreciado e, conseqüentemente, disto resulta que técnicas rigorosas de amostragem e coleta de dados não têm sido universalmente aplicadas. Coale et al. [Ref.8.26], usando técnicas de amostragem de

metais pesados desenvolvidas para água marinha, achou concentrações de Cd e Pb de, apenas, 1 a 10% dos valores anteriormente publicados para os Grandes Lagos. Com técnicas similares, Fitzgerald et al. [Ref.8.27] reportou concentrações de mercúrio nas águas de lagos (Wisconsin, USA) de 20 a 100 vezes menores do que aquelas previamente publicadas. Finalmente, em função dos resultados de seus estudos, Nelson (op.cit.) reafirma a necessidade de protocolos bem estabelecidos para a coleta e análise de metais pesados e, como conclusão, chama a atenção para o fato de que a vasta maioria dos trabalhos iniciais devem ser considerados com reservas.

d) Conclusões sobre as simulações relacionadas ao fluxo de mercúrio no rio Tapajós

- Estimou-se em 62t/a o mercúrio emitido por garimpos na bacia do rio Tapajós, assim distribuídas: aproximadamente 20t/a originadas nos garimpos da bacia superior do Tapajós no Estado do Mato Grosso, e o restante, em torno de 42t/a, oriundas das atividades garimpeiras situadas na reserva do Tapajós, no Estado do Pará.

- As simulações consideraram que todo o mercúrio emitido pelos garimpos foi lançado diretamente nas águas fluviais e por elas é transportado. Desconsiderou-se, portanto, a possibilidade de perda atmosférica oriunda da queima do amálgama, bem como a formação de eventuais estoques de mercúrio nos sedimentos fluviais.

- Os valores médios (entre 1,0 e 1,5ppb) e máximos (entre 6,0 e 7,0ppb) de concentração de mercúrio na água total, disponíveis na área do estudo, não conseguem expressar, através das simulações dos fluxos fluviais, o valor estimado para a emissão de mercúrio, porque estes valores de concentração não representam o comportamento real das concentrações de mercúrio nas águas.

- As concentrações de mercúrio variam no tempo e no espaço de forma aleatória relacionada à entrada de materiais contaminados oriundos das áreas garimpadas.

- As variações sazonais da dinâmica das águas fluviais e da intensidade da atividade de garimpo têm papel importante, sobretudo no que diz respeito à diluição das concentrações de mercúrio em épocas de cheia.

- Em adição aos altos valores de dispersão estatística das concentrações de mercúrio, tem-se o fato de que a análise química de água total, em particular no caso de amostras de águas de alta turbidez analisadas muito tempo após a sua coleta, pode apresentar problemas de exatidão e reprodutibilidade.

- As conclusões acima indicam uma exposição a altos teores de mercúrio aleatória para as populações, quando se considera o consumo de água somente.

- As simulações realizadas indicam um valor médio integrador em torno de 0,2ppb, ao longo do tempo e do espaço, que melhor explicaria o fluxo de aproximadamente 62t/a de mercúrio no rio Tapajós na saída (efluência) da área do estudo, isto é, em Itaituba. Coincidentemente, este valor é o mesmo estabelecido como máximo pelo CONAMA para águas de classe 1 e 2.

- Para o setor de entrada (afluência) hipotética de materiais, isto é, em Jacareacanga, o valor médio integrador para a concentração de mercúrio que melhor explicaria o fluxo de aproximadamente 19t/a oriundo dos garimpos situados a montante da área do estudo, fica em torno 0,12ppb.

8.3.4. Simulação 2: estimativa do estoque de mercúrio nos sedimentos fluviais.

Condicionantes: todo mercúrio emitido pela atividade garimpeira na bacia do Tapajós foi lançado às correntes fluviais. Desconsidera-se, portanto, a possibilidade de emissões de mercúrio para a atmosfera. Ainda nas simulações, considerou-se a estimativa do estoque potencial de mercúrio nos sedimentos dos rios tributários do Tapajós

com atividade garimpeira nos Estados do Mato Grosso e do Pará. A esse estoque adicionou-se outro representado pelo mercúrio nos sedimentos fluviais do próprio rio Tapajós no seu segmento entre Jacareacanga e Itaituba. A estimativa foi realizada, descontando-se dos valores de concentração de mercúrio disponíveis para os sedimentos o valor correspondente ao nível de base natural referenciado na bibliografia.

#### a) Dados Básicos

##### a.1) Estoque de sedimentos contaminados nos tributários do Tapajós

- Tributários da área da reserva garimpeira do Estado do Pará

Na estimativa do estoque de sedimentos contaminados com mercúrio nos tributários do rio Tapajós, na região da reserva garimpeira do Estado do Pará, utilizaram-se as bases cartográficas disponíveis da distribuição espacial dos garimpos ao longo das drenagens na área do estudo [Ref.8.28], Figura 4.1. A observação desse documento cartográfico permite uma aproximação da extensão das correntes fluviais afetadas diretamente pela atividade garimpeira, de cerca de 1000km. Os dados da estação fluviométrica no rio Crepori [Ref.8.29] permitem considerar, conservadoramente, larguras médias em torno de 50m para os leitos fluviais ao longo das extensões referenciadas nos mapas. Finalmente, considerou-se uma espessura média para os sedimentos fluviais contaminados de 1m ao longo da extensão referenciada. Esse valor é conservador porque está indicando uma taxa média de assoreamento anual da ordem de 0,1m/a na última década, o que está aquém dos níveis de assoreamento observado nas áreas de garimpo na bacia do Tapajós em Mato Grosso [Ref.8.30]. Em função dos dados básicos pode-se estimar o estoque de sedimentos contaminados em  $5 \times 10^7 \text{ m}^3$ .

- Tributários das áreas garimpeiras do Mato Grosso

Na estimativa do estoque de mercúrio dos sedimentos nessas

áreas foram utilizados os dados básicos obtidos através do estudo realizado pelo CETEM/CNPq (Centro de Tecnologia Mineral) na região de Alta Floresta-MT [Ref.8.30]. Com base nesse estudo consideraram-se dois estoques de mercúrio. O primeiro associado ao rio Teles Pires com os seguintes dados básicos: 150km de comprimento, 400m de largura média e 0,5m de espessura média; o volume total de sedimentos contaminados estimado para o rio Teles Pires é de, portanto, de  $3 \times 10^7 \text{ m}^3$ .

O segundo estoque está relacionado com os afluentes impactados do rio Teles Pires. Para esses, estabeleceram-se os seguintes dados básicos: 200km de comprimento, 50m de largura média e 1m de espessura média; o volume total de sedimentos contaminados estimado para esses afluentes do Teles Pires fica, portanto, em torno de  $1 \times 10^7 \text{ m}^3$ .

- Rio Tapajós (segmento entre Jacareacanga e Itaituba)

Na estimativa do estoque de sedimentos contaminados para esse segmento utilizaram-se os seguintes dados básicos: 300km de comprimento, 1000m de largura média e 0,2m de espessura média; o volume de sedimentos a partir desses dados é de  $6 \times 10^7 \text{ m}^3$ .

#### a.2) Concentração de mercúrio nos sedimentos fluviais

A Tabela 8.6 apresenta os resultados de análises disponíveis de sedimentos fluviais.

TABELA 8.6 Concentrações de Mercúrio em Sedimentos Fluviais

SEGMENTO FLUVIAL	FAIXA CONC. (ppm)	MÉDIA (ppm)	DESVIO PADRÃO	REF.
Rio Tapajós (Jacareacanga)	0,16-0,90	0,40	$\pm 0,23$	[8.15]
Rio Tapajós (Itaituba)	0,05-0,62	0,39	$\pm 0,22$	[8.15]
	N.D.-0,77	0,41	$\pm 0,15$	[8.14]
	<0,01-0,14	—	—	[8.19]
Tributários PA:				
Cuiú-Cuiú	0,21-3,93	1,30	$\pm 0,84$	[8.15]
	0,26-0,52	0,30	$\pm 0,13$	[8.31]
Crepori	0,11-20,9	2,27	$\pm 4,23$	[8.15]
	0,20-3,00	1,19	—	[8.32]
Marupá	0,10-2,20	0,83	—	[8.32]
Tributários MT:				
Rio não poluídos	0,05-5,54	0,89	—	[8.33]
	0,05-0,28	—	—	[8.34]
	0,02-0,50	—	—	[8.15]
	—	0,19	—	[8.8 e 8.35]

#### b) Simulações

As simulações realizadas estão sintetizadas na Tabela 8.7.

TABELA 8.7 Estimativa dos Estoques de Mercúrio nos Sedimentos Fluviais da Bacia do Rio Tapajós

SEGMENTO FLUVIAL	SEDIMENTOS				ESTOQUE Hg (t)
	VOLUME (m <sup>3</sup> )	PESO ESPEC. (t/m <sup>3</sup> )	MASSA (t)	CONC. MÉDIA Hg (g/t)	
Rio Tapajós (Jac. a Itait.)	6x10 <sup>7</sup>	1,5	9,0x10 <sup>7</sup>	0,2	18
Tributários PA	5x10 <sup>7</sup>	1,5	7,5x10 <sup>7</sup>	2,1	157
Tributários MT:					
- Rio Teles Pires	3x10 <sup>7</sup>	1,5	4,5x10 <sup>7</sup>	1,2	54
-Afluentes Teles Pires	1x10 <sup>7</sup>	1,5	1,5x10 <sup>7</sup>	0,7	11
TOTAL	15x10 <sup>7</sup>	—	14x10 <sup>7</sup>	—	230

Nota: - Fonte dado peso específico [Ref.8.36] - As concentrações médias de mercúrio são aquelas referenciadas na Tabela 8.6 reduzidas de 0,2g/t tomado como nível de base natural.

- A concentração média para os tributários do Tapajós no Pará é aquela do rio Crepori.

### c) Discussão

Algumas considerações são necessárias com relação às simulações propostas.

- Os dados estimados para o total de mercúrio emitido pela atividade garimpeira na bacia do rio Tapajós na última década, na qual se deu praticamente a totalidade da produção de ouro na região, indicam 620t, cf. item 8.3.2.

- Os teores máximos de mercúrio nos sedimentos dos rios refletem situações pontuais específicas [Ref.8.32] não extrapoláveis no espaço. Por esta razão utilizaram-se nas simulações somente os teores médios do metal.

- Os valores simulados para o estoque do mercúrio nos sedimentos (em torno de 230t) poderiam causar uma redução de 40% no valor médio integrador para a concentração de mercúrio na água total do rio Tapajós em Itaituba (de 0,25ppb para 0,15ppb), se tivessem sido considerados nas simulações do item 8.3.3. Da mesma forma, com relação ao fluxo de mercúrio em Jacareacanga, isto é, aproximadamente 20t/a equivalendo a uma concentração estimada de 0,0012g/m<sup>3</sup>, haveria uma redução, devido à formação de estoques de mercúrio nos sedimentos, de cerca de 7t/a ou 35%. Portanto, a concentração média integradora estimada passaria de 0,0012 para 0,0008g/m<sup>3</sup>.

- Quando se comparam os valores de desvio padrão das concentrações de mercúrio nos sedimentos (Tabela 8.6) com aqueles na água total (como, por exemplo, os da Tabela 8.10), pode ser observado que os valores para os sedimentos apresentam uma menor dispersão em torno da média, o que parece indicar uma maior regularidade da sua distribuição espacial. Essa regularidade deve-se, sobretudo, à extensiva ocupação lindeira ao longo dos tributários do Tapajós pela atividade garimpeira (Figura 4.1) quando se observa que a alta densidade do mercúrio metálico (13,6g/cm<sup>3</sup>) não favorece o seu transporte para grandes distâncias do ponto de emissão.

Vários trabalhos se referem à baixa capacidade de transporte do mercúrio metálico associada aos sedimentos pelas correntes fluviais [Refs.8.22, 8.37, 8.38, 8.39]. Portanto, a alta densidade de ocupação garimpeira funciona como uma ampla fonte difusa (não pontual) emitindo mercúrio ao longo dos rios afluentes do Tapajós. As baixas concentrações de mercúrio observadas nos sedimentos do rio Tapajós (Tabela 8.6) certamente são o testemunho da permanência do mercúrio metálico nessas drenagens afluentes.

- Todavia, é necessário tecer algumas considerações com relação ao transporte do mercúrio associado aos sólidos em suspensão (S.S.) nas águas. A Tabela 8.7a resume os dados disponíveis sobre sólidos suspensos e o mercúrio associado.

TABELA 8.7a Sólidos Suspensos (S.S.) e Teores de Mercúrio Associados

SEGMENTO FLUVIAL	S.S. (ppm)		DP	Hg (ppm)		DP	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS
	FAIXA	MÉDIA		FAIXA	MÉDIA		
R. Tapajós - Jacareac.	25-250	80	±70	ND-10	2	±3	[8.15]
R. Tapajós - Itaituba - Crepori	15-150	50	±37	ND-32	8	±11	[8.15]
	50-850	300	±225	ND-3	1	±1	[8.15]
	—	—	—	0,2-1	0,5	—	[8.32]
Cuiú-Cuiú	50-2.500	1.500	±1.100	ND-4	2	±1	[8.15]
Marupá	—	—	—	0,5-0,7	0,6	—	[8.32]

Pelos dados da Tabela 8.7a, pode-se observar os teores de mercúrio em ppm (na água total estão em ppb), associados a grandes quantidades de materiais em suspensão. Logo, os S.S. têm papel importante na transferência de mercúrio inter e intra compartimentos fluviais. Esse mercúrio associado aos S.S. (materiais suspensos de granulometria silto-argilosa) provavelmente se encontra na forma iônica, adsorvido sobre partículas de argilo-minerais, matéria orgânica, películas de óxidos/hidróxidos de ferro, etc. O mercúrio assim associado pode apresentar dispersão espacial importante, dependendo basicamente da dinâmica das águas fluviais. A sua influência na composição dos sedimentos do leito, de margens ou de várzeas fluviais, dependerá das condições de deposição (em áreas ou épocas de baixa energia da corrente) e de seu equilíbrio relacionado às condições de ressuspensão. Os trabalhos disponíveis na área dos estudos são insuficientes para que se avalie esta influência. Entretanto, pode-se chamar a atenção para o fato de o rio Tapajós ser relativamente bem encaixado na área do estudo, com muitas corredeiras e várzeas limitadas. Esses aspectos hidrográficos favorecem as transferências de materiais entre segmentos fluviais, com a deposição/sedimentação de S.S. podendo-se efetuar, eventualmente, em função de barreiras físicas que dissipem a energia fluvial, transbordamentos localizados, etc.

d) Conclusões sobre as simulações relacionadas ao estoque de mercúrio nos sedimentos fluviais.

- As simulações realizadas consideraram os estoques de mercúrio nos sedimentos fluviais dos afluentes do rio Tapajós impactados pela atividade garimpeira, assim como no próprio rio Tapajós entre Jacareacanga e Itaituba.

- Os dados apontam para estoques de mercúrio de aproximadamente 230t nos sedimentos fluviais, ou seja, 40% do total de mercúrio estimado emitido pelos garimpos na bacia do rio Tapajós (620t). Esse estoque reduziria os valores médios de concentração de mercúrio estimado para as águas fluviais na simulação precedente,

isto é, de 0,25ppb para 0,15ppb em Itaituba, e de 0,12ppb para 0,08ppb em Jacareacanga.

- Os teores de mercúrio indicam uma distribuição espacial regular do metal nos sedimentos fluviais, principalmente porque a extensa ocupação ao longo das drenagens pela atividade garimpeira permite que a entrada do mercúrio no sistema sedimento fluvial se processe como uma ampla fonte difusa (não pontual).

- Finalmente, os baixos teores de mercúrio nos sedimentos do rio Tapajós reforçam a idéia da baixa capacidade de transporte do mercúrio metálico associado aos sedimentos fluviais dos afluentes do Tapajós impactados, e da importante capacidade de dispersão do mercúrio iônico associado aos S.S. no rio Tapajós. Logo, a tendência é a da permanência do mercúrio metálico ligado aos sedimentos, nas drenagens dos afluentes do Tapajós impactados pela atividade garimpeira, assim como da ampla dispersão do mercúrio associado aos S.S. pelas águas do Tapajós.

8.3.5. Simulação 3: estimativa das concentrações e fluxos de mercúrio nas águas dos tributários impactados do Tapajós

Condicionantes: consideraram-se nessas simulações somente os tributários do Tapajós na área da reserva garimpeira do Pará e, entre estes, utilizou-se o rio Crepori como referencial, em função da quantidade e da qualidade dos dados disponíveis. Considerou-se, ainda, que todo mercúrio emitido pela atividade garimpeira é lançado nas correntes fluviais, sendo uma parte dele transportada pelas águas e outra permanecendo estocada nos sedimentos.

a) Dados Básicos

a.1) Somatório das vazões dos tributários

Na época de vazante fluvial, o acréscimo médio de vazão verificado no segmento Jacareacanga a Itaituba no rio Tapajós é de  $1.200\text{m}^3$  ( de  $3.000\text{m}^3$  para  $4.200\text{m}^3$ ), [Ref.8.16].

Na época das cheias fluviais, o acréscimo médio de vazão verificado é de  $3.600\text{m}^3$  (de  $8.500\text{m}^3$  para  $12.100\text{m}^3$ ), [Ref.8.16].

Da observação desses dados evidencia-se que a contribuição das drenagens, subterrânea e superficial, para o rio Tapajós, no segmento considerado, aumenta de aproximadamente 3 vezes (de  $1.200\text{m}^3$  a  $3.600\text{m}^3$ ), entre as épocas de vazante e cheia fluviais. Este fato apenas está refletindo os acréscimos observados entre os dados de vazante e de cheia para uma mesma estação fluviométrica, ou seja: de 3.000 para  $8.500\text{m}^3$  em Jacareacanga, e de 4.200 para  $12.100\text{m}^3$ , ambos em torno de 3 vezes.

Com relação à contribuição específica dos tributários impactados do rio Tapajós estimou-se, a partir dos dados fluviométricos, climatológicos e cartográficos disponíveis em torno de  $100\text{m}^3/\text{s}$  o somatório das vazões dos rios tributários na época de vazante. Utilizando-se o fator multiplicador de 3 vezes para expressar o possível acréscimo de vazão entre as épocas de vazante e cheia, tem-se o valor de  $300\text{m}^3/\text{s}$  para a estimativa do somatório de vazões dos tributários na época de cheia. O rio Jamaxim não foi incluído na estimativa do somatório das vazões. Esta não inclusão deve-se às suas dimensões e a intensidade e extensão da atividade garimpeira na sua bacia, e por outras razões que serão discutidas a seguir nesse estudo.

#### a.2) Concentrações de mercúrio nas águas

Os valores propostos são de 4,1ppb ou  $0,0041\text{g}/\text{m}^3$  [Ref.8.15] e 0,8ppb ou  $0,0008\text{g}/\text{m}^3$  [Ref.8.32], valores médios observados para as águas do rio Crepori na época de vazante (Tabela 8.10). Para a época de cheia se propuseram os valores 1,4ppb ou  $0,0014\text{g}/\text{m}^3$  e 0,3ppb ou  $0,0003\text{g}/\text{m}^3$ , equivalentes a uma diluição de três vezes (correspondendo aos acréscimos observados para as vazões fluviais) o valor da época de vazante e alta atividade garimpeira.

#### a.3) Mercúrio total lançado nos tributários

Utilizou-se, para hipótese de simulação, o valor 420t ou 42t/a. Este valor corresponde as 620t ou 62t/a, estimadas como tendo sido emitidas na última década pela atividade garimpeira na bacia do rio Tapajós, das quais deduziram-se 200t ou 20t/a referentes às atividades dos garimpos da região norte-matogrossense da bacia.

#### a.4) Estoque de mercúrio nos sedimentos fluviais dos tributários

O valor utilizado é de aproximadamente 160t ou 16t/a, na última década, conforme as estimativas realizadas nas simulações do item 8.3.4.

#### a.5) Mercúrio total transportado pelas águas dos tributários

Foi utilizado o valor 260t ou 26t/a correspondentes à dedução de 160t ou 16t/a estocadas nos sedimentos fluviais, das 420t ou 42t/a totais lançadas, por hipótese de simulação, nas correntes fluviais dos tributários.

#### b) Simulações

Na Tabela 8.8 é apresentada a síntese das simulações realizadas.

TABELA 8.8 Estimativa das Concentrações e do Somatório dos Fluxos de Mercúrio nas Águas dos Rios Tributários do Tapajós

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Vazante	1.200	100	0,0041/0,0008	0,41/0,08	7,4/1,5	1.100	0,0002	0,22	4,0	11,4/5,5
Cheia	3.600	300	0,0014/0,0003	0,42/0,03	5,4/0,4	3.300	0,0002	0,66	8,6	14,0/9,0
TOTAL					12,8/1,9				12,6	25,4/14,5

A = época do ano considerada

B = contribuição de água em m<sup>3</sup>/s no segmento entre Jacareacanga e Itaituba

C = contribuição de água em m<sup>3</sup>/s dos tributários impactados do Tapajós (não inclui o rio Jamaxim)

D = 0,0041g/m<sup>3</sup> corresponde à referência [Ref.8.14] 0,0008g/m<sup>3</sup> corresponde à referência [Ref.8.22]

E = fluxo de mercúrio (Cx D) em g/s

F = mercúrio total em t/a referente ao fluxo da coluna E

G = contribuição de água em m<sup>3</sup>/s no segmento considerado excluindo-se os tributários impactados

H = concentração de mercúrio arbitrária em g/m<sup>3</sup> (limite máximo permitido pelo CONAMA)

I = fluxo de mercúrio (GxH) em g/s

J = mercúrio total em t/a referente ao fluxo da coluna I

K = somatório mercúrio em t/a na época do ano segundo a referência considerada

O valor 25,4t/a para o somatório de mercúrio, na coluna K da tabela, indica que os valores médios para as concentrações de mercúrio em torno de 0,0041g/m<sup>3</sup>, na época de vazante, e de 0,0014g/m<sup>3</sup> na época de cheia, explicariam melhor a quantidade de mercúrio transportada pelas águas fluviais dos tributários do Tapajós considerados nas simulações, isto é, 26t/a.

### c) Discussão

Apesar dos maiores valores médios referenciais serem os que melhor explicam os fluxos potenciais estimados de mercúrio relacionados ao somatório das vazões dos tributários do Tapajós, considerando as condições gerais propostas para as simulações realizadas, é necessário observar-se que:

- metade do ano as concentrações de mercúrio sofrem uma redução estimada em 3 vezes, passando de 0,0041 para 0,0014g/m<sup>3</sup>, sob o efeito da diluição das águas e redução da atividade garimpeira na mesma época;
- estas médias elevadas correspondem a amostras do mesmo meio que as amostras com menores médias, obtidas através de levantamento realizado por outros autores na mesma época do ano (vazante); essa "convivência" entre dados tão díspares deve-se, antes de tudo, aos processos hidrogeoquímicos de transporte/transferência do mercúrio entre compartimentos fluviais e a outros aspectos já considerados nas discussões desenvolvidas no item 8.3.3; em síntese esses processos e aspectos seriam aqueles relacionados: (i) com a variação das concentrações de mercúrio no tempo e no espaço de forma aleatória, (ii) com as variações sazonais de dinâmica das águas fluviais e da intensidade da atividade garimpeira e (iii) com dificuldades analíticas da água total; esses fatores resultariam, ou estão refletidos, no alto grau de dispersão das concentrações de mercúrio, tanto nas águas quanto nos sólidos suspensos (Tabelas 8.5, 8.7a e 8.10);

- certamente, nas simulações realizadas os baixos valores das vazões dos tributários do Tapajós considerados levam à necessidade de altos teores de concentração de mercúrio para permitir os elevados valores de fluxo de mercúrio, capazes de explicar a emissão e o transporte de aproximadamente 42t/a a partir da atividade garimpeira nestas áreas;
- tendo em vista o caráter de superestimação das emissões e dos lançamentos de mercúrio nas correntes fluviais utilizado nessas simulações expressamente conservadoras, torna-se evidente que, usando-se condicionantes mais realistas, certamente seriam obtidos teores estimados de concentração de mercúrio mais razoáveis do que os ressaltados na Tabela 8.8.

d) Conclusões sobre as simulações dos fluxos e concentrações de mercúrio nos tributários impactados do Tapajós

- Consideraram-se apenas os tributários impactados do rio Tapajós, no Pará. Excluiu-se o rio Jamanxim pelas características específicas devidas às suas dimensões. Esse afluente será considerado na seqüência das simulações propostas neste estudo.
- Considerou-se que todo o mercúrio emitido pela atividade garimpeira é lançado nas correntes fluviais, sendo que parte é estocada nos sedimentos e o restante é transportado pelas águas.
- Nas simulações dos fluxos de mercúrio considerou-se apenas o valor do somatório das vazões fluviais dos tributários e, ainda, uma quantidade de mercúrio transportada pelas correntes dos tributários igual a 26t/a, ou seja, a estimativa do total de mercúrio lançado na bacia do Tapajós (62t/a) menos o mercúrio lançado pelos garimpos matogrossenses da bacia (20t/a) e menos o estoque de mercúrio nos sedimentos dos tributários impactados do Tapajós no Pará (16t/a).
- Para os valores de concentração de mercúrio utilizaram-se

os dados médios disponíveis: 4,1ppb e 0,8ppb. Esses dados provêm de levantamentos realizados por diferentes equipes e representam o mesmo meio fluvial em situação de vazante. Para os valores de concentração em época de cheia dividiram-se os valores anteriores de vazante pelo coeficiente 3, estimado para a variação das vazões entre os dois períodos do ano.

- As simulações realizadas indicaram que os maiores valores de concentração média (4,1ppb na época de cheia e 1,4ppb na época de vazante) explicam melhor os fluxos de mercúrio, i.e., a quantidade de mercúrio transportada pelas correntes nas condições de simulação propostas.
- A disparidade observada entre esses altos valores médios e os demais disponíveis para a área do estudo, somente reforçam as considerações a propósito de que os valores médios publicados não refletem a realidade do comportamento das concentrações de mercúrio nas águas. Fortes padrões de dispersão estatística associados a aspectos analíticos reforçam essa assertiva.
- O uso de condicionantes mais relevantes, em contraposição aos limites do contorno expressamente conservador/superestimativo proposto nas simulações realizadas, certamente possibilitaria estimativas de concentrações e fluxos de mercúrio mais razoáveis do que os encontrados.
- Finalmente, apesar dessas considerações, claro é que as águas dos tributários impactados do Tapajós, considerados nessas simulações, estão acima do limite máximo permitido pelo CONAMA, isto é, 0,2ppb.

8.3.6. Simulação 4: estimativa das taxas de liberação do estoque de mercúrio associado aos sedimentos para as águas.

Condicionantes: para que o mercúrio seja liberado dos sedimentos fluviais para as águas é necessário que se transforme de sua forma química metálica para outras formas: iônica simples ou complexa com ânions de cloro ou de enxofre ou com radicais orgânicos (metil

por exemplo) sob ação de bactérias, entre outros mecanismos físico-químicos e biológicos descritos na bibliografia disponível [Refs. 8.37, 8.40, 8.41, 8.42, 8.43, 8.44 e 8.45]. Pelo seu aspecto crítico, do ponto de vista do risco toxicológico, é a transformação do mercúrio em metilmercúrio e, conseqüentemente, a cinética dessa transformação o processo que mais tem preocupado os pesquisadores com relação ao comportamento futuro dos estoques de mercúrio metálico associado aos sedimentos fluviais. Inúmeros estudos têm sido publicados com vistas ao estabelecimento da velocidade e das condições ambientais físicoquímicas e biológicas necessárias a esse processo. Em Gilmour & Henry *in* [Ref.8.45] tem-se boas indicações bibliográficas sobre o tema. Lamentavelmente, esses trabalhos têm sido realizados apenas no hemisfério norte e, assim, muitas dúvidas persistem com relação à possibilidade de realizar-se extrapolações para condições tropicais amazônicas.

Nas simulações a seguir, o processo considerado para a liberação do mercúrio dos sedimentos para a água é o da metilação. Além disso, propõe-se a utilização de um submodelo matemático empírico genérico para a determinação da velocidade do processo de metilação do mercúrio, que independe, na sua formulação, de condições geográficas, climáticas etc.

Finalmente, nas simulações serão considerados apenas a liberação dos estoques de mercúrio associados aos sedimentos dos tributários do rio Tapajós na área da reserva garimpeira do Estado do Pará.

#### a) Dados básicos

##### a.1) Equação para a estimativa da velocidade de metilação

A equação a ser utilizada é aquela proposta por Bisogni [Ref.8.46]:

$$R_{me} = a \times b^n \times (Hg)^n$$

onde:

$R_{me}$  = velocidade específica de metilação  
 $a$  = coeficiente de atividade microbiana  
 $b$  = coeficiente (percentual) de mercúrio iônico(mercúrio disponível)

$n$  = pseudo ordem da reação ( $n=0,2$  para esgotos)

(Hg) = concentração total de mercúrio no sedimento

##### a.2) Concentração de mercúrio nos sedimentos fluviais

Valor médio: 1,18ppm, média aritmética dos valores médios de concentração de mercúrio nos sedimentos dos tributários impactados do rio Tapajós (Crepori, Marupá e Cuiú-Cuiú), Tabela 8.6.

##### a.3) Estoque de mercúrio nos sedimentos fluviais

São aqueles determinados nas simulações apresentadas no item 8.3.4, ou seja, de cerca de 160t de mercúrio nos sedimentos fluviais dos tributários do Tapajós, na região da reserva garimpeira do Pará.

##### a.4) Vazões médias dos tributários do rio Tapajós

Aqui serão considerados os valores médios referenciados à estação fluviométrica da localidade de Porto Alegre [Ref.8.29], no rio Crepori: igual a  $5m^3/s$  na época de vazante e igual  $35m^3/s$  na época de cheia. Evidentemente, esses valores são extremamente conservadores, tendo em vista tratarem-se de dados coletados em uma estação situada no médio curso do rio Crepori. Mas, considerando o aspecto conservador das simulações propostas, esses dados têm a vantagem de serem dados reais (i.e., realmente medidos no campo e não apenas estimativas realizadas a partir de extrapolações cartográficas).

#### b) Simulações

Tomando-se por base a equação proposta para a avaliação da velocidade de metilação:  $R_{me} = a \times b^n \times (Hg)^n$ , pode-se construir

a Tabela 8.8a para a síntese dos valores simulados de Rme, obtidos a partir de valores imputáveis aos demais parâmetros integrantes da fórmula.

Os valores dos parâmetros a e b podem variar de 0,1 a 1,0; n foi fixado em 0,2, que corresponde ao expoente empírico de ordem da reação de cinética da metilação do mercúrio em sedimentos oriundos de esgotos; e, finalmente, Hg=1180, correspondendo à concentração média de mercúrio (em ppb) nos sedimentos contaminados dos afluentes do rio Tapajós. Os resultados para os cálculos de Rme são indicados em ppb/dia.

TABELA 8.8a Valores Simulados de Velocidade de Metilação de Mercúrio (Rme), Obtidos a Partir de Valores Imputáveis aos Demais Parâmetros Integrantes da Fórmula:  $Rme = a \times b^n \times (Hg)^n$

PARÂMETROS FÓRMULA	a	b	n	b <sup>n</sup>	(Hg) <sup>n</sup> (ppb)	Rme (ppb/d)
	0,1	0,1	0,2	0,63	1180 <sup>0,2</sup>	0,26
	0,2	0,2	0,2	0,72	1180 <sup>0,2</sup>	0,60
	0,3	0,3	0,2	0,79	1180 <sup>0,2</sup>	0,97
	0,4	0,4	0,2	0,83	1180 <sup>0,2</sup>	1,37
	0,5	0,5	0,2	0,87	1180 <sup>0,2</sup>	1,79
	0,6	0,6	0,2	0,90	1180 <sup>0,2</sup>	2,23
	0,7	0,7	0,2	0,93	1180 <sup>0,2</sup>	2,68
	0,8	0,8	0,2	0,96	1180 <sup>0,2</sup>	3,15
	0,9	0,9	0,2	0,98	1180 <sup>0,2</sup>	3,63
	1,0	1,0	0,2	1,00	1180 <sup>0,2</sup>	4,11

Os resultados da Tabela indicam uma variação para os valores de Rme entre 10<sup>-1</sup> e 10<sup>1</sup> ppb/d. Estes valores representam a velocidade da transformação do mercúrio dos sedimentos em metilmercúrio e, no caso das simulações propostas, a velocidade de liberação do mercúrio dos sedimentos para a água. Valores de Rme em torno de 4,11ppb/d seriam suficientes para transformar em metilmercúrio e, conforme as premissas que norteiam as simulações propostas, liberar para a água todo o estoque estimado de mercúrio nos sedimentos fluviais (com uma concentração média de 1,18ppm) em um tempo

inferior a um ano (= 300 dias).

Este valor de 4,11ppb/d equivale a uma emissão de mercúrio a partir dos sedimentos de, aproximadamente, 5x10<sup>-5</sup> ppb/s. Considerando os valores médios para as vazões fluviais referenciais propostas para este exercício simulatório, i.e., 5 a 35m<sup>3</sup>/s, pode-se estipular entre 0,9 e 0,09mg/m<sup>3</sup>, respectivamente, os acréscimos potenciais de concentração de mercúrio nas águas fluviais no final de um tempo de concentração de um dia (24 horas) das águas nas bacias dos tributários contaminados do Tapajós, se as condições extremas (sedimentos de esgoto) fossem alcançadas e mantidas ao longo do tempo nos sedimentos fluviais.

### c) Discussão

Evidentemente, o processo de metilação do mercúrio, e conseqüentemente, a velocidade em que ela ocorre, é bem mais complexo do que o sugerido pelos cálculos realizados nas simulações e, por isso, os dados da Tabela 8.8a precisam ser discutidos com maior detalhe.

A medida da velocidade de metilação do mercúrio em águas e sedimentos apresenta muitos problemas. Gilmour & Henry *in* [Ref.8.45] oferecem uma excelente síntese a esse propósito. Dois métodos, um para a estimativa das taxas de metilação, devido a Furutani e Rudd [Ref.8.47], com o uso do isótopo <sup>203</sup>Hg, e o outro para a estimativa das taxas de demetilação, devido a Ramlal et al. [Ref.8.48], têm sido empregados conjuntamente para a realização de balanços entre metilação e demetilação (i.e., estabelecimento da razão M/D). Esses dois métodos têm sido amplamente utilizados para comparar velocidades relativas de metilação entre dois ou mais meios. Entretanto, como indicado pelos seus autores, vários aspectos deveriam ser considerados. O principal diz respeito ao fato de o isótopo <sup>203</sup>Hg ser de baixa atividade, o que obriga fazer a adição de grandes quantidades desse traçador à amostra testada. Essa adição de grandes quantidades aumenta a disponi-

bilidade do mercúrio iônico na amostra e, conseqüentemente, conforme a equação empregada nas simulações, os valores de Rme. Segundo Gilmour & Henry *in* [Ref. 8.45] infelizmente os valores publicados para Rme representam velocidades absolutas ainda artificialmente elevadas. A esses aspectos acrescentam-se outros relacionados a vários outros parâmetros que também são importantes para o estudo do processo de metilação (matéria orgânica, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, etc.). Por serem, no geral, "sítio específico", estes parâmetros interferem nas comparações entre as Rme medidas em diferentes meios, ou entre meios similares em diferentes locais. Estudos com sedimentos têm demonstrado, por exemplo, que o abaixamento do pH (em torno de 5), resulta tanto no decréscimo da metilação, quanto no da sulfatoredução [Refs. 8.49, 8.50 e 8.51].

A Tabela 8.9 apresenta alguns resultados obtidos por diferentes autores para estudos realizados visando a estimativa de Rme.

TABELA 8.9 Valores da Velocidade Específica de Metilação (Rme) de Mercúrio em Sedimentos Poluídos

LOCAL	Rme(ppb/d)	REF.
St. Claire River	6	[8.51]
Ottawa River	0,5-1,5	[8.52]
Pásqua Lake	2,8-4,0	[8.53]
East Mynarski	0,8-6,8	[8.53]
San Francisco Bay	0,03-2,1	[8.54]
Hudson River	0-0,3	[8.55]
Quabbin Reservoir	0,05-3,9	[8.56]
Lake Clara	0,03-2,3	[8.57]

Como pode ser observado na Tabela 8.9, os valores estimados para Rme variam em uma ampla faixa, maior que  $10^{-2}$  a  $10^1$  ppb/d, devido às diferentes condições sob as quais os experimentos foram realizados. Estas condições correspondem desde às quantidades de mercúrio instável ou de metilmercúrio adicionadas aos sedimentos com traçadores dos processos de metilação/demetilação, até às am-

plas variações das condições naturais (pH, Eh, salinidade, etc.). A bibliografia disponível [Refs. 8.58, 8.59 e 8.60] apresenta valores de Rme equivalentes a  $10^2$  ppb/d, mas sempre associados a condições especiais de campo e de laboratório.

Pela Tabela 8.9 pode-se observar que os valores simulados para Rme nos sedimentos dos tributários contaminados do rio Tapajós, não são discrepantes, mesmo se considerado o fato de se estar utilizando valores extremos para a cinética de metilação, isto é,  $n=0,2$ , relacionado a sedimentos de esgotos. Chama-se novamente a atenção para a observação feita por Gilmour & Henry *in* [Ref.8.45], de que os valores da Tabela 8.9 estariam expressando dados artificialmente elevados com relação ao que deveria ser esperado em condições naturais sem a adição de traçadores às amostras.

A Tabela 8.10 apresenta os dados necessários para a estimativa dos fluxos de mercúrio nas águas dos tributários contaminados do rio Tapajós.

TABELA 8.10 Vazões Fluviais e Concentrações de Mercúrio nas Águas dos Tributários Impactados do Rio Tapajós

RIO	VAZÃO MEDIDA (m <sup>3</sup> /s)	REF.	CONC. Hg (ág.tot.ppb)			REF.
			FAIXA	MÉDIA	DP	
Creporei	5 a 35	[8.62]	<0,2-3,0	0,8	—	[8.32]
			ND-10,1	4,1	±2,2	[8.15]
Cuiú-Cuiú	—	—	3,4-10,4	7,3	±2,2	[8.15]
			<0,4-0,5	—	—	[8.31]
Marupá	—	—	0,2-0,9	0,5	—	[8.32]

O tempo de concentração das águas nas bacias dos rios tributários do Tapajós considerados na Tabela 8.10 é aqui estimado em 24 horas. Esse tempo de concentração indica que após 24 horas o acréscimo de concentração de mercúrio para cada m<sup>3</sup> de água será de  $5 \times 10^{-5}$  ppb/s (o equivalente a uma liberação de mercúrio dos sedimentos para as águas de 4,11ppb/d), dividido por 5m<sup>3</sup>/s ou 35m<sup>3</sup>/s (valores médios medidos para a vazão do rio Crepori tomado

como referência nas simulações propostas), ou seja,  $0,9\text{mg}/\text{m}^3$  (relativo a  $5\text{m}^3/\text{s}$ ) ou  $0,09\text{mg}/\text{m}^3$  (relativo a  $35\text{m}^3/\text{s}$ ). Evidentemente, quando comparados com os dados da Tabela 8.10, por exemplo, os valores máximos (em torno de 10ppb) para as concentrações de mercúrio nos rios Crepori e Cuiú-Cuiú teriam acréscimos irrisórios. Esses valores somente são significativos, nas condições de simulação propostas, para os valores médios de concentração de mercúrio na água inferiores a 1ppb mostrados na Tabela 8.10.

Entretanto, no presente caso, mais importante que valores absolutos, é a noção das características ambientais necessárias para a liberação em taxas significativas do mercúrio estocado nos sedimentos para a água, a partir do processo de metilação. Pelos dados expostos, pode-se observar que seria realmente necessário atingir-se e manter-se as condições extremas propostas na realização dessas simulações (i.e., condições similares às dos sedimentos de esgotos) para que as taxas de liberação de mercúrio, através do processo de metilação, representassem fluxos quantitativamente importantes, capazes de modificar substancialmente as concentrações de mercúrio, tanto nos sedimentos quanto nas águas dos rios tributários do Tapajós.

d) Conclusões sobre a liberação dos estoques de mercúrio armazenados nos sedimentos fluviais dos tributários impactados do Tapajós

- As simulações propostas consideraram a metilação do mercúrio dos sedimentos como o processo responsável pela transferência do mercúrio para a coluna d'água.
- Para a estimativa da velocidade de metilação, utilizou-se uma formulação matemática independente de fatores/condições geográficas ou de variáveis/parâmetros sítio específicos.
- Considerou-se, nas simulações dos elementos da fórmula de cálculo da velocidade de metilação, uma situação altamente conservadora, representada pela cinética da metilação do

mercúrio em meio biogeoquímico extremamente ativo, ou seja os sedimentos de esgotos.

- Os resultados obtidos para a velocidade específica de metilação ( $R_{me}$ ), através das simulações realizadas, são coerentes com aqueles da bibliografia disponível.
- O máximo valor possível para a  $R_{me}$ , a partir das simulações, foi de  $4,11\text{ppb}/\text{d}$ ; ou seja, o equivalente a uma liberação do mercúrio para a água de  $5 \times 10^{-5}\text{ppb}/\text{s}$ .
- Estes valores indicam que seriam necessários, aproximadamente, 300 dias para que o estoque de mercúrio dos sedimentos (representado pela concentração média de  $1,18\text{ppm}$  ou  $1180\text{ppb}$ ), fôsse metilado e, como proposto nas simulações, liberado para a água.
- Considerando os valores médios de referência para as vazões fluviais dos tributários contaminados do Tapajós,  $5\text{m}^3/\text{s}$  (vazante) e  $35\text{m}^3/\text{s}$  (cheia), e um tempo de concentração da água estimado em 24 horas nestas bacias tributárias, pode-se estimar entre  $0,9$  e  $0,09\text{mg}/\text{m}^3$  o acréscimo de concentração de mercúrio nas águas fluviais ao final de um período ou tempo de residência das águas nas bacias.
- Estes acréscimos somente são significativos quando considerados em épocas de vazante e adicionados a valores médios de concentração baixos. Mesmo assim, ressalta-se que um valor de  $0,9\text{ppb}$  representa, mesmo que temporariamente, um acréscimo de 4 vezes o limite máximo admitido pelo CONAMA para as águas como classes 1 e 2 ( $0,2\text{ppb}$ ).
- Finalmente, é necessário que as condições extremas propostas para as simulações sejam mantidas para que se possam observar as taxas de liberação, indicadas pelos máximos valores de  $R_{me}$ , do mercúrio do sedimento para a água através de metilação. Em síntese, seria necessário que o ambiente dos sedimentos fluviais apresentasse características biogeoquímicas

similares às dos esgotos, para que as taxas de liberação simuladas pudessem, teoricamente, ocorrer.

8.3.7. Simulação 5: estimativa das concentrações, fluxos e estoques de mercúrio em águas e sedimentos fluviais considerando as emissões e as dispersões atmosféricas

Condiçantes: as simulações consideraram que a totalidade do mercúrio emitido estimado para as atividades garimpeiras na bacia do rio Tapajós foi lançada às correntes fluviais. Desse local, parte seria transportada/transferida pela água, e o restante tenderia a ser estocado nos sedimentos, podendo ser liberado para a coluna d'água através de processos biogeoquímicos (no caso presente utilizou-se nas simulações uma liberação relacionada ao potencial processo de metilação do mercúrio estocado).

Nas simulações a seguir, acrescentou-se às condicionantes gerais expostas, usadas na elaboração das demais simulações, uma etapa prévia de perdas de mercúrio devido à volatilização do elemento durante a queima do amálgama por ele formado com o ouro.

As estimativas de concentração média, fluxos e estoques de mercúrio em águas e sedimentos, com a inclusão das perdas por volatilização, foram realizadas em duas etapas simulatórias. A primeira simulação considera que todo o mercúrio volatilizado é disperso pela atmosfera, permanecendo estocado nos sedimentos das planícies de inundação fluviais e nos solos, serrapilheiras das florestas, não retornando às correntes fluviais. A segunda simulação supõe a dispersão atmosférica do mercúrio e o retorno/entrada desse mercúrio nas correntes pela chuva e lixiviação dos sedimentos, solos, etc.

a) Síntese das simulações realizadas

A Tabela 8.11 apresenta a síntese das simulações realizadas.

TABELA 8.11 Síntese das Simulações Realizadas sem Considerar as Perdas de Mercúrio Devido à Volatilização/Dispersão do Elemento Durante a Queima da Amálgama.

SIMULAÇÕES → Segmentos fluviais envolvidos	1 Rio Tapajós Jac. Ita.		2 Rio Tap. Jac.-Ita.		3 Tribut. Pará		4 Tribut. MT		3 Conj.Tribut. Pará		4 Bacia Grepori	
	Hg emitido:											
total da bacia	62		62		62		62		62		62	
reserva garimpeira PA	42		42		42		42		42		42	
norte matogrossense PA	20		20		20		20		20		20	
Hg transportado pelas águas (t/a)		62										26
Concentração de Hg água (ppb)												
vazante	1,5	1,3	0,12/0,25						4,1		4,1	4,1
cheia	0,4	0,4	?						1,4		1,4	1,4
Hg estocado nos sedimentos (t/a)	0	0	?		?		?		16		16	16
Conc. Hg antrop. no sed. (ppm)	0	0	0,2/0,2		2,1		0,7/1,2		—		—	1,18
Vazões fluviais (m <sup>3</sup> /s)												
vazante	3.000	4.200							100		5	5
vazante	8.500	12.100							300		35	35
Dimensões fluviais consideradas:												
comp. (km)			300		1.000		350					
larg. (m)			1.000		50		50-400					
espes. (m)			0,2		1		0,5-1					
Conc. estimada de Hg na água (ppb)	0,12	0,25	0,08/0,17						vaz. 4,1		—	—
Estimat. estoque Hg nos sedim. (t/a)			1,8		16		6,5		che. 1,4		—	—
Taxa máxima de liberação do estoque de Hg (ppb/d)												4,1
Conc. estimada de Hg na água c/li-beração do estoque de Hg (ppm)												vaz. 5,0
												che. 1,5

^OBSERVAÇÕES: a) Simulação 1 - estimativa das concentrações médias e dos fluxos de mercúrio nas águas do rio Tapajós sem considerar o estoque de Hg no sedimento

b) Simulação 2 - estimativa do estoque de mercúrio nos sedimentos fluviais e das concentrações de mercúrio nas águas em função deste estoque.

c) Simulação 3 - estimativa das concentrações médias e dos fluxos de mercúrio nas águas dos tributários do Tapajós

d) Simulação 4 - estimativa das taxas de liberação do estoque de mercúrio associado aos sedimentos para as águas fluviais

e) Condicionantes - correspondem aos dados básicos essenciais utilizados na realização das simulações/estimativas

f) Estimativas - correspondem às simulações realizadas

g) - - indica que a condicionante não é essencial para a realização da simulação considerada

h) ? - indica que a condicionante corresponde ao objeto da estimativa a que se propõe a simulação considerada

i) xx- indica que a estimativa não foi objeto da simulação considerada

Na leitura da Tabela 8.11, deve-se observar que:

- as simulações realizadas seguem, de 1 a 4, a ordem hierárquica de sua elaboração;
- todas as simulações consideraram as mesmas quantidades de mercúrio emitido pela atividade garimpeira na bacia do rio Tapajós;
- a condicionante "mercúrio transportado pelas águas" corresponde à quantidade de mercúrio em um dado segmento fluvial, menos o estoque de mercúrio antropogênico nos sedimentos deste segmento;
- o mercúrio antropogênico dos sedimentos corresponde ao estoque global de mercúrio, menos o *background* ou nível de base natural (aproximadamente 0,2ppm);
- a(s) estimativa(s) objeto de uma dada simulação passam a ser uma das condicionantes de elaboração da simulação seguinte na Tabela;

- comparativamente, os valores condicionantes de concentração de mercúrio na água, na época de vazante fluvial e grande intensidade das atividades garimpeiras, obtidos a partir de dados secundários, são sensivelmente inferiores aos valores estimados através das simulações. Estes últimos estão, no geral, próximos ou abaixo do limite máximo permitido pelo CONAMA, 0,2ppb.

b) Estimativa das concentrações médias, dos fluxos e dos estoques de mercúrio considerando as perdas do metal devido à volatilização

#### b.1) 1ª Simulação

Condicionantes: nesta primeira simulação considera-se que o mercúrio volatilizado durante a queima do amálgama é disperso pela atmosfera e não retorna às drenagens fluviais, permanecendo estocado nos solos, serrapilheiras das florestas, etc.

#### - Dados Básicos

Os dados básicos são os mesmos utilizados nas simulações já realizadas e sintetizados na Tabela 8.11 sob forma de condicionantes destas simulações.

A esses dados adicionam-se os dados estimados por outros estudos para avaliação das perdas de mercúrio durante o processo de queima do amálgama.

A Tabela 8.12 apresenta dados propostos por vários autores para as perdas de mercúrio por volatilização.

TABELA 8.12 Perdas Estimadas de Mercúrio para a Atmosfera Durante a Queima do Amálgama com o Ouro

MERCÚRIO EMITIDO P/ATMOSFERA (%)	REFERÊNCIAS
55 a 65	[8.6]
70	[8.35]
87	[8.5, 8.33 e 8.8]

Pelos dados da Tabela 8.12, pode-se observar que existe uma

faixa relativamente ampla de variação das estimativas realizadas pelos vários autores consultados. Apesar disso, como notado por Lacerda & Salomons [Ref.8.39], todos os autores concordam que as emissões de mercúrio para a atmosfera durante o processo de queima do amálgama são muito maiores do que para os rios e solos. Essas emissões estão entre as mais altas entre as atividades emissoras de mercúrio [Ref.8.36].

Para manter-se o caráter conservador das simulações, proposto para a realização das estimativas no presente estudo, nesta etapa foi utilizado o valor arbitrário de 50%, inferior ao menor dos valores da Tabela 8.12, para a estimativa das perdas de mercúrio para a atmosfera.

Com base no valor 50%, pôde-se recalcular os dados da Tabela 8.11, obtendo-se novos cenários para as estimativas realizadas nos quatro grupos de simulações anteriores. Essas novas estimativas são mostradas na Tabela 8.13.

Na leitura da Tabela 8.13, deve-se observar que:

- os segmentos fluviais envolvidos nos quatro grupamentos de simulações realizadas e as quantidades de mercúrio emitidas pela atividade garimpeira, permanecem os mesmos da Tabela 8.11;
- o mercúrio transportado pelas águas sofre uma redução de 50% na Simulação 1, da Tabela 8.13, e de aproximadamente 5(cinco) vezes na Simulação 2, isto é,  $42t/a$  (emitidas pelos garimpos do Tapajós no Pará)  $\times 0,5$  (50% de perdas atmosféricas) =  $21t/a - 16t/a$  (estoque nos sedimentos fluviais no segmento considerado) =  $5t/a$  disponíveis para transporte pelas correntes fluviais;
- a estimativa das concentrações médias de mercúrio nas águas objeto do grupo de Simulação 1, indica uma redução de 50% nos valores estimados apresentados na Tabela 8.11;
- a estimativa das concentrações médias de mercúrio nas águas,

objeto do grupo de Simulação 2, indica uma redução de aproximadamente 40% dos valores estimados apresentados na Tabela 8.11. Esse valor (40%), é necessário lembrar, representa a percentagem do estoque de mercúrio nos sedimentos fluviais, estimados para o segmento considerado ( $16t/a + 1,8t/a = 18t/a$ ), do total de mercúrio emitido para as águas na Simulação 2, i.e.,  $42t/a$ ;

- a estimativa das concentrações médias de mercúrio nas águas, objeto do grupo de Simulação 3, devido aos cálculos de fluxo realizados nas estimativas, indica uma redução um pouco superior a 50% dos valores estimados apresentados na Tabela 8.11;

TABELA 8.13 Síntese das Simulações Realizadas Considerado as Perdas de Mercúrio para a Atmosfera (Percentagem de Perda para Atmosfera Considerada: 50% do Total de Mercúrio Emitido pelos Garimpos.)

SIMULAÇÕES → Segmentos fluviais envolvidos	1		2		3		4	
	Rio Tapajós Jac.	Rio Tap. Ita.	Rio Tap. Jac.-Ita.	Tribut. Pará	Tribut. MT	Conj. Tribut. Pará	Bacia Crepori	
Hg emitido:								
total da bacia	62	62	62	62	62	62	62	
reserva garimpeira PA norte matogrossense PA	42	42	42	42	42	42	42	
Hg transportado pelas águas (t/a)	20	20	20	20	20	20	20	
Concentração de Hg:água(ppb)	10	31	—	—	—	5	5	
vazante	1,5	1,3	0,06/0,12	—	—	4,1	1,8	
cheia	0,4	0,4-0,5	—	—	—	1,4	0,5	
Hg estocado nos sedimentos(t/a)	0	0	?	?	?	16	16	
Conc. Hg antrop. no sed.(ppm)	0	0	0,2/0,2	2,1	0,7/1,2	—	1,18	
Vazões fluviais (m <sup>3</sup> /s)	3.000	4.200	—	—	—	100	5	
vazante	8.500	12.100	—	—	—	300	35	
Dimensões fluviais consideradas:								
comp.(km)	—	—	300	1.000	350	—	—	
larg.(m)	—	—	1.000	50	50-400	—	—	
espes.(m)	—	—	0,2	1	0,5-1	—	—	
Conc. estimada de Hg na água(ppb)	0,06	0,12	0,04/0,08	—	—	váz. 1,8 che. 0,5	—	
Estimat. estoque Hg nos sedim.(t/a)	—	—	1,8	16	6,5	—	—	
Taxa máxima de liberação do estoque de Hg (ppb/d)	—	—	—	—	—	—	4,1	
Conc. estimada de Hg na água c/liberação do estoque de Hg (ppm)	—	—	—	—	—	—	vaz. 2,7 che. 0,6	

OBSERVAÇÕES: a) Simulação 1 - estimativa das concentrações médias e dos fluxos de mercúrio nas águas do rio Tapajós sem considerar o estoque de Hg nos sedimentos

b) Simulação 2 - estimativa do estoque de mercúrio nos sedimentos fluviais e das concentrações de mercúrio nas águas em função deste estoque.

c) Simulação 3 - estimativa das concentrações médias e dos fluxos de mercúrio nas águas dos tributários do Tapajós

d) Simulação 4 - estimativa das taxas de liberação do estoque de mercúrio associado aos sedimentos para as águas fluviais

e) Condicionantes - correspondem aos dados básicos essenciais utilizados na realização das simulações/estimativas

f) Estimativas - correspondem às simulações realizadas

g) -- indica que a condicionante não é essencial para a realização da simulação considerada

h) ? - indica que a condicionante corresponde ao objeto da estimativa a que se propõe a simulação considerada

i) xx- indica que a estimativa não foi objeto da simulação considerada

- pela mesma razão, a estimativa das concentrações médias de mercúrio nas águas, objeto do grupo de Simulação 4, também apresenta uma redução um pouco superior a 50% dos valores estimados apresentados na Tabela 8.11;

- finalmente ressalta-se os únicos valores de concentração média estimada de mercúrio nas águas, superiores ao limite máximo estabelecido pelo CONAMA, i.e., 0,2ppb, são aqueles da época de vazante nas Simulações 3 e 4 para os tributários impactados do rio Tapajós.

## b.2) 2ª Simulação

Nessas simulações, as perdas de mercúrio para a atmosfera são dispersas em área e após, através da lixiviação de solos, serrapilheiras, etc., retornam às correntes fluviais.

Torna-se claro que um tal cenário para as simulações representa apenas situações intermediárias possíveis entre dois cenários extremos:

- o primeiro destes é o cenário representado pelas estimativas e simulações realizadas, considerando que todo o mercúrio emitido pelas atividades garimpeiras na área do estudo foi lançado diretamente às correntes fluviais, sem que houvesse ocorrido perdas para a atmosfera. Este cenário encontra-se resumido através das simulações/estimativas na Tabela 8.11.
- o segundo cenário é o representado pelas estimativas e simulações resumidas na Tabela 8.13, isto é, um cenário no qual considera-se as perdas de mercúrio por volatilização e o seu não retorno às correntes fluviais envolvidas no estudo.

Levando-se em consideração essa assertiva, fica evidente que, teoricamente, um número infinito de possibilidades e situações podem ocorrer entre estes dois cenários extremos. A ocorrência de uma situação depende de vários fatores ambientais convergentes para a eficácia na liberação e transporte do mercúrio estocado nos solos, serrapilheiras, etc.

Conseqüentemente, qualquer exercício simulatório visando essas situações exigiria soluções de contorno mais detalhadas e precisas e, por isso, dados consistentes e adequados a esta finalidade.

Mais interessante, e conseqüente, nos parece ser a discussão, mesmo que breve, sobre a questão da dispersão em área das perdas do mercúrio volatilizado durante a queima do amálgama.

O mercúrio é liberado para a atmosfera durante a queima do amálgama sob a forma de mercúrio elementar (Hg.) e, na atmosfera, é transformado, por oxidação, em mercúrio iônico (Hg<sup>+2</sup>), desta maneira pode retornar aos ecossistemas terrestres através das chuvas e da deposição seca <sup>1</sup>.

É importante que se tenha uma percepção clara da dispersão potencial que pode ocorrer com o mercúrio lançado na atmosfera, sobretudo do ponto de vista quantitativo, principal objeto dos balanços

<sup>1</sup>Lindqvist, O. et al, Kthony, E., Petersen, G. et al in [Ref. 8.39] e [Ref. 8.60]. e 8.74].

de massa propostos no presente estudo.

O significado quantitativo da dispersão do mercúrio pela atmosfera pode ser percebido, a título ilustrativo, a partir do seguinte exercício simulatório.

No exercício simulatório propõe-se que as 62t/a de mercúrio, estimadas como sendo emitidas pela atividade garimpeira na área do estudo (bacia do rio Tapajós), são totalmente perdidas para a atmosfera a partir de uma mesma fonte pontual, com área de influência circular de raio igual a 1km.

Estas condicionantes do exercício simulatório indicam uma área de influência de, aproximadamente, 3,14km<sup>2</sup> com 0,2t Hg/ha/a, quando se considera que todo o mercúrio lançado à atmosfera retorna à superfície dos solos.

Tomando-se em consideração a contaminação de apenas 30cm superficiais do solo (porção considerada arável dos solos) com um peso específico arbitrário de 1,5g/cm<sup>3</sup>, desconsiderando-se processos de dispersão dentro do próprio solo, para manter-se o aspecto conservador das simulações propostas no presente estudo, chega-se à concentração de mercúrio de em torno 44ppm para o solo.

Esse valor é muito superior à faixa observada para áreas de influência dentro de 0,5km em torno de fábricas de cloro-soda [Ref.8.15], mas encontra-se dentro dos níveis de segurança considerados aceitáveis para solos, isto é, 72ppm [Ref.8.15].

Obviamente, as fontes de mercúrio em garimpos não são pontuais mas, ao contrário, muitas e difusas ao longo das drenagens. Tampouco são fontes caracterizadas por um padrão regular de emissões de poluentes. Conseqüentemente, é de se esperar que as dispersões atmosféricas de mercúrio favoreçam a diluição do metal em área, cujas dimensões e geometria serão altamente dependentes dos padrões de circulação do ar e do próprio tempo de residência do mercúrio na atmosfera. Essa assertiva pode ser verificada através dos dados

das taxas de deposição de mercúrio atmosférico em sedimentos lacustres. Vários autores [Refs.8.61, 8.62, e 8.63] e Lacerda et al in [Ref. 8.39] indicam que estas taxas de deposição variam, aproximadamente, entre 0,25 e 4g Hg/ha/a.

Com essas taxas de deposição, seriam necessários milhares de anos para que o solo do exercício simulatório proposto atingisse a concentração estimada resultante de 44ppm ou 44g/t.

Infelizmente, os dados disponíveis sobre mercúrio em solos da área do estudo são escassos. Estes correspondem a 12 amostras de "solos" coletadas em aluviões ao longo das drenagens superficiais na proximidade de atividades de garimpo e queima de amálgama [Ref.8.15]. Os valores obtidos variaram entre 0,7 e 1.370ppm, com uma média aritmética de 120ppm, um desvio padrão de 375ppm e uma média geométrica 6,9ppm. Dificilmente se poderá creditar exclusivamente ou mesmo utilizar-se estes dados na avaliação de entradas atmosféricas do mercúrio.

b.3) Conclusões sobre as simulações relacionadas às perdas de mercúrio para a atmosfera

- As maiores perdas de mercúrio utilizado na atividade garimpeira podem ser creditadas ao processo de volatilização do metal durante a queima do amálgama por ele formado com o ouro.
- Essas perdas superam, de muito, as perdas para os rios e solos. Os dados disponíveis indicam uma faixa de valores para as perdas atmosféricas entre 55% e, aproximadamente, 90%.
- Nas simulações realizadas utilizou-se 50% como um dado conservador para as perdas de mercúrio para a atmosfera durante o processo de queima do amálgama.
- Os resultados obtidos com as simulações, indicam reduções proporcionais ao valor de perdas utilizado (50%), sendo que somente as estimativas das concentrações de mercúrio nas águas

dos tributários impactados do rio Tapajós, na época de vazante fluvial, apresentaram-se acima do limite máximo permitido pela legislação, i.e., 0,2ppb.

- Exercício simulatório adicional realizado indica que a capacidade de dispersão do mercúrio pela atmosfera é grande. Esse fato favorece a distribuição do mercúrio sobre os solos, mostrando que os níveis de contaminação destes últimos pelo metal, nas áreas externas à faixa de domínio direto dos garimpos, ou seja, fora da zona aluvial imediatamente próxima, dificilmente poderia atingir níveis considerados de risco.

#### 8.3.8. Sumário dos resultados das estimativas das concentrações médias de mercúrio nas águas fluviais

A qualidade das águas, neste estudo expressa através das concentrações de mercúrio, é, entre todos os parâmetros simulados, sem dúvida, o mais importante do ponto de vista legal e, também, prático em função de sua utilização direta nas avaliações do risco de exposição de populações humanas a poluentes.

A Tabela 8.14 apresenta o sumário dos resultados, obtidos através de simulações, da estimativa das concentrações médias de mercúrio nas águas fluviais na área de estudo.

TABELA 8.14 Sumário dos Resultados das Estimativas das Concentrações Médias de Mercúrio nas Águas Fluviais

SEGMENTOS FLUVIAIS		ppb		
		Rio Tapajós		Tributários (Bacia Crepori)
		Jac.	Ita.	
Secundário	Vazante	1,5	1,2	4,10
Secundário	Cheia	0,4	0,4	—
Estimado (tipo A)	Média Anual	0,12	0,25	7,00
Estimado (tipo B)	Média Anual	0,08	0,17	Vazante 4,10 Cheia 1,40
Estimado (tipo C)	Vazante Cheia	— —	— —	5,00 1,50
Estimado (tipo D)	Vazante Cheia	0,04 0,01	0,07 0,02	1,80 0,50
Estimado (tipo E)	Vazante Cheia	— —	— —	2,70 0,60
Estimado (tipo F)	Média Anual	—	—	0,80

OBSERVAÇÕES: - O termo SECUNDÁRIO na Tabela refere-se aos dados constantes de estudos disponíveis.

- O termo ESTIMADO refere-se às concentrações médias de mercúrio estimadas a partir das simulações realizadas.

- No geral, as concentrações estimadas para a época de cheia correspondem a 1/3 das do período vazante.

- ESTIMADO (tipo A): estimativa realizada a partir de simulações considerando que todo mercúrio é lançado às correntes fluviais e transportado pelas águas.

- ESTIMADO (tipo B): estimativa considerando que todo mercúrio é lançado às correntes fluviais, sendo que uma parte é transportada pelas águas e outra permanece estocada nos sedimentos.

- ESTIMADO (tipo C): estimativa considerando que todo mercúrio é lançado às correntes, parte sendo transportada pelas águas e parte estocada nos sedimentos, sendo liberada para a água através do processo de metilação.

- ESTIMADO (tipo D): estimativa considerando que 50% do mercúrio utilizado é

volatilizado e o restante é lançado às correntes fluviais, sendo parte transportada pelas águas e parte permanecendo estocada nos sedimentos.

- ESTIMADO (tipo E): idem ao tipo D, considerando a liberação do estoque de mercúrio dos sedimentos para a coluna d'água.

- ESTIMADO (tipo F): idem tipo D, considerando a volatilização de 70% do mercúrio utilizado.

— estimativa/simulação não considerada no estudo.

— estimativa não é factível a partir das condicionantes propostas para as simulações realizadas, porque, para este cenário de 70% de mercúrio volatilizado, as perdas de mercúrio para o meio ambiente superariam as quantidades de mercúrio estimadas utilizadas nos garimpos.

Os dados da Tabela 8.14 merecem algumas considerações.

a) As concentrações estimadas de mercúrio nas águas diminuem com o aumento do grau de complexidade das simulações realizadas. Este "aumento do grau de complexidade" deve ser aqui entendido como a realização de sucessivas aproximações, visando a simulação mais fidedigna dos cenários reais.

b) Com relação às águas do rio Tapajós, no segmento entre Jacareacanga e Itaituba, desde a primeira estimativa (tipo A, na tabela) os valores de concentração encontram-se abaixo do limite máximo permitido pelo CONAMA, i.e., 0,2ppb.

c) Ainda neste segmento, a diferença entre os dados secundários e os das estimativas do tipo D é de duas a três ordens de grandeza, ou seja, de  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$ . É importante observar que os dados destas estimativas caem na faixa dos valores descritos por Padberg [Ref.8.19], isto é, próximos a  $10\mu\text{g/l}$ , para as águas do rio Tapajós, na região de Itaituba.

d) Com relação às águas dos segmentos fluviais tributários impactados do rio Tapajós, aqui representados pela bacia do rio Crepori, pode-se observar que os dados de concentração na época de vazante ficam no geral abaixo do valor máximo permitido (0,2ppb), enquanto que, na época de cheia, os valores tendem a se aproximar deste máximo.

e) No entanto, é necessário ressaltar que as simulações realizadas para os tributários foram excessivamente conservadoras já que, como ponto de partida, considerou-se apenas o maior valor médio disponível para a época de vazante (4,1ppb). Certamente, o uso de outros valores inferiores disponíveis poderia simular muito bem alguns cenários potenciais. Por exemplo, a concentração média 0,8ppb na Tabela 8.14 na estimativa tipo F explica muito bem os fluxos de mercúrio no cenário de 70% de mercúrio volatilizado). É fundamental ressaltar que este valor médio (0,8ppb) coincide com a média observada no levantamento realizado pela UFPa no rio Crepori, por Silva Brabo [Ref.8.32].

Para outros cenários, no entanto, esse uso acarretaria a necessidade de modificações cruciais nas condicionantes altamente conservadoras propostas para as simulações. Essas modificações exigiriam, por sua vez, para serem o mais representativas possível das situações reais que pretendem simular, uma maior qualidade e quantidade dos dados ambientais disponíveis. A título de exemplo, os dados de vazão utilizados nas simulações nos segmentos fluviais dos tributários do Tapajós são precários, tanto do ponto de vista da sua representatividade espacial (apenas no rio Crepori e excessivamente a montante na bacia tributária), quanto do ponto de vista de sua distribuição no tempo (apenas dois anos).

#### 8.4. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SUPORTE/DILUIÇÃO DO RIO TAPAJÓS COM O USO DE SIMULAÇÕES BASEADAS EM BALANÇOS DE MASSA

##### 8.4.1. Introdução

Os resultados obtidos através das estimativas e simulações realizadas tornam claro que a contaminação por mercúrio das áreas/drenagens externas à reserva garimpeira no Pará encontra-se potencializada a partir das emissões do metal pelas atividades

garimpeiras localizadas nos tributários do rio Tapajós. Os dados das estimativas de concentrações médias de mercúrio nas águas fluviais do rio Tapajós, no segmento estudado (entre Jacareacanga e Itaituba), apesar de se encontrarem abaixo do limite máximo permitido pela legislação, encontram-se, no geral, acima dos valores estabelecidos para o nível de base natural (*background* composicional).

Nesse caso dois aspectos primordiais devem ser considerados:

- o primeiro diz respeito ao significado destas concentrações ao nível do risco representado para as populações humanas a sua exposição ambiental ao mercúrio (este aspecto será tratado a seguir no presente trabalho);

- o segundo está relacionado à capacidade dos ecossistemas (aqui é especificamente focalizado o ecossistema representado pelo rio Tapajós), de absorver ou suportar o *stress* a que estão submetidos pela poluição por mercúrio.

Neste item é tratado o segundo aspecto. Para tanto, realizaram-se simulações visando a avaliação da capacidade de diluição do rio Tapajós a partir dos dados secundários disponíveis. A utilização essencialmente de dados secundários deve-se ao fato destes representarem valores muito superiores aos estimados (Tabela 8.14). Portanto, os dados secundários representam o aspecto conservador nas presentes simulações da capacidade de suporte/diluição do rio Tapajós.

As simulações consideram a estimativa da capacidade de suporte/diluição do rio Tapajós no seu segmento entre Jacareacanga e Itaituba.

A extensa ocupação pela atividade garimpeira dos tributários do rio Tapajós configura uma ampla fonte difusa de materiais (mercúrio, sólidos suspensos, óleos e graxos, etc.). Mas, com relação ao Tapajós, estes tributários representam fontes pontuais

e, por isso, passíveis de terem sua contribuição, ou a sua parcela de contaminação da drenagem principal, avaliada. Em realidade, a avaliação desta contribuição é realizada através da análise da capacidade de suporte - no caso presente, de diluição - da drenagem principal relativamente ao aporte de materiais oriundos de fontes pontuais (no caso presente, dos tributários contaminados do Tapajós).

Métodos para a avaliação da capacidade de suporte/diluição em meios naturais configuram, essencialmente, balanços de massa do material sendo transportado, ou transferido, entre segmentos de um mesmo meio ou entre dois meios diferentes, segundo o item 8.3.1 e [Refs.8.5, 8.64, 8.65 e 8.66].

#### 8.4.2. Estimativa da capacidade de suporte/diluição do rio Tapajós

Condicionantes: nas simulações serão considerados essencialmente os dados secundários disponíveis para o período sazonal crítico de vazante fluvial (menor capacidade de diluição das águas fluviais) que corresponde, também, ao de maior intensidade das atividades garimpeiras na região.

##### a) Dados Básicos

A Tabela 8.15 apresenta os dados básicos de vazão fluvial e de concentração de mercúrio na água total (água + S.S.), necessários às simulações propostas.

TABELA 8.15 Dados Básicos para a Estimativa da Capacidade de Suporte/Diluição do Rio Tapajós a Partir dos Dados Referenciados nas Tabelas 8.4, 8.7a e 8.10.

SEGMENTO FLUVIAL	VAZÃO MÉDIA (m <sup>3</sup> /s) Vazante/Cheia	S.S. (ppm) Vazante	CONC. Hg ÁGUA Vazante (ppb) Máxima/Média
Rio Tapajós Itaituba	4.200/12.100	50	6,5/1,2
Rio Tapajós Jacareacanga	3.000/8.500	80	3,2/1,5
Rio Crepori Est.P.Alegre	5/35	300	10/4,1

##### b) Simulações

b.1) Análise do gradiente composicional das águas no compartimento fluvial do rio Tapajós entre Jacareacanga e Itaituba.

Considerando-se apenas o segmento do rio Tapajós compreendido entre Jacareacanga e Itaituba, o fluxo afluyente de mercúrio (concentração de mercúrio x vazão fluvial) é aquele calculado com os dados de Jacareacanga. O fluxo efluente é o calculado a partir dos dados de Itaituba. A Tabela 8.16 apresenta os resultados destas simulações. Os dados básicos são aqueles da Tabela 8.15.

Os dados da Tabela 8.16 estão indicando que não existem diferenças substanciais entre os fluxos de materiais afluentes e efluentes no compartimento fluvial considerado. Esta diferença, entre fluxos de entrada e saída do compartimento, é de apenas, aproximadamente, 10%, tanto para os fluxos de mercúrio (QxHg), quanto para os fluxos de sólidos suspensos (QxSS). Além disso, os dados da Tabela 8.16 estão indicando que os aportes de materiais oriundos dos rios tributários do Tapajós, dentro do setor considerado pelas simulações, acrescentam 10% ao fluxo de entrada de mercúrio (fluxo afluyente em Jacareacanga). Com relação aos fluxos de sólidos

suspensos, pode-se observar uma redução de 12% dentro do setor estudado.

b.2) Análise da capacidade de diluição do rio Tapajós no compartimento fluvial entre Jacareacanga e Itaituba

A Tabela 8.17 sintetiza as simulações realizadas com vistas à estimativa da capacidade de diluição do rio Tapajós para os materiais oriundos das suas drenagens tributárias impactadas, dentro do compartimento fluvial enfocado. Novamente, os dados básicos para a elaboração da Tabela 8.17 são aqueles apresentados na Tabela 8.15.

TABELA 8.16 Análise do Gradiente das Águas no Compartimento Fluvial entre Jacareacanga e Itaituba no Rio Tapajós

SEGMENTO FLUVIAL	Q (m <sup>3</sup> /s)	Hg (ppb)	Hg (g/m <sup>3</sup> )	QxHg (g/s)	Af-Ef (dif.%)	SS (g/m <sup>3</sup> )	QxSS (g/s x 10 <sup>3</sup> )	Af-Ef (dif.%)
Jacareacanga (Af=afluente)	3.000	1,5	0,0015	4,5	> +10	80	240	> -12
Itaituba (Ef=efluente)	4.200	1,2	0,0012	5,0		50	210	

TABELA 8.17 Análise da Capacidade de Suporte/Diluição do Rio Tapajós

Rio Crepori			Rio Tapajós			Mercúrio Resultante (cf. equação 1)			
Q (m <sup>3</sup> /s)	Hg (g/m <sup>3</sup> )	Q x Hg (g/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Hg (g/m <sup>3</sup> )	Q x Hg (g/s)	M (g/m <sup>3</sup> )	A <sub>1</sub> (g/m <sup>3</sup> )	A <sub>2</sub> %	A <sub>3</sub> %
5	0,0041	0,021	3.000	0,0015	4,5	0,0015	0,7x10 <sup>-5</sup>	3	8
20	0,0041	0,082	5.750	0,0010	5,8	0,0010	1,4x10 <sup>-5</sup>	10	10
35	0,0041	0,144	4.8.500	0,0005	4,3	0,0005	1,7x10 <sup>-5</sup>	28	12

Com relação à Tabela 8.17, algumas informações adicionais são necessárias.

- O rio Crepori na tabela representa, ou melhor, referencia, os tributários do rio Tapajós impactados pela atividade garimpeira na área dos estudos. É nesta bacia tributária que se concentrou a maior parte dos estudos realizados na região, e é a única com dados fluviométricos disponíveis. As demais bacias tributárias (rio das Tropas, Igarapé do Rato e rio Jamanxim), todas na margem direita do rio Tapajós, tiveram seus fluxos estimados a partir de comparações cartográficas com a bacia do rio Crepori.

- Os dados de vazão utilizados para o rio Crepori são os de valores mínimos e máximos medidos na estação fluviométrica de Porto Alegre, (5 e 35m<sup>3</sup>/s, respectivamente). O valor intermediário (20m<sup>3</sup>/s), é arbitrário.

- O valor de concentração de mercúrio nas águas no rio Crepori, 4,1ppb ou 0,0041g/m<sup>3</sup>, é utilizado nas simulações sem considerar possíveis efeitos de diluição devido ao aumento da vazão com a sazonalidade. Logo, trata-se de uma estratégia conservadora para as vazões mais elevadas das épocas de cheia fluvial e diminuição das atividades garimpeiras na região, que certamente estará superestimando os fluxos reais.

- Os dados de vazão para o rio Tapajós, na tabela, são os medidos na estação fluviométrica de Fortaleza, na região de Jacareacanga (zona de entrada/*input* do segmento fluvial considerado nas simulações propostas).

- Os dados de concentração de mercúrio no rio Tapajós também referem-se à região de Jacareacanga, e correspondem a valores máximos (época de vazante e atividade garimpeira intensa) e mínimos relacionados às épocas de cheia com menor atividade nos garimpos. O valor intermediário é arbitrário.

- Na Tabela 8.17, quatro termos estão relacionados no item

MERCÚRIO RESULTANTE, a saber: M, A1, A2, e A3. Todos eles representam resultados das simulações realizadas a partir de balanços de massa (ou avaliações da capacidade de suporte/diluição), considerados sob diferentes cenários condicionantes, expressos matematicamente na equação a seguir, oriunda da equação genérica proposta para os balanços de massa e referenciada como Equação 1 na Tabela 8.17:

$$\text{CONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO RESULTANTE} = \frac{\text{Fluxo de Mercúrio no rio Crepori} + \text{Fluxo de Mercúrio no rio Tapajós}}{\text{vazão do Crepori} + \text{vazão do Tapajós}}$$

Deste modo, M, A1, A2 e A3 têm os seguintes significados:

M = representa o valor de concentração de mercúrio resultante da mistura das águas do rio Crepori com as do rio Tapajós.

A1= representa o acréscimo da concentração de mercúrio, que seria adicionada pelas águas do rio Crepori às águas do rio Tapajós, considerando-se para estas últimas uma concentração de mercúrio igual a zero.

A2= representa a percentagem de mercúrio adicionada pelas águas do rio Crepori às águas do rio Tapajós, considerando-se que a zona de mistura entre as duas águas envolva somente 1/10 da corrente do rio Tapajós.

A3= representa a percentagem de mercúrio adicionada pelas águas do rio Crepori às águas do rio Tapajós, considerando que

a concentração média de mercúrio no rio Tapajós é a indicada pelas simulações dos fluxos de mercúrio no rio Tapajós na área de Jacareacanga, isto é, 0,12ppb ou 0,00012g/m<sup>3</sup>, aproximadamente.

Feitas estas observações adicionais, pode-se considerar, a partir dos dados referenciados como MERCÚRIO RESULTANTE na Tabela 8.17, que o rio Tapajós apresenta uma grande capacidade de suporte/diluição dos materiais oriundos dos tributários impactados, tomados como fontes de poluição pontuais. De fato, os únicos valores numéricos relativamente elevados, nestes resultados, são aqueles relacionados ao termo A2. Mesmo assim, duas considerações devem ser feitas.

(i) A primeira diz respeito ao fato de que, neste cenário simulatório, considera-se somente 1/10 da corrente do rio Tapajós; este cenário somente é razoável para uma extensão limitada da drenagem a jusante do encontro das águas dos dois rios; após admite-se uma ampla dispersão e o cenário A2 tende para o do tipo M.

(ii) A segunda consideração refere-se ao fato de que mesmo o maior valor obtido em A2, isto é, 28%, representa um acréscimo à concentração do rio Tapajós correspondente na Tabela, isto é, 0,0005g/m<sup>3</sup>, para 0,00014g/m<sup>3</sup> ou, aproximadamente, 0,15ppb, próximo ao limite máximo permitido pelo CONAMA (0,2ppb). Este valor tenderia, conforme discutido na consideração anterior, a ser diluído, uma vez ampliada a zona de dispersão, com o transporte dos materiais em direção a jusante.

Da mesma forma que para o mercúrio, um exercício simulatório similar poderia ser realizado para os sólidos suspensos (SS). Os resultados são semelhantes àqueles obtidos para o mercúrio, conforme mostrado na Tabela 8.18. Este fato já poderia ser esperado, tendo em vista a enorme diferença existente entre o fluxo de água do Tapajós, quando comparado aos seus tributários tomados isoladamente.

Os dados da Tabela 8.18 são interpretáveis de modo idêntico

TABELA 8.18 Análise da Capacidade de Dispersão de Sólidos Suspensos no Tapajós

Rio Crepori		Rio Tapajós			Mercúrio Resultante			
Q (m <sup>3</sup> /s)	Hg (g/m <sup>3</sup> )	Q x Hg (g/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Hg (g/m <sup>3</sup> )	Q x Hg (g/s)	M (g/m <sup>3</sup> )	A <sub>1</sub> (g/m <sup>3</sup> )	A <sub>2</sub> %
5	800	4.000	3.000	80	24.000	81	1,3	16
35	300	10.500	8.500	15	127.500	16	1,2	75

\* Os dados básicos utilizados são da Tabela 8.15

aos da Tabela 8.17 para o mercúrio. Chama-se atenção para o maior valor observável nos resultados, isto é, 75%, relacionado a um cenário simulatório que considera na mistura dos fluxos dos dois rios, que somente 1/10 da corrente do Tapajós estaria envolvida. Este valor corresponde a um aumento na concentração dos SS nas águas do rio Tapajós de 15g/m<sup>3</sup> para, apenas, 26g/m<sup>3</sup>.

### c) Discussão

Os resultados obtidos através das simulações realizadas merecem alguns comentários adicionais.

- O gradiente verificado para os fluxos de mercúrio nas águas do Tapajós, entre Jacareacanga e Itaituba, isto é, uma variação composicional dos fluxos de mercúrio na água total de 4,5g/s para 5,0g/s, ou seja, um aumento de 0,5g/s ou de 10%, representa a contribuição (exportação) dos tributários impactados do Tapajós no segmento fluvial considerado nas simulações. É importante salientar que este aumento de 10% do fluxo de mercúrio está relacionado a uma redução, de 0,0015g/m<sup>3</sup> para 0,0012g/m<sup>3</sup>, nas concentrações médias de mercúrio nas águas. Obviamente, a compensação responsável pelo aumento verificado no fluxo de mercúrio deve-se ao aumento da vazão do rio Tapajós, de 3.000m<sup>3</sup>/s para 4.200m<sup>3</sup>/s, ou seja, de aproximadamente 30%. Este aumento da vazão, acompanhado por uma redução das concentrações, caracteriza um processo de diluição. Esta diluição poderia ser explicada por aportes de águas de drenagens não contaminadas ou, ainda, por aportes de volumes maiores de águas, com níveis de contaminação inferiores a 0,0041g/m<sup>3</sup>, média de mercúrio dos tributários impactados do Tapajós considerada nas simulações. A Tabela 8.19 explicita estas considerações.

A coluna 2(a), na Tabela 8.19, refere-se ao somatório das vazões dos tributários impactados do Tapajós. Deste somatório foi excluído o rio Jamanxim. Somente o Crepori possui medidas diretas de vazão através de estação fluviométrica. As vazões dos demais tributários

TABELA 8.19 Capacidade de Diluição/Suporte do Rio Tapajós

Fluxo Hg Absoluto (g/s)	(1)	(2)		(3)		(4)	(5)
	Gradiente (g/s)	Somatório dos Tributários (m <sup>3</sup> /s) (a)	Vazões Tributários (%) (b)	Vazão Complementar (3)=4.200m <sup>3</sup> /s-(2) (m <sup>3</sup> /s) (a)	(%) (b)	Hg Hg=(1)/(2) (g/m <sup>3</sup> )	HgM (g/m <sup>3</sup> )
Jac.-Itai. 4,5-5,0	0,5	10 50 100 125 150 <sub>a</sub>	0,8 4,2 8,3 10,4 12,5	1.190 1.150 1.100 1.075 1.050	99,2 95,8 91,7 89,6 87,5	0,05 0,01 0,005 0,004 0,003	0,0012 0,0012 0,0012 0,0012 0,0012

HgM=Fluxo Hg em Jacareacanga + Fluxo Hg dos tributários / 4.200m<sup>3</sup>/s

foram inferidas por estimativa cartográfica através da análise da dimensão das bacias, tomando-se a bacia e a vazão do Crepori como unidade comparativa. Os valores estimativos para o somatório das vazões variam de, aproximadamente, 10m<sup>3</sup>/s (quando se considera como referência a vazão mínima do Crepori na única estação fluviométrica disponível, localizada na localidade de Porto Alegre no médio curso deste rio), até 150m<sup>3</sup>/s (quando se considera como referência a vazão máxima do Crepori em Porto Alegre, isto é, 35m<sup>3</sup>/s, multiplicada por dois, para projetar uma vazão na foz deste rio, no seu encontro com o Tapajós).

Segundo a coluna 2(b) da Tabela 8.19, o somatório das vazões dos tributários, de cerca de 150m<sup>3</sup>/s, equivale a uma percentagem de 12,5% do acréscimo de 1.200m<sup>3</sup>/s na vazão do Tapajós verificado entre Jacareacanga e Itaituba. Os demais 1.050m<sup>3</sup>/s, cf. coluna 3 (a), ou seja, 87,5% do acréscimo de vazão, cf. coluna 3(b), são devidos a outras fontes de águas, incluindo-se aí o rio Jamanxim.

A Tabela 8.19, na coluna 4, apresenta o cálculo dos valores de concentração de mercúrio relacionados aos valores de vazão da coluna 2 (a) e ao valor do gradiente de fluxo entre Jacareacanga e Itaituba, coluna 1, através da equação de balanço de massa:

$$\text{FLUXO} = \text{CONCENTRAÇÃO} \times \text{VAZÃO},$$

ou ainda,

$$\text{CONCENTRAÇÃO} = \text{FLUXO} / \text{VAZÃO}$$

aonde o fluxo é igual a 0,5g/s, isto é, o fluxo é a contribuição ou exportação de mercúrio dos tributários impactados para o rio Tapajós. Observe-se que, para um somatório de vazão de 50m<sup>3</sup>/s, a concentração de mercúrio é de 0,01g/m<sup>3</sup> ou 10ppb, o que corresponde aos valores máximos de mercúrio no Crepori segundo a bibliografia disponível, enquanto o teor médio de mercúrio de 4,1ppb, ou 0,0041g/m<sup>3</sup>, utilizado nas simulações, é correspondente a uma vazão de, aproximadamente, 125m<sup>3</sup>/s.

Desconsiderando-se os cenários pouco prováveis para o somatório das vazões dos tributários ( $10\text{m}^3/\text{s}$  porque representaria um valor de concentração de mercúrio nas águas dos tributários da ordem de  $50\text{ppb}$  ou  $0,05\text{g}/\text{m}^3$ , e  $150\text{m}^3/\text{s}$  por ser um valor que somente poderia ser alcançado em épocas de cheia, o que acarretaria um conseqüente abaixamento dos teores de mercúrio das águas por diluição, somada à redução da atividade garimpeira), chega-se a conclusão que valores entre  $50$  e  $125\text{m}^3/\text{s}$  para este somatório são bastante razoáveis para explicar a diluição do mercúrio nas águas do rio Tapajós de  $1,5\text{ppb}$ , em Jacareacanga, para  $1,2\text{ppb}$  ou  $0,0012\text{g}/\text{m}^3$ , em Itaituba.

A vazão complementar do acréscimo de água seria, neste caso, de  $1.050$  a  $1.150\text{m}^3/\text{s}$ , conforme coluna 3(a). Certamente, uma parcela substancial deste complemento estaria relacionada ao rio Jamanxim que, apesar das atividades garimpeiras na sua bacia, possui volumes d'água suficientes para gerar diluições do mercúrio que fariam os teores médios do metal em suas águas descerem a níveis muito inferiores às médias observadas na bacia do Crepori. Portanto, a contribuição dos tributários impactados no acréscimo de vazão do Tapajós no segmento entre Jacareacanga e Itaituba seria menor do que  $15\%$ . O restante ( $>85\%$ ) seria fornecido por outras fontes não poluídas ou com níveis de poluição sensivelmente mais baixos do que os observados para o Crepori e demais drenagens associadas (Marupá e Cuiú-Cuiú p.ex.).

- Com relação ao gradiente composicional negativo observado para os sólidos suspensos (SS),  $80\text{g}/\text{m}^3$  em Jacareacanga para  $50\text{g}/\text{m}^3$  em Itaituba, com uma redução dos fluxos de SS de  $12\%$  ( $240.000\text{g}/\text{s}$  para  $210.000\text{g}/\text{s}$ ), é necessário analisar o significado desta aparente acumulação no segmento fluvial considerado pelas simulações.

O fluxo afluyente de SS em Jacareacanga foi calculado em  $240.000\text{g}/\text{s}$ ;  $12\%$  deste valor corresponde a  $30.000\text{g}/\text{s}$  ou, ainda,  $30\text{Kg}/\text{s}$ . Ao final de um dia, ou seja, 24 horas, teríamos que estes

$12\%$  do fluxo afluyente de SS no segmento estudado resultariam em  $2592\text{t}/\text{d}$  de SS.

Tomando-se para valor arbitrário do peso específico médio dos grãos minerais componentes dos SS o valor de  $2,5\text{g}/\text{cm}^3$  ou  $2.500\text{Kg}/\text{m}^3$  e dividindo-se este valor pela massa diária de  $2.592\text{t}$ , ou  $2.592.000\text{Kg}$ , obter-se-á o volume de SS potencialmente acumulável, por dia, no segmento fluvial considerado, ou seja:  $1.037\text{m}^3/\text{d}$ . Esta cifra equivaleria, por exemplo, a uma acumulação de sedimentos de  $10\text{m}$  de largura por  $100\text{m}$  de comprimento e com  $1\text{m}$  de espessura, formando-se durante 24 horas, em um mesmo local. Este raciocínio, obviamente, ou outros assemelhados, é apenas digressivo já que, do ponto de vista hidrológico, não encontra a mínima sustentação. O mais razoável é perceber-se que para um rio com as dimensões do rio Tapajós, e com a sua capacidade de dispersão, dificilmente ter-se-ia a sedimentação desse material em um mesmo local de sua drenagem. Logo, questões pertinentes à avaliação das taxas de sedimentação e/ou assoreamento no Tapajós deverão compor estudos específicos e não somente, como até o momento, compor o elenco de informações esparsas. Apesar disso, muitos são os testemunhos das mudanças das características de cor e turbidez das águas do Tapajós, da formação de ilhas e bancos de areia, da redução da piscosidade etc., os quais referem-se, especificamente, à questão das cargas em suspensão no rio Tapajós, após a intensificação das atividades garimpeiras na região.

d) Conclusões sobre a avaliação da capacidade de suporte ou diluição do rio Tapajós no segmento entre Jacareacanga e Itaituba

- A avaliação da capacidade de suporte foi realizada através de balanços de massa, considerando o potencial de diluição do rio Tapajós.

- Na confecção dos balanços foi considerado o aspecto conservativo das concentrações de mercúrio e das características do transporte fluvial. Isto é, as modificações nos valores da concentração

de mercúrio, dentro do segmento fluvial foco das simulações, são devidas, essencialmente, à diluição das águas.

- Através desta estratégia de abordagem constatou-se:

. a existência de um fraco gradiente nos fluxos de materiais, tanto para o mercúrio quanto para os SS. entre Jacareacanga e Itaituba;

. o gradiente de mercúrio é caracterizado por um aumento nos fluxos de 4,5g/s em Jacareacanga para 5,0g/s em Itaituba, portanto positivo, igual a 10%, e indica o aporte ou exportação de materiais dos tributários impactados para o Tapajós;

. apesar do gradiente positivo dos fluxos de mercúrio, a concentração média do metal nas águas apresenta um gradiente negativo caracterizado por uma redução da concentração de 1,5ppb ou 0,0015g/m<sup>3</sup> em Jacareacanga para 1,2ppb ou 0,0012g/m<sup>3</sup> em Itaituba;

. este gradiente negativo é devido, essencialmente, ao aporte de grandes volumes de água não, ou fracamente, contaminadas para o rio Tapajós no segmento considerado;

. uma contribuição estimada dos tributários impactados para o acréscimo de vazão do rio Tapajós (1200m<sup>3</sup>/s), no segmento estudado, menor que 15%, ou seja, entre 50m<sup>3</sup>/s e 150m<sup>3</sup>/s; conseqüentemente, a contribuição das drenagens tributárias e níveis freáticos não contaminados e com baixas concentrações de mercúrio, maior que 85% ou entre 1050m<sup>3</sup>/s e 1150m<sup>3</sup>/s;

. o gradiente de SS é caracterizado por uma diminuição nos fluxos de 240.000g/s em Jacareacanga para 210.000m<sup>3</sup>/s em Itaituba, portanto é negativo, igual a 12% e indica a possibilidade da ocorrência de acumulação de sedimentos (sedimentação) dentro do setor fluvial foco, e

. este gradiente de 12% (30.000m<sup>3</sup>/s) equivale à acumulação

de, aproximadamente, 1000m<sup>3</sup> por dia de sedimentos no setor considerado; dadas as dimensões do rio Tapajós, pode-se afirmar que esta cifra é modesta demais para a confirmação de riscos de assoreamento, apesar disso, os dados disponíveis são insuficientes e inadequados para maiores considerações com respeito a assoreamentos potenciais no Tapajós; informações não publicadas e visitas ao local indicam a existência de bancos e ilhas, tributáveis à atividade garimpeira regional.

- A interpretação proposta dos dados disponíveis, através de simulações realizadas com o auxílio de métodos de balanço de massa, sugere uma grande capacidade de suporte/diluição do mercúrio e de dispersão dos SS no rio Tapajós, considerando-se os seus tributários impactados como fontes pontuais de contaminação da drenagem principal.

- Esta capacidade de suporte, no segmento foco, vem principalmente do aporte de águas não contaminadas. Estas por sua vez, originam-se, sobretudo, nas áreas e compartimentos ambientais pouco impactados da região, cuja integridade é, portanto, fundamental para a manutenção desta capacidade de suporte.

- Finalmente, os resultados das simulações realizadas estão indicando que a implantação de estratégias de contenção de materiais (mercúrio incluído) nas bacias de drenagem tributárias impactadas, deve ser, pelos custos que comporta, encarada com extremo cuidado, já que nada indica que traria grandes modificações nos fluxos estimados para o rio Tapajós. Ao contrário, as estimativas simuladas realizadas estão indicando que o livre trânsito/transferência dos fluxos de mercúrio para o rio Tapajós, formariam a base de qualquer estratégia de favorecimento da sustentação da natural capacidade de suporte desses ecossistemas fluviais tributários visando a sua recuperação.

## 8.5. ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO DE PEIXES POR MERCÚRIO NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO ESTUDO

### 8.5.1. Introdução

No Anexo 1 do presente relatório são apresentadas importantes informações e considerações gerais sobre a pesca no Estado do Pará e, em especial, sobre a área de influência dos estudos.

O estudo da contaminação de peixes por mercúrio realizado pautou-se em três objetivos:

1º) comprovar a existência e, em caso afirmativo, avaliar os níveis dessa contaminação;

2º) fornecer subsídios para uma análise preliminar de risco de exposição das populações humanas, através do consumo de peixes;

3º) fornecer subsídios para, na seqüência dos estudos, o dimensionamento do nível de comprometimento real da atividade econômica pesqueira, comercial e de subsistência das populações ribeirinhas, atual e futura, na região.

O levantamento dos dados disponíveis sobre a contaminação por mercúrio dos peixes na área do estudo indicou a sua precariedade.

Buscando-se suprir esta precariedade de dados, a SEICOM em cooperação com o Instituto Evandro Chagas, Fundação Nacional de Saúde (IEC/FNS) e com o DNPM, realizou um programa de coleta de amostras de peixes, no período de outubro/novembro de 1991. São os resultados deste programa de amostragem, e sua comparação com outros dados disponíveis na área do estudo, que serão discutidos a seguir.

### 8.5.2. Amostragem

Foram coletadas amostras de peixes provenientes de diferentes

locais na área de influência.

Para fins de sua interpretação e comparação, os dados de concentração de mercúrio em peixes resultantes das análises realizadas foram separados em dois grupos:

- o primeiro grupo refere-se às amostras de peixes coletadas na região de Santarém e é proveniente de "pesqueiros" situados em lagos e localidades ribeirinhas entre Óbidos e Monte Alegre na ampla confluência das drenagens dos rios Trombetas, Tapajós e Amazonas. Essa região não se encontra sob a influência direta de atividade garimpeira e é responsável por aproximadamente 25% das atividades pesqueiras totais do Estado do Pará (vide Anexo 1). Portanto, esse primeiro grupo de amostras pode cumprir o papel de referência dos níveis de base da qualidade do pescado, relativamente às concentrações de mercúrio presentes nos tecidos de peixes, na área de influência do estudo;

- o segundo grupo refere-se às amostras de peixes coletadas na região de Jacareacanga/Itaituba e são provenientes de "pesqueiros" situados em lagos e localidades ribeirinhas ao longo do rio Tapajós, na área de influência imediata à reserva garimpeira. Portanto, este segundo grupo de amostras é representativo das áreas críticas de contaminação das águas do rio Tapajós.

A Tabela 8.20 apresenta a seguir os peixes analisados neste estudo. Chama-se a atenção para o fato das espécies apresentadas na Tabela 8.20, representarem mais de 70% das principais espécies capturadas e comercializadas na área do estudo (vide Anexo 1). Esse fato aponta para a alta representatividade qualitativa da amostragem realizada.

TABELA 8.20: Peixes Analisados neste Estudo

ESPÉCIES DE PEIXES		
Nome Vulgar	Nome Científico	Hábito Alimentar
ARACU	<i>Leporinus sp.</i>	onívoro/herbívoro
CACHORRO	<i>Cynodon gibbus</i>	carnívoro
CARATINGA	não classificado	detritívoro
CURIMATÃ	<i>Prochilodus lineatus</i>	bacterifago
DOURADA	<i>Brachyplatystoma flavicans</i>	carnívoro
JARAQUI	<i>Semaprochilodus sp.</i>	detritívoro
PACU	<i>Mylossoma sp.</i>	herbívoro
PESCADA	<i>Plagioscon squamosissimus</i>	carnívoro
SURUBIM	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	carnívoro
TAMBAQUI	<i>Colossoma macropomum</i>	herbívoro
TUCUNARÉ	<i>Cichla ocellaris</i>	carnívoro

### 8.5.3. Concentração de mercúrio em peixes na área do estudo

A Tabela 8.21 apresenta a síntese dos resultados de concentração de mercúrio em tecido de peixes obtidos neste estudo.

As análises foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica com a utilização de acessório de geração de vapor frio (VGA-*Vapor Generation Accessory*), no Laboratório de Absorção Atômica do Departamento de Química da PUC-RJ, sob a responsabilidade do Prof.Dr.Reinaldo Calixto.

TABELA 8.21 Síntese dos Resultados de Concentração de Mercúrio em Amostras de Peixe Analisados neste Estudo. (Limite de Detecção:  $\text{Ingg/g} = 1\text{ppb}$ )

Peixes	Nº Espécimens		Faixa		Concentração de Hg (ppb)		Desvio		Acima Limite Máximo 500ppb-WHO [8.67]	
	(1)	(2)	(1)	(2)	Média	(1)	(2)	(1)	(2)	n/%
ARACU	15	8	12-234	23-134	59	67	± 63	± 31	0/0	0/0
CACHORRO	-	5	-	516-909	-	686	-	± 173	-	0/100
CARATINGA	-	5	-	57-153	-	113	-	± 32	-	0/0
CURIMATÃ	11	-	7-29	-	14	-	± 8	-	0/0	-
DOURADA	9	-	126-535	-	276	-	± 147	-	1/11	-
JARAQUI	12	8	15-29	64-132	23	82	± 4	± 20	0/0	0/0
PACU	16	11	4-31	7-99	12	65	± 7	± 41	0/0	0/0
PESCADA	12	10	50-413	402-1.231	277	656	± 93	± 238	0/0	6/60
PIRANHA	8	-	78-387	-	205	-	± 95	-	0/0	-
SURUBIM	8	-	167-398	-	257	-	± 69	-	0/0	-
TUCUNARÉ	10	15	82-265	185-666	141	341	± 53	± 117	0/0	1/7
TOTAL	101	62	-	-	-	-	-	-	1/1	7/11

Observações:

Notas:

Rios tropicais não contaminados: 10 a 630ppb [ref.8.68]

(1) Procedência das amostras: região de Santarém

Rios amazônicos não contaminados: 70 a 170ppb [ref.8.69]

(2) Procedência das amostras: região de Jacareacanga/Itaituba

Rios contaminados: 1300 a 24800ppb [ref.8.68]

Rios amazônicos contaminados: 210 a 2700ppb [ref.8.70]

Os dados analíticos apresentados na Tabela 8.21 indicam que 4 das espécies analisadas apresentaram amostras com valores superiores ao limite máximo de concentração de mercúrio considerado aceitável para tecido de peixes pela WHO (Organização Mundial da Saúde), isto é, 500ppb, a saber: 11% das amostras de dourada (proveniente da região de Santarém) e 100%, 60% e 7% das amostras de cachorro, pescada e tucunaré, respectivamente (provenientes da região de Jacareacanga/Itaituba).

Do número total de amostras procedentes da região de Santarém apenas 1% está acima do limite-WHO e, daquelas procedentes da região de Jacareacanga/Itaituba, 11% .

Finalmente, considerando-se os valores máximos observados para rios não poluídos disponíveis na bibliografia e mostrados na Tabela 8.21, verifica-se que os valores médios de concentração de mercúrio obtidos neste estudo são, no geral, inferiores e, no máximo, próximos àqueles valores. Com relação às faixas de valores para rios contaminados mostradas na Tabela 8.21, os dados deste estudo estão fora ou, no máximo, próximos aos limites inferiores.

8.5.4. Análise comparativa dos resultados deste estudo com outros levantamentos disponíveis realizados na área, com base nas referências 8.14, 8.15 e 8.19.

A Tabela 8.22 apresenta a síntese dos resultados comparativos entre este estudo e os resultados obtidos em outros levantamentos de concentração de mercúrio em peixes para a área.

Os dados da Tabela 8.22 suscitam algumas considerações:

- as espécies de peixe consideradas nesta análise são bastante representativas do pescado total capturado e consumido nas regiões monitoradas (60% e 76%, respectivamente, para as regiões de Jacareacanga/Itaituba e Santarém);

- os dados de concentração de mercúrio apresentam faixas e

TABELA 8.22 Análise Comparativa das Concentrações de Mercúrio em Tecido de Algumas Espécies de Peixes Amostras neste Estudo com Dados Disponíveis de outros Estudos Realizados na Área de Influência.

PEIXES (Vulgar) Ano Fonte	ITAITUBA/JACAREACANGA concentração de Hg 1991 este estudo		MERCADO DE SANTARÉM %captura 1991 este estudo	
	Faixa	Média	Faixa	Média
ARACU	11	90	3	35
CURIMATÁ	-	-	28	14
DOURADA	-	-	17	276
JARAQUI	12	110	1	23
PACÚ	8	50	9	12
PESCADA	22	590	9	277
SURUBIM	2	1.650	8	257
TUCUNARÉ	5	730	1	141
Re=	60%	-	76%	-
MP=	-	349	-	134

Re=representatividade das espécies listadas com relação ao total, em peso, dos peixes capturados região considerada.

MP=média ponderada das concentrações (em ppb) de mercúrio em função das porcentagens de captura de cada espécie na região considerada.

(\*)=valor médio de captura (em %), considerando os dados disponíveis de outros levantamentos realizados e este estudo.

valores médios similares quando se compra os dados entre os levantamentos disponíveis e este estudo para a região de Jacareacanga/Itaituba;

- a média ponderada das concentrações de mercúrio, considerando as participações percentuais em peso de cada espécie no total de peixes capturados, situa-se em torno de 300ppb para a região de Jacareacanga/Itaituba (tanto a partir dos dados deste estudo, quanto a partir dos dados de outros levantamentos disponíveis), e em torno de 100ppb para a região de Santarém;

- estes dados confirmam um valor de 3 para a razão entre as concentrações de mercúrio em peixes oriundos da região de Santarém (área de referência deste estudo), sobre as concentrações obtidas na região de Jacareacanga/Itaituba;

- finalmente, os dados da Tabela 8.22 não indicam a existência de modificações substanciais entre os diferentes anos com dados disponíveis.

#### 8.5.5. Concentração de mercúrio em peixes na área do estudo em função do seu hábito alimentar

A metilação do mercúrio inorgânico nos sedimentos dos lagos, rios e outras vias aquáticas é um elemento crucial do transporte do metal nas redes tróficas aquáticas, chegando, eventualmente, ao consumo humano.

O metilmercúrio é absorvido muito mais facilmente do que o mercúrio inorgânico e é excretado muito lentamente.

Os peixes absorvem o mercúrio, tanto de seu alimento, como através de suas guelras, e podem apresentar concentrações em seus corpos milhares de vezes mais elevadas do que as da água em que vivem (processo de biomagnificação).

O metilmercúrio acumula-se nos organismos aquáticos em função

do nível trófico, e as concentrações mais elevadas tendem a se encontrar nos grandes peixes carnívoros.

As Tabelas 8.23 e 8.24 apresentam valores de concentração de mercúrio em peixes, em função do seu hábito alimentar.

TABELA 8.23 Concentração de Mercúrio em Peixes em Função do seu Hábito Alimentar

Hábito Alimentar	Mercado de Santarém		Itaituba/Jacareacanga		Razão M ITA:SAN
	N	Faixa M DP	N	Faixa M DP	
Carnívoro	47	50-535 232 ±110	25	185-1.231 539 ±244	2,3
Outros	54	4-62 21 ± 14	32	37-132 70 ± 31	3,3
Razão Carn/Outros	-	- 11 -	-	- 8 -	-

N = n° de espécimens; M=média; DP=desvio padrão.

Os dados da Tabela 8.23 permitem as seguintes considerações:

- os valores médios de concentração de mercúrio para os peixes carnívoros é, aproximadamente, de uma ordem de grandeza maior que os valores encontrados em peixes de outros hábitos alimentares, tanto em amostras da região de Santarém (11 vezes maior), quanto em amostras da região de Jacareacanga/Itaituba (8 vezes maior);

- a comparação entre os valores médios de concentração de mercúrio em amostras de peixes carnívoros, provenientes das duas regiões amostradas, indica que o pescado na região de Jacareacanga/Itaituba apresenta uma concentração 2,3 vezes maior que o da região de Santarém. Quando se compara os valores médios das espécies não carnívoras (outros, na Tabela), a razão aumenta para 3,3 vezes. Estes resultados podem ser observados detalhadamente por espécie na Tabela 8.24.

TABELA 8.24 Concentração de Mercúrio em Algumas Espécies de Peixes em Função do seu Hábito Alimentar

Hábito Alimentar	Mercado de Santarém		Itaituba/Jacareacanga		Razão M ITA:SAN
	N	M DP	N	M DP	
Carnívoro:					
- Tucunaré	10	82-265 141 ±53	15	185-666 341 ±117	2,4
- Pescada	12	50-413 277 ±93	10	402-1.231 656 ±238	2,4
Outros:					
- Pacú	16	4-31 12 ±7	11	7-99 65 ±41	5,4
- Jaraqui	12	15-29 23 ±4	8	64-132 82 ±20	3,4
- Aracu	15	12-62 35 ±18	8	23-134 67 ±31	1,9

N= n° de espécimens; M=média; DP=desvio padrão

Finalmente, esses resultados mostram que para todas as espécies analisadas, independentemente do seu hábito alimentar, existe uma maior disponibilidade de mercúrio passível de bioacumulação pela biota aquática na região de Jacareacanga/Itaituba. Mas, apesar disso, a partir desses dados, nada pode ser afirmado com relação às características qualitativas e quantitativas desta disponibilidade. Padberg [ref.8.19] observou que, no geral, as águas do rio Tapajós, em Itaituba, apresentam menos de 10% do mercúrio total sob a forma de metilmercúrio. Deste modo, pode-se considerar que os maiores valores de mercúrio encontrados nas espécies carnívoras devem-se principalmente à voracidade desses peixes no consumo de outras espécies. Conseqüentemente, pode-se afirmar que os peixes não carnívoros expressam melhor os processos de bioacumulação do mercúrio disponível nas águas. Observando-se novamente a Tabela 8.21, pode-se afirmar que este processo não é muito intenso, tendo em vista os baixos valores de concentração do mercúrio para as espécies não carnívoras.

8.5.6. Análise do processo de bioacumulação do mercúrio em peixes na área de influência dos estudos

Como visto no item anterior, medidas diretas de metilmercúrio nas águas fluviais da região indicam que o processo de metilação (organificação) do mercúrio não é quantitativamente significativo na situação atual. A ocorrência de biomagnificação do mercúrio, a partir do consumo de formas alquiladas do metal (especialmente metilmercúrio) pelos peixes, pode ser utilizada como indicativo qualitativo do processo de organificação do metal nas correntes fluviais.

A ocorrência de biomagnificação pode ser testada através de análise de correlação estatística entre os teores de mercúrio no tecido e o peso do animal [ref.8.72].

A Tabela 8.25 apresenta os resultados da análise de correlação estatística efetuada sobre as amostras coletadas neste estudo.

TABELA 8.25 Dados de Correlação Estatística entre o Peso e a Concentração de Mercúrio em Amostras de Peixes Analisadas neste Estudo

PEIXES	COEFICIENTE CORRELAÇÃO		
	ITA./JAC.	SANTARÉM	GERAL
ARACU	+ 0,286	- 0,181	+0,512*
CACHORRO	- 1,000	—	—
CARATINGA	+0,600*	—	—
CURIMATÃ	—	+0,526*	—
DOURADA	—	- 0,683	—
JARAQUI	+ 0,310	+ 0,512	+0,918*
PACÚ	- 0,347	- 0,653	- 0,784
PESCADA	+0,564*	+ 0,135	+0,497*
PIRANHA	—	+0,619*	—
SURUBIM	—	+0,833*	—
TUCUNARÉ	+ 0,324	+0,794*	+ 0,211

(\*) correlações positivas significativas a um nível de confiança superior a 90%

Os dados da Tabela 8.25 indicam que a maior parte das espécies analisadas apresenta correlações positivas significativas entre as concentrações de mercúrio e o peso dos peixes.

Esse fato aponta para a existência de biomagnificação na área do estudo, apesar dos valores de concentração encontrarem-se predominantemente dentro de limites aceitáveis.

#### 8.5.7. Conclusões da análise da contaminação de peixes por mercúrio na área de influência do estudo

- Nas duas regiões amostradas na área de influência do estudo, Santarém e Jacareacanga/Itaituba, foram coletadas um total de 163 amostras de tecido de peixe, sendo 101 na região de Santarém e 62 na região de Jacareacanga/Itaituba.

- Para a região de Santarém as amostras coletadas são representativas de aproximadamente 75% da produção local de pescado e, para a região de Jacareacanga/Itaituba, a representatividade é de

aproximadamente 60%.

- Os resultados obtidos indicam que, no conjunto das duas regiões, 5% das amostras encontram-se acima do limite máximo sugerido pela Organização Mundial da Saúde (500ppb), sendo 1% apenas do número total de amostras coletadas em Santarém e 11% das amostras coletadas na região de Jacareacanga/Itaituba.

- Relativamente às faixas de valores propostas na bibliografia especializada para rios poluídos, os dados deste estudo encontram-se no geral abaixo ou próximos aos limites inferiores e, na sua grande maioria, dentro dos limites considerados para rios tropicais não poluídos.

- Os dados comparativos entre as concentrações de mercúrio das duas regiões indicam que os valores obtidos em Santarém tendem a ser, em média, em torno de 3 vezes menores que os valores para a região de Jacareacanga/Itaituba.

- Os dados comparativos entre as concentrações de mercúrio obtidas neste estudo e aquelas disponíveis na bibliografia para a região de Jacareacanga/Itaituba, coletados em diferentes anos mas no mesmo período sazonal (vazante fluvial), indicam valores similares, mostrando que não houve modificações substanciais nos indícios de contaminação do pescado por mercúrio.

- Como era de se esperar, os valores de concentração de mercúrio nos peixes de hábito alimentar carnívoro apresentaram-se aproximadamente 10 vezes mais elevados que os valores obtidos para peixes herbívoros e detritívoros, nas duas regiões amostradas.

- Finalmente, as baixas concentrações observadas de uma maneira geral para as espécies de hábito não carnívoro sugerem que o processo de incorporação do mercúrio nessas espécies (essencialmente através do consumo de formas alquiladas do metal na água, consumo de detritos etc.), e por extrapolação também para as espécies carnívoras, não é, nas condições observadas, crítico.

Apesar disso, transparecem nos resultados obtidos sinais indicativos da organificação do metal nas correntes fluviais, refletidos nas correlações estatísticas positivas significativas observadas, devido ao processo de biomagnificação do metal pelos peixes. O significado quantitativo deste processo de biomagnificação, e a avaliação do comprometimento da pesca na região, pode ser alcançado através de experimentos de bioconcentração no campo.

## 8.6. ANÁLISE DO RISCO DA EXPOSIÇÃO DAS POPULAÇÕES AO MERCÚRIO

### 8.6.1. Introdução: toxicologia do mercúrio

Do ponto de vista do risco para a saúde humana, as formas mais danosas são: o mercúrio elementar no estado de vapor, os sais de mercúrio e os derivados do alquilmercúrio.

O mercúrio não tem função metabólica conhecida no organismo humano. Assim, mesmo em baixas concentrações pode ser considerado como potencialmente nocivo ao homem. Porém, sua toxicidade e seus processos cinéticos dependem da forma físico-química a qual o homem está exposto, da via de acesso e da intensidade de exposição (dose e tempo).

Os derivados do alquilmercúrio de cadeia curta evidenciam uma lenta decomposição *in vitro*, sendo o metilmercúrio o mais estável. Esta característica de estabilidade é um fator importante em relação à toxicidade dos compostos e seus riscos para a saúde humana. [Ref.8.73]. A ingestão de peixes, principalmente as espécies carnívoras contaminadas com metilmercúrio, representa uma importante via de intoxicação para o organismo humano. Do mercúrio elementar no estado de vapor, quando inalado, aproximadamente 90% é absorvido pelos pulmões, donde segue para a corrente sanguínea, produzindo efeitos críticos no sistema nervoso central e nos rins.

Uma população pode estar ambientalmente exposta à contami-

nantes naturais e antropogênicos. A contaminação por mercúrio em determinadas áreas da Amazônia é devido à atividade antropogênica. A atividade garimpeira usa, no processo de extração do ouro, o mercúrio metálico como matéria-prima, lançando os resíduos desse processo diretamente no ar, através das emissões do mercúrio metálico na forma de vapor e, nos rios e córregos de drenagem, o mercúrio metálico.

Os níveis de exposição dos indivíduos de uma comunidade são diferenciados em função, principalmente, das características de sua ocupação profissional, local de residência, hábitos alimentares e do uso de determinados produtos e medicamentos. Os efeitos da exposição podem ser diagnosticados através de manifestações clínicas diferenciadas (em função das características das intoxicações, se crônicas ou agudas) acompanhadas de exames laboratoriais específicos. No entanto, num grupo exposto à mesma concentração de um determinado contaminante, as manifestações clínicas não serão necessariamente as mesmas para os diversos indivíduos do grupo. No caso da Amazônia, onde o problema de saúde pública é um dos mais graves do país (por exemplo, segundo dados da SUCAM [Ref.8.74 e 8.75], na região encontram-se 90 a 95% dos casos de malária registrados no Brasil), e as áreas garimpeiras as de maior transmissão da malária e de outras inúmeras doenças, torna-se difícil o diagnóstico da intoxicação mercurial sem exames laboratoriais e testes específicos que permitam a caracterização desse quadro clínico, devido ao fato da intoxicação mercurial poder apresentar sintomas não-específicos (em função do seu grau) e/ou similares aos sintomas de várias outras endemias.

Para o público em geral, a fonte principal de exposição é a ambiental, sobretudo através da dieta alimentar e do amálgama dentário [Ref.8.2 8.3].

Além destas vias de exposição, dependendo das concentrações de mercúrio total, o ar e a água podem ser outras importantes vias na exposição mercurial de populações.

Do ponto de vista ocupacional, em linhas gerais, a exposição diária aos vapores de mercúrio, representa um risco potencial para a saúde humana. Esta exposição atinge principalmente trabalhadores de fábricas de cloro-soda e mineração de mercúrio. Nas áreas garimpeiras, e em alguns centros urbanos de comercialização do ouro na Amazônia, indivíduos ocupacionalmente expostos, quer seja ao manuseio do mercúrio metálico e/ou aos vapores de mercúrio através da queima do amálgama, constituem um importante grupo de risco.

#### 8.6.2. Indicadores biológicos de exposição mercurial

O monitoramento biológico tem sido amplamente usado em saúde ocupacional para prevenir a ocorrência de efeitos adversos e como index de exposição, quando a relação entre a exposição interna e externa é conhecida. No entanto, essas informações não são suficientes para avaliar o risco para a saúde humana [Ref.8.76].

##### a) Mercúrio na Urina

Os níveis de mercúrio na urina expressam uma resposta biológica do indivíduo ocupacionalmente exposto aos vapores de mercúrio. Os níveis de mercúrio na urina são usados como indicadores de exposição após um período de latência de 6 meses a 1 ano. Os rins armazenam mercúrio inorgânico, o qual se refletirá nos níveis de mercúrio na urina [Ref.8.77].

Vários estudos têm evidenciado a correlação entre os níveis de mercúrio no local de trabalho e mercúrio na urina. A concentração média de mercúrio na atmosfera de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , reflete uma concentração de mercúrio na urina de  $150 \mu\text{g}/\text{l}$  [Ref.8.78].

Em ambientes de trabalho com níveis de mercúrio  $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , [Ref.8.79] observaram-se valores urinários variando de 100 a  $300 \mu\text{g}/\text{l}$ . Os valores de mercúrio na urina caíram 50% quando as concentrações ambientais foram reduzidas a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Após ces-

sada a exposição, os níveis de mercúrio na urina caem progressivamente, mas os níveis de mercúrio no cérebro permanecem altos por longo tempo [Refs.8.76]. A relação mercúrio no ar e mercúrio na urina de indivíduos expostos por longo tempo parece apresentar a relação de 1:2-2,5 [Ref.8.80].

A análise do mercúrio na urina não é um bom indicador de metilmercúrio [Ref.8.81 e 8.82], porque pouquíssima quantidade de metilmercúrio é excretada na urina.

Aproximadamente 95% da urina coletada em um grupo de pessoas, não expostas ocupacionalmente, deve apresentar resultados abaixo de  $20 \mu\text{g}/\text{l}$  [Ref.8.83]. Em populações não expostas ambientalmente, o nível normal de mercúrio na urina é de  $4 \mu\text{g}/\text{l}$  [Ref.8.3].

Em indivíduos ocupacionalmente expostos, o limite de tolerância biológico (LTB) para o vapor de mercúrio é de  $50 \mu\text{g}/\text{g}$  de creatinina [Ref.8.84]. A relação entre a quantidade de uma determinada substância por grama de creatinina, corresponde à correção aplicada às amostras da urina muito concentrada ou muito diluída, obtida diante da impossibilidade prática de uma amostragem de 24 horas.

##### b) Mercúrio no Sangue

O uso do sangue no monitoramento biológico como indicador de exposição ocupacional ao vapor de mercúrio é de valor limitado. O nível de mercúrio no sangue serve como indicador de exposição recente aos vapores de mercúrio [Ref.8.82].

O sangue continua sendo de fundamental importância como indicador de exposição ao metilmercúrio, em populações com alto consumo de peixe, [Ref.8.85]. As concentrações de mercúrio no sangue, associadas a sintomas neurológicos, devido à ingestão de alimentos contaminados com metilmercúrio, foram observados em concentrações de  $200 \mu\text{g}/\text{l}$  [Ref.8.86].

O valor de referência recomendado pela WHO [Ref.8.3] para mercúrio no sangue em populações não expostas é  $8 \mu\text{g}/\text{l}$ .

Estudos realizados em populações consumindo quantidades moderadas de pescado sem exposição ocupacional mostram que concentrações de mercúrio no sangue estão abaixo de  $30\mu\text{g/l}$  [Ref.8.87].

### c) Mercúrio no Cabelo

O cabelo como indicador biológico de exposição tem sido amplamente usado no monitoramento de populações expostas ao metilmercúrio através do consumo de peixes.

A análise de cabelo oferece várias vantagens, dentre elas a fácil coleta e armazenamento, podendo ser estocados por longo período de tempo. As concentrações de mercúrio incorporado ao fio de cabelo, permanecem constantes, [Ref.8.3]. Dependendo do comprimento do fio de cabelo e do tempo de exposição ao mercúrio orgânico é possível reconstituir, através da análise longitudinal do cabelo, os níveis de mercúrio no sangue [Refs.8.82 e 8.2]. Em estudos epidemiológicos que avaliam a exposição ao mercúrio durante a gravidez é fundamental que se reconstrua o período de exposição do indivíduo através da análise do cabelo. Alguns estudos mostraram que existe uma relação linear entre os níveis de mercúrio total no sangue e os níveis de mercúrio no cabelo, com uma relação de 1:250 [Ref.8.3].

As clínicas que acompanharam os casos de envenenamento em Niigata, no Japão, observaram que pode ocorrer um período de latência de vários anos entre o aparecimento de sintomas iniciais e o pico das concentrações de mercúrio [Refs.8.88 e 8.89]. Os pacientes que apresentaram tal período de latência mostraram níveis de mercúrio no cabelo variando de 50 a  $300\mu\text{g/g}$  [Ref.8.89].

A WHO [Ref.8.2] recomenda como nível de referência para populações não expostas ao mercúrio total o valor de  $2\mu\text{g/g}$ .

### 8.6.3. Exposição ocupacional

A exposição ocupacional pode ser estimada a partir do monitoramento sistemático dos níveis de mercúrio no ambiente do local de trabalho. Porém, esse monitoramento não é suficiente para prevenir os riscos à saúde.

Os indicadores biológicos de exposição interna normalmente são usados em exposição ocupacional para relacionar os efeitos subclínicos com os limites biológicos de exposição.

Nas áreas garimpeiras na Amazônia, não se dispõe de informação sistemática dos níveis de mercúrio na atmosfera de modo a se poder estimar os níveis de exposição, durante a queima do amálgama por garimpeiros. Por outro lado, esse monitoramento seria de uso limitado, visto que o operador não tem vínculo empregatício, e as jornadas de trabalho no geral são longas, e variáveis, o que dificulta a determinação do tempo médio de exposição.

No garimpo, a primeira queima do complexo Au-Hg ocorre em locais fechados ou a céu aberto. Em algumas situações essa queima é feita no local de moradia da família, na presença de crianças e gestantes.

Estima-se que, no processo de extração do ouro, de 55% a 90% do mercúrio amalgamado é perdido para a atmosfera durante a primeira queima do complexo Au-Hg (cf. item 8.3.7). Durante essa atividade, o trabalhador que realiza essa etapa pode ser caracterizado como ocupacionalmente exposto.

Segundo informações dos garimpeiros, no processo de extração do ouro, a *despescagem* diária é antieconômica. Assim, a etapa de amalgamação deve ocorrer num período não inferior a 7 dias, o que faz com que o período de exposição seja diferenciado de garimpo para garimpo, dentro da mesma área garimpeira e, também, de garimpeiro para garimpeiro.

Considerando, além dos fatores citados, a rotatividade do garimpeiro, as dificuldades de acesso e locomoção nas áreas garimpeiras, torna-se extremamente difícil a realização de um monitoramento biológico junto aos garimpeiros ocupacionalmente expostos aos vapores de mercúrio.

O levantamento realizado por Thornton et al in [Ref.8.15], nas áreas garimpeiras do Cuiú-Cuiú e Crepori, confirmam o enunciado acima.

Na área do Cuiú-Cuiú, com uma população residente de 800 a 1500 pessoas, a maioria homens garimpeiros, somente foram amostrados o sangue e a urina de 7 garimpeiros.

Os níveis de mercúrio na urina nesses 7 garimpeiros variaram de 24,6 µg/l a 64,7 µg/l, apresentando concentração média de 12,8 µg/l, e, somente um, com nível de mercúrio acima de 50 µg/l. O Crepori, com uma população de 2.000 a 5.000 residentes, embora tenha uma população bem diversificada em termos de atividades econômicas, também agrega um número razoável de garimpeiros. No entanto, o levantamento acima mencionado só pôde coletar amostras de sangue e urina de 6 garimpeiros. Os níveis de mercúrio na urina variaram de 5,2 µg/l a 29,1 µg/l, com valores médios de 16,7 µg/l. Esses resultados aparentemente não constituem risco para a saúde humana porque são inferiores a 50 µg/l de Hg<sup>2+</sup> [Ref.8.3]. No entanto, o número de garimpeiros integrantes do estudo, não é suficiente para uma extrapolação desses resultados aos trabalhadores, ocupacionalmente expostos, dos garimpos da região do Tapajós.

Os trabalhadores das casas compradoras de ouro constituem um outro grupo de risco, porque a segunda queima do amálgama ocorre, em geral, nesses locais.

Durante o período de 1983 a 1989, a cidade de Itaituba foi o maior centro de compra de ouro da Amazônia. Conseqüentemente, nesse período Itaituba também foi o maior centro de queima de amálgama do país. Hoje, a comercialização em Itaituba é cerca de

1t/mês, comparável a Alta Floresta, no Mato Grosso. O número de queimadores por casa de compra de ouro também está reduzido. Esses fatores contribuem para uma redução das emissões dos vapores de mercúrio, seja ocupacional ou ambiental.

A maioria das casas de compra de ouro em Itaituba possui capela. No entanto, poucas são aquelas que possuem filtros e um sistema de controle das emissões atmosféricas eficaz. No estudo realizado por Thornton et al in [Ref.8.15], as concentrações de mercúrio na poeira confirmam a contaminação, não só nas casas de compra de ouro, como também em algumas residências próximas às mesmas.

Não se dispõe de informações quanto aos níveis de mercúrio da atmosfera no interior das casas de compra de ouro. Porém, pode-se afirmar que esses níveis são diferenciados ao longo de uma jornada de trabalho de local para local, devido às condições microambientais e à quantidade de ouro comercializada. Recentemente, novas metodologias de avaliação da exposição ocupacional estão sendo utilizadas [Ref.8.106], de modo a controlar as variáveis acima mencionadas (por exemplo, monitores de ar individuais vêm sendo usados com êxito em trabalhadores de fábricas de cloro-soda).

Essa técnica permite avaliar a concentração de mercúrio por unidade de tempo e, conseqüentemente, os níveis médios de exposição diária no ambiente de trabalho.

Acredita-se que essa técnica possa ser usada nas casas de compra de ouro, não só pelos queimadores mas, também, por aqueles que exercem funções administrativas que, indiretamente, também os deixam expostos aos vapores de mercúrio.

A Tabela 8.26 apresenta os níveis de mercúrio na urina e sangue em queimadores das casas de compra de ouro, a partir de dados do levantamento realizado por Thornton et al in [Ref.8.15], no Município de Itaituba. Estes níveis, quando comparados aos das duas áreas garimpeiras (Crepori e Cuiú-Cuiú), evidenciam uma situação crítica em relação aos queimadores da currutela do Cre-

pori, onde 66% dos queimadores apresentam níveis de mercúrio na urina acima do limite de tolerância biológico, isto é,  $50\mu\text{g/l}$ , e 50% acima de  $100\mu\text{g/l}$ . No Cuiú-Cuiú e Itaituba os valores de mercúrio na urina são semelhantes. No Cuiú-Cuiú, 28,5% dos resultados estão acima de  $50\mu\text{g/l}$  e 14% dos valores acima de  $100\mu\text{g/l}$ . Em Itaituba, 25% dos trabalhadores ocupacionalmente expostos aos vapores de mercúrio apresentaram valores de mercúrio na urina entre 50 e  $100\mu\text{g/l}$ .

A maior variação de mercúrio no sangue ocorreu no Crepori ( $1,1\mu\text{g/l}$  a  $144\mu\text{g/l}$ ), onde 50% dos queimadores apresentaram níveis acima do limite de tolerância biológico, isto é,  $30\mu\text{g/l}$ . Em Itaituba, 45% dos valores estão acima de  $30\mu\text{g/l}$ , e no Cuiú-Cuiú somente 14%. Qualquer interpretação referente aos níveis de mercúrio no sangue deve ser tratada com cautela, devido ser este um indicador para exposições recém-ocorridas. Observando-se a Tabela 8.26, verifica-se que os valores de mercúrio nos "queimadores" do Crepori são aqueles que representam maior risco para a saúde humana.

TABELA 8.26 Níveis de Mercúrio na Urina e Sangue em Queimadores das Casas de Compra de Ouro a Partir de Dados Disponíveis [Ref.8.14]

Hg na urina $\mu\text{g/l}$	LOCAL		
	Crepori	Cuiú-Cuiú	Itaituba
Nº indivíduos	12	7	12
Faixa Variação	0,7 - 843	4,3 - 102,2	1,8 - 99,1
Média	173,2	39,0	38,3
Hg no sangue $\mu\text{g/l}$			
Nº indivíduos	12	8	20
Faixa Variação	1,1 - 144	7,0 - 39,2	6,7 - 50,8
Média	44,1	19,3	27,2

#### 8.6.4. Exposição mercurial ambiental

Na Amazônia, o lançamento de mercúrio no ambiente, potencializa a exposição humana via ingestão de alimentos e água, e via inalação de vapores de mercúrio. Como já mencionado, a primeira queima do complexo Au-Hg ocorre próximo aos garimpos. O mercúrio usado na bacia do Tapajós foi estimado neste estudo em 62t/a (cf. item 8.3.2) sendo que de 55% a 90% são perdidos para atmosfera, segundo diferentes autores (cf. item 8.3.7), e o restante é lançado diretamente nos córregos, rios e igarapés.

##### a) Exposição mercurial via inalação

A emissão de vapor de mercúrio para a atmosfera nos centros urbanos da Amazônia, onde se comercializa o ouro proveniente das regiões garimpeiras, se configura como uma fonte de contaminação ambiental para as populações expostas na área de influência dessas emissões. No entanto, não se dispõe de informações sistemáticas relativas aos níveis de mercúrio na atmosfera, no centro urbano de Itaituba. Porém, de acordo com a avaliação de Farid et al [Ref.8.90], o ouro que chega às casas compradoras contém, em média, 5% de mercúrio como impureza. Com base nessa informação, pode-se estimar que cerca de 600kg de mercúrio foram emitidos para a atmosfera do centro urbano de Itaituba nos últimos 12 meses, considerando a comercialização de cerca de 1t/mês. Vale ressaltar que essa estimativa é similar para Alta Floresta.

Em Alta Floresta, no levantamento realizado pelo CETEM [Ref.8.30], a distribuição de mercúrio no solo urbano, numa área de  $3,4\text{km}^2$ , variou de 0,05ppm a 4,10ppm, apresentando valores médios de 0,23ppm. Esse valor médio é similar àquele encontrado em solos urbanos contaminados por mercúrio, isto é, 0,2ppm [Ref.8.91]. E os valores de mercúrio encontrados em solos urbanos refletem as emissões atmosféricas das atividades antropogênicas. Em solos próximos (0,5km) às fábricas de cloro-soda, as concentrações de mercúrio variam de 1-10ppm.

Em centros urbanos não contaminados, os níveis de mercúrio no ar variam de 0,5-50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [Ref.8.33]. Em Poconé-MT, embora a comercialização do ouro seja inferior ao centro urbano de Itaituba, Marins et al in [Ref.8.90] reportou valores de mercúrio no ar de menos de 140 a 1680  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , num raio de 100 a 450 metros das fontes de emissão. Essas concentrações representam níveis de exposição ambiental potencial. Entretanto, em Poconé não há estudo sobre os níveis de mercúrio na urina nos habitantes próximos às casas de compra de ouro, para tornar possível uma avaliação da dose interna.

A Tabela 8.27 apresenta os níveis de mercúrio na urina a partir de dados de Thornton et al in [Ref.8.15] em residentes do centro urbano de Itaituba e nas "currutelas" do Cuiú-Cuiú e Crepori. Nas *currutelas* os grupos de residentes foram basicamente constituídos de crianças e gestantes em Itaituba o grupo foi mais diversificado. Os indivíduos amostrados variaram de 1 a 52 anos de idade, o tempo de residência na área variou de 0,5 a 52 anos.

Os níveis de mercúrio na urina dos residentes não parecem indicar risco para a saúde humana, com exceção de um indivíduo em Itaituba, com níveis de mercúrio na urina maiores que 50  $\mu\text{g}/\text{l}$ .

TABELA 8.27 Níveis de Mercúrio na Urina em Residentes de Itaituba, Cuiú-Cuiú e Crepori

Hg na urina $\mu\text{g}/\text{l}$	LOCAL		
	Crepori	Cuiú-Cuiú	Itaituba
Nº indivíduos	10	10	7
Faixa	0,7 - 42,8	1,6 - 14,6	2,8 - 58,1
Varição Média	13,7	6,1	13,3

#### b) Exposição Mercurial Ambiental via ingestão de pescado

A principal via de exposição ambiental ao mercúrio para o homem é o consumo de peixes e/ou produtos do pescado. O peixe na Amazônia é um recurso de grande importância, principalmente para

as populações ribeirinhas e indígenas (Anexo 1).

A relevância do peixe como fonte de contaminação por mercúrio na dieta humana advém, principalmente, do fato de praticamente todo o mercúrio nos tecidos de peixes estar na forma alquilada (metilmercúrio), [ref.8.33]. Por outro lado, a contaminação por mercúrio via ingestão de peixes depende de alguns fatores. Esses incluem:

- i) a quantidade de peixe consumida;
- ii) a frequência do consumo;
- iii) as espécies mais consumidas;
- iiii) e, obviamente, os níveis de mercúrio nos peixes.

O limite tolerável de mercúrio total em amostras de peixe estabelecido pela Organização Mundial da Saúde é de 500ppb (peso úmido). Esse limite deve ser considerado com cautela, dado que nele está implícito também a ingestão máxima de 400g semanais ou aproximadamente 60g por dia de consumo de peixe.

A Tabela 8.28 apresenta dados do consumo *per capita* de peixe para diferentes populações do Estado do Pará.

TABELA 8.28 Consumo Médio *Per Capita* de Pescado no Estado do Pará

POPULAÇÃO	CONSUMO MÉDIO PER CAPITA	
	kg/ano	g/dia
Média estadual	23	60
População em áreas não produtoras de pescado	8	20
População urbana de Belém	6	15
População em áreas produtoras de pescado	32	90
Comunidades pesqueiras ribeirinhas	72	200

FONTE: [REF. 8.111]

Pelos dados da Tabela 8.28 pode-se observar que, tomando-se por base somente os limites propostos pela Organização Mundial da Saúde, as populações pesqueiras ribeirinhas caracterizam um grupo humano crítico, isto é, vulnerável à exposição ao mercúrio via ingestão de peixes.

Dados disponíveis para Jacareacanga, cuja área de influência se enquadraria sem dificuldades no tipo crítico de comunidade apontado, indicam que 50% dos indivíduos consultados consomem peixe diariamente e que 40% consomem entre 3 a 4 vezes por semana [Ref.8.15].

Apesar do levantamento realizado não ter sido específico, com relação às técnicas desejáveis em uma pesquisa de dieta alimentar populacional, e ter abrangido um reduzido grupo de indivíduos para uma amostragem de características aleatórias (25 indivíduos de ambos os sexos, várias atividades, faixas etárias, tempo de residência etc.), ele é indicativo da criticidade potencial apontada em função da alta frequência de consumo de peixes.

Na seção 8.5 discutiu-se a amostragem de peixes realizada neste estudo. O levantamento efetuado considerou prioritariamente a coleta de amostras de peixes realmente representativos da produção pesqueira. Para Jacareacanga/Itaituba a amostragem foi representativa de aproximadamente 60%, em peso, do pescado produzido na região enquanto que, pelas melhores condições disponíveis, a amostragem de Santarém foi representativa de em torno 75% em peso do pescado produzido na região considerada.

Dados disponíveis da SUDEPE [Ref.8.92] e do IDESP [Ref.8.93] informam que as espécies mais consumidas, apesar de variações sazonais na produção, nas características do pescado (tamanho e peso sensivelmente menores atualmente, p.ex.) e com pequenas alterações no grupo listado (é notável a redução da produção do Pirarucu, p.ex.), permanecem as mesmas desde os anos sessenta.

Portanto, pode-se afirmar que o levantamento não aleatório re-

alizado neste estudo apresenta alta representatividade do ponto de vista das espécies amostradas, quando relacionadas à produção de pescado nas regiões consideradas.

No item 8.5.4 da seção 8.5, em função da participação percentual em peso de cada espécie amostrada na produção global de pescado, estabeleceu-se, para as duas regiões consideradas (Jacareacanga/Itaituba e Santarém), a média ponderada das concentrações de mercúrio nos peixes analisados.

Estes valores oriundos da ponderação realizada indicam melhor os níveis de mercúrio a que estariam submetidas as populações atingidas através da ingestão de pescado (abordagem não conservativa do problema da exposição das populações ao mercúrio), do que o uso dos valores máximos observados (abordagem conservativa). Isto deve-se ao fato de a média ponderada proposta melhor representar a composição qualitativa das espécies formadoras da dieta de peixe da população e, conseqüentemente, melhor representar, também, as quantidades de mercúrio associadas aos tecidos de peixe. Em função das considerações realizadas sobre os fatores que condicionam a contaminação por mercúrio via ingestão de peixes, pode-se propor um exercício simulatório elucidativo do significado das concentrações de mercúrio encontradas para as amostras de peixes na área do estudo.

Tomando-se os valores de consumo de peixe para populações pesqueiras ribeirinhas (200g/d, conforme a Tabela 8.28), e o valor médio ponderado para as concentrações de mercúrio em tecido de peixes para a região de Jacareacanga/Itaituba (aproximadamente 300ppb ou 300 $\mu$ g/Kg, conforme a Tabela 8.22), estes dados indicam a ingestão potencial de 60 $\mu$ g de Hg por dia através do consumo de peixes.

A WHO [Ref.8.2] informa que o consumo regular de 1 $\mu$ g de metilmercúrio por dia, via ingestão de peixes (lembra-se que, para fins de avaliação de risco de exposição para a saúde humana, praticamente todo o mercúrio dosado em tecido de peixes encontra-se

sob esta forma), produz um aumento da dose interna de mercúrio no sangue de  $1\mu\text{g/l}$ . Logo, no exercício proposto, seriam esperados valores em torno de  $60\mu\text{g/l}$  de mercúrio no sangue.

Esse valor, como foi visto no item 8.6.2, subitem b, é superior aos valores observados para populações não expostas ( $8\mu\text{g/l}$ ) ou com um consumo moderado de pescado sem exposição ocupacional ( $30\mu\text{g/l}$ ), mas é inferior aos  $200\mu\text{g/l}$  observados em amostras de sangue associadas a sintomas neurológicos devido aos efeitos da contaminação por ingestão de alimentos contaminados com metilmercúrio.

Dados de 25 análises de sangue disponíveis para a população de Jacareacanga [Ref.8.15] apresentam valores superiores a  $60\mu\text{g/l}$  (10 amostras), sendo 8 destas 10 amostras superiores a  $100\mu\text{g/l}$  e, destas 8 amostras, 2 acima de  $200\mu\text{g/l}$ . Esses últimos níveis de mercúrio no sangue podem acarretar o aparecimento de sintomas subclínicos na população exposta e representar um alto risco de intoxicação para fetos e para o recém-nascido, visto que o metilmercúrio pode atravessar a placenta.

Esses dados apontam para características críticas desta população com relação à necessidade de uma avaliação de risco da sua vulnerabilidade à exposição ao mercúrio via ingestão de peixes.

Os dados de concentração no sangue, levantados no mesmo trabalho citado, para as populações das áreas da reserva garimpeira do rio Tapajós (Cuiú-Cuiú e Crepori), num total de 53 amostras, apresentaram apenas 3 amostras acima de  $60\mu\text{g/l}$ , sendo que 42 estão abaixo de  $30\mu\text{g/l}$  e 14 abaixo de  $8\mu\text{g/l}$ . Esses resultados parecem confirmar a pequena importância do item pescado na dieta alimentar nas *currutelas* e *baixões* garimpeiros do Tapajós, testemunhada pelos integrantes da equipe técnica deste estudo.

Para Itaituba os dados dos autores referidos são similares, isto é, das 28 amostras analisadas, somente duas estavam acima de  $60\mu\text{g/l}$ , certamente devido a causas relacionadas a taxas e frequência do

consumo de pescado diferenciadas com relação à Jacareacanga.

Finalmente, no que se refere às populações distantes da área de influência imediata dos garimpos, neste estudo representadas por Santarém, os dados de concentração média ponderada de mercúrio em peixes (em torno de 100ppb ou  $100\mu\text{g/kg}$ , conforme a Tabela 8.22), comparativamente à região de Jacareacanga, reduziriam em 3 vezes as taxas de ingestão diária do metal via consumo de peixes, mesmo considerando-se um consumo diário de 200g de peixe *per capita*. Obviamente, neste caso, o risco de exposição da população também se reduziria na mesma proporção.

c) Exposição mercurial ambiental por outras vias de exposição da população

Do ponto de vista toxicológico, a quantidade de mercúrio presente nos alimentos em geral é desprezível (com exceção de peixes e derivados), porque os níveis de mercúrio são normalmente inferiores a 20ppb e, principalmente, porque o metal está na forma inorgânica e não como metilmercúrio, como nos peixes.

Nos centros urbanos da Amazônia, e nas *currutelas* das áreas de garimpo onde ocorre a queima do amálgama, as emissões de vapor de mercúrio para atmosfera podem representar uma fonte relevante de contaminação de alimentos expostos ao ar.

Nas *currutelas*, e mesmo na cidade de Itaituba, por exemplo, existe o hábito de secar o peixe ao sol e de deixar os alimentos, principalmente carne bovina e suína, também expostos ao sol, mas, conseqüentemente, também à poeira poluída.

Dados disponíveis [Ref.8.15] reportam altas concentrações de mercúrio na poeira em residências próximas das casas de compra de ouro, configurando esta contaminação como importante forma de exposição para crianças abaixo de dois anos, devido aos seus hábitos orais.

Por exemplo, para uma criança dessa faixa etária, uma ingestão

de 100mg de poeira por dia, com uma concentração de mercúrio de 210ppm (valores encontrados no Crepori), equivaleria à ingestão diária de  $21\mu\text{g}$  de Hg. O fator atenuante desta via de exposição de mercúrio para a população infantil considerada, é que o mercúrio encontra-se, na poeira, sob forma inorgânica que é menos tóxica. Apesar disso, um maior cuidado deve ser dedicado à esta via potencial de exposição do mercúrio às populações humanas.

#### 8.6.5. Avaliação do risco à saúde humana

##### a) Introdução

A avaliação da exposição é imprescindível nos procedimentos da variação quantitativa do risco de um determinado produto químico à saúde humana. A avaliação da exposição consiste na identificação das populações e/ou subgrupos da população que devem estar expostos a um ou mais produtos químicos, permitindo o cálculo da dose recebida pelas populações ou por indivíduos. A exposição ambiental e/ou ocupacional não será a mesma para todos os indivíduos de uma população. Ela depende: (i) das vias de exposição, isto é, inalação, a ingestão e o contato dérmico; (ii) da intensidade de exposição e (iii) da forma físico-química do produto químico. Uma vez identificados esses quesitos e as contribuições de cada via de exposição, poderá ser quantificada a exposição, separadamente ou em conjunto. A partir dessas informações é possível se determinar os grupos de risco.

A base de avaliação de risco de um determinado produto químico na saúde humana é a ingestão diária aceitável - ADI (*Acceptable Daily Intake*), [Ref.8.84]. O objetivo dessa avaliação é estimar os riscos encontrados, individualmente, em pessoas vivendo em áreas contaminadas. Uma vez conhecidos os níveis de exposição ambiental, os cenários devem ser constituídos de modo a considerar as máximas concentrações da exposição e o máximo efeito, considerando, sempre que possível, as circunstâncias locais.

O cálculo de ingestão da substância prejudicial deve ser testado contra o valor da ADI. ADI é um valor aconselhado pela Comissão da FAO e WHO, o qual é relacionado com a ingestão oral da substância. ADI é expresso em mg/kg (mg da substância por kg de peso corporal).

Os limites de exposição ambiental em geral se baseiam na correlação dose/efeito [Ref.8.94]. A partir desta correlação é possível prevenir os efeitos da exposição ambiental e estabelecer medidas que venham a controlar essa exposição.

Em relação ao mercúrio, a correlação dose/resposta foi observada principalmente no caso do envenenamento de Tinamatz e Niigata no Japão, na epidemia do Iraque e mais recentemente em grupos indígenas do Canadá expostos a períodos prolongados de exposição ao metilmercúrio através do consumo de pescado.

##### b) Avaliação do risco via ingestão de peixes

A Organização Mundial da Saúde estimou como limites provisórios de ingestão semanal tolerável (PTWI), o valor de  $300\mu\text{g}$  por pessoa para mercúrio total e de  $200\mu\text{g}$  para metilmercúrio. Esses valores equivalem a  $5\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$  para mercúrio total, no qual não mais do que  $3,3\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$  como metilmercúrio. Esses valores correspondem a ADI de metilmercúrio de  $0,48\mu\text{g}/\text{kg}/\text{dia}$  e mercúrio total  $0,72\mu\text{g}/\text{kg}/\text{dia}$ . Não se conhecem efeitos adversos em adultos, resultantes dessa exposição. Para esses limites está incorporado um fator de segurança de 6 a 10 para adultos [Ref.8.13]. Entretanto, devido aos efeitos observados em crianças, gestantes e possivelmente em mães pós-gestantes, todos considerados grupos de alto risco, esse fator não oferece segurança [Ref.8.13].

Uma ingestão diária superior a  $3,3\mu\text{g}/\text{kg}$  de metilmercúrio em adultos, causaria efeitos adversos ao nível de sistema nervoso, manifestando um aumento de 5% na incidência de parestesia.

Para esses níveis de ingestão são esperadas concentrações de

mercúrio no cabelo de aproximadamente de 50 a 125 µg/g, que correspondem a níveis de mercúrio no sangue variando de 200 a 500 µg/l. Estudos recentes evidenciaram que concentrações de mercúrio, acima de 70 µg/g, no cabelo de gestantes, representam um risco maior do que 30% no aparecimento de efeitos neurológicos para o recém-nascido [Ref.8.3]. Uma avaliação crítica dos estudos do Iraque permite associar os níveis de mercúrio no cabelo materno de gestantes variando de 10-20 µg/g, com um risco de 5% de efeitos neurológicos para o recém-nascido.

A Tabela 8.29 apresenta os resultados para os cálculos de dose de exposição das populações da área do estudo ao mercúrio via ingestão de peixes.

TABELA 8.29 Cálculo da Dose de Exposição das Populações da Área da Estudo ao Mercúrio Via Ingestão de Peixes

Região	Consumo Pescado (kg/d)	Conc. Hg Ponderada (mg/kg)	Peso Corporal (kg)	(1)	(2)	Razão (1)/(2)
				Dose de Exposição (mg/kg/d)	Dose Diária Admissível (mg/kg/d)	
Santar.	0,2*	0,1	70	3x10 <sup>-4</sup>	3,3x10 <sup>-4</sup>	0,9
Jac./Ita.	0,2*	0,3	70	9x10 <sup>-4</sup>	3,3x10 <sup>-4</sup>	2,7
Santar.	0,09**	0,1	70	1x10 <sup>-4</sup>	3,3x10 <sup>-4</sup>	0,3
Jac./Ita.	0,09**	0,3	70	4x10 <sup>-4</sup>	3,3x10 <sup>-4</sup>	1,3

\* consumo considerando populações pesqueiras ribeirinhas; \*\* consumo considerando populações em áreas produtoras de pescado

Os valores superiores a 1 para a razão entre a dose de exposição calculada e a dose diária admissível (ADI), na Tabela 8.29, reafirmam o aspecto de vulnerabilidade das populações pesqueiras ribeirinhas da região de Jacareacanga/Itaituba à exposição ao mercúrio, via ingestão de peixes.

### c) Avaliação do risco via inalação

A literatura internacional carece de informações relativas à avaliação de riscos para a exposição ambiental por mercúrio metálico na forma de vapor. As informações disponíveis, ainda que com algu-

mas incertezas metodológicas retratam, tão somente, a exposição ocupacional.

Os limites estabelecidos para a exposição ocupacional consideram não só a concentração dos vapores de mercúrio mas, também, outros fatores, tais como a utilização de equipamentos de proteção individual e as medidas de controle ambiental. Assim, a não utilização de equipamentos de proteção e o uso inadequado de medidas de controle, como é o caso da maioria das casas de compra de ouro, limitam a aplicação e interpretação dos limites de exposição.

O uso de limites de exposição ocupacional tem como objetivo garantir condições de trabalho no ambiente físico que previnam os indivíduos ocupacionalmente expostos a um ou mais dos efeitos adversos na saúde. Os limites de exposição sempre consideram o valor médio (TWA - *Time Weighted Average*), isto é, a concentração média da substância para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias.

Em relação aos queimadores das casas de compra de ouro, acredita-se que o uso dos limites de exposição ocupacional para avaliar os possíveis riscos para a saúde estariam sendo controlados a níveis mínimos, devido principalmente às condições microambientais das casas que queimam o amálgama e, também, porque a maioria dos trabalhadores expostos diretamente aos vapores de mercúrio ficam expostos a um período superior a 8 horas diárias. Vale ressaltar que essa situação é diferenciada de casa a casa. Há casos onde existe somente um queimador que nos períodos de alta comercialização de ouro fica exposto até 12 horas diárias.

A avaliação da exposição ocupacional deve ser realizada sistematicamente de modo a controlar o risco para a saúde.

O limite ocupacional estabelecido pela WHO para a exposição aos vapores de mercúrio é de 25 µg/m<sup>3</sup>, e 50 µg/m<sup>3</sup> pela ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists-USA*). O valor limite para uma exposição de curta duração é 500 µg/m<sup>3</sup> (STEL, *Short-Term Exposure Limit*), isto é, 15 mi-

nutos por hora, 4 vezes ao dia, com um intervalo mínimo de 60 minutos entre cada exposição.

O pulmão é o órgão crítico à exposição aguda aos vapores de mercúrio. Concentrações variando de 1 a 3mg/m<sup>3</sup> de mercúrio na atmosfera pode resultar em alto risco para a saúde humana com um quadro clínico de pneumonites [Ref.8.13].

Os rins e o sistema nervoso central são os órgãos críticos da exposição de longa duração aos vapores de mercúrio. No início os sintomas podem ser caracterizados como não específicos, tais como: perda de peso, fraqueza, dor de cabeça.

Concentrações de mercúrio no ar acima de 100µg/m<sup>3</sup>, por prolongados períodos de tempo, aumenta o risco dos indivíduos ocupacionalmente expostos manifestarem sintomas típicos de mercuriolismo, tais como: tremores, mudanças comportamentais e manifestações orais como gengivites, salivação abundante, gosto metálico e ocasionalmente a perda de dentes [Ref.8.77].

Os efeitos a nível de função renal são detectados principalmente quando os níveis de mercúrio na urina são maiores que 50µg/g de creatinina, acarretando a proteinúria tubular. Esses efeitos são reversíveis quando a exposição é reduzida e/ou os indivíduos são afastados da atividade ocupacional [Ref.8.95].

#### 8.6.6. Conclusões sobre a análise do risco da exposição das populações ao mercúrio na área do estudo

- Não existem registros disponíveis sobre casos comprovados de hidrargirismo na área do estudo.

- Não existem registros confiáveis, disponíveis, sobre a ocorrência comprovada de pacientes com sintomas clínicos dos possíveis efeitos da contaminação de mercúrio na área do estudo.

- Sendo as áreas garimpeiras as de maior transmissão da malária e de outras inúmeras doenças, torna-se difícil o diagnóstico da in-

toxicação mercurial, sem exames laboratoriais e testes específicos que permitam a caracterização desse quadro clínico.

- As principais vias potenciais de exposição das populações na área do estudo são: a inalação de vapores de mercúrio durante o procedimento de queima do amálgama (contaminação ocupacional) e a ingestão diária de peixes contaminados pelo mercúrio (contaminação ambiental).

- Os grupos críticos para essas contaminações potenciais (ocupacional e ambiental) são: os queimadores do amálgama e moradores das comunidades pesqueiras ribeirinhas da região de Jacareacanga/Itaituba (sobretudo, mulheres gestantes e pós-gestantes e recém-nascidos).

- Os dados de monitoramento biológico disponíveis, indicam que um grande número de trabalhadores ocupacionalmente expostos aos vapores de mercúrio apresentaram valores de mercúrio na urina acima do limite de tolerância biológico descrito na bibliografia especializada.

- Os dados de monitoramento biológico disponíveis indicam, também, a ocorrência de alguns indivíduos amostrados em Jacareacanga, com teores de mercúrio no sangue que podem, segundo a bibliografia disponível, acarretar o aparecimento de sintomas subclínicos de intoxicação por mercúrio devido à ingestão de peixes contaminados. Esses dados apontam para características críticas dessa população com relação à necessidade de uma avaliação de risco da sua vulnerabilidade à exposição ao mercúrio via ingestão de peixes.

- Finalmente, os monitoramentos biológicos (de sangue e urina, por exemplo) são no geral utilizados como indicadores para prevenir a ocorrência de efeitos adversos e como índice de exposição, quando a relação entre a exposição interna e externa é conhecida. No entanto, essas informações não são suficientes para avaliar o risco real para a saúde humana.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[Ref.8.1] LIOY,P.J., Assessing total human exposure to contaminants. Environ. Sci. Technol., Vol.24, nº7, p. 938 - 45, 1990.

[Ref.8.2] WHO. Environmental Health Criteria 101, Methylmercury, International Programme on Chemical Safety, UNEP/ILO/WHO, 1990. 144 p.

[Ref.8.3] —, Environmental Health Criteria for Inorganic Mercury, International Programme on Chemical Safety World Health Organization, Geneve, 1991. 168p.

[Ref.8.4] ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry-USA), Health Assesment Guidance, 1990.

[Ref.8.5] BIDONE, E.D., editor, Princípios de Gestão Ambiental, Rio de Janeiro: EDUFF, 1992. No prelo.

[Ref.8.6] Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Monitoramento Ambiental das Áreas Garimpadas na Amazônia Brasileira, 1991.

[Ref.8.7] PFEIFFER,W.C. e LACERDA,L.D. Mercury inputs into the Amazon Region, Brazil. Environ. Techn. Letters. V.9., p. 325 - 30. 1988.

[Ref.8.8] SILVA, A. S. da et al. Avaliação da Poluição por Mercúrio nos Garimpos de Paracatu/MG: In Seminário Nacional Riscos e Conseqüências do Uso do Mercúrio. Rio de Janeiro. FINEP/CNPq, 1988. p. 30 - 45.

[Ref.8.9] LACERDA,L.D. Monitoramento do Mercúrio na Área do Projeto Carajás: In Seminário Nacional Riscos e Conseqüências do Uso do Mercúrio. Rio de Janeiro. FINEP/CNPq, 1990. p. 211 -28.

[Ref.8.10] FERREIRA,R.H. e APPEL,L.E. Fontes e Usos do Mercúrio no Brasil, Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1990. (Série Estudos e Documentos, n. 13) Mercúrio no Brasil, Série Estudos e Documentos n. 13, CETEM/CNPq, 1990.

[Ref.8.11] LABORÃO,J. Importação, comercialização e controle de mercúrio no país, In: Seminário Nacional Riscos e Conseqüências do Uso do Mercúrio. Rio de Janeiro. FINEP/CNPq, 1990. p.141 -44

[Ref.8.12] BEZERRA,J.F.M. Estimativas de Cargas de Mercúrio Liberadas para o Meio Ambiente por Atividades Industriais. In: Seminário Nacional Riscos e Conseqüências do Uso do Mercúrio, Rio de Janeiro. FINEP/CNPq. 1990. p. 91 - 109.

[Ref.8.13] ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Co-operation on existing chemical risk redution, Lead Country Report on Mercury, 16<sup>o</sup> Joint Meeting, 1991.

[Ref.8.14] UFPA/DNPM, Laudo analítico, (relatório não publicado), 1988.

[Ref.8.15] GEDEBAM/Sol3, Mercury contamination in the brazilian Amazon: background information on SOL 3/GEDEBAM's work in the Tapajós Valley, avulso, 1991.

[Ref.8.16] DNAEE - DCRH, Microsistema de dados hidrológicos, estação Rio Tapajós.

[Ref.8.17] CONAMA, Resolução nº20, de 18 de junho de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, D.O.U. de 30 de julho de 1986.

[Ref.8.18] CVRD/Oikos Pesquisa Aplicada, Monitoramento Hídrico do Projeto Carajás: relatório final, 1991.

[Ref.8.19] PADBERG, S., Mercury determination in samples from Tapajós (Itaituba), Institut for Angewandte Physikalische Chemie

ICH-4, Forschungszeutren Jullich D-5170. Janeiro, 1990. 13p.

[Ref.8.20] FERNANDES,R.;GUIMARÃES,A. e BIDONE,E.D., monitoramento do mercúrio na área de influência do projeto Carajás Saneamento Ambiental V.6 p. 33-41, 1990.

[Ref.8.21] PAIXÃO, A.E.C. A relação entre a atividade extrativa mineral e a agricultura: trabalhadores rurais e garimpeiros. Belém, SEICOM/DIRAM, no prelo.

[Ref.8.22] CVRD/OIKOS Pesquisa Aplicada. monitoramento de mercúrio na área de influência do Projeto Ferro Carajás, Relatório Final, 1988/1989.

[Ref.8.23] SCARCELLO,J.A. e Bidone, E.D., Gestão Ambiental: monitoramento hidrogeoquímico da bacia do Rio Acre In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, São Paulo, 1991.

[Ref.8.24] FELDMAN,C., Preservation of dilute mercury solutions: Anal. Chem., v.46 n.1, p. 99-102, 1974.

[Ref.8.25] NELSON, W.O. e CAMPBELL,P.G.C., The effects of acidification on the geochemistry of Al, Cd, Pb and Hg in freshwater environments: a literature review, Environ. Pollution, Volume 71 n° 2-4, 1991.

[Ref.8.26] COALE,K.H. e FLEGAL, A.R., Copper, zinc, cadmium and lead in surface waters of Lakes Erie and Ontario, Sci. Tot. Environ., 87/88, p. 297-304, 1989.

[Ref.8.27] FITZGERALD,W.F. e WATRAS,C.J., Mercury in surficial waters of rural Wisconsin lakes, Sci. Tot. Environ., 87/88,223-32.

[Ref.8.28] SEICOM, Mapa dos garimpos do município de Itaituba.

[Ref. 8.29] DNAEE/DCRH - Microsistema dados hidrológicos, estação Porto Alegre, Rio Crepori.

[Ref.8.30] CETEM/CNPq, Diagnóstico preliminar dos impactos ambientais gerados por garimpos de ouro sob os aspectos geoquímicos, em Alta Floresta/MT, CETEM/CNPq RP-02/91, Rio de Janeiro, 1991.

[Ref.8.31] SOUZA, T.M.C. e RODRIGUES, R.M., Levantamento sócio econômico, sanitário e ambiental do garimpo Cuiu-Cuiu - Tapajós: a poluição por mercúrio. Belém SEICOM/DNPM, 1988 - Avulso.

[Ref.8.32] BRABO E.S.; COSTA, M.Q. e RAMOS, J.F.F., Estudo Preliminar da Ocorrência de Mercúrio nos Rios Crepori e Marupá - Bacia do Tapajós, PA. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 3 Anais. Belém, 1991.

[Ref.8.33] HACON, S.P. Mercury contamination in Brasil, with emphasis on human exposure to mercury in the Amazon region, S.L.: WHO/UNEP. in press, 1991.

[Ref.8.34] LACERDA,L.D. et al., Mercúrio no meio ambiente. Risco potencial das áreas de garimpo, Acta Limnol.,3, 1987.

[Ref.8.35] FARID, L.H., et al. Controle da emissão e recuperação do mercúrio em rejeitos de garimpo, Anais I Symp: Intern. Studies Tropical Rain Forest Ecosystems, 1991.

[Ref.8.36] NRIAGU, J.O., PACYNA, J.M. Quantitative assesment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals, Nature 333:134-39, 1988.

[Ref.8.37] RAMOS, J.F.F., Distribuição do mercúrio em dois garimpos do Estado do Pará, In: Seminário Nacional, Risco e Conseqüências do Uso do Mercúrio, Rio de Janeiro: FINEP/CNPq, 1990. p.70-9.

[Ref.8.38] CETEM, Relatório Anual do Projeto Poconé, Rio de Janeiro, CETEM/CNPq, 1989.

[Ref.8.39] LACERDA,L.D. e SALOMONS,W., Mercury in the

Amazon: a chemical time bomb?, Dutch Ministry of Housing, Physical Planning and Environment, Chemical Time Bomb Project, 1991. Avulso.

[Ref.8.40] DEMASTER, D.J. et al., Continental Shelf Res., 6:107-125, 1986.

[Ref.8.41] MACKENZIE, F.T. et.al., Mercury, SCOPE, Toronto, 1989. 13 p.

[Ref.8.42] LINDBERG, S.E. e HARRIS, R.C. Jour. Water Pollut. Cont. Fed. 7:2.479-87, 1977.

[Ref.8.43] MARTINELLI, L.A. et.al. Mercury contamination in the Amazon: A Gold Rush Consequence. Ambio, V. 17 n. 4, p. 252 -54, 1991.

[Ref.8.44] MALM, O., et al. Transport and availability of heavy metals in the Paraíba do Sul - Guandu river system Rio de Janeiro State, Brasil. In the Science on the Total Environmental. Amsterdam: Elsevier Science Pub. 188 p. 201 -9.

[Ref.8.45] DEMPSTER, J.P., MANNING, W.J. Environmental acidification and metals, Environmental Pollution, Special Issue, V. 71, n. 2-4, 1991.

[Ref.8.46] BISOGNI, J.J. e LAWRENCE, A.W. Kinetics of microbial methylation in aerobic and anaerobic aquatic environments, J. Wat. Poll. Control Fed., 47, 135-51, 1975.

[Ref.8.47] FURUTANI, A. e RUDD, J.W.M., Measurement of mercury methylation in lakewater and sediment samples, Appl. Environ. Microbiol., 40, p.770-6, 1980.

[Ref.8.48] RAMLAL, P.S. et.al., Methods for measuring specific rates of mercury methylation and degradation and their use in determining factors controlling net rates of mercury methylation, Appl. Environ. Microbiol., 51, 110-14, 1986.

[Ref.8.49] SHIN, E.B. e KRENKEL, P.A., Mercury uptake by fish and biomethylation mechanisms, J. Wat. Control Fed., 118, p. 473-501, 1976.

[Ref.8.50] FURUTANI, A. et.al., A method for measuring the response of sediment microbial communities to environmental perturbation, Can. J. Microbiol., 30, p. 1408-14, 1984.

[Ref.8.51] KUDO, A. et.al., Equilibrium concentrations of methylmercury in Ottawa River sediments, Nature, 270, p. 419-20, 1977.

[Ref.8.52] JACKSON, T.A., The influence of clay minerals, oxides, and humic matter on the methylation and demethylation of mercury by micro organisms in freshwater sediments, Appl. Organometal Chem., 3, p. 1-30, 1989.

[Ref.8.53] OLSON, B.H. e COOPER, R.C., In situ methylation of mercury in estuarine sediment, Nature, 252, p. 682-3, 1974.

[Ref.8.54] GILMOUR, C.C. et.al., Anaerobic microbial methylation of inorganic ten in estuarine sediments slurries, Microb. Ecology, 14, p. 233-42, 1987.

[Ref.8.55] GILMOUR, C.C. e MITCHELL, R., Sulfate stimulates mercury methylation in freshwater sediments, slurries, Microb. ecology, 14, p. 233 -42, 1987.

[Ref.8.56] KORTHALS, E.T. e WINFREY, M.R., Seasonal and spatial variations in mercury methylation and demethylation in an oligotrophic lake, Appl. Environ. Microbiol., 53, p. 2397-404, 1987.

[Ref.8.57] RAMLAL, P.S. et.al., The effect of pH on methylmercury production and decomposition in lakes sediments, Can. Journ. Fish Aquat. Sci., 42, 685-92, 1985.

[Ref.8.58] RAMLAL, P.S. et.al., Mercury methylation and demethylation studies in Southern Indian Lake, Manitoba, Can. Tech. Rep. Fish Aquat. Sci., 1490, 1987.

[Ref.8.59] JENSEN,S. e JERNELOV,A., Biological methylation of mercury in aquatic organisms, *Nature*, 223, p.753-4, 1969.

[Ref.8.60] LINDQVIST, O., RHODE, H. Atmospheric mercury - a review, *tellus* 37B, p.136-159, 1985.

[Ref.8.61] SIMOLA, H. LODENIUS, M. Recent increase in mercury sedimentation in a forest lake attributable to peatland drainage. *Bull Environ. Contam. Toxicol.* 29, p. 298 - 305. 1982.

[Ref.862] REKOLAINEN, S.M. et al. The effect of airborne mercury contents in some finnish forest lakes. *Publwater Res. Inst. Finland*, 65. p. 11-20, 1981.

[Ref.8.63] MADSEN, P.P. Peat bog records of atmospheric mercury deposition, *Nature*, 293. p. 127-30, 1981.

[Ref.8.64] TCHOBANOGLIOUS,G. e SCHROEDER,E.D. *Water Quality*, Addison-Wesley Publishing Co., 1987, 768p.

[Ref.8.65] USEPA, Technical guidance manual for performing waste load allocation, Book II, *Streans and Rivers*, EPA, 1983.

[Ref.8.66] MARANI,A. *Advances in environmental modelling*, ELSEVIER, 1988, 691p.

[Ref.8.67] WHO. *Mercury*. Genève, 1977.

[Ref.8.68] MITRA, S. *Mercury in the ecosystem*, Switzerland: Transtech. Publs., 1986. 327 p.

[Ref.8.69] MALM, O., et al. Mercury pollution due to gold mining in the Madeira river Basin, Brasil. *Ambio.*, 19:11-5, 1990.

[Ref.8.70] LACERDA, L.D. et al. Mercúrio no Ambiente. *Acta Limn. Brasil*, 3, 1989.

[Ref.8.71] IBAMA. Projeto Iara (Estatística Pesqueira - Controle de Desembarque) Mercado do Santarém, setembro de 1991.

[Ref.8.72] MARCHOVECHIO, J. et al. Total mercury levels in

marine organisms of the Baia Blanca Estuary. In: *Metal in coastal environment of Latin America*, Springer Verlag, 1988, 297 p.

[Ref.8.73] GALVÃO, L. A. C., COREY, G. Mercúrio. *SL. Centro Pan Americano de Geologia Humana y Salud*, 1987. 82 p. (Série Vigilância, 7)

[Ref.8.74] Brasil. Ministério da Saúde. *Malária*. In: *Síntese dos Programas da SUCAM*, 1985.

[Ref.8.75] —————. *Malária*. In: *Síntese dos Programas da SUCAM*, 1986.

[Ref.8.76] KAZANTZIS, G. The use of blood in the biological monitoring of toxic metals. In: Clarkson, T.W. et al. *Biological monitoring of toxic metals*. S.L., Plenum Publishing Co. 1988.

[Ref.8.77] BERLIN, M. Mercury in: Friberg, L. et al., *Handbook on the toxicology of metals*. 2 ed. S.L., ELSEVIER 1986.

[Ref.8.78] WHO. *Environmental Health Criteria, Mercury*, Genève: UNEP, 1976.

[Ref.8.79] SMITH, R.G. Studies of workers exposed to mercury in chlorine industry. In: *Symposium on MAC Values*. Stockholm, 1968.

[Ref.8.80] WHO. *Technical Report Series*, n. 647, 1980.

[Ref.8.81] BERLIN, M: Dose - response relations and diagnostic indices of mercury concentrations in critical organs upon exposure to mercury and mercurials. In: *Effects and dose-response relations of toxic metals*. S.L. ELSEVIER, 1979.

[Ref.8.82] CLARKSON, T.W., et al. *Mercury* S.L., Plenum Publishing Co., 1988.

[Ref.8.83] WHO., *Air quality guidelines for Europe*, WHO Regional Publications, European Series n. 23, p. 272-284, 1987.

[Ref. 8.84] LEENAERS, H. et al. Coping with uncertainty in the assessment of health risks. In: Conference of Heavy Metals, UK, 1991.

[Ref.8.85] INSKIP, M.J. e PIOTROWSKI, J.K. Review of the health effects of methylmercury, *Journal of Applied Toxicology*, 5(3). p. 113-133, 1985.

[Ref.8.86] SKERVING, S., Organic mercury compounds. Relation between exposure and effects. In: *Mercury in the environment, a toxicological and epidemiological appraisal*, CRC Press, Cleveland, Ohio, USA, 1972.

[Ref.8.87] BOURCIER, D.R. et.al., A stationary cold vapor for atomic absorption measurement of mercury in blood and urine used for exposure screening, *An. Ind. Hyg. Ass. J.* 43, 329p., 1982.

[Ref.8.88] TSUBAKI, T. e IRUKAYAMA, K., ed., *Minamata disease*, ELSEVIER, 1977.

[Ref.8.89] TSUBAKI, T., et. al., Clinical epidemiological and toxicological studies on methylmercury poisoning, in: *Proceedings of the first international congress on toxicology*, 1978.

[Ref.8.90] FARID, L.H. et.al., *Controle da emissão e recuperação de mercúrio em rejeitos de garimpo*. Rio de Janeiro, CETEM/CNPq, 1991. 113p. (Série Tecnologia Ambiental).

[Ref.8.91] CETEM, *Diagnóstico preliminar dos impactos ambientais gerados por garimpos de ouro em Alta Floresta/MT*, Série Tecnologia Ambiental n. 2 (versão em inglês disponível) 124p., CETEM/CNPq, 1991.

[Ref.8.92] SUDEPE, *Setor Pesqueiro do Estado do Pará, Versão Preliminar*, Belém, 1988, 81p.

[Ref.8.93] IDESP, *Diagnóstico do Município de Itaituba, Belém, 1977*. 22p. (Relatório de Pesquisa, 9)

[Ref.8.94] WHO, *Environmental Health Criteria*, n. 27, Guidelines on studies in environmental epidemiology, 1983, 351p.

[Ref.8.95] ROELS, H. et.al., Surveillance of workers exposed to mercury vapour: validation of a previously proposed biological threshold limit value for mercury in urine, *Am. Journal of Industrial Medicine*, 7:45-71, 1985.

## 9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 9.1. CONCLUSÕES

A partir dos resultados e conclusões alcançados nos estudos apresentados ao longo do presente Relatório de Pré-Diagnóstico, vê-se que os garimpos são uma forma predatória de exploração mineral e ambiental, ao mesmo tempo que utilizam métodos de trabalho de alto risco tanto para os garimpeiros, como para a sociedade.

Há que se reconhecer, entretanto, que centenas de milhares de indivíduos sobrevivem da atividade garimpeira em todo o Brasil, apesar dos miseráveis rendimentos e condições de trabalho. O ordenamento da atividade garimpeira, assim, deverá ser o grande objetivo final, de longo prazo, que deverá ser alcançado de uma forma essencialmente ética, ou seja, respeitando os direitos e a dignidade de cada um dos envolvidos no processo.

Evidentemente, deve ser estabelecido um plano para atingir tal objetivo, que deverá ter como premissas:

(a) atuar imediatamente sobre as formas de poluição e predação dominantes na atividade garimpeira, envolvendo tanto a redução e/ou a eliminação das práticas nocivas, como a recuperação das áreas e drenagens degradadas;

(b) atuar intensamente e imediatamente nos setores de saúde, educação e segurança pública;

(c) atuar na criação de alternativas de sobrevivência digna para os trabalhadores dos garimpos, inclusive agindo preventivamente à entrada de novos trabalhadores na atividade, e

(d) atuar no sentido de obter o reconhecimento de propriedade das áreas garimpeiras, buscando, através da regularização e da capitalização, a transformação do dono de garimpo em empresário de mineração, sujeito a todas as regras ambientais e sociais.

É claro que cada uma dessas premissas envolve ações que deverão ser dimensionadas e programadas de modo sincrônico, em etapas factíveis de curto, médio e longo prazos. As recomendações apresentadas a seguir visam suprir as deficiências de dados para o estabelecimento do plano de ação.

### 9.2. RECOMENDAÇÕES

A elaboração de um plano efetivo de controle dos impactos ambientais da lavra garimpeira depende da absorção do conhecimento de diversas especializações. O termo de referência apresentado a seguir busca orientar a elaboração dos termos de referência específicos e detalhados de cada macrodisciplina envolvida.

#### PROGRAMAÇÃO PARA AS FASES SEGUINTE DOS "ESTUDOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DO EXTRATIVISMO MINERAL E POLUIÇÃO MERCURIAL DO TAPAJÓS" — TERMO DE REFERÊNCIA

##### 1. OBJETIVO

Tendo concluído a FASE III do Projeto referente aos "Estudos dos Impactos Ambientais decorrentes do extrativismo mineral e poluição mercurial do Tapajós", no âmbito do Programa CAMGA-Tapajós, conforme a estratégia de abordagem proposta no Quadro 1.1, é necessário passar para a FASE IV e seguintes. Elas se caracterizam pelo conhecimento da dimensão real de cada um dos problemas para, a partir daí, planejar e executar as medidas que forem recomendáveis para atingir o objetivo de mitigar/eliminar a curto, médio e longo prazos os impactos deletérios gerados pela atividade garimpeira. Evidentemente, o dimensionamento, sob todos os aspectos, é condição básica para ser proposto qualquer plano de ação,

seja parcial ou global.

QUADRO 1.1 - Estudos dos Impactos Ambientais no Âmbito do Programa CAMGA - TAPAJÓS

Fase I	Caracterização da Questão	Cenário(s) Biótico Físico-Químico Sócio-econômico
Fase II	Análise dos Processos de Atuação Humana	Identificação dos Fatores Impactantes (senso comum)
Fase III	Identificação dos Impactos (senso comum)	Avaliação e Seleção dos Impactos Ambientais Significativos (senso comum)
Fase IV	Dimensionamento dos Impactos	Avaliação das Intensidades e Magnitude de cada um dos Fatores e Impactos Considerados "Significativos" na Fase III
Fase V	Seleção de Alternativas de Intervenção	Avaliação e Priorização de Instrumentos, por Grupos de Impactos
Fase VI	Plano de Ação	Curto, Médio e Longo Prazos
Fase VII	Gerenciamento	Monitoramento das Ações X Resultados; Correções de Rumo quando Necessário

Do ponto de vista da qualificação do pessoal técnico envolvido no Programa CAMGA-Tapajós, é fundamental dar-se continuidade ao programa de treinamento iniciado com o Projeto de Estudos dos Impactos Ambientais, utilizando-se, como estudo de caso, os resultados do presente Relatório de Pré-Diagnóstico, e como objeto de prosseguimento do treinamento, a elaboração, a implantação e o desenvolvimento das atividades constantes deste termo de referência.

## 2. ABORDAGEM METODOLÓGICA

A abordagem metodológica preconizada neste termo de referência consiste no desenvolvimento de atividades de curto prazo (máximo de 6 meses), visando o dimensionamento dos impactos da lavra garimpeira (Quadro 1.2), as quais serão integradas aos estudos de médio prazo (máximo de 18 meses) relacionados às atividades associadas aos garimpos (Quadro 1.3).

QUADRO 1.2 Estudo dos Impactos Ambientais no Âmbito do Programa CAMGA - TAPAJÓS Causados pela Lavra e Beneficiamento.

Atividade	Meio		
	Físico-Químico	Biológico	Antrópico
Limpeza da Área	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fornecimento de matéria orgânica às correntes fluviais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destruição de nichos ecológicos (inclui os solos orgânicos superficiais)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda de biomassa como recurso econômico</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita a organificação do Hg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita a intoxicação por Hg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita a intoxicação por Hg</li> </ul>
Desmonte e	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erosão/aumento das cargas em suspensão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alterações das condições dos habitats ecológicos aquáticos e ribeirinhos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdas na estratégia nutricional das populações ribeirinhas e de viveiros/pesqueiros (comprometimento da atividade pesqueira)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudanças na cor, na turbidez e outras características organolépticas das águas</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento dos custos de tratamento d'água para uso da população (inclui irrigação, recreação etc.)</li> </ul>
Concentração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificação de sistemas de drenagem, sobretudo desvios e assoreamentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assoreamento/recoobrimento de várzeas</li> <li>• Alteração nas condições dos habitats ecológicos aquáticos e ribeirinhos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdas de recursos sejam de uso atual ou potencial (agrosistemas de várzeas, transporte hidroviário, turismo etc.)</li> <li>• Geração de focos de doenças endêmicas</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poluição das águas (óleos e graxas, detergentes)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alterações nas condições dos habitats ecológicos, aquáticos e ribeirinhos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdas de recursos sejam de uso atual ou futuro (agrosistemas de várzeas, transporte, turismo etc.)</li> </ul>
Amalgamação e Queima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poluição das águas (Hg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminação e intoxicação da biota</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposição da população à contaminação por mercúrio</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poluição do ar (Hg)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprometimento de atividades econômicas</li> <li>• Doenças ocupacionais (hidragirismo)</li> </ul>



objetivo essencial, a caracterização e comprovação da importância e relevância do impacto considerado através de:

. análise da sua distribuição geográfica, identificando ecossistemas, populações e atividades, atuais e potenciais, atingidos;

. avaliação, para cada impacto, do seu tempo de duração, do seu potencial cumulativo e de seus possíveis efeitos associativos com outros impactos.

ATIVIDADE 2. Dimensionamento da contaminação mercurial ambiental e ocupacional

A) A Contaminação Mercurial Ambiental refere-se, nesta ATIVIDADE 2, ao dimensionamento da contaminação das águas fluviais e do ar através de:

1º) monitoragem de alta frequência temporal das águas fluviais, ao longo de períodos de 24 horas, em pontos fixos a serem definidos com a equipe responsável pelo Projeto Contenção de Rejeitos Sólidos; em função dos métodos simulatórios propostos no presente relatório, esta monitoragem permitirá a seleção de alternativas de intervenção para a melhoria da qualidade das águas, desejada com a implantação dos dispositivos de controle necessários preconizados no Programa CAMGA-Tapajós, através do seu Projeto Contenção de Rejeitos Sólidos;

2º) monitoragem da contaminação do pescado na área de influência do estudo, utilizando-se a mesma estratégia empregada no levantamento e interpretação de dados realizados nas regiões de Jacareacanga/Itaituba e Santarém, cujos resultados foram apresentados neste Relatório de Pré-Diagnóstico Ambiental. Esta monitoragem deverá ser acompanhada, junto às populações pesqueiras ribeirinhas de Jacareacanga, de inquérito alimentar específico;

3º) realização de experimentos (bioensaios) de campo com peixes na região de Jacareacanga/Itaituba, visando a determinação controlada, através de ensaios, dos fatores de bioconcentração de mercúrio

(determinação das taxas reais de incorporação, e de excreção, do mercúrio das águas fluviais para os peixes);

4º) monitoragem da qualidade do ar nas áreas de maior concentração de casas de compra de ouro na cidade de Itaituba, com a utilização de amostradores de ar.

B) A Contaminação Mercurial Ocupacional refere-se, nesta ATIVIDADE 2, ao dimensionamento da exposição aos vapores de mercúrio, através da sua inalação por queimadores do amálgama nos garimpos e nas casas de compra de ouro. Este dimensionamento é possível de ser realizado, por via direta, através da monitoragem com monitores de ar individuais, a serem instalados em locais de queima (casas de compra de ouro e locais de queima nas áreas de garimpo) ou, mesmo, serem portados por indivíduos selecionados. Esta técnica permitirá avaliar a concentração do mercúrio por unidade de tempo e, conseqüentemente, os níveis médios de exposição diária no ambiente de trabalho.

C) Finalmente, a avaliação do risco real de exposição das populações humanas à contaminação por mercúrio na área dos estudos torna necessária a implantação de um sistema confiável e efetivo de monitoragem biológica e de registro clínico dos possíveis efeitos deletérios do mercúrio sobre os grupos populacionais críticos, sobretudo mulheres gestantes, recém-nascidos e queimadores do amálgama.

ATIVIDADE 3. Dimensionamento dos impactos da lavra garimpeira sobre o meio antrópico

A) Refere-se essencialmente ao dimensionamento do comprometimento pela lavra garimpeira de outras atividades econômicas co-localizadas, existentes e potenciais, na área de influência dos estudos. Este comprometimento está relacionado aos impactos sobre o meio antrópico listados no Quadro 1.2.

B) O dimensionamento dos impactos deverá considerar, como

objetivo essencial, a caracterização e comprovação da importância e relevância do impacto considerado através de:

análise da sua distribuição geográfica, identificando ecossistemas, populações e atividades, atuais e potenciais, atingidos;

avaliação, para cada impacto, do seu tempo de duração, do seu potencial cumulativo e de seus possíveis efeitos associativos com outros impactos.

C) Para atender estes quesitos necessários ao dimensionamento dos impactos considerados, muitas vezes será necessário coletar dados primários (pelo menos para checar a coerência de dados secundários disponíveis).

D) Os aspectos específicos a serem considerados são expostos a seguir sob forma de questões básicas a serem respondidas. Evidentemente, as perguntas a seguir não devem ser consideradas de modo limitativo: elas servem apenas de orientação aos levantamentos, embora não percam suas características de serem essenciais para a integração interdisciplinar das atividades propostas neste termo de referência.

Há redução da atividade pesqueira na região?

Há trocas de regiões para a pesca em função da degradação ambiental do Tapajós? Se esta resposta for positiva, as novas regiões exploradas pela pesca estão quanto mais longe ou próximas das áreas de comercialização?

Há perdas nas características essenciais ao multiuso, atual e potencial, dos recursos (por exemplo: abastecimento de água, exploração das várzeas ribeirinhas, turismo e atividades agrosilvopastoris)? Qual a diferença de custo absorvida pela não disponibilidade dos recursos em seu estado natural?

#### 4. ATIVIDADES DE MÉDIO PRAZO A SEREM DESENVOLVIDAS EM PERÍODO MÁXIMO DE 18(DEZOITO) MESES

##### 4.1.PREMISSAS

- As atividades preconizadas neste item estão diretamente relacionadas aos impactos sobre o meio antrópico identificados e listados no Quadro 1.3.

- Dimensionar os problemas de saúde, de educação, de segurança, de evasão fiscal, etc. pode ser problemático quando se considera o uso exclusivo de dados secundários: em todo o nosso país são conhecidos os problemas da falta de registros estatísticos confiáveis. Portanto, muitas vezes será necessário coletar dados primários (pelo menos para checar a coerência de dados secundários existentes).

- Como se trata de um "problema único" (a garimpagem), é necessário integrar as atividades, neste caso caracteristicamente multi e interdisciplinares, utilizando seqüências de apresentação comuns a todos os envolvidos, e conclusões integráveis através do uso de uma linguagem comum. Como consequência, para qualquer domínio do conhecimento exigido pelas atividades preconizadas, dever-se-á considerar, como meta essencial, a caracterização e comprovação da importância e relevância do(s) impacto(s) considerado(s) em cada uma das atividades, através de:

. análise da sua distribuição geográfica, identificando ecossistemas, populações e atividades, atuais e potenciais, atingidos;

. avaliação, para cada impacto, do seu tempo de duração, do seu potencial cumulativo e de seus possíveis efeitos associativos com outros impactos.

- As conclusões de cada atividade deverão ser capazes de responder, ao menos aproximadamente, às perguntas básicas formuladas para cada uma destas atividades, descrevendo o método usado e

sua provável margem de erro. São estas conclusões que deverão ser capazes de serem integradas, entre si e aos resultados e conclusões das atividades de curto prazo anteriormente relacionadas, proporcionando uma resposta coerente para o denominado "problema dos garimpos".

#### 4.2. ATIVIDADES

**OBSERVAÇÃO**-as atividades de médio prazo serão formuladas através de questões básicas a serem respondidas durante o seu desenvolvimento. Evidentemente, estas questões não devem ser consideradas de modo limitativo: elas servem apenas de orientação aos estudos e levantamentos, embora não percam suas características de serem essenciais para integração interdisciplinar.

##### ATIVIDADE 1. Saúde

- Qual é a expectativa de vida dos trabalhadores dos garimpos?
- Quais são as doenças endêmicas entre estes trabalhadores? Quantos dias de trabalho em média em cada incidência? Qual o custo do tratamento médico?
- Qual a incidência de acidentes de trabalho e de doenças ocupacionais entre os trabalhadores de garimpos? E nos empreendimentos tecnificados?
- Com relação aos acidentes de trabalho: pode-se usar o sistema de pontuação do Ministério do Trabalho para caracterizar a gravidade e o número de horas perdidas?
- Pode-se comparar os dados coligidos segundo as perguntas acima (e outras que venham a ser propostas) com os dados médios da população? E com os dados médios de empreendimentos de mineração de ouro tecnificados?

##### ATIVIDADE 2. Direitos Humanos e Educação

Poder-se-iam calcular os custos de implantação:

- de um sistema de segurança que resultasse numa criminalidade máxima igual à média do Pará, sem os garimpos?
- de um sistema de justiça eficiente o suficiente para tornar eficaz o sistema de segurança proposto acima? e de dar garantias aos direitos constitucionais e legais do cidadão?
- de um sistema educacional dirigido às crianças, suficiente para atendê-las, sem que a evasão se torne superior às detectadas no restante do Pará, sem os garimpos? Como?

##### ATIVIDADE 3. Degradação ambiental

- Qual o custo dos sistemas de controle necessários (investimentos e manutenção) para garantir o respeito à legislação ambiental, considerando o modo atual de produção?
- Qual o custo dos sistemas de controle necessários para garantir a mesma coisa, se a produção fosse toda feita por empreendimentos organizados e tecnificados?
- Recuperação de áreas de risco: com base nas providências preconizadas para reduzir o crescimento dos riscos oriundos nas atividades garimpeiras (por exemplo, a implantação de sistemas de contenção de sólidos), e nas operações de "limpeza" (por exemplo, remoção de lodos contaminados), é necessário estimar o volume de investimentos demandados e seu custo de operação e manutenção.

##### ATIVIDADE 4. Perdas na recuperação do minério

- Qual a relação estimada entre o metal recuperável com tecnologias usuais na indústria formal e o efetivamente recuperado na lavra artesanal garimpeira?
- Qual o custo de produção atual nos garimpos? Como a lavra garimpeira se dá sem um planejamento e ao azar, é comum o custo

de produção variar do zero (quando o minério encontrado é rico e o garimpeiro tem a sorte de encontrá-lo sem grande esforço), até o infinito (quando, apesar dos esforços, só é minerado o estéril). Assim, a estimativa pode se basear, por exemplo, numa média entre o total de terra movimentado em alguns garimpos com relação à produção realizada nestes mesmos garimpos.

- Qual o custo médio atual (com base em balanços contábeis, por exemplo) da produção de ouro por mineradoras?

#### ATIVIDADE 5. Evasão Fiscal

- Quais os impostos que são devidos na produção de ouro, quais as alíquotas, e quais são os beneficiários da receita? Especificamente, detalhar as contribuições ao Sistema de Seguridade Social (IAPAS e INAMPS).

- Quais as estimativas de evasão de cada um dos impostos, taxas e contribuições incidentes e seus prováveis destinos?

- Como é comercializado o ouro dos garimpos? com quem? e quanto com cada um? e o das mineradoras?

- Como se dão os controles pelos beneficiários dos impostos devidos? Como poderia (ou deveria) ser feito? Qual seria o custo da fiscalização proposta, considerando separadamente as mineradoras e os garimpos?

#### ATIVIDADE 6. Análise das "saídas" sociais e econômicas

- A alteração e modernização do sistema produtivo, visando introdução de tecnologias mais adequadas à exploração e beneficiamento do minério, com o efeito de reduzir os graves impactos ambientais, sociais e econômicos que o atual modelo causa, acarreta a necessidade de criação de oportunidades alternativas para os trabalhadores dos garimpos.

A criação de oportunidades alternativas que resultem em ganhos superiores aos auferidos pela mão de obra garimpeira é condição

essencial para uma desmobilização ordenada, que permita a substituição da mineração artesanal por minerações tecnificadas, as quais, obrigatoriamente, devem oferecer maiores vantagens sociais. A criação destas oportunidades deve se prender às características da mão-de-obra que se pretende deslocar para outro setor, envolvendo suas especializações, seus níveis educacionais, suas origens geográficas e culturais, etc. De nada adiantaria, por exemplo, projetar assentamentos agrícolas para a parcela da população garimpeira oriunda de áreas urbanas, antes ocupada na construção civil. O conhecimento do perfil da população garimpeira e de suas aspirações, somada à viabilidade econômica e social das novas atividades, é que poderá resultar num programa relativamente confiável de realocação de mão-de-obra, com dimensões conhecidas.

Não deve ser excluída a possibilidade de participação de geólogos, agrônomos, políticos, etc. na equipe que se responsabilizará por esta parte das tarefas, além dos economistas e sociólogos que normalmente realizam esses trabalhos.

Acreditamos que será necessário - e, até, imprescindível - que as propostas sejam discutidas em seminários (um para coleta e discussão prévia de idéias, outro para avaliação), com a participação de todos os especialistas e organismos envolvidos neste trabalho, pois não se podem descartar *a priori* oportunidades vislumbradas em qualquer das áreas do conhecimento.

Espera-se, como resultado desta pesquisa, um planejamento de reassentamento da mão-de-obra, após análise de alternativas e custos, que esteja condicionado às características sócio-econômico-culturais da população meta.

## A N E X O 1

### GENERALIDADES SOBRE A PESCA NA REGIÃO

#### 1. RECURSOS PESQUEIROS

Segundo estudos de Paiva (1981) e IBGE (1986) in: SUDEPE, 1988, os recursos hídricos e as áreas de produção pesqueira do Pará são os seguintes:

- . 70.000km<sup>2</sup> de plataforma continental arrastável;
- . 98.292km<sup>2</sup> de águas interiores divididas da seguinte maneira:
  - 21.012km<sup>2</sup> de rios e lagos naturais - 2.500km<sup>2</sup> de lagos artificiais (represas) e, - 74.780km<sup>2</sup> de igarapés e várzeas;
- . 10.858km<sup>2</sup> de área de vegetação litorânea, dos quais cerca de 4.500km<sup>2</sup> de áreas de manguezais ou aproximadamente 20% do total das áreas de mangues do Brasil.

As águas estuarinas e marinhas do Estado do Pará apresentam um total de produção possível de 700.000t/a, enquanto que para as águas interiores os recursos atingem a 90.000t/a.

Smith (1981) e Bayley (1984) in: SUDEPE, 1988 op. cit. calcularam o potencial de produção de, aproximadamente, 900kg/km<sup>2</sup>/ano para ambientes de água doce.

#### 2. PRODUÇÃO

O território paraense oferece disponibilidade para vários tipos de pesca artesanal e industrial.

Em 42 dos 83 municípios do Estado do Pará, a pesca é atividade econômica importante, sendo exercida por um grupo de, aproxima-

damente, 78.000 pescadores artesanais. Estima-se que pelo menos o mesmo número de trabalhadores é empregado em atividades auxiliares da pesca propriamente dita, isto é, construção naval, fabricação de redes e outros apetrechos e, principalmente, comercialização de pescado (incluindo a coleta e transporte de pescado, sem processamento e, finalmente, a sua venda ao consumidor). Assim, com um tamanho médio de família de 5 pessoas, o subsetor artesanal da pesca no Pará sustenta um contingente de cerca de 780.000 pessoas.

O Quadro 1 apresenta a distribuição espacial/regional do grupo de pescadores artesanais no Pará, segundo as principais áreas de pesca.

QUADRO 1 - Distribuição Regional do Grupo de Pescadores Artesanais no Estado do Pará (1987)

ÁREA DE PESCA	MUNICÍPIOS (Nº)	LOCALIDADES (Nº)	PESCADORES (Nº)
Belém	1	9	3.450
Salgado	9	54	22.200
Bragantina	2	13	6.350
Viséu	1	14	6.000
Campos de Marajó	7	26	9.050
Furos/Xingú	4	10	3.900
Médio Amaz. Paraense/Tapajós	8	40	19.400
Baixo Tocantins, Marabá e Araguaia Paraense	10	48	8.500
TOTAL	42	214	78.850

Fonte: SUDEPE/COREG. PA/AP. Levantamento feito com base em informações enviadas por Colônias de Pescadores do Estado do Pará (nos arredondados)

Em 20 dos 42 municípios com significativa atividade pesqueira, aproximadamente 47.000 pescadores, ou 55% do total do grupo de pescadores artesanais, se dedicam à pesca em águas estuarinas e litorâneas, enquanto 45% pescam em águas interiores do Estado.

Frota:

Os pescadores artesanais do Pará operam uma frota de, aproximadamente, 15.000 embarcações pesqueiras.

O Quadro 2 mostra a distribuição da frota pesqueira artesanal, segundo origem do barco, bem como meio de propulsão.

QUADRO 2 - Distribuição da Frota Pesqueira Artesanal no Estado do Pará (1987)

ÁREA DE PESCA	A MOTOR (Nº)	A VELA (Nº)	A REMO (Nº)	TOTAL (Nº)
Belém	70	10	55	135
Salgado	1.415	780	2.060	4.255
Bragantina/Viseu	750	630	300	1.680
Campos de Marajó	1.350	1.250	735	3.335
Furos/Xingú	25	60	240	325
Médio Amaz. Paraense/ Tapajós	1.275	320	930	2.525
Marabá/ Araguaia Paraense	1.025	80	1.270	
TOTAL	5.910	3.130	5.590	14.630

Fonte: SUDEPE/COREG. PA/AP. Levantamento feito com base em informações enviadas por Colônias de Pescadores do Estado do Pará (nos arredondados)

Em média, 40% da frota artesanal é motorizada e 60% não motorizada, isto é, os barcos pesqueiros são movidos a vela ou a remo. Também são barcos de pequeno porte: 60% das embarcações tem capacidade bruta abaixo de 5 toneladas. A proporção média barco/pescador é 1 barco para cinco pescadores. Um desvio significativo desta média observa-se na área dos Furos/Xingu, onde só 7% dos barcos são motorizados, e 74% são movidos a remo. Na área de Belém, observamos uma relação barco/pescador de 1 barco para 45 pescadores, e nos Furos/Xingu um barco para 11 pescadores.

A produção pesqueira anual proveniente da pesca artesanal foi estimada em 90.000t, em 1987.

Dividindo essa produção por um contingente de cerca de 79.000 pescadores artesanais, chega-se a uma produção média anual, por pescador, de 1,2t de pescado.

Do pescado desembarcado pela pesca artesanal, cerca de 45% pertence a espécies de água doce, e 55% a espécies de água salgada, segundo o IDESP.

O Quadro 3 apresenta a distribuição geográfica da produção pesqueira artesanal nas diferentes áreas de pesca no Estado, utilizando o número de pescadores artesanais (ver Quadro 1) e a produção média por pescador como parâmetros.

QUADRO 3 - Estimativa da Produção Anual pela Pesca Artesanal no Estado do Pará (1987)

ÁREA DE PESCA	ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO	
	em t/ano	em %
Belém	4.100	04
Salgado	26.500	28
Bragantina	7.600	08
Viseu	7.200	08
Campos de Marajó	10.860	11
Furos/Xingú	4.680	05
Médio Amaz. Paraense/ Tapajós	23.280	25
Baixo Tocantins/ Marabá/ Araguaia Paraense	10.200	11
TOTAL	94.500	100

Fonte: SUDEPE/COREG. PA/AP

Os principais entrepostos do pescado paraense, bem como a sua destinação, pode ser resumido no Quadro 4:

#### QUADRO 4 - Principais Entrepostos e Destinação do Pescado

Proveniência/Local de Desembarque da Produção	MERCADO						TOTAL	
	Local		Estadual		Interestadual		t	%
	t	%	t	%	t	%		
Litoral Nordeste Paraense: Vigia	950	22	3.200	73	250	06	1.400	100
Campos de Marajó: Soure	450	06	7.200	89	450	06	8.100	100
Médio Amazonas Paraense: Santarém	1.400	38	—	—	2.300	62	3.700	100
Belém (Ver-o-Peso)	8.000	50	7.280	45,5	720	4,5	16.000	100

Fonte: Barbosa et alii (1983, 1984) Barbosa & Hartmann (1984) in SUDEPE, 1988.

### 3. GRAU DE ORGANIZAÇÃO

Embora tendo um papel econômico e social altamente importante, a comunidade pesqueira não tem conseguido a atenção política e social adequada pelos órgãos governamentais e outras entidades. A tarefa importante de caracterizar e organizar a classe pesqueira, no sentido de exigir seus direitos e lutar por seus interesses foi dificultada, por um lado, pelo abandono geral de muitas comunidades pesqueiras espalhadas pelo vasto território do Estado e, por outro lado, pela atividade de tutela e paternalismo que caracteriza o relacionamento dos órgãos oficiais com os pescadores artesanais e sua entidade de representação de classe.

O Quadro 4 apresenta dados referentes às Colônias de Pescadores no Estado do Pará, como número de "colonizadores" e grau de organização, levantados pela COREG. PA/AP, nos anos 1984 e 1987.

Conforme os informes disponíveis, a instituição da "Colônia de Pescadores", forma tradicional e obrigatória de associação de todos que fazem da pesca a sua profissão, reuniu em 1987 cerca de 47.500 pescadores, ou 60% do total de pescadores, em 42 "colônias" espalhadas pelo estado inteiro.

No Pará, como em muitas outras regiões do país, a história das cooperativas pesqueiras não é uma história de muito sucesso.

No momento, só existe uma cooperativa com atividades no ramo, a qual, contudo, não é uma cooperativa de pescadores e, sim, cooperativa mista agropecuária.

### 4. ESPÉCIES MAIS COMUNS

Nas águas interiores da Mesorregião do Baixo Amazonas e Mesorregião do Sudoeste Paraense (Figura 1) a ictiofauna é numerosa, porém foi verificado que algumas espécies são comuns a todos os municípios das duas Mesorregiões. As espécies são:

- Jaraqui (*Semaprochilodus brama valencinnes*)
- Pescada (*Plagiosion squamossissimus*)
- Aracu (*Leporinus friderici*)
- Pirarucú (*Arapaima gigas*)
- Filhote (*Brachyplatystoma filamentosum*)
- Dourada (*Brachyplatystoma flavicans*)
- Piramuntaba (*Brachyplatystoma vaillantit*)
- Tambaqui (*Colossoma macropomum*)
- Tucunaré (*Cichla ocellaria*)
- Curimatã (*Prochilodus nigricans*)
- Acari (*Pterugoplichthus pardalis*)

## 5. CONSUMO

O consumo *per capita* de pescado das populações residentes em diferentes regiões do Estado pode ser resumido no Quadro 5:

QUADRO 5 - Consumo de Pescado no Pará

POPULAÇÃO/LOCALIZAÇÃO	CONSUMO MÉDIO "PER CAPTA" /ANO (em kg)
Média estadual	23
População urbana rural em áreas não produtoras de peixes	7,8
População urbana de Belém	6,2
População urbana rural em áreas produtoras de peixes	32
Comunidade pesqueira	72

Fonte: PMB, 1987 IDESP, 1987 Barbosa e Hartmann, 1984 in SUDEPE 1988.

Se considerarmos a distribuição relativa do consumo de pescado por área geográfica, temos:

ÁREA GEOGRÁFICA	CONSUMO
Áreas rurais	57%
Áreas urbanas	43%
Áreas produtoras	76%
Áreas não produtoras	24%

Se considerarmos o consumo de pescado em relação as carnes nos diferentes grupos de venda, temos:

PRODUTO	Consumo Médio (g/dia/hab.)	Grupo mais Pobre	Grupo mais Rico	Fator de Incremento
Todas as carnes	139	98	230	2,3
Carne de gado	59	12	128	10,7
Pescado	46	72	28	0,4

Fonte: Tagle, 1983 in SUDEPE 1988

## 6. A IMPORTÂNCIA DA PESCA NO MANEJO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS DE VÁRZEA

Este texto reproduz o documento "PROPOSTA: OS RECURSOS PESQUEIROS E O MANEJO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS DE VÁRZEA DO BAIXO AMAZONAS". IMAZON (INSTITUTO DO HOMEM E DO MEIO AMBIENTE NA AMAZONIA).

A várzea amazônica tem ocupado uma posição importante no povoamento e economia da Amazônia. Ao longo dos séculos os solos férteis da várzea e a abundância de sua fauna suportaram uma das mais altas densidades populacionais da Bacia Amazônica. Entretanto, os recursos da várzea não são infinitos, e as espécies que têm sustentado a economia da várzea têm sido dizimadas uma a uma. As alterações que vêm ocorrendo nos últimos 25 anos estão ameaçando o último recurso importante da várzea - o recurso pesqueiro.

Os fatores que contribuem para a super-exploração dos recursos pesqueiros amazônicos são complexos. Os atores principais são o ribeirinho e o geleiro. O ribeirinho vive na várzea, obtendo seu sustento da agricultura, da pesca e da criação de animais. O geleiro é o pescador comercial que atua nos lagos e rios da Amazônia para abastecer os mercados urbanos e as empresas que exportam peixe da região.

As modificações na economia ribeirinha e na organização da pesca comercial têm contribuído para a situação atual dos recursos pesqueiros amazônicos. Ao longo dos anos 70 e 80 os preços pagos pela juta (a principal cultura comercial da várzea) e pelos produtos extrativos tradicionais caíram ao ponto dessas atividades deixarem de ser economicamente viáveis. Como resultado, os ribeirinhos se tornaram cada vez mais dependentes da pesca para obtenção de sua renda. Ao mesmo tempo, a crescente demanda de peixe fresco para consumo urbano e para exportação, aliada às melhorias das tecnologias de pesca, têm levado à intensificação da pesca comercial. A combinação desses fatores tem aumentado a pressão principalmente sobre os lagos de várzea.

Os ribeirinhos têm respondido de duas maneiras. Alguns procuram proteger o que resta de seus recursos tentando impedir os geleiros de pescar nos lagos de várzea locais. Isso tem levado à proliferação de conflitos entre comunidades ribeirinhas e geleiros. Outros ribeirinhos têm abandonado a várzea e mudado para a cidade ou para a região de fronteira da terra firme. Com a desintegração das comunidades ribeirinhas, essas são substituídas por fazendas de gado e búfalo. Os recursos pesqueiros amazônicos estão, portanto, ameaçados por dois lados: modificações na vegetação associadas com a expansão da pecuária podem reduzir o potencial produtivo dos recursos pesqueiros da várzea, ao mesmo tempo que a intensificação da pesca comercial esgota os atuais estoques.

A perspectiva dos recursos pesqueiros não é, entretanto, totalmente desanimadora. As comunidades de várzea ao longo do Baixo Amazonas estão cada vez mais preocupadas com o crescente declínio da produtividade dos recursos pesqueiros locais e estão adotando medidas para colocar os recursos dos lagos sob controle e supervisão da comunidade. Essas medidas variam entre fechar os lagos para estranhos, a regular as práticas pesqueiras que podem ser utilizadas. Esses esforços comunitários para manejar os recursos pesqueiros dos lagos podem ser os primeiros passos em direção ao

manejo sustentável dos recursos de várzea. Entretanto, não sabemos até que ponto o controle da comunidade realmente aumenta a produtividade dos sistemas de subsistência dos ribeirinhos. E, além disso, embora o controle da comunidade possa ser uma parte importante da solução, ela não resolve necessariamente a pressão sobre os recursos pesqueiros de várzea causada pela crescente dependência da pesca pelos ribeirinhos. Em resumo, serão necessárias muitas informações sobre a exploração da várzea pelo ribeirinho antes que possamos responder efetivamente à questão sobre como manejar de maneira sustentável os recursos pesqueiros de várzea.

- 15 - Flotação de Carvão de Santa Catarina em Escala de Bancada e Piloto - Antonio Rodrigues de Campos e Salvador L. Matos de Almeida, 1981. (esgotado)
- 16 - Aglomeração Seletiva de Finos de Carvão de Santa Catarina Estudos Preliminares - Lauro Santos N. da Costa, 1981.
- 17 - Briquetagem e a sua Importância para a Indústria (em revisão) - Walter Schinzel e Regina Célia M. da Silva, 1981. (esgotado)
- 18 - Aplicação de Petrografia no Beneficiamento de Carvão por Flotação - Ney Hamilton Porphirio, 1981.
- 19 - Recuperação do Cobre do Minério Oxidado de Caraíba por Extração por Solventes em Escala Semipiloto - Ivan O. C. Masson e Paulo Sérgio M. Soares, 1981. (esgotado)
- 20 - Dynawhirpool (DWP) e sua Aplicação na Indústria Mineral - Hedda Vargas Figueira e José Aury de Aquino, 1981. (esgotado)
- 21 - Flotação de Rejeitos Finos de Scheelita em Planta Piloto - José Farias de Oliveira, Ronaldo Moreira Horta e João Alves Sampaio, 1982. (esgotado)
- 22 - Coque de Turfa e suas Aplicações - Regina Célia Monteiro da Silva e Walter Schinzel, 1982.
- 23 - Refino Eletrolítico de Ouro, Processo Wohlwill - Juliano Peres Barbosa e Roberto C. Villas Bôas, 1982. (esgotado)
- 24 - Flotação de Oxidatos de Zinco Estudos em Escala Piloto - Adão Benvindo da Luz e Carlos Adolpho M. Baltar, 1982.
- 25 - Dosagem de Ouro - Luiz Gonzaga S. Sobral e Marcus Granato, 1983.
- 26 - Beneficiamento e Extração de Ouro e Prata de Minério Sulfetado - Márcio Torres M. Penna e Marcus Granato, 1983.
- 27 - Extração por Solventes de Cobre do Minério Oxidado de Caraíba - Paulo Sérgio Moreira Soares e Ivan O. de Carvalho Masson, 1983.
- 28 - Preparo Eletrolítico de Solução de Ouro - Marcus Granato, Luiz Gonzaga S. Sobral, Ronaldo Luiz C. Santos e Delfin da Costa Laureano, 1983.
- 29 - Recuperação de Prata de Fixadores Fotográficos - Luiz Gonzaga Santos Sobral e Marcus Granato, 1984. (esgotado)
- 30 - Amostragem para Processamento Mineral - Mário Valente Possa e Adão Benvindo da Luz, 1984. (esgotado)
- 31 - Indicador de Bibliotecas e Centros de Documentação em Tecnologia Mineral e Geociências do Rio de Janeiro - Subcomissão Brasileira de Documentação em Geociências - SBDG, 1984.
- 32 - Alternativa para o Beneficiamento do Minério de Manganês de Urucum, Corumbá-MS - Lúcia Maria Cabral de Góes e Silva e Lélío Fellows Filho, 1984.
- 33 - Lixiviação Bacteriana de Cobre de Baixo Teor em Escala de Bancada - Teresinha Rodrigues de Andrade e Francisca Pessoa de França, 1984.
- 34 - Beneficiamento do Calcário da Região de Cantagalo - RJ. - Vanilda Rocha Barros, Hedda Vargas Figueira e Rupen Adamian, 1984.
- 35 - Aplicação da Simulação de Hidrociclones em Circuitos de Moagem - José Ignácio de Andrade Gomes e Regina C. C. Carriso, 1985.
- 36 - Estudo de um Método Simplificado para Determinação do "Índice de Trabalho" e sua Aplicação à Remoagem - Hedda Vargas Figueira, Luiz Antonio Pretti e Luiz Roberto Moura Valle, 1985.
- 37 - Metalurgia Extrativa do Ouro - Marcus Granato, 1986.
- 38 - Estudos de Flotação do Minério Oxidado de Zinco de Minas Gerais - Francisco Wilson Hollanda Vidal, Carlos Adolfo Magalhães Baltar, José Ignácio de Andrade Gomes, Leonardo Apparício da Silva, Hedda Vargas Figueira, Adão Benvindo da Luz e Roberto C. Villas Bôas, 1987.
- 39 - Lista de Termos para Indexação em Tecnologia Mineral - Vera Lucia Vianna de Carvalho, 1987.
- 40 - Distribuição de Germânio em Frações Densimétricas de Carvões - Luiz Fernando de Carvalho e Valéria Conde Alves Moraes, 1986.
- 41 - Aspectos do Beneficiamento de Ouro Aluvionar - Fernando Antonio Freitas Lins e Leonardo Apparício da Silva, 1987.
- 42 - Estudos Tecnológicos para Aproveitamento da Atapulgita de Guadalupe-PI - Adão Benvindo da Luz, Salvador Luiz M. de Almeida e Luciano Tadeu Silva Ramos, 1988.
- 43 - Tratamento de Efluentes de Carvão Através de Espessador de Lamelas - Francisco Wilson Hollanda Vidal e Franz Xaver Horn Filho, 1988.
- 44 - Recuperação do Ouro por Amalgamação e Cianetação: Problemas Ambientais e Possíveis Alternativas - Vicente Paulo de Souza e Fernando Antonio Freitas Lins, 1989. (esgotado)
- 45 - Geopolítica dos Novos Materiais - Roberto C. Villas Bôas, 1989. (esgotado)

- 46 - Beneficiamento de Calcário para as Indústrias de Tintas e Plásticos - Vanilda da Rocha Barros e Antonio Rodrigues de Campos, 1990.
- 47 - Influência de Algumas Variáveis Físicas na Flotação de Partículas de Ouro - Fernando Antonio Freitas Lins e Rupen Adamian, 1991.
- 48 - Caracterização Tecnológica de Caulim para a Indústria de Papel - Rosa Malena Fernandes Lima e Adão Benvindo da Luz, 1991.
- 49 - Amostragem de Minérios - Maria Alice Cabral Goes, Mario Valente Possa e Adão Benvindo da Luz, 1991.
- 50 - Design of Experiments in Planning Metallurgical Tests - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
- 51- Eletrôrecuperação de Ouro a Partir de Soluções Diluídas de seu Cianeto - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
- 52- Talco do Paraná - Flotação em Usina Piloto - Salvador Luiz M. de Almeida, Adão Benvindo da Luz e Ivan Falcão Fontes, 1991.
- 53- Os Novos Materiais e a Corrosão - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
- 54- Aspectos Diversos da Garimpagem de Ouro - Fernando Freitas Lins (coord.), José Cunha Cotta, Adão Benvindo da Luz, Marcello Mariz da Veiga, Fernando Freitas Lins, Luiz Henrique Farid, Márcia Machado Gonçalves, Ronaldo Luiz C. dos Santos, Maria Laura Barreto e Irene C. M. H. Medeiros Portela, 1992. (esgotado)
- 55- Concentrador Centrífugo - Revisão e Aplicações Potenciais - Fernando Freitas Lins, Lauro S. Norbert Costa, Oscar Cuéllar Delgado, Jorge M. Alvares Gutierrez, 1992.
- 56- Minerais Estratégicos: Perspectivas - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
- 57- O Problema do Germânio no Brasil - Roberto C. Villas Bôas, Maria Dionízia C. dos Santos e Vicente Paulo de Souza, 1992.
- 58- Caracterização Tecnológica do Minério Aurífero da Mineração Casa de Pedra Mato Grosso - Ney Hamilton Porphírio e Fernando Freitas Lins, 1992.
- 59- Geopolitics of the New Materials: The Case of the Small Scale Mining and New Materials Developments - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
- 60- Degradação de Cianetos por Hipoclorito de Sódio - Antonio Carlos Augusto da Costa, 1992.
- 61- Paládio: Extração e Refino, uma Esperiência Industrial - Luís Gonzaga S. Sobral, Marcos Granato e Roberto B. Ogando, 1992.

- 62- Desempenho de Ciclones e Hidrociclones - Giulio Massarani, 1992.
- 63- Simulação de Moagem de Talco Utilizando Seixos - Regina Coeli C. Carrisso e Mário Valente Possa, 1993
- 64 Atapulgita do Piauí para a Indústria Farmacêutica - José Pereira Neto, Salvador L. M. de Almeida e Ronaldo de Miranda Carvalho, 1993.

#### NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

- 01- Quem é Quem no Subsolo Brasileiro - Francisco Rego Chaves Fernandes, Ana Maria B. M. da Cunha, Maria de Fátima Faria dos Santos, José Raimundo Coutinho de Carvalho e Maurício Lins Arcoverde, (2ª edição) 1987
- 02- A Política Mineral na Constituição de 1967 - Ariadne da Silva Rocha Nodari, Alberto da Silva Rocha, Marcos Fábio Freire Montysuma e Luis Paulo Schance Heler Giannini, (2ª edição) 1987
- 03- Mineração no Nordeste - Depoimentos e Experiências - Manuel Correia de Andrade, 1987 (esgotado)
- 04- Política Mineral do Brasil - Dois Ensaio Críticos - Osny Duarte Pereira, Paulo César Ramos de Oliveira Sá e Maria Isabel Marques, 1987 (esgotado)
- 05- A Questão Mineral da Amazônia - Seis Ensaio Críticos - Francisco Rego Chaves Fernandes, Roberto Gama e Silva, Wanderlino Teixeira de Carvalho, Manuela Carneiro da Cunha, Breno Augusto dos Santos, Armando Álvares de Campos Cordeiro, Arthur Luiz Bernardelli, Paulo César de Sá e Isabel Marques, 1987 (esgotado)
- 06- Setor Mineral e Dívida Externa - Maria Clara Couto Soares, 1987
- 07- Constituinte: A Nova Política Mineral - Gabriel Guerreiro, Octávio Elísio Alves de Brito, Luciano Galvão Coutinho, Roberto Gama e Silva, Alfredo Ruy Barbosa, Hildebrando Herrmann e Osny Duarte Pereira, 1988 (esgotado)
- 08- A Questão Mineral na Constituição de 1988 - Fábio S. Sá Earp, Carlos Alberto K. de Sá Earp e Ana Lúcia Villas-Bôas, 1988 (esgotado)
- 09- Estratégia dos Grandes Grupos no Domínio dos Novos Materiais - Paulo Sá, 1989 (esgotado)
- 10- Política Científica e Tecnológica: No Japão, Coréia do Sul e Israel. - Abraham Benzaquen Sicsú, 1989 (esgotado)

- 11- Legislação Mineral em Debate - Maria Laura Barreto e Gildo Sá Albuquerque, (organizadores) 1990
- 12- Ensaio Sobre a Pequena e Média Empresa de Mineração - Ana Maria B. M. da Cunha, (organizadora) 1991
- 13- Fontes e Usos de Mercúrio no Brasil - Rui C. Hasse Ferreira e Luiz Edmundo Appel, (2ª edição) 1991
- 14- Recursos Minerais da Amazônia - Alguns Dados Sobre Situação e Perspectivas - Francisco R. Chaves Fernandes e Irene C. de M. H. de Medeiros Portela, 1991
- 15- Repercussões Ambientais em Garimpo Estável de Ouro - Um Estudo de Caso - Irene C. de M. H. de Medeiros Portela, (2ª edição) 1991
- 16- Panorama do Setor de Materiais e suas Relações com a Mineração: Uma Contribuição para Implementação de Linhas de P & D - Marcello M. Veiga e José Octávio Armani Pascoal, 1991
- 17- Potencial de Pesquisa Química nas Universidades Brasileiras - Peter Rudolf Seidl, 1991
- 18- Política de Aproveitamento de Areia no Estado de São Paulo: Dos Conflitos Existentes às Compatibilizações Possíveis - Hildebrando Hermann, 1991
- 19- Uma Abordagem Crítica da Legislação Garimpeira: 1967 - 1989 - Maria Laura Barreto, 1993
- 20- Some Reflections on Science in the Low-Income Economies - Roald Hoffmann, 1993

#### NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

- 01 - Poconé: Um Campo de Estudos do Impacto Ambiental do Garimpo - Marcello M. Veiga, Francisco R. C. Fernandes, Luiz Henrique Farid, José Eduardo B. Machado, Antônio Odilon da Silva, Luís Drude de Lacerda, Alexandre Pessoa da Silva, Edinaldo de Castro e Silva, Evaldo F. de Oliveira, Gercino D. da Silva, Hélcias B. de Pádua, Luiz Roberto M. Pedroso, Nelson Luiz S. Ferreira, Salette Kiyoka Ozaki, Rosane V. Marins, João A. Imbassahy, Wolfgang C. Pfeiffer, Wanderley R. Bastos e Vicente Paulo de Souza, (2ª edição) 1991.

- 02 - Diagnóstico Preliminar dos Impactos Ambientais Gerados por Garimpos de Ouro em Alta Floresta/MT : Estudo de Caso (versão Português/Inglês)- Luiz Henrique Farid, José Eduardo B. Machado, Marcos P. Gonzaga, Saulo R. Pereira Filho, André Eugênio F. Campos Nelson S. Ferreira, Gersino D. Silva, Carlos R. Tobar, Volney Câmara, Sandra S. Hacon, Diana de Lima, Vangil Silva, Luiz Roberto M. Pedroso; Edinaldo de Castro e Silva, Laís A. Menezes, 1992.
- 03 - Mercúrio na Amazônia: Uma Bomba Relógio Química ? - Luis Drude Lacerda e Win Salomons, 1992.

#### NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE

- 01- Qualidade na Formulação de Misturas - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
- 02- La Importância Del Método En La Investigación Tecnológica - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
- 03- Normalización Minerometalúrgica e Integración Latinoamericana - Romulo Genuino de Oliveira, 1993.
- 04- A Competitividade da Indústria Brasileira de Alumínio: Avaliação e Perspectivas - James M. G. Weiss, 1993