

PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL

LAVRA GARIMPEIRA

JOSÉ VICENTE NUNES RONDON

1991

I N D I C E

1 - INTRODUÇÃO	01
2 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	01
3 - HISTÓRICO DA EXPLORAÇÃO MINERAL NA ÁREA	01
4 - FISIOGRAFIA	02
5 - GEOLOGIA REGIONAL	02
5.1 - Trabalhos anteriores	02
6 - GEOLOGIA LOCAL	07
7 - EMPREENDIMENTO	08
7.1 - Lavra	08
7.2 - Beneficiamento	08
7.3 - Pessoal/Equipamentos	09
8 - BACIA DE CONTENÇÃO DE REJEITOS	10
8.1 - Vida útil da bacia de contenção de rejeitos	10
8.2 - Dimencionamento da barragem de contenção de rejeitos	11
9 - SISTEMA DE CAPTAÇÃO D'ÁGUA PARA BENEFICIAMENTO DO MINÉRIO	11
10 - USO DO MERCÚRIO NO EMPREENDIMENTO	11
11 - DESTINO DE ÓLEOS E GRAXAS	12
12 - INSUMOS E PRODUTOS	12
13 - IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	13
14 - MEDIDAS MITIGADORAS	13
15 - MONITORAMENTO DE ÁGUAS E SEDIMENTOS	14
16 - RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS MINERADAS	14
B I B L I O G R A F I A	17

I - IDENTIFICAÇÃO DO PROCESSO

DNPM nº 866.204/90

DATA DE PROTOCOLIZAÇÃO : 24/05/90

SUBSTÂNCIA REQUERIDA : O U R O

II - SITUAÇÃO DA ÁREA (ANEXO 01)

DENOMINAÇÃO : CHÁCARA SÃO VICENTE

DISTRITO : POCONÉ

MUNICÍPIO : POCONÉ

ESTADO DE MATO GROSSO

III - IDENTIFICAÇÃO DO TITULAR

NOME : JOSÉ VICENTE NUNES RONDON

ENDEREÇO : RUA INTENENTE ANTONIO JOÃO DE ARRUDA nº 91

TÉCNICO RESPONSÁVEL : WANDERLEI MAGALHÃES DE RESENDE

CARTEIRA DO CREA : 3.121/D-MT.

LISTA DE ANEXOS

- A N E X O 01 - SITUAÇÃO DA ÁREA
- A N E X O 02 - DOCUMENTÁRIO FOTOGRÁFICO
- A N E X O 03 - FLUXOGRAMA DA PLANTA DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO DE OURO
- A N E X O 04 - MAPA DE DETALHE DA ÁREA
- A N E X O 05 - MAPA GEOLOGICO DE SUPERFICIE
- A N E X O 06 - MAPA DE VEGETAÇÃO ATUAL
- A N E X O 07 - DECLARAÇÃO DO TÉCNICO RESPONSÁVEL, NO CADASTRO TÉCNICO FEDERAL DE ATIVIDADES E INSTRUMENTOS DE DEFESA AMBIENTAL - LEI Nº 6.938, DE 31/08/81.
- A N E X O 08 - REQUERIMENTO DA ÁREA PROTOCOLIZADA NO DNPM - PROCESSO Nº 866.204/90.
- A N E X O 09 - ESCRITURA DA PROPRIEDADE

1 - INTRODUÇÃO

Em conformidade com o Artigo 4º da Lei nº 7.805 de 18 de julho de 1.989, submete-se a apreciação da Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEMA, o Plano de Controle Ambiental, referente a uma área de 49 ha, no município de Poconé, Estado de Mato Grosso, com o objetivo de solicitar a permissão de Lavra Garimpeira.

2 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área pretendida a lavra do Ouro, situa-se no local denominado Chácara São Vicente, Poconé-MT.

O acesso a área, se faz no sentido nordeste da cidade de Poconé, em uma distância de aproximadamente 1,5 km.

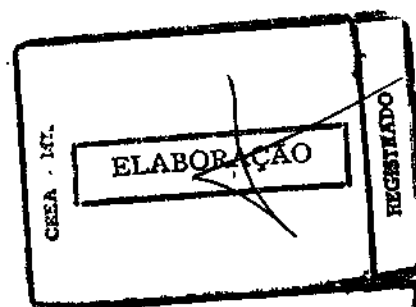
3 - HISTÓRICO DA EXPLORAÇÃO MINERAL NA ÁREA

A presença de Ouro laterítico formando depósitos de pepitas na Baixada Cuiabana deu origem, ainda no século XVIII, à exploração mineral por bandeirantes. A descoberta das minas de Beripoconé em 1777, estabelecendo futuramente a cidade de Poconé, é um dos exemplos do trabalho dos pioneiros na lavra do ouro mato-grossense. Atualmente, é comum a lavra de minério primário (veios de quartzo) encaixados em filitos ferruginosos e grafitosos.

O ouro explorado na área, Processo DNPM nº 866.204/90, é advindo da lavra de minério primário.

Pelos critérios técnicos adotados, o Senhor José Vicente Nunes Rondon, possui um dos garimpos modelos de Poconé. Além dos cuidados para com o meio ambiente, ele tem orgulho de sua criação de bovino, equino, marrecos e de pacus, como também da sua plantação de cajus, que mantém próximo a frente de lavra.

Para confirmação do acima exposto, este garimpo já foi citado como exemplo (modelo) na Revista Geográfica Universal, em novembro de 1.990, pela influência da equipe técnica do CETEM - Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro e atualmente na Globo Ecologia, em abril de 1.991.



4 - FISIOGRAFIA

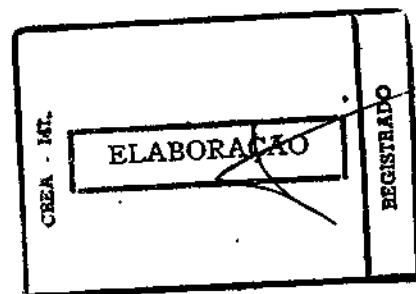
Conforme Nimer (1.979) a região Centro-Oeste brasileira é dotada de grande diversificação térmica ao longo de seu território, fato decorrente, principalmente de dois fatores geográficos que são o relevo e a latitude. Em contrapartida, o mecanismo atmosférico constitui um fator regional que assegura certa homogeneidade climática à região. O clima local é quente e semi-úmido, com 4 meses 'seco, sendo temperaturas elevadas uma característica significativa com a média anual alcançando 24°C. O semestre primavera-verão é o mais quente, onde o sol atinge diretamente os paralelos da região, quando a média de temperaturas máximas atinge 32°C, e é comum temperaturas de 40°C. Nos meses mais frios, a média é de 22°C, com médias das mínimas em 14°C. A maior densidade pluviométrica ocorre entre janeiro e fevereiro, em regime caracterizado como tropical (máxima no verão e mínima no inverno). A pluviosidade anual é de 1750 a 2000 mm.

A vegetação da área foi classificada por Dambrós et al (1981), como do tipo Savana Arbórea Aberta com floresta de Galeria. A paisagem é repetitiva, onde predominam arbustos esparsos e retorcidos, com estreitas faixas de matas ciliares, com tipos vegetais mais robustos. Dentre os componentes arbóreos, são comuns: paus-terras (*Qualea Parviflora*, *Q. Multiflora* e *Q. Grandiflora*), salvertia *Convallariodora* (bananeira-do-campo), *Byrsnima* ssp (mucuris), sucupiras (*Bowdichiasp*, *Vatairea* sp, *pterodon* sp, e *Acosmium* sp), quina-do-campo (*Strychnos pseudoquina*), ipês (tabeluia ssp) e a *Curatella americana* (lixreira). Nas margens das drenagens, geralmente aparecem os mesmos elementos florestais citados anteriormente arbóreos porém densos. Algumas florestas-galerias são constituídas essencialmente de extensos buritizais (*Mauritia* sp).

5 - GEOLOGIA REGIONAL

5.1 - Trabalhos Anteriores

As primeiras citações sobre as rochas do Grupo Cuiabá são do Conde Francis de Castelnau (1980 apud Evans, 1884), em observações no rio Miranda, no atual Estado de Mato Grosso do Sul, onde descreveu ardósias altamente inclinadas, ocorrendo com calcários.



Evans (1984) descreveu mais detalhadamente estas rochas, denominando-as de Cuiabá Slates. Observou serem ardósias altamente clivadas, supostamente com grande espessura e com camadas repetidas por dobramentos.

Lisboa (1909) englobou sob a denominação de Série da Baixada Paraquaya as ardósias encontradas no rio Coxipó e ao norte da capital do Estado de Mato Grosso.

Oliveira e Leonardos (1943) em seu livro didático "Geologia do Brasil", utilizaram o termo Série Cuiabá para os filitos ardosianos e conglomerados xistosos das redondezas de Cuiabá.

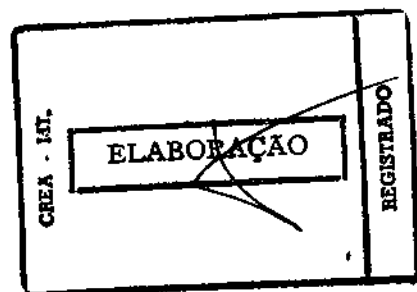
Oliveira e Moura (1944) também reconheceram a Série Cuiabá na região de Corumbá, ao norte do Morro de Urucum, atual Estado de Mato Grosso do Sul.

Almeida (1948 a) em trabalho denominado "Contribuição à Geologia dos Estados de Goiás e Mato Grosso", caracterizou na região situada entre a Serra Azul e a do Roncador, área drenada pelo rio das Mortes, rochas pertencentes a Série Cuiabá, constituídas principalmente por filitos, com direções N50E e N70E, e mergulhos fortes para NO, cortadas por veios de quartzo leitoso semelhantes aos de Cuiabá.

Almeida (1948 b) em reconhecimento geomórfico nos Planaltos Divisores das Bacias Amazônica e do Prata, entre os meridianos 51° e 56° WGr reconheceu rochas de baixo grau metamórfico, sendo predominantemente filitos, com quartzitos intercalados, ocorrendo principalmente na Peneplanície Cuiabana. Salientou que estas rochas são cortadas por veios de quartzo, ligados à atividade magmática responsável pelos granitos das serras de São Vicente.

Ab Saber (1954), fazendo comparações entre as Séries Bodoquena e Cuiabá, argumentou diferença no estilo tectônico, sendo na Série Bodoquena as rochas dobradas em suaves sucessões de anticlinais de estilo marcadamente jurássico e na Série Cuiabá, são isoclinais imbrincadas e muito cerradas.

Almeida (1954), sobre o ambiente gerador, coloca que os conhecimentos que se possuem sobre a Série Cuiabá ainda são insuficientes para que se possa concluir com segurança o ambiente que presenciou sua formação. Salienta ainda, a predominância dos sedimentos clásticos finos sobre os conglomerados, quartzitos e rochas calcárias ou dolomíticas. As espessuras, as estruturas sedimentares observadas, a uniformidade e a natureza litológica da Série Cuiabá, deixam supor uma sedimentação predominantemente senão inteiramente marinha, em mares epicontinentais pouco profundos, possivelmente em clima frio, é bastante para não favorecer a deposição de calcários.



Almeida (1964), detalhou estudos de composição litológica, reconhecendo vários tipos de metassedimentos detríticos, predominantemente pelíticos, com importante desenvolvimento local de quartzitos, metagrauvas e, subsidiariamente, metaconglomerados.

Almeida (1965 a) reconheceu na Folha SD-21 Campo Grande, micaxistos e filitos com intercalações subordinadas de grauvas, quartzitos e mármore dolomíticos como pertencentes à Série Cuiabá.

Almeida (1965 b) admitiu a existência de três unidades litoestratigráficas na Série Cuiabá, no trecho entre Cuiabá e Jangada. Admitiu que a Série Cuiabá constitui o conjunto de metassedimentos mais antigos do "Geossinclíneo Paraguaio". Descreveu como sedimentos detríticos, com predominância de filitos na parte inferior, e tendo na porção superior espessas camadas de grauvas. Devido à heterogeneidade litológica da Série Cuiabá, esta foi caracterizada como depósitos de flysch.

Hennies (1966), utilizou pela primeira vez o termo Grupo Cuiabá para as rochas subjacentes ao Grupo Jangada de Almeida.

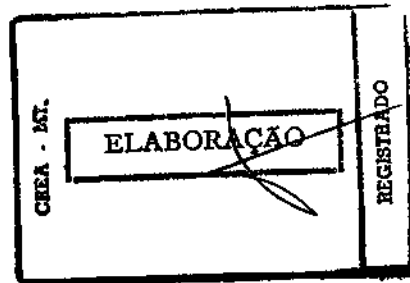
Almeida (1968), ratificou o uso do termo Grupo Cuiabá, e descreveu a presença de calcários e cinzas vulcânicas típicas em algumas metagrauvas na região de Cuiabá.

Hasui e Almeida (1970) dataram muscovita recristalizada em filito do Grupo Cuiabá obtendo idade mínima de 549 Ma. Em datação pelo mesmo método no Granito São Vicente e pegmatitos Miranda, intrusivos no Grupo Cuiabá, obtiveram idades de 503 e 550 Ma, respectivamente.

Guimarães e Almeida (1972), distinguem no Grupo Cuiabá cinco conjuntos de rochas. Da base para o topo identificadas como: metaconglomerados e quartzitos, seguidos de filitos e filitos ardosianos, sucedidos por quartzitos, metagrauvas e metarcóseos e finalmente no topo metassedimentos periglaciais, denominados como Formação Coxipó.

Corrêa e Couto (1972) no Projeto Aluviões Diamantíferos de Mato Grosso da CPRM, preservam o termo Série Cuiabá e enfatizam que esta é intensamente cortada por veios de quartzo, responsáveis pelas ocorrências de ouro aluvionar.

Figueiredo et al (1974), estudam área restrita onde reconhecem porém não posicionando estratigraficamente, uma sequência constituída por intercalações de quartzitos, metassiltitos, metaconglomerados e filitos. Com base em



datações K-Ar de Hasui e Almeida (1970) para as intrusivas graníticas no Grupo Cuiabá, atribuíram para este último uma idade pré-cambriana.

Ribeiro Filho et al (1975), no Projeto Serra Azul em área entre a Província Serrana e o Vale do Araguaia, reconheceram uma área de aproximadamente 10.000 km² de rochas do Grupo Cuiabá, como uma sequência de rochas originalmente sedimentares, onde os pelitos foram transformados em filitos sericíticos pelo metamorfismo, de baixo grau. Constatam ainda que as rochas do Grupo Cuiabá estão em contato por falhamentos inversos com rochas do Grupo Alto Paraguai, e recobertas pelas rochas subhorizontais do Grupo Paraná e das Formações Aquidauana e Botucatu e pelas aluviões do rio Araguaia. Com relação ao ambiente de deposição caracteriza-o como do tipo flysch.

Olivatti (1976), observou discordância do tipo nonconformity em Bom Jardim de Goiás, onde o Grupo Cuiabá assenta-se diretamente sobre o Complexo Basal.

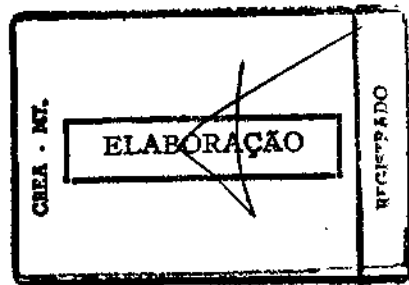
Olivatti e Ribeiro Filho (1976) consideram o Grupo Cuiabá como uma unidade indivisa, salientando porém, a existência de pelo menos duas formações. O Grupo para estes autores é constituído por filitos com seixos dispersos, metaparaconglomerados, metassiltitos, metagrauvas, quartzitos e calcários.

Nogueira et al (1978), na Folha SD.21 Campo Grande, caracterizaram o Grupo Cuiabá como micaxistos e filitos como litologias predominantes, e quartzitos, filitos grafitosos, fácies hematíticas, mármores, metaparaconglomerados, metabasito e abundantes veios de quartzo.

Luz et al (1980), em trabalho de semidetalhe no Projeto Coxipó, separaram e empilharam estratigraficamente nove (09) subunidades assim numeradas: 1,2,3,4,5,6,7,8, e indivisa. Reconheceram três (03) fases de deformação, caracterizadas pelas diferentes orientações de seus planos de clivagem.

Drago et al (1981), no Projeto RadamBrasil, Folha SD.21 Goiás, descrevem o Grupo Cuiabá como constituído de filitos sericíticos, as vezes untoso ao tato, roxo, cinza e marrom-acinzentado, níveis quartzíticos, metarenitos localmente conglomeráticos, metagrauvas e metarcóseos finos. São citados milonitos e ultramilonitos (?) em zonas de grande falhamentos.

Na estrada que liga Nova Xavantina a Barra do Garças, a 5 Km, da primeira, descreveu ocorrências de metarenitos às vezes intercalados com rochas filitosas, demonstrando uma possível flutuação periódica do ambiente de sedimentação.



Sobre o ambiente de deposição do Grupo Cuiabá, destaca a dimensão limitada da área estudada, não sendo possível pelos argumentos que se seguem, discordar ou concordar com o ambiente de Flysch mencionado pelo Projeto Serra Azul:

- O termo Flysch, adotado, foi sem conotação orogenética ou estratigráfica;
- Ausência de estudos que esclareçam as polaridades da bacia, com a individualização dos compartimentos plataformais e fundo;
- Desconhecimento de suas relações com o cráton na área;
- Ausência na área de rochas vulcânicas;
- A não caracterização de um ambiente tipicamente marinho, nos moldes de orogenia estilo alpino; e
- O não enquadramento até o momento em modelo geotectônico sem restrições.

Petrograficamente reconheceram: filitos (sericita-quartzo filito e biotita-quartzo-clorita-sericita filito), metassiltito feldspático e metarenitos.

Souza (1981), sobre a origem do ouro no Grupo Cuiabá, na região do Projeto Coxipó, avança a hipótese de que, para a área por ele estudada o ouro contido na água do mar, sob a forma coloidal ter-se-ia depositado no fácies argilosa e/ou nos horizontes ferruginosos. Durante o metamorfismo foi remobilizado, concomitantemente com a sílica e concentrado em veios de quartzo ou mesmo permanecido na rocha, associado a sulfetos que se encontra disseminados em alguns níveis filitosos. Outra hipótese seria origem vulvanogênica. Embora não tendo sido encontradas rochas vulcânicas na área estudada, elas são conhecidas nos metassedimentos do Grupo Cuiabá, no Mato Grosso do Sul e em Bom Jardim de Goiás.

Tassinari (1981), a partir de datações existentes no Grupo Cuiabá, apresentou um diagrama isocrônico Rb/Sr de referência, indicando idade de 484 ± 19 M.a e razão inicial Sr 87/Sr86 de 0,743. Interpretou como idade de resfriamento do último evento tectotermal.

Barros et al (1981) engloba no Grupo Cuiabá, fases glaciais que foram individualizadas e colocadas acima do Grupo Cuiabá, por Almeida (1964).

Pires et al (1986) observa que as duas gerações de veios de quartzo do Grupo Cuiabá são auríferas, embora os veios concordantes sejam mais delgadas e pobres, por vezes estéreis.

Sobre o quartzo nos veios, observa que são quase invariavelmente maciços, leitosos, com raras cavidades drusóides, com cristais de quartzo hialino.

CUEA - MT.	ELABORACAO	REGISTRADO

Quanto à origem do ouro, e sua transferência hidrotermal para os filões, considera poucos os dados disponíveis, para que se conclua definitivamente.

Alvarenga (1986) caracteriza no âmbito da região de Cuiabá, quatro deformações, sendo que as três primeiras fases de dobramento desenvolveram-se de modo coaxial, orientadas segundo a estrutura regional de direção NE, enquanto a quarta fase superimpôs-se transversalmente às anteriores.

Campos et al (1987), em estudo na região de livramento e Poconé, observaram que os veios portadores de ouro ocorrem com direção NE (veios concordantes) e direção NW (veios discordantes). Dentre os primeiros, distinguem os de segregação precoce como estéreis.

Em análise dos dados microtermométricos relativos à inclusões fluídas, estabelece para os veios concordantes e os de Poconé, temperatura de homogeneização entre 180° e 260°C com salinidade sempre inferior a 6% eq. NaCl.

As inclusões gasosas indicaram o N₂ e subordinadamente o CO₂ como gases componentes dos fluídos mineralizantes.

As inclusões fluídas de veios discordantes, são colocadas como eminentemente aquosas e de baixa salinidade.

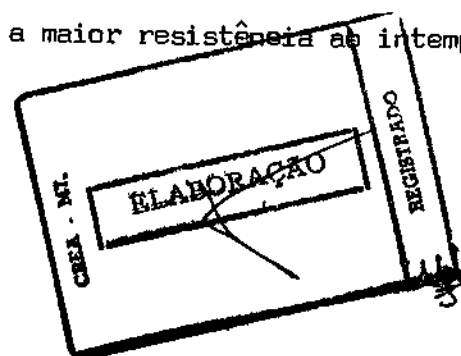
Assim, em relação ao processo de mineralização dos veios de quartzo do Grupo Cuiabá, estabelece duas fases distintas no tempo e no espaço; sendo a primeira relacionada ao metamorfismo e uma segunda consequente à intrusão granítica (Granito São Vicente), que teria gerado e remobilizado fluídos que foram depositados em fraturas numa terceira fase de deformação, gerando veios discordantes.

6 - GEOLOGIA LOCAL

A área de pesquisa está inserida na Unidade 05 do Grupo Cuiabá, de Luz et al (1980).

Na área em estudo foram observados filitos, filitos ferruginosos e grafitosos. Deve-se ressaltar a existência de importantes variações devidas ao metamorfismo e/ou hidrotermalismo, gerando zonas piritosas, sericiticas e cauliniticas.

Veios de quartzo encontram-se frequentemente cortando estas rochas. Nos locais em que existem a concentração desses veios, o relevo está preservado constituindo os pontos mais altos da área, devido a maior resistência ao intemperismo químico e físico do quartzo.



Podem ser distinguidos na área, dois tipos principais de veios: um sistema concordante com a foliação mais conspícua (S_1) e outro mais recente discordante da mesma, apresentando grande paralelismo entre seus componentes e com direção preferencial N60°W sub-verticalizados. O primeiro sistema apresenta-se bem dobrado enquanto que o segundo é quase plano.

Nos contatos destes veios com a encaixante é comum a observação de piritização, seritização e caulínização da encaixante bem como o crescimento de feldspato potássico. Outra feição notável nesses contatos é a ocorrência de carbonatos de ferro e manganês, geralmente muito alterados nos níveis superficiais, zonas estas em que o ouro é visível a olho nú.

Coberturas lateríticas apresentam também uma ampla distribuição na área mapeada, ocupando geralmente áreas altas e planas (Platôs), fáceis de serem distinguidas em fotos aéreas e mesmo no terreno, pela ocorrência de solos mais férteis atribuídas à maior permeabilidade dos solos gerados por estas rochas.

7 - EMPREENDIMENTO

7.1 - Lavra

A lavra do ouro, jazida Chácara São Vicente, é desenvolvida pelo método de lavra a céu aberto, em bancadas de 5 metros de altura (Vide foto nº 03).

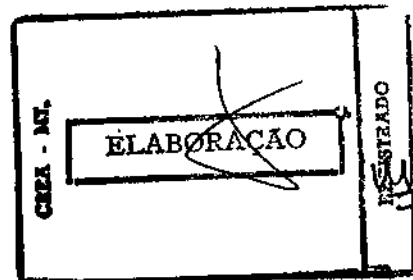
O minério é extraído por escavadeiras hidráulicas frontais e trator.

O transporte do minério é feito por caminhões fora de estradas em vias construídas sobre o próprio minério e revestidas com lateritas. (Vide Foto nº 02)

As bancadas de lavra têm caimento em direção a poços de coleta, cuja finalidade é promover a decantação dos sólidos arrastados pelas águas de enxurradas, impedindo que estes atinjam os cursos d'água.

7.2 - Beneficiamento

Os dois moinhos de martelos, triturador do minério de ouro, (Vide Foto nº 05), são alimentados diretamente da mina (Vide Foto nº 03) ou a partir das pilhas de estoque, (Vide Foto nº 04) quando chuvas interromperem os trabalhos



nas frentes de lavra. Todos os estágios de trituração são projetados para uma capacidade nominal de 75 toneladas secas de minério por hora.

São utilizadas as centrífugas com capacidade de concentração em tor no de 30 a 40 kg, no tempo de trabalho de 8 horas.

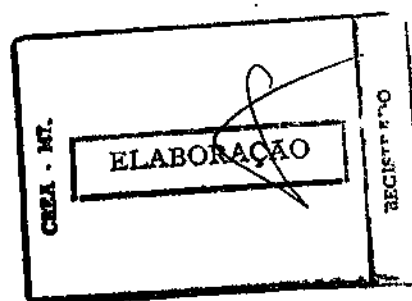
O material da saída das centrífugas seguem para as pilhas de re jeito.

O concentrado gravítico obtido nas centrífugas segue para o tambor amalgamador (Vide Foto nº 12) e após 30 minutos é separado do amálgama por bateamento numa caixa d'água de Amianto. O material contaminado é estocado em cima de mantas plásticas, para futuro tratamento e aproveitamento (Vide Anexo 03, Fluxo - grama da Planta de Beneficiamento de ouro).

Finalmente, na pré-queima do ouro, é utilizado a retorta (Vide Foto 13), num mecanismo simples que evita a perda de mercúrio para o ar e impede que o cidadão se contamine por via respiratória.

7.3 - Pessoal / Equipamentos

- 03 Motoristas
- 04 Operadores
- 09 Auxiliares braçais
- 16 (nº de funcionários)
- * Esse pessoal têm o regime de trabalho de 8 horas/dia
- 01 Trator de esteiras D-65E
- 02 Retro-escavadeiras de esteiras SC-150 - 80-CR
- 01 Pá Carregadeira W-36
- 03 Caminhões Basculante
- 02 Moinhos de martelos
- 02 Gentrífugas - FAMAG
- 02 Dragas 3"
- 02 Bombas d'água
- 01 Amalgamador
- 01 Caixa de Amianto
- 01 Retorta completa
- * Oficina mecânica básica
- 02 Furadeiras elétricas



- 02 Máquinas de solda
- 01 Policorte
- 01 Moto Esmeril
- 01 Lixadeira

OBS : Os martelos, para atender os moinhos, são fabricados na própria oficina.

Os resíduos gerados na oficina acima mencionada, são recolhidos para local apropriado.

8 - BACIA DE CONTENÇÃO DE REJEITOS

A região onde se encontra instalado o garimpo Chácara São Vicente, apresenta-se topograficamente bastante plana, não existindo ao seus arredores córregos ou rios, apenas uma barragem para a captação de água, utilizada para o beneficiamento do minério.

A bacia de contenção de rejeitos, foi construída nas proximidades da planta de beneficiamento e da barragem de captação d'água para que através da circulação da água, esta seja novamente utilizada após a decantação das partículas sólidas formando um circuito fechado, não comprometendo áreas circunvizinhas.

As barragens de contenção de rejeitos e captação d'água, foram constituídas com auxílio de tratores de esteiras, caminhões basculantes e pás carregadeiras. Os taludes da bacia de contenção de rejeitos são alteados na proporção que aumenta o acúmulo de material beneficiado.

Na bacia de rejeitos, existem drenos e travasores (ladrões) para o escoamento das águas em excesso que podem acumular no período das cheias.

8.1 - Vida Útil da Bacia de Contenção de Rejeitos

Levando-se em consideração que as condições de funcionamento sejam normais e com base na quantidade de minério beneficiado e a área de deposição da bacia de contenção de rejeitos, prevê-se uma vida útil de cinco anos. O volume necessário de acumulação de rejeito para que a bacia atinja seu estado de saturação é de aproximadamente 288.000 metros cúbicos.



8.2 - Dimensionamento da barragem de contenção de rejeitos

- comprimento 500 metros
- largura (média) 120 metros
- altura dos taludes 5 metros

9 - SISTEMA DE CAPTAÇÃO D'ÁGUA PARA O BENEFICIAMENTO DO MINÉRIO

O sistema de captação d'água para o beneficiamento do minério adotado pelo proprietário do garimpo da Chácara São Vicente é através de uma barragem onde ocorre o acúmulo de água pelas chuvas e também pelo bombeamento da água minada nas frentes de lavras, uma vez que não existem cursos hídricos nas proximidades do empreendimento.

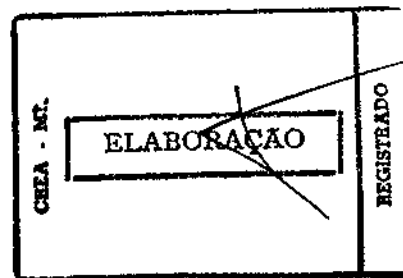
O sistema de sucção é realizado através de moto-bombas que bombeiam a água para a barragem de captação e posteriormente para a planta de beneficiamento do minério.

10 - USO DO MERCÚRIO NO EMPREENDIMENTO

O uso do mercúrio há alguns anos atrás era feito de forma totalmente errônea com grande despreparo dos seus usuários. Em função do seu baixo valor monetário, nas fases de processamento do minério, o seu uso era bastante exagerado e sem nenhuma recuperação do mesmo. Hoje, devido ao aumento de seu valor, a conscientização de muitos empresários do setor mineral e o surgimento de equipamentos de maior recuperação do ouro e também do mercúrio, a quantidade utilizada de mercúrio tem diminuído consideravelmente.

O minerador do garimpo da Chácara São Vicente, consciente dos problemas que causam o mercúrio ao homem e a natureza, utiliza o mercúrio apenas na fase final de apuração do ouro, usando para a queima do amalgama o equipamento de recuperação e controle do mercúrio, a retorta, em ambiente apropriado (Vide Foto nº 13).

A quantidade de mercúrio usado é de 2 quilos mensalmente, sendo que, após a amalgamação o mesmo é recuperado através da retorta atingindo



um percentual de aproximadamente 90 %, sendo este reutilizado em outros concen-
trados de minério

X O resíduo contaminado, após a apuração final do ouro, é
depositado em locais pré-determinados e protegidos com manta plástica para que
não ocorra a disseminação e contaminação das áreas no empreendimento,

11 - DESTINO DE ÓLEO E GRAXAS

Como já existe uma boa infra-estrutura na região do em-
preendimento, uma das vantagens que contribuiu para a diminuição do uso de
óleo lubrificante, que posteriormente se transforma em óleo queimado, foi a
energia elétrica que é utilizada em vários setores do empreendimento, princi-
palmente os motores que aciona o sistema de beneficiamento do minério.

Os 75 litros de óleo queimado e graxas, mensais, proveni-
ente do maquinário pesado, tais como: trator de esteiras, pá-carregadeira, re-
tro-escavadeiras e caminhões basculante, são comercializados nos postos de ga-
solina da cidade de Poconé-MT.

12 - INSUMOS E PRODUTOS

12.1 - Energia Elétrica

O consumo de energia elétrica em todo o empreendi-
mento gira em torno de 33.000 KVA/mês.

12.2 - Óleo Diesel e Lubrificante

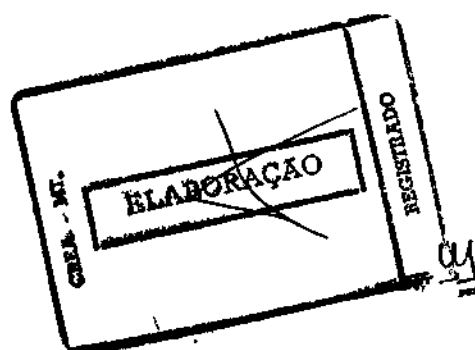
O consumo de óleo diesel nas máquinas e equipamen-
tos gira em torno de 20.000 litros/mês e óleo lubrificante em torno de 75 li-
tro/mês.

12.3 - Água Potável

A água para o consumo humano e/ou doméstico é pro-
veniente de um poço semi-artesiano, onde é consumida cerca de 30.000 l/mês.

12.4 - Produtos

O único produto que o empreendimento explora é o
metal ouro, com uma produção de 2 Kg/mês



13 - IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Em um empreendimento da atividade mineral, ocorrem impacto ambiental em vários setores, principalmente quando se trata de exploração de ouro.

No Processo de lavra que é a céu aberto, os impactos causados são caracterizados pela eliminação da cobertura vegetal e pelas escavações para a retirada do minério que atingem profundidades de aproximadamente 15 metros, transformando a topografia e paisagem original do meio ambiente.

No processo de beneficiamento, os impactos gerados são pelo uso do mercúrio, ruídos provocados pelo acionamento dos motores e equipamentos e modificação do meio pelas instalações da rampa que dá acesso à planta industrial.

Outro setor que ocorre os impactos ambientais é na disposição dos rejeitos gerados pelo beneficiamento do mercúrio. Estes impactos são causados pela construção das bacias de acúmulo de rejeitos que destroi a vegetação e descaracteriza o meio ambiente.

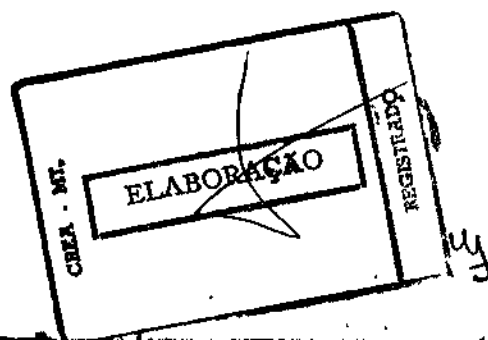
Existem também os impactos causados pela poluição atmosférica, gerados pelo desmonte do minério e pela movimentação das máquinas e caminhões.

14 - MEDIDAS MITIGADORAS

Para minimizarem os impactos causados no sistema de Lavra que é a céu aberto, após a exaustão das frentes, as encostas das mesmas serão suavizadas com auxílio de tratores e uma parte do rejeito contribuirá para o preenchimento destas frentes de lavras que posteriormente serão revegetadas com a formação de pastagem.

No processo de beneficiamento, o uso do mercúrio é feito de forma controlada, sendo utilizado apenas na apuração final do concentrado e a queima do amalgama é feita em ambiente adequado, com equipamento de controle, como é o nosso caso, o uso da retorta que recupera grande parte do mercúrio.

A rampa onde encontra-se instalado os equipamentos, após a desativação do garimpo, será desmontada com máquinas e caminhões para diminuir o impacto visual, proporcionando uma paisagem mais natural.



A bacia de decantação de rejeitos, foi construída nas proximidades do processo de beneficiamento para facilitar a reutilização da água após a decantação das partículas sólidas e retorno a bacia de captação.

Após a desativação das frentes de lavras, os rejeitos depositados na bacia de decantação, pretende-se transportar grande parte deste material para fazer a recuperação das áreas lavradas.

Os taludes da bacia de rejeito são alteados com material apropriado e supervisionados periodicamente para que não ocorra o transbordamento dos rejeitos, impedindo assim danos a outras áreas.

O material depositado na bacia, grande parte será transportado para as frentes de lavra desativadas, e o restante do material será nivelado com auxílio de máquinas onde serão revegetados com gramíneas.

15 - MONITORAMENTO DE ÁGUAS E SEDIMENTO

Nas proximidades do empreendimento não existem cursos d'água para coleta e análise de água. Sendo assim, a amostragem deverá ser feita na bacia de captação, uma vez que a água é circulada formando outro circuito fechado, não atingindo outro curso d'água. A coleta de sedimentos deverá ser feita na bacia de decantação de rejeitos. Os parâmetros a serem analisados e a frequência serão definidos posteriormente.

16 - RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS MINERADAS

A atividade de exploração mineral, seja através de grandes empresas de mineração ou pequenos garimpos, são todos causadores da degradação e poluição do meio ambiente, principalmente na destruição da vegetação, dos solos, contaminação e assoreamento dos cursos hídricos.

O minerador do garimpo, chácara São Vicente, está ciente dos problemas que a atividade mineral causam à natureza, e já vem adotando medidas de controle aos impactos causados ao meio ambiente.

As frentes de lavras é de sua propriedade e após a exaustão do minério, pretende-se recuperá-las com a grande parte do material depositado na bacia de contenção de rejeitos, fazendo com que a topografia das áreas lavradas sejam suavizadas, retornando a paisagem do ambiente mais próximo possível a que era o natural, antes da exploração do minério.



Existe várias maneiras de recuperar e reaproveitar áreas degradadas pela mineração, sendo uma delas a suavização da topografia, com a deposição de material (solo) e posteriormente fazer o plantio de gramíneas (pastagens), sendo esta a opção escolhida pelo empreendedor.

FAUNA DA REGIÃO

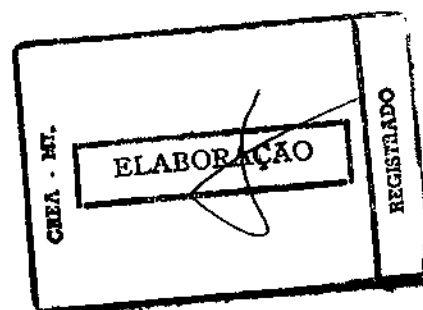
Principais espécies existentes na região do empreendimento:

<u>Espécie</u>	<u>Nome vulgar</u>
<u>Camam Yacaré</u>	Jacaré
<u>Eunectes Murinus</u>	Sucuri
<u>Ameiva Ameiva</u>	Calango
<u>Crotalus Durissus Terrificus</u>	Cascavel
<u>Agouti Paca</u>	Paca
<u>Dasypus Novemcinctus</u>	Tatu Galinha
<u>Cavia Sp</u>	Preá
<u>Dasypracta Azatas</u>	Cutia
<u>Ozotoceras Bezoarticus</u>	Veado-campeiro
<u>Pitangus Sulfuratus</u>	Bem-te-vi
<u>Furnarius Rufus</u>	João-de-barro
<u>Amazona Xanthopa</u>	Papagaio-boiadeiro
<u>Carioma Cristato</u>	Seriema
<u>Playa Cayana</u>	Alma de gato
<u>Oxytelia Cyanopis</u>	Rolinha-do-Brasil
<u>Muscivora Tyrannus</u>	Tesourinha
<u>Crypturellus Parvirostris</u>	Nhambug chororó

FLORA DA REGIÃO

Principais espécies vegetais da região do empreendimento.

<u>Hymenoclea Sp</u>	Jatobá
<u>Piptadenia Sp</u>	Angico
<u>Harcómia Sp</u>	Mangaba



Caryocar Brasiliensis

Curatella Americana

Solanum Sp

Bondichia Sp

Tristachya Heiostachya

Panicum Capilaceo

Anona Coriacea

Qualea SP

Aspidosperma Sp

Pequi

Lixeira

Lobeira

Sucupira-do-mato

Capim flecha

Capim mimoso

Araticum do campo

Pau-terra

Peroba do campo

WANDERLEI MAGALHÃES DE RESENDE

Geologo CREA nº 3 121/D

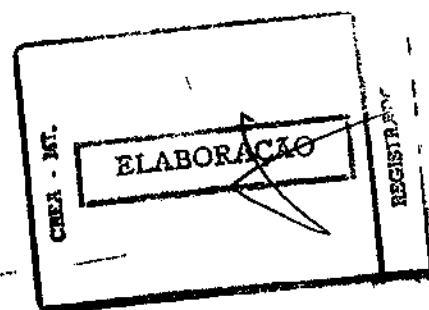


REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

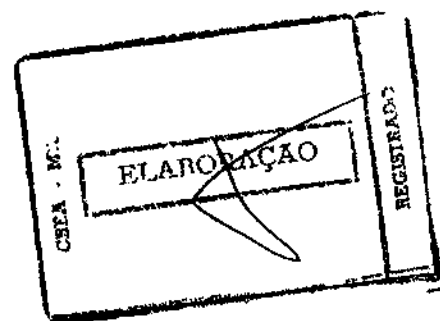
- Almeida, F.F.M. de 1948a - Contribuição à geologia dos Estados de Goiás e Mato Grosso. Notas Preliminares e Estudos da Divisão e Mineralogia, Rio de Janeiro (46) 1-15
- , 1948b - Reconhecimento geomórfico nos planaltos divisores das bacias Amazônica e do Prata entre os meridianos 51º WGr. Revista Brasileira de Geologia, Rio de Janeiro, 10 (3): 397-440.
- , 1954 - Geologia do Centro Oeste matogrossense. Boletim da Divisão de Geologia e Mineração, Rio de Janeiro (150): 1-19.
- , 1964 - Geologia do Centro Oeste matogrossense. Boletim da Divisão de Geologia e Mineração, Rio de Janeiro (215): 1-133.
- , 1965a - Geologia da Serra de Bodoquena (mato Grosso). Boletim da Divisão de Geologia e Mineração. Rio de Janeiro (219): 1-96.
- , 1965b - Geossinclíneo Paraguaio. In: SEMANA DE DEBATES GEOLÓGICOS, 1 Porto Alegre, Universidade Federal, Centro Acadêmico dos Estudantes de Geologia. p. 87-101.
- , 1968 - Evolução tectônica do Centro-Oeste Brasileiro no Proterozóico Superior. An. Acad. Bras. de Ciênc. Rio de Janeiro, 50:285-93 (suplemento).
- ALVARENGA, C.J.S. 1986 - Evolução das Deformações Polifásicas Brasileiras da Faixa Paraguai na Região de Cuiabá, MT. An XXXIV Cong. Bras. Geol., Goiânia 3:1170-1173.
- BARRROS, A.M. et all 1981 - Geologia do Grupo Parecis na Folha SD-21 Cuiabá. Goiânia, Projeto RADAMBRASIL, 22p.
- BOYLE, R.W. 1969 - Discussions - Hydrothermal Transport and Deposition of Gold Economic Geology, 64:112-115.
- CAMPOS, E.G.; XAVIER, R.P. e OLIVEIRA, S.M.B. 1987 - Caracterização dos Fluidos Mineralizantes Relacionados aos Veios de Quartzo Auríferos do Grupo Cuiabá. An. I Cong. Bras. de Geoquímica. (Porto Alegre-RS), (1):417-435.
- CORRÊA, J. A. & COUTO, E. A. do 1972 - Projeto Aluviões Diamantíferos de Mato Grosso: relatório final. Goiânia, DNPM CPRM, 2v.
- DRAGO, V. A. et all 1981 - Geologia. In: Brasil. Min. das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD-21 Goiás. Rio de Janeiro (Lev. de Recursos Naturais, 25).



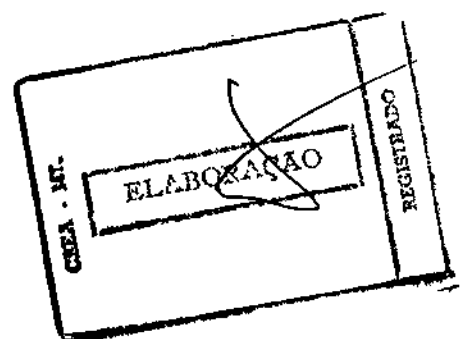
- _____, 1988 - Principais Depósitos Auríferos do Estado de Mato Grosso. An.
- XXXV Cong. Bras. de Geol. Belém-PA. 1:116-129.
- WINKLER, H. 1977 - Petrogênese das Rochas Metamórficas, Edgar Blucher. Porto
Alegre, 254p.
- VEIGA, M.M. - Caracterização Tecnológica de Minério de Ouro. Bras. Mineral
v. 72, p. 124-36, 1989.



A = = N = = E = = X = = O = = S



A N E X O 0 1 - MAPA DE SITUAÇÃO DA ÁREA



CONVENÇÕES

-  Drenagem Perene
-  Drenagem Intermitente
-  Pantanal
-  Estrada Municipal, Rua
-  Rodovia Estadual
-  Estrada Vicinal
-  Sede Municipal
-  Sede de Fazenda
-  Ponto de Amarração
-  Cota de Altitude
-  Curva de Nível

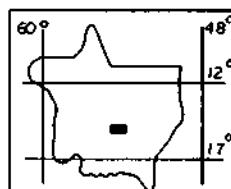
NV



SITUAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO

Base Cartográfica - D. S. G.

Folha : POCONÉ - SE 21 - X - A - 1



Pedido de Lavra Garimpeira

PLANTA DE SITUAÇÃO

Local CHÁC. SÃO VICENTE	Distrito POCONÉ	Município POCONÉ	Estado MATO GROSSO
Substância O U R O	Área 4 9 h a .	Escala 1 : 100 . 000	
Requerente JOSÉ VICENTE NUNES RONDON			Desenho I R A C Y

Resp. Técnico : Geólogo - WANDERLEI MAGALHÃES DE RESENDE - CREA : 3 121 / D .

ANEXO 02 - DOCUMENTÁRIO
FOTOGRAFICO

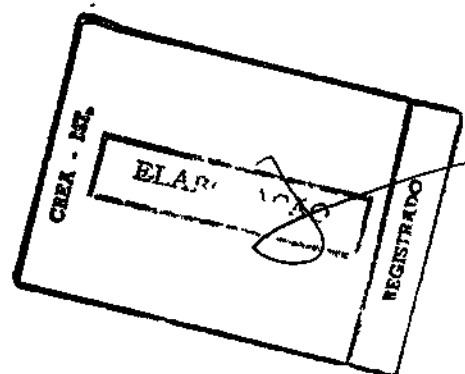


FOTO nº 01 ~ Veio de quartzo encaixado em filito
ferruginosos e grafitosos.



FOTO nº 02 - Caminhões usados para o transporte do minério.

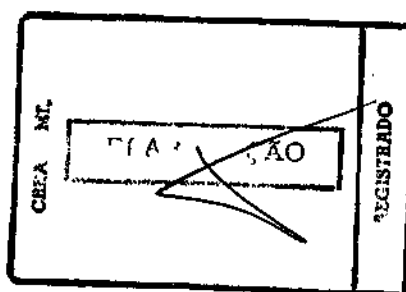




FOTO nº 03 - Método de lavra (céu aberto, em bancada de
05 metros de altura).

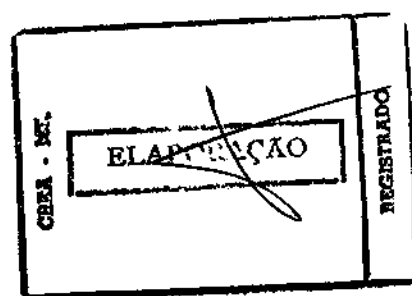
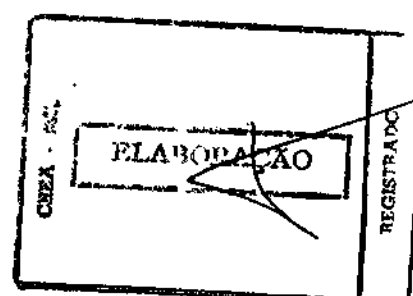




FOTO nº 04 - Pilha de estocagem de minério



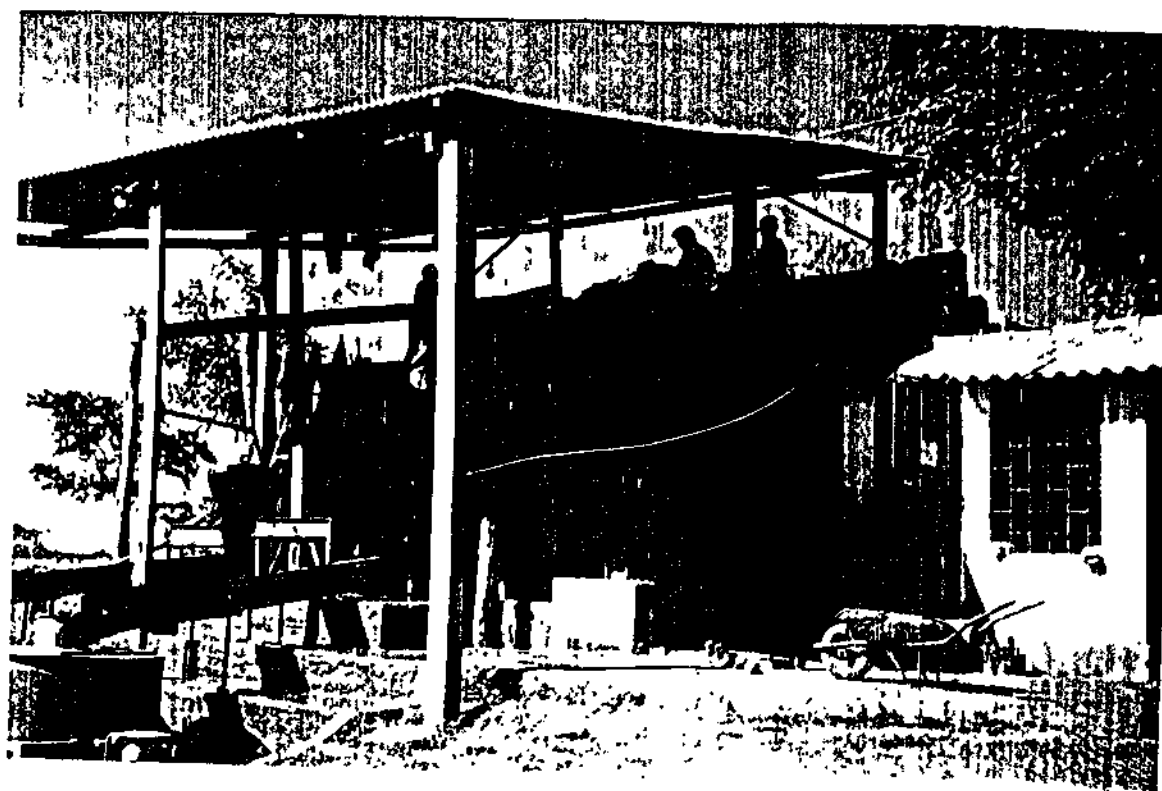


FOTO nº 05 - Moínhos de martelos (triturator do minério de Ouro).





FOTO nº 06 - Sistema de captação d'água.

CEEA - MT.	ELABORADO	REGISTRADO



FOTO nº 07 - Retorno da água, após ser usada,
bacia de captação.

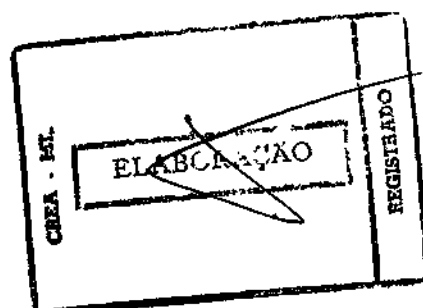




FOTO nº 08 - Vista panorâmica (sede da chácara São Vicente).





FOTO nº 09 - Viveiro de peixes (Pacus).



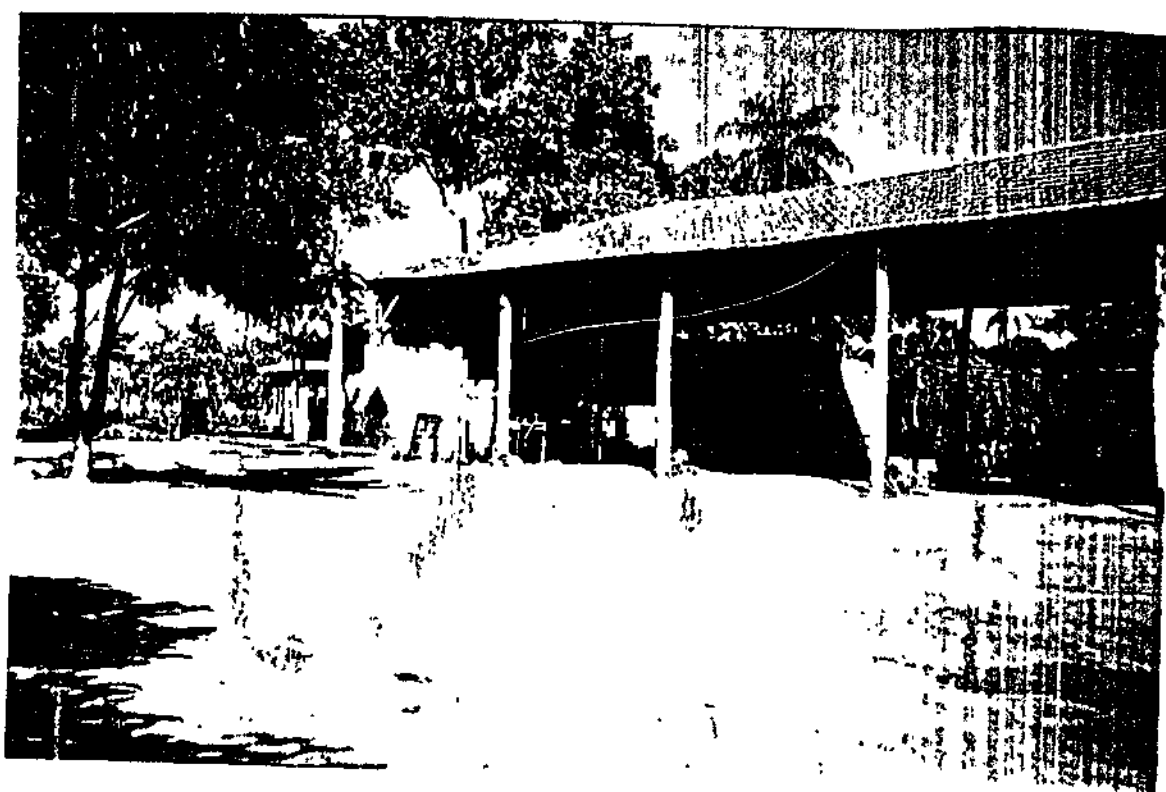
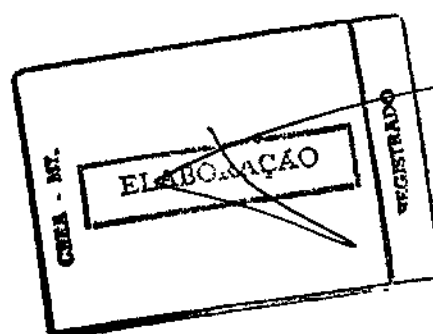


FOTO nº 10 - Oficina



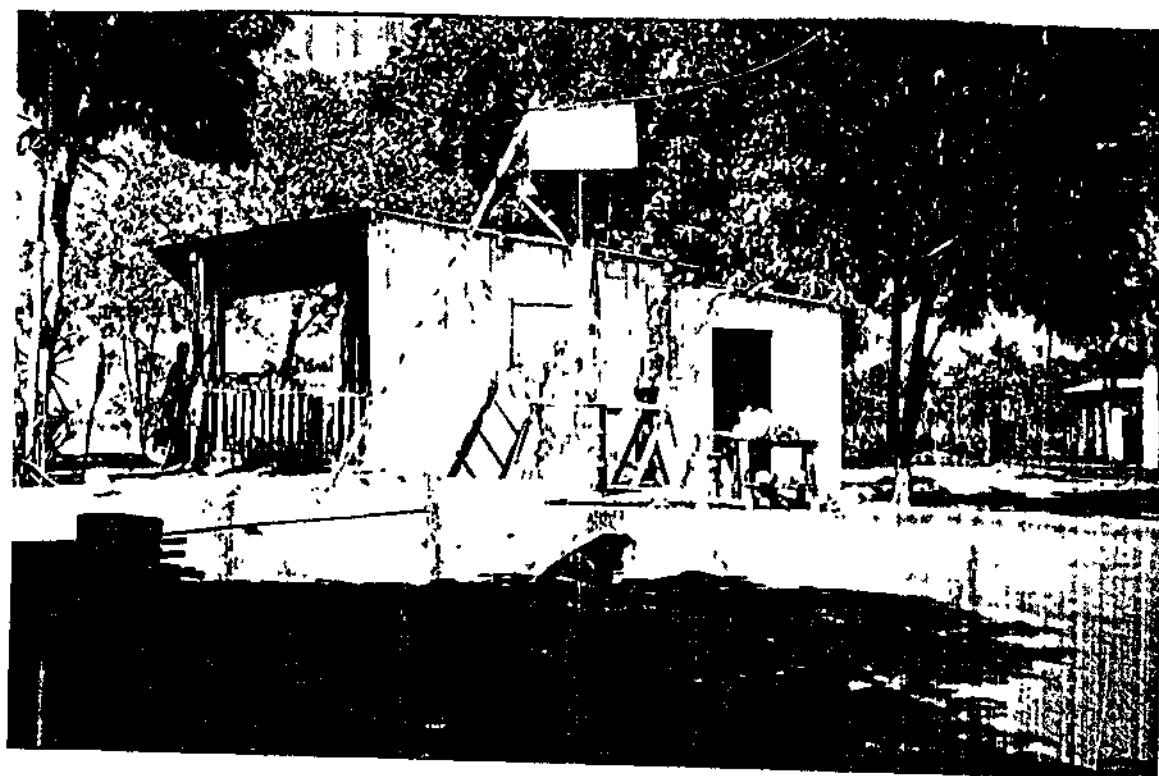
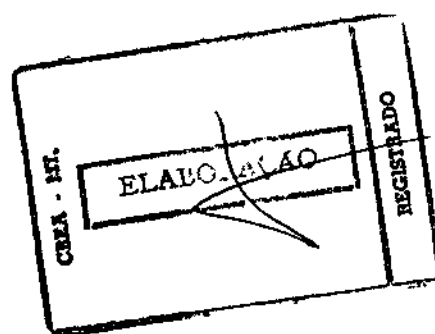


FOTO nº 11 - Almoxarifado



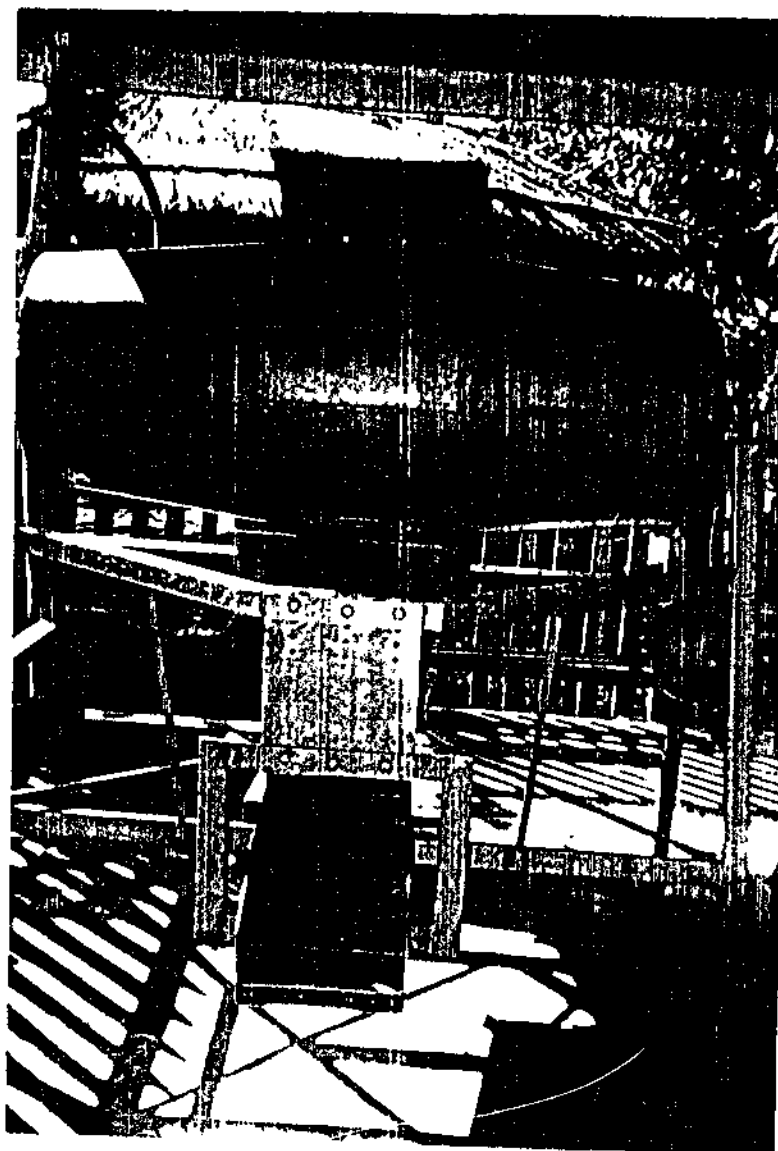
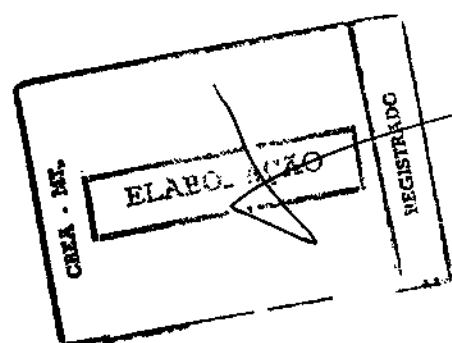


FOTO nº 12 - Amalgamador



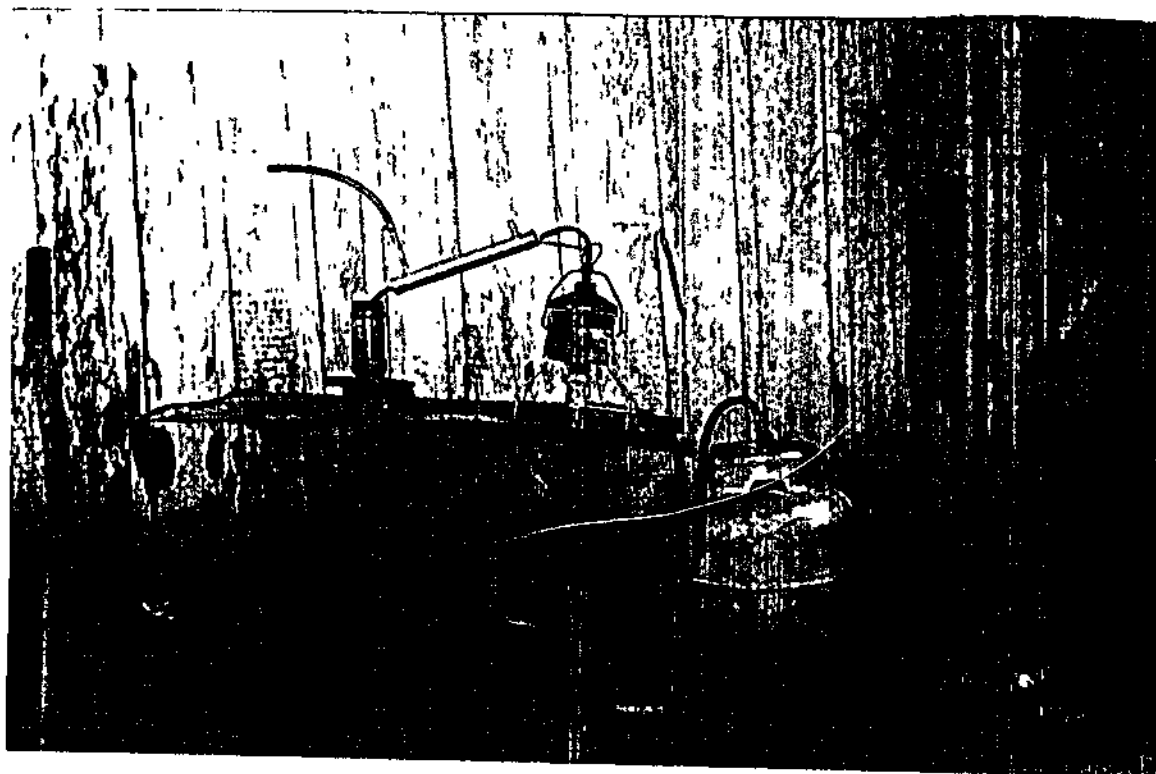
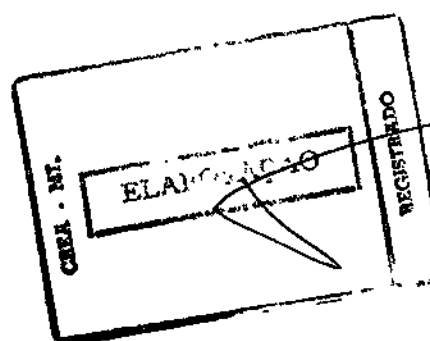
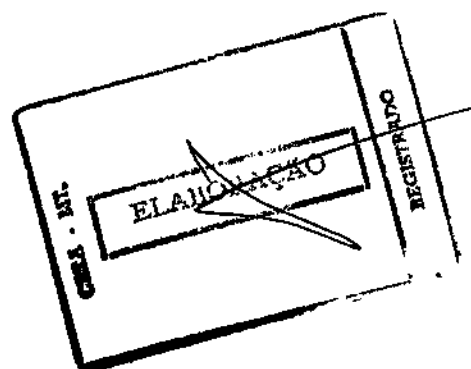


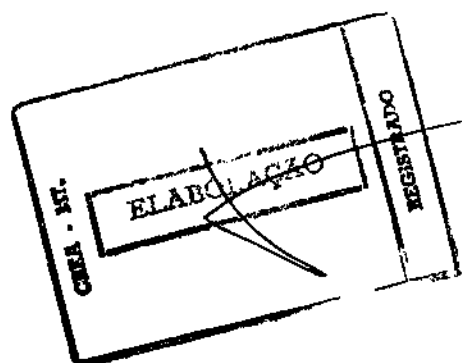
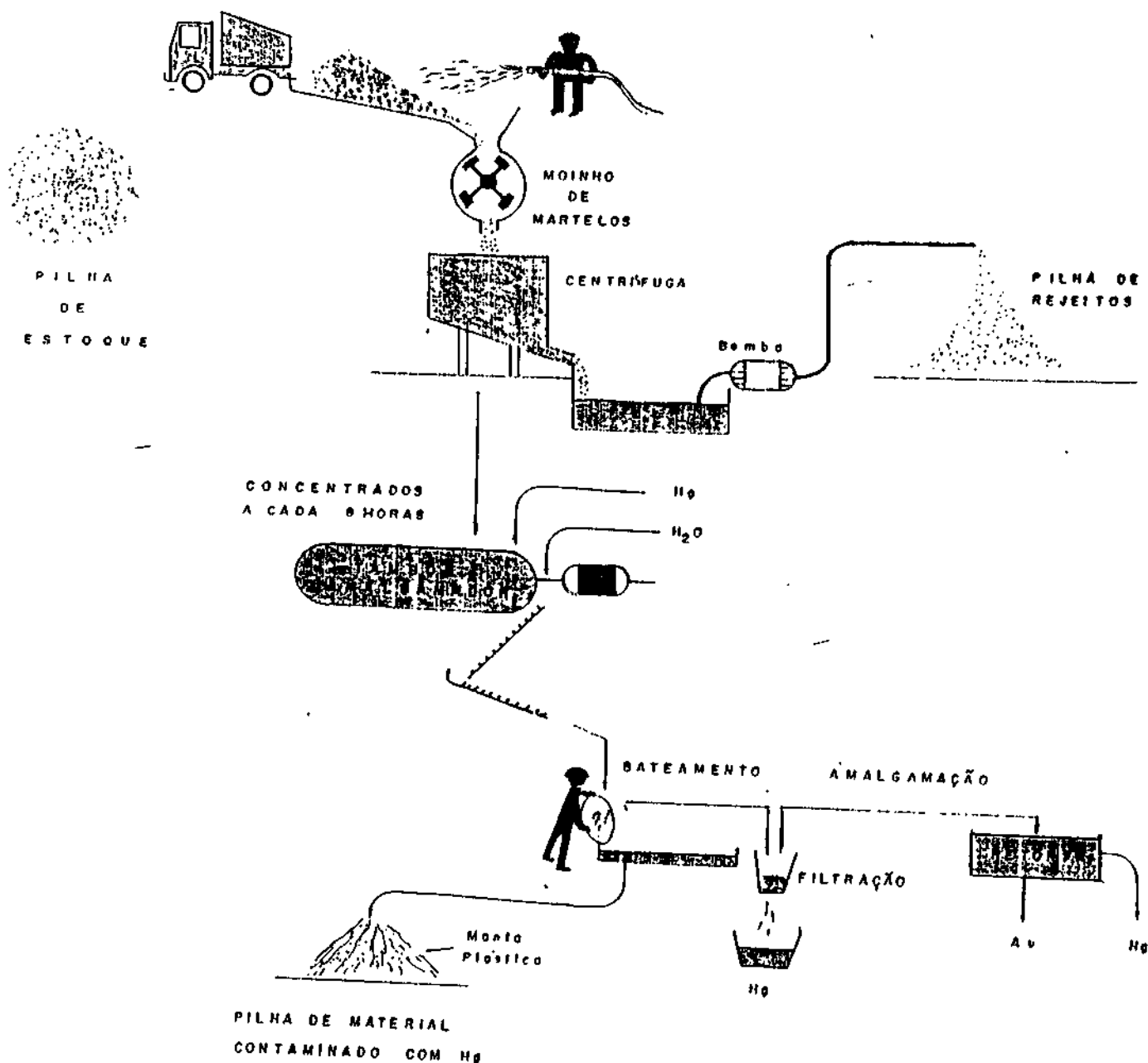
FOTO nº 13 - RETORTA



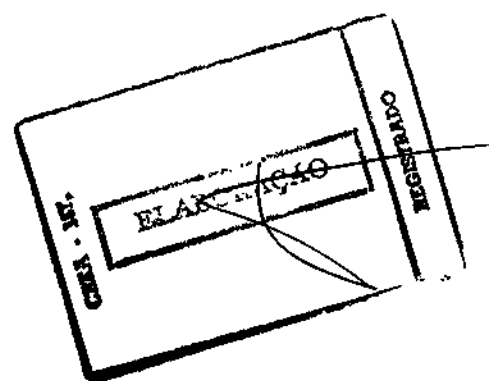
ANEXO 03 - Fluxograma da Planta de Beneficiamento
do minério de Ouro.



FLUXOGRAMA DA PLANTA DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO DE OURO



A N E X O 0 4 - Mapa de Detalhe da área





FRENTES DE LAVRAS



PEDIDO DE LAVRA GARIMPEIRA

MAPA GEOLÓGICO DE SUPERFICIE

REQUERENTE

JOSÉ VICENTE NUNES RONDON

MINÉRIO

O URO

ESCALA

1:5.000

ÁREA DE PROPRIEDADE

124 ha. 4.253,55 m²

ÁREA REQUERIDA (DNPM)

45 ha.

LOCAL:

CHACARA SÃO VICENTE

MUNICÍPIO

POCONE

ESTADO

MATO GROSSO

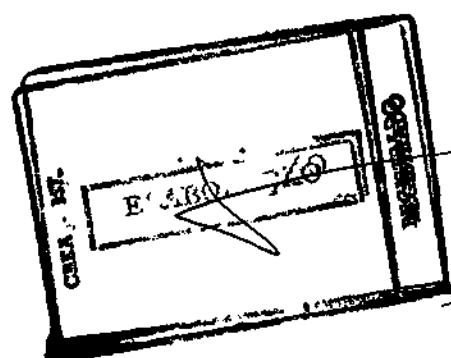
DATA

____/____/1991

TÉC RESP.

Wanderlei M. de Resende
Geólogo Crea 2121/DH42 RSC

A N E X O 0 6 - Mapa de Vegetação Atual



PEDIDO DE LAVRA GARIMPEIRA

MAPA DE VEGETAÇÃO ATUAL

REQUERENTE

JOSE VICENTE NUNES RONDON

MINÉRIO

OURO

ESCALA

1:5.000

ÁREA DE PROPRIEDADE

124 ha. 4.253,55 m²

ÁREA REQUERIDA (DNPM)

45 ha.

LOCAL

CHACARA SÃO VICENTE

MUNICÍPIO

POCONE

ESTADO

MATO GROSSO

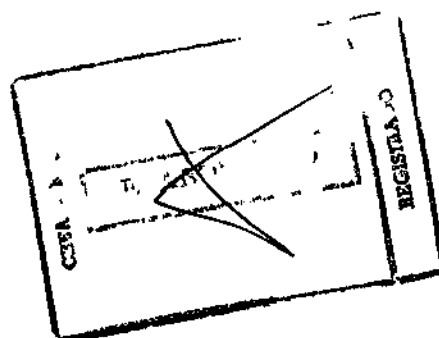
DATA

____/____/1991

TEC. RESP:

Wanderlei M. de Rezende
Geólogo Crea 8121/Pg 14a R09

ANEXO 02 - Declaração do Técnico Responsável, no
cadastro técnico federal de atividades e
instrumento de defesa ambiental - lei
nº 6 938, de 31/08/81.





SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE
E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA
DIRETORIA DE CONTROLE E FISCALIZAÇÃO - DIRCOF

D E C L A R A Ç Ã O

=====

Declaro para os devidos fins que
WANDERLEI MAGALHÃES DE RESENDE encontra-se cadastrado(a) no
"Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de
Defesa Ambiental", criado pela Lei número 6.738, de 31.08.81.

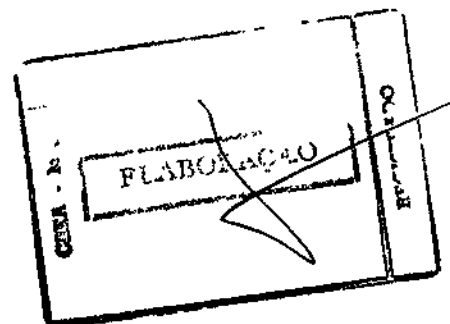
De acordo com o disposto na RESOLUÇÃO/CONAMA
número 001, publicada no Diário Oficial da União em 15.06.88,
esta Declaração tem prazo de validade de 02 (dois) anos, a
contar da data de sua assinatura.

Outrossim, informamos que segundo o que consta
na referida RESOLUÇÃO, a inclusão de pessoas físicas e
jurídicas no Cadastro Técnico Federal não implicará, por parte
do IBAMA e perante terceiros, em certificação de qualidade, nem
em valor de qualquer espécie.

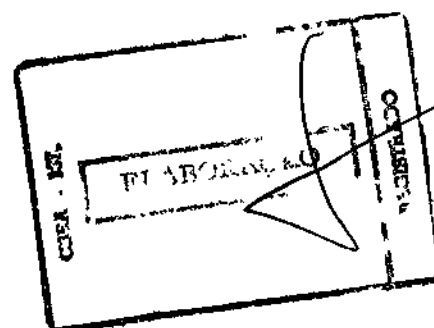
Brasília-DF, 03 de maio de 1991

Marília Harreco Cerqueira
MARÍLIA HARRECO CERQUEIRA
Diretora de Controle e Fiscalização
IBAMA/DIRCOF

5.117/91



A N E X O 0 8 - Requerimento da área protocolizado no
DNPM - Processo nº 866 204/90.





ESTADO DE MATO GROSSO

PREFEITURA MUNICIPAL DE POCONÉ

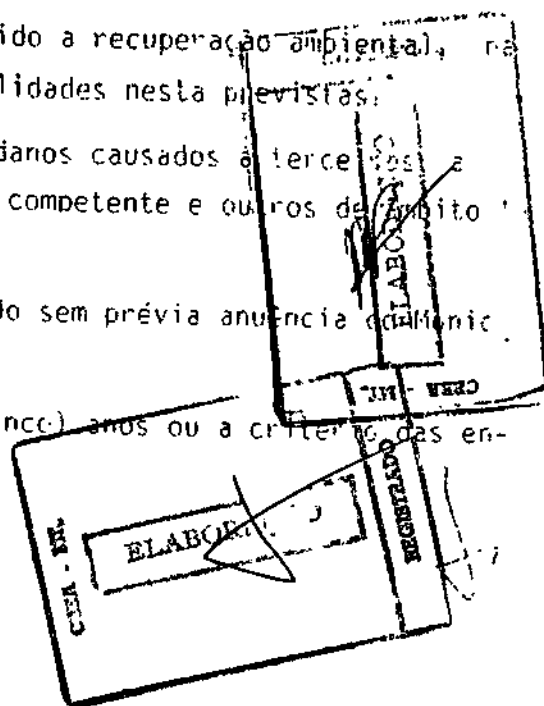
Praça da Matriz, S/N - 721-1222 - 721-1260 - POCONÉ MT

TERMO DE ASSENTIMENTO

Arlindo Angelo de Moraes, Prefeito Municipal de Poconé-MT, embasado no Artigo 4º da Lei nº 7.805, de 18/07/89 e no Artigo nº 82 da Lei Orgânica do Município, por este, dar assentimento ao Sr. José Vicente Nunes Rondon, residente nesta cidade à Rua Intendente Antonio João, nº 91, RG nº 065.192 SSP MT, (CPF nº 006.492.011-91, a exploração de Lavra de Garimpo em área de 49 Ha de sua propriedade conforme requerimento de protocolo nº 141/90 nesta Prefeitura, com dimensões e limites seguintes:

NORTE: 700m - Limitando com proprietário
SUL: 700m - Limitando com estrada Faz. Santa Terezinha
LESTE: 700m - Limitando com Proprietário
OESTE: 700m - Limitando com Silvio Alberto de Arruda, obediendo a Legislação Supra e ao seguinte:

- I - Este termo não exclui o assentido dos deveres legais e nem constitui permissão não recuperável e responsabilidades perante os órgãos ambientais competentes.
- II - O assentido não está exento de emolumento e outros custos aos quais o Município tenha que arcar, com o não cumprimento por esse do previsto nos institutos legais.
- III - Fica sob responsabilidade do assentido a recuperação ambiental, na forma da Lei, sem prejuízo das penalidades nela previstas.
- IV - É de conta e risco do assentido os danos causados a terceiros a critério do órgão técnico Municipal competente e outros de âmbito Federal e Estadual.
- V - Este termo não poderá ser transferido sem prévia anuência do Município.
- VI - O prazo de exploração será de 05 (cinco) anos ou a critério das entidades competentes.





ESTADO DE MATO GROSSO

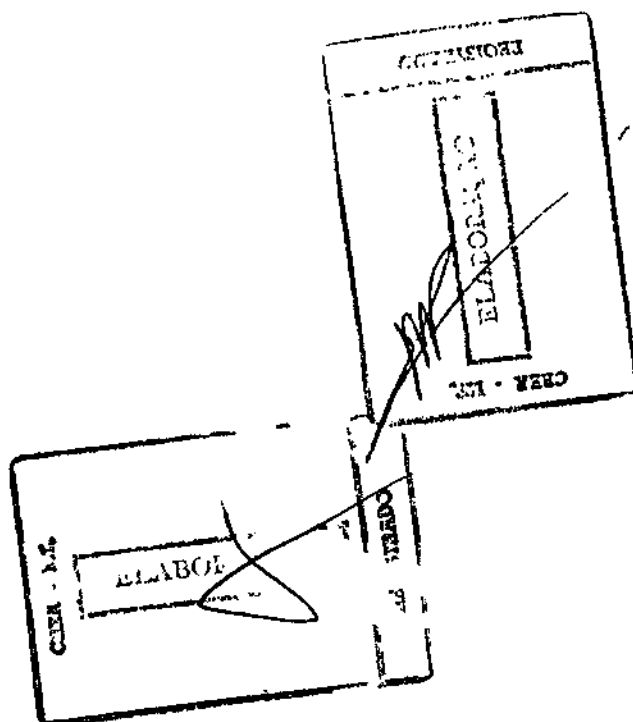
PREFEITURA MUNICIPAL DE POCONÉ

Praça da Matriz, S/N - ☎ 721-1222 - 721-1260 - POCONÉ MT

Poconé-MT, 23 de Maio de 1990.

ARLINDO ANGELO DE MORAIS

PREFEITO MUNICIPAL



MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

DIVISÃO DE FOMENTO DA PRODUÇÃO MINERAL

REQUERIMENTO DE REGISTRO DE LICENÇA FORMULÁRIO 01

01-PROTOCOLO (USO EXCLUSIVO DO DNPM)

02-DOCUMENTOS QUE INTEGRAM O PRESENTE REQUERIMENTO FORMULÁRIOS 01 A 04

☒ PLANTA DE DETALHE DA ÁREA	☒ PRIMA DO DADO DO CREA REGIONAL COM JURISDIÇÃO NA ÁREA DE SITUAÇÃO DA JAZIDA
☒ PLANTA DE SITUAÇÃO DA ÁREA	☐ DECLARAÇÃO DE PROPRIEDADE DO SOLO
☐ ASSENTIMENTO DO ORGÃO OU ENTIDADE FEDERAL	☐ AUTORIZAÇÃO DO PROPRIETÁRIO DO SOLO
☒ MEMORIAL DESCRITIVO	☐ PROVA DE RECOGNIMENTO DOS IMOLUMENTOS
☒ LICENÇA EXPEDIDA PELA AUTORIDADE ADMINISTRATIVA DO MUNICÍPIO	☐ INSTRUMENTO DE MANDATO DE PROCURAÇÃO

03-USO EXCLUSIVO DO DNPM

PROCESSO	EVENTO	DATA PROTOCOLO

04-SUPERFÍCIE DA ÁREA

HECTARES	ARES
4	9

05-DADOS DO REQUERENTE

NOME: JOSE VICENTE NUNES RONDON

CGC - INSCRIÇÃO COMO CONTRIBUINTE DO IUM: [] SÍMBOLO DA EMPRESA: [] Nº DE REGISTRO DA SOCIEDADE NO ORGÃO DE REGISTRO DE COMÉRCIO DE SUA SEDE: []

ENDEREÇO - LOGRADOURO: RUA INTENENTE ANTONIO JOAO DE ARRUDA

BAIRRO: CENTRO

CIDADE: POCONÉ

CEP: 78740-000 CAIXA POSTAL: [] TELEX: []

UF: MT

TELEFONE: 0657211402

06-TÉCNICO QUE ASSINA O MEMORIAL DESCRITIVO PROFISSÃO: GEÓLOGO

NOME: WANDERLEI MAGALHÃES DE RESENDE

CPF: 3612163060414 REGIÃO DE ORIGEM: [] Nº CATEGORIA: 312170

ENDEREÇO - LOGRADOURO: RUA C S E T O R C E N T R O N O R T E B L O C O 0 3 A

BAIRRO: MORADA D'OURO

CIDADE: CUIABÁ

CEP: 78070-000 CAIXA POSTAL: [] TELEX: []

UF: MT

TELEFONE: 0656441675

07-O ABAIXO ASSINADO SOLICITA AO DIRETOR GERAL DO DNPM O REGISTRO DA LICENÇA CONFORME A DOCUMENTAÇÃO QUE COMPÕE O PRESENTE REQUERIMENTO

REPRESENTANTE LEGAL QUE ASSINA O REQUERIMENTO

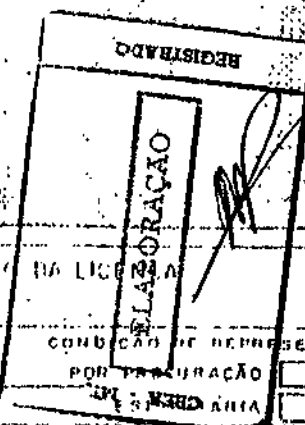
NOME: JOSE VICENTE NUNES RONDON CPF: 006.492.011/91

ENDEREÇO: RUA INTENENTE ANTONIO JOAO DE ARRUDA

DATA: 17/04/90

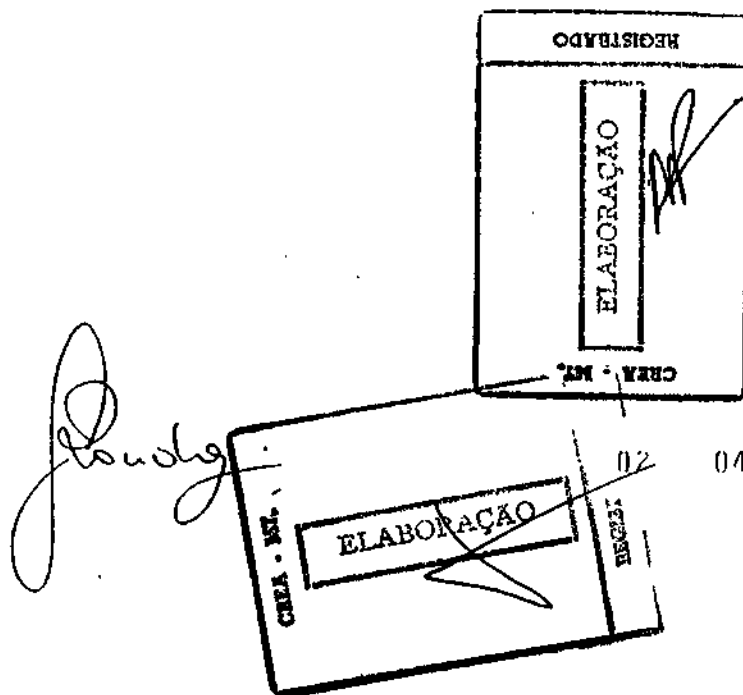
ASSINATURA DO REQUERENTE: [Assinatura]

CONDIÇÃO DE REPRESENTAÇÃO: [] POR PROCURAÇÃO: []



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85															

PROPRIETÁRIO DA ÁREA: JOSÉ VICENTE NUNES RONDON



REQUERIMENTO DE REGISTRO DE LICENÇA - FORMULÁRIO 01

01 MAPA BASE DA PLANTA DE SITUAÇÃO

ESCALA 1: 100.000

NOME DO MAPA

POCONÉ

ANO 1976

EXECUTADO POR

DSG

REGISTRO DE LICENÇA SE. 21-X-A-1

02 ORIENTAÇÃO DO MAPA

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

03 COORDENADAS GEOGRÁFICAS DO PONTO DE AMARRAÇÃO

INDIQUE COM

DÍGITOS DE SEGUNDOS

DEGRÊUS

DÍGITOS DE SEGUNDOS

☐ Norte Magnético
☒ Norte Verdadeiro

1 1 6 1 1 4 1 1 7 2

5 6 3 4 3 6 4 W

04 OBTENÇÃO DAS

COORDENADAS DO

PONTO DE AMARRAÇÃO

CÃO A 1200 M DE

ILUSTRAÇÃO DO PUNTO

X MAPA 1: 100.000

TRABALHO DE

ESTABECIMENTO DE

05 LOCALIZAÇÃO DO PONTO DE AMARRAÇÃO

POCONÉ

POCONÉ

06 VETOR DE AMARRAÇÃO

DISTÂNCIA DO PONTO DE AMARRAÇÃO AO 1º VERTICE DA PRINCIPAL DESCRITA NO FORMULÁRIO (SI) EM METROS

QUADRO

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

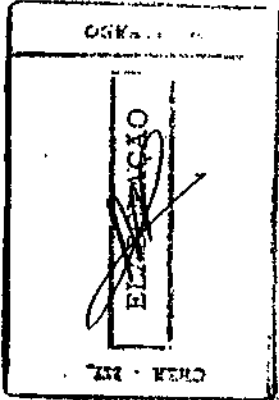
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

13 DESCRIÇÃO DA ÁREA EM RELAÇÃO AOS PRINCIPAIS ACIDENTES GEOGRÁFICOS E ÀS VIAS DE ACESSO

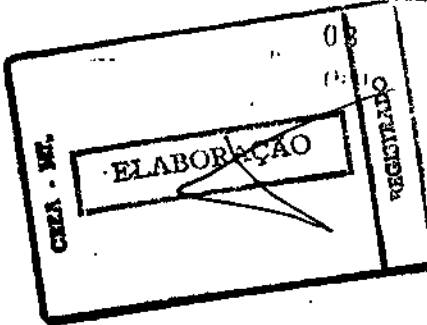
A área pretendida a lavra do Ouro, situa-se no local denominado chácara São Vicente, Poconé - MT.

O acesso a área, se faz no sentido nordeste da cidade de Poconé, em uma distância de aproximadamente 1,5 Km.



UTILIZE QUATRO (4) FORMULÁRIOS PARA INDICAR DOIS (2) PONTOS DE AMARRAÇÃO OU PARA CONTINUAR O QUADRO
D.N.P.M. - PROJETO - RPM 75.04
CÓD. 313.025

[Handwritten signature]
RUBRICA



[Handwritten mark]

CONVENÇÕES



Drenagem Perene



Drenagem Intermitente



Pantanal



Estrada Municipal, Rua



Rodovia Estadual



Estrada Vicinal



Sede Municipal



Sede de Fazenda



Ponto de Amarração



Cota de Altitude



Curva de Nível

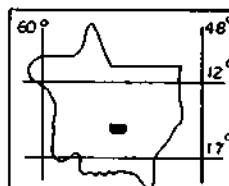
NV



SITUAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO

Base Cartográfica - D. S. G.

Folha : POCONÉ - SE. 21 - X - A - 1



Pedido de Lavra Garimpeira

PLANTA DE SITUAÇÃO

Local CHÁC. SÃO VICENTE	Distrito POCONÉ	Município POCONÉ	Estado MATO GROSSO
Substância O U R O	Área 4 9 h a .	Escala 1 : 100 . 000	

Requerente

JOSÉ VICENTE NUNES RONDON

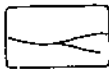
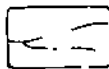
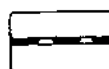
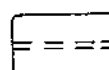
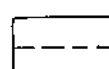
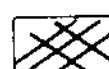
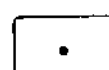
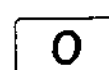
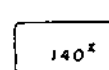
Desenho

IRACY

Resp. Técnico : Geólogo - WANDERLEI MAGALHÃES DE RESENDE - CREA : 3 121 / D .



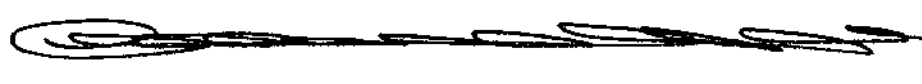
C O N V E N Ç Õ E S

-  Drenagem Perene
-  Drenagem Intermitente
-  Rodovia Estadual
-  Estrada Municipal
-  Estrada Vicinal
-  Sede Municipal
-  Sede de Fazenda
-  Ponto de Amarração
-  Cota de Altitude



Pedido de Lavra Garimpeira

PLANTA DE DETALHE

Local Chác São Vicente	Distrito POCONE	Município POCONE	Estado MATO GROSSO
Substância O U R O	Área 4 9 ha	Escala 1 - 20.000	
Requerente JOSE VICENTE NUNES RONDON			Desenho IRACY
Resp Técnico - Geólogo - WANDERLEI MAGALHÃES DE RESENDE - CREA 3 121 / 0 - MT 			



SECRETARIA DA RECEITA FEDERAL
CENTRO DE INFORMACOES ECONOMICO-FISCAIS
CADASTRO GERAL DE CONTRIBUINTE

C G C
FICHA DE
ALTERAÇÃO

PARA USO DA REPARTIÇÃO

3

5

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES

1. CONSULTE O MANUAL DO CONTRIBUINTE C.G.C. AO PREENCHER ESTA FICHA
2. PREENCHA A MESMA EM 4 QUADROS VIAS PERFEITAMENTE LEGÍVEIS
3. APLICANTE TODAS AS VIAS AO ORÇÃO DA SRF DA JURISDIÇÃO DO ESTABELECIMENTO-SEDE
4. PREENCHA APENAS OS QUADROS CORRESPONDENTES AQUELE QUE ASSINOU NO QUADRO DE L. PREENCHA O QUADRO 12
5. SO SERÁ AQUITADO COMO "MATRANTE" O RESPONSÁVEL PERANTE O MINISTÉRIO DA FAZENDA
6. NÃO PREENCHA OS QUADROS DE USO DA REPARTIÇÃO

0202 CARIMBO PADRONIZADO DO C.G.C. DO ESTABELECIMENTO-SEDE

01387612/0001

GARIMPEIRA DOYDO LTDA

Rod. Base da Estrada Teresopolis Km 01

CNPJ 08.740

POCOINÉ

MT

* ESTA FICHA QUANDO AUTENTICADA POR AMBAS AS REPARTIÇÕES, COMPLETA NO QUE COBRER O CARTÃO C.G.C. PELO PRAZO DE 90 (NOVENTA) DIAS, CONTADOS DA DATA DE RECEPÇÃO (QUADRO 18) OU DA ÚLTIMA DATA DE REVALIDAÇÃO APOSTA NO VERSO

03 ESTABELECIMENTO A QUE SE REFERE ESTA ALTERAÇÃO

01 C.G.C.	0202	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	1	3	8	7	6	1	2	0	0	0	1	4	1						

04 ALTERAÇÕES NA FICHA

01 ASSINALE COM 'X' EM A ALTERAR (DO A 05 PRIVATIVO DO ESTABELECIMENTO-SEDE)	02	03	04	05	06	07	08	09	10
MES DE BALANÇO	00	6							
PERCENTUAL DO CAPITAL	01	4							
FAZEA DE CAPITAL	02	2							
PESSOA FÍSICA RESPONSÁVEL	03	0							
NATUREZA JURÍDICA	04	9							
FIRMA DO RAZÃO SOCIAL	05	7							
ATIVIDADE PRINCIPAL	06	5							
NOME DE FANTASIA	07	3							
ENDEREÇO	08	1							
RECOLHIMENTO DE TRIBUTOS	09	0							

05 NOVAS INFORMAÇÕES FINANCEIRAS

01 ASSINALE COM 'X' EM A NOVA FORMA DE CONSTITUIÇÃO	02	03	04	05	06	07	08	09	10
MES DE BALANÇO	00	6							
PERCENTUAL DO CAPITAL	01	4							
FAZEA DE CAPITAL	02	2							
PESSOA FÍSICA RESPONSÁVEL	03	0							
NATUREZA JURÍDICA	04	9							
FIRMA DO RAZÃO SOCIAL	05	7							
ATIVIDADE PRINCIPAL	06	5							
NOME DE FANTASIA	07	3							
ENDEREÇO	08	1							
RECOLHIMENTO DE TRIBUTOS	09	0							

06 RECOLHIMENTO DE TRIBUTOS

01 ASSINALE COM 'X' EM A NOVA FORMA DE CONSTITUIÇÃO	02	03	04	05	06	07	08	09	10
MES DE BALANÇO	00	6							
PERCENTUAL DO CAPITAL	01	4							
FAZEA DE CAPITAL	02	2							
PESSOA FÍSICA RESPONSÁVEL	03	0							
NATUREZA JURÍDICA	04	9							
FIRMA DO RAZÃO SOCIAL	05	7							
ATIVIDADE PRINCIPAL	06	5							
NOME DE FANTASIA	07	3							
ENDEREÇO	08	1							
RECOLHIMENTO DE TRIBUTOS	09	0							

07 NATUREZA JURÍDICA

01 ASSINALE COM 'X' EM A NOVA FORMA DE CONSTITUIÇÃO	02	03	04	05	06	07	08	09	10
MES DE BALANÇO	00	6							
PERCENTUAL DO CAPITAL	01	4							
FAZEA DE CAPITAL	02	2							
PESSOA FÍSICA RESPONSÁVEL	03	0							
NATUREZA JURÍDICA	04	9							
FIRMA DO RAZÃO SOCIAL	05	7							
ATIVIDADE PRINCIPAL	06	5							
NOME DE FANTASIA	07	3							
ENDEREÇO	08	1							
RECOLHIMENTO DE TRIBUTOS	09	0							

NOVA ATIVIDADE PRINCIPAL
Exploração e Aproveitamento de Jazidas Minerais no Território Nacional

NOVA DENOMINAÇÃO

NOVO ENDEREÇO DO ESTABELECIMENTO

NOVA PESSOA FÍSICA RESPONSÁVEL PERANTE O MINISTÉRIO DA FAZENDA

01 ASSINALE COM 'X' EM A NOVA FORMA DE CONSTITUIÇÃO

12/02/88

RECEPÇÃO NO ORÇÃO DA JURISDIÇÃO DO ESTABELECIMENTO

CONTROLE DE REMESSA DE DOCUMENTOS

ELABORADO

REGISTRADO

PARA USO DO ORÇÃO LOCAL DA JURISDIÇÃO DA SEDE

AUTENTICADO

23.01.89
Lusa





ESTADO DE MATO GROSSO
Secretaria da Fazenda
Cadastro de Contribuintes do ICM
FICHA DE ATUALIZAÇÃO CADASTRAL - FAC

ANTES DE PREENCHER, LEIA AS INSTRUÇÕES NO VERSO

01-RESERVADO AO AGENTE

NÚMERO TPD1 SEQUÊNCIA

03 VALIDADE
VÁLIDO ATÉ

02- NÚMERO DA INSCRIÇÃO ESTADUAL

INSCRIÇÃO ESTADUAL
130207403

ETIQUETA

1- IDENTIFICAÇÃO DA ATUALIZAÇÃO

11 TIPO DE ATUALIZAÇÃO Alteração	12 ORIGEM DA ATUALIZAÇÃO Secretaria	13 DATA DA ATUALIZAÇÃO	14 COD MOTIVO
1	1	19/09/86	035

2- IDENTIFICAÇÃO DO CONTRIBUINTE

15 ENDEREÇO DO CONTRIBUINTE	16 COD ANV. CEM	17 INSCRIÇÃO NA JANTA CONTÁBIL	18 DATA DE INÍCIO DA ATIVIDADE	19 DATA DE ENCERRAMENTO
GARIMPLAGEM RONDON				

3- ENDEREÇO DO ESTABELECIMENTO

20 ENDEREÇO DO ESTABELECIMENTO	21 NÚMERO	22 COMPLEMENTO	23 COD MUNICÍPIO	24 NOME DO MUNICÍPIO	25 CEP
ROD. FAZENDA SANTA TEREZINHA	S/Nº	KM 01			

4- INFORMAÇÕES ECONÔMICAS-FISCAIS

26 NATUREZA JURÍDICA - TABELA NO VERSO	27 COD ATIV. ECONÔMICA	28 COD ATIV. ECONÔMICA
		610161

29 PRINCIPAIS PRODUTOS	30 PRECIOSAS	31
PEDRAS		

32 NOME DO CONTRIBUINTE	33	34
GARIMPLAGEM RONDON		

35 NOME DO CONTRIBUINTE	36	37

38 NOME DO CONTRIBUINTE	39	40

41 NOME DO CONTRIBUINTE	42	43

44 NOME DO CONTRIBUINTE	45	46

47 NOME DO CONTRIBUINTE	48	49

50 NOME DO CONTRIBUINTE	51	52

53 NOME DO CONTRIBUINTE	54	55

56 NOME DO CONTRIBUINTE	57	58

59 NOME DO CONTRIBUINTE	60	61

62 NOME DO CONTRIBUINTE	63	64

65 NOME DO CONTRIBUINTE	66	67

68 NOME DO CONTRIBUINTE	69	70

71 NOME DO CONTRIBUINTE	72	73

74 NOME DO CONTRIBUINTE	75	76

77 NOME DO CONTRIBUINTE	78	79

80 NOME DO CONTRIBUINTE	81	82

83 NOME DO CONTRIBUINTE	84	85

86 NOME DO CONTRIBUINTE	87	88

89 NOME DO CONTRIBUINTE	90	91

92 NOME DO CONTRIBUINTE	93	94

95 NOME DO CONTRIBUINTE	96	97

98 NOME DO CONTRIBUINTE	99	100

101 NOME DO CONTRIBUINTE	102	103

104 NOME DO CONTRIBUINTE	105	106

107 NOME DO CONTRIBUINTE	108	109

110 NOME DO CONTRIBUINTE	111	112

113 NOME DO CONTRIBUINTE	114	115

116 NOME DO CONTRIBUINTE	117	118

119 NOME DO CONTRIBUINTE	120	121

INSTRUMENTO DE ALTERAÇÃO DE CONTRATO SOCIAL

Pelo presente instrumento particular, o Sr. JOSÉ VICENTE NUNES RONDON, brasileiro, casado, comerciante, residente e domiciliado à Rua Intendente Antonio João, 91 em Poconé-MT, / nascido a 03/07/37 em Poconé-MT, filho de Severo Nunes Rondon e Juracy de Arruda Rondon, portador da carteira de Identidade RG nº 065.192, expedida pela S.S.P.-MT, em 30/06/77 e do C.P.F. sob nº 006.492.011-91, e VICENCIA MARIA DE FIGUEIREDO RONDON, brasileira, casada, comerciante, residente e domiciliada à Rua Intendente Antonio João, 91 em Poconé-MT, nascida a 14/09/41 em Poconé-MT, filha de Palmiro Pinto de Figueiredo e Oecarlina de Arruda Figueiredo, portadora da carteira de Identidade RG nº 065.182, expedida pela S.S.P.-MT em 30/06/77 e do CPF sob nº 006.492.011-91, únicos sócios componentes da sociedade por quotas de responsabilidade limitada, sob a razão social de CARVOARIA RONDON LTDA com o contrato social devidamente registrada na Junta Comercial do Estado de Mato Grosso, em sessão de 20/06/85 sob nº 51200138-709, resolvem alterar o referido contrato social nas cláusulas / abaixo discriminadas:

PRIMEIRA: A sociedade passa a ter sua sede à Estrada da Fazenda Santa Terezinha, zona rural, nesta cidade de Poconé-MT, podendo estabelecer filiais e sucursais em qualquer ponto do território nacional, obedecendo as disposições legais vigentes.

SEGUNDA: A sociedade passará a girar sob a razão social de GARIMPAGEM RONDON LTDA e denominação de GARIMPAGEM / RONDON.

TERCEIRA: O objeto da sociedade passará a ser de exploração em garimpo de metais preciosos- ouro.

QUARTA: Todas as demais cláusulas e condições estabelecidas nos atos constitutivos, não alcançados pelo presente instrumento, permanecem em vigor.

E por se acharem em perfeito acordo, em tudo quanto neste instrumento particular foi lavrado, obrigam-se a cumprir o presente, assinando-o na presença das duas testemunhas a seguir/

Continua...

ELABORACAO

em 04 vias de igual teor, com a primeira via destinada a registro e arquivamento na Junta Comercial do Estado de Mato Grosso.

Poconé-MT, 09/abril/1986

CONFERE

JOSE VICENTE NUNES RONDON

CONFERE

VICENCIA MADE FIQUEIREDO RONDON

TESTEMUNHAS:

CONFERE

CONFERE

CARTÓRIO DO 1.º OFÍCIO
TABELIÃO
Aloysio Rodrigues do Prado
ESCRIVENTES
Odinaire Maciel de Oliveira
Joaquim Jorge de Arruda Marques
POCONÉ - MATO GROSSO

Reconheço verdadeiramente a firma Supra
Cidadãos Jose Vicente Nunes Rondon
Vicencia Maria de Figueiredo Rondon Odinaire de
Intima de k de Marquês e Eulmar de Rios
dou fô. de Arruda
Poconé 09 do maio de 1986
Em Test. [assinatura] da verdade
Joaquim Jorge de Arruda Marques
Escrivente Juramentado do
Cartório do 1º Ofício
Poconé - MT.

TABELIONATO DE NOTAS DE POCONÉ - MT.
AUTENTICAÇÃO
Certifico que a presente cópia fotostática está igual ao original que me foi apresentado e confesso do que eu fiz.
Em testemunho [assinatura] da verdade
Poconé, 09 de maio de 1986

CARTÓRIO DO 1.º OFÍCIO
TABELIÃO
Aloysio Rodrigues do Prado
ESCRIVENTES
Odinaire Maciel de Oliveira
Joaquim Jorge de Arruda Marques
POCONÉ - MATO GROSSO

ELABORAÇÃO
ELABORAÇÃO

CIDADA DE IDENTIDADE



POLEGAR DIREITO



AMPA EN TODOS HERRAJES NACIONALES

CIC

02507-37

006632-011

JOSE VICENTE NUNES RONDON

Handwritten signature

Monte Alegre da Serra

30/07/83

UNIVERSIDADE

FEDERAL DE MATO GROSSO

ANEXO: AMPLIADO DA CÂMERA FOTOGRÁFICA

UNO COM DOCUMENTO DE IDENTIDADE E SEU FE PUBLICA Nº 30 DEL 80
QUE EM Nº 8.104 DE 24/12/1964 E Nº 8.200 DE 27/04/1970



"O-POSITIVO"

361216306-04



Handwritten signature: Wanderle Aguiar de Azevedo

CREA - MT.

ELABORAÇÃO

REGISTRADO

Handwritten signature



MINISTÉRIO DA FAZENDA
SECRETARIA DA RECEITA FEDERAL
COORDENAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES ECONÔMICAS/FISCAIS

João de Deus Pardon

REPÚBLICA DE IDENTIDADE

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA
CREA - MT.

06.04.84

3.121/D 3.121

MANDERIEI MAGALHÃES DE RESENDE

João Magalhães Resende

Celina Padua Resende

Brasileira

Nova Porte-MG

23/10/55

M-293-206-MG

06.04.1984

GRANDE DA REPÚBLICA E CORAZÃO

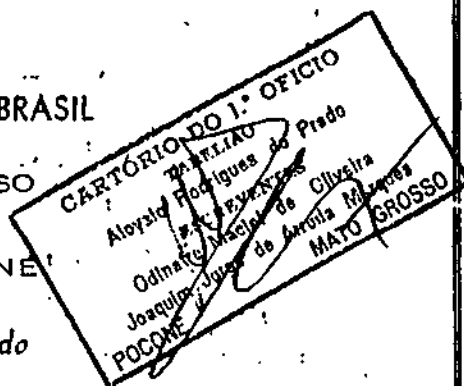
A N E X O 09 - ESCRITURA DE PROPIEDAD



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

ESTADO DE MATO GROSSO
COMARCA DE POCONÉ
MUNICÍPIO DE POCONÉ
DISTRITO DE POCONÉ

Aloysio Rodrigues do Prado
1º TABELIÃO



LIVRO Nº (32)

FLS. (61/62Vº)

(1º) TRASLADO

ESCRITURA DE COMPRA E VENDA - VALOR CRS - 20.000,00...x.x.x.x.x.

SAIBAM quantos a presente escritura pública de compra e venda virem, que no ano do nascimento de Nosso Senhor Jesus Cristo de mil novecentos e oitenta e seis (1.986) ao s vinte e sete (27) - dias do mês de junho (6) nesta - cidade de Poconé - Estado de Mato Grosso, em meu Cartório à Praça da Matriz nº 383...x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x

XX

XX

XX

XX

XX

XX

XX

XX

XX

XX

XX

X

XX

XX

perante mim Tabelião do 1º Ofício e as testemunhas adiante nomeadas e assinadas, comparecem partes entre si justas, havidas e contratadas, a saber: De uma partes, outorgantes vendedor a - Serraria Pinheiro Ltda - Firma estabelecida no Nucleo Industrial de Poconé - MT, portadora do CGC/MF - nº 15.033.194/0001-07, neste ato representada pelos sócios proprietários Cláudio Severino Leal e sua esposa Dona Helena Maria da Silva Leal, brasileiros, casados, ele agricultor, CI-RG - nº M-43.632. MG, ela do lar, portadores em conjunto do CIC - nº 047.406.616/91, residentes nesta cidade à Rua Antônio João nº 691-A - e de outra parte como outorgado comprador o cidadão - José Vicente Nunes Rondon, brasileiro, casado, fazendeiro e proprietário, - portador do CIC - nº 006.492.011/91 residente nesta cidade...x.x

.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.

ESCREVENTES

Odinatre Maciel de Oliveira
Joaquim Jorge de Arruda Marques

le Título expedida em 04 de junho de
levadamente...x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.x.

CARTÓRIO DO REGISTRO DE IMÓVEIS

Aloysio Rodrigues do Prado
OFICIAL

Odonato Maciel da Glória
Joaquim Jorge de Figueiredo Marques
ESCREVENTE

CARTÓRIO D

ALDOYSIO RODRIGUES
OFICIAL DO REGISTRO

POCONÉ - M

PROTOCOLADO sob n.
CERTIFICADO que foi(ram)
(S) n.º(s) 026005/0
em 09/07/86 na M

ALDO VISO RODRIGUES
OFICIAL DO REGISTRO DE IMÓVEIS
POCONÉ - MATO GROSSO

PROTOCOLADO sob n.º 14.432 em 08/07/86
CÉRTIFICO que foi (ran) lido (to) o (s) REGISTRO
(S) n.º(s) 026015 do livro n.º 02
em 08/07/86 na MATRÍCULA n.º 4432
O OFICIAL Joaquim Jorge de Arruda Marques
Escrivão Juramentado do
Cartório do 1º Ofício
Poconé - MT.

CARTÓRIO DO L. OFÍCIO
PAZELIAO
Aleixo Rodrigues do Prado
PAZELIAO

Importância essa que do outorgado, comprador confessa e declara já
haver recebido em moeda corrente pelo que se dá por pago e satisfeito, dando
ao comprador plena e geral quitação, prometendo por si e seus sucessores fazer
boa, firme e valloza essa mesma venda, obrigando-se em todo tempo, como se obriga
a responder pela avicção de direito, pondo o outorgado comprador a par
e a salvo de quaisquer dúvidas futuras e transmitindo na pessoa dele outor-
gado comprador todo seu domínio, posse, direito e ação na coisa vendida,
desde já, por bem desta escritura e da cláusula - CONSTITUTI. Pelo outorgado
comprador perante as mesmas testemunhas me foi dito que na verdade acha-se
contratado com o outorgante vendedor a Serraria Pinheiro Ltda.

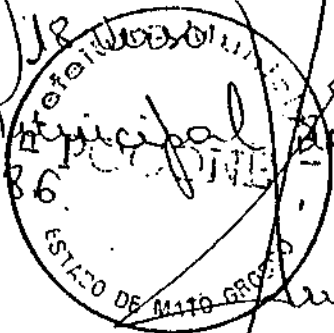
e esta escritura, em seu inteiro teor, tal qual se acha redigida, ficando ratificados todos os dizeres impressos. De tudo, dou fé. Em seguida foram-me apresentados os seguintes conhecimentos de impostos pagos e certidões - Foram apresentadas as certidões negativas da Prefeitura Municipal e da Exatoria Estadual e a do IAPAS - nº 0394/86, sujeitas nesta Escritura. O imposto de transmissão Inter-Vivos 2% sujeito nesta Escritura foi pago no Bemat S/A, pelo talão nº 015. O Laudêmio foi pago na Prefeitura Municipal desta cidade, pelo talão nº 002. Emitida declaração sobre Operação Imobiliária Conforme IN/SRF/129/80. Todos os documentos mencionados nesta Escritura ficam aqui arquivados para os efeitos legais...x.

*X.X.X.X.X.X.X.X.X.X.X.X.X.X.X.X.X.X.X.

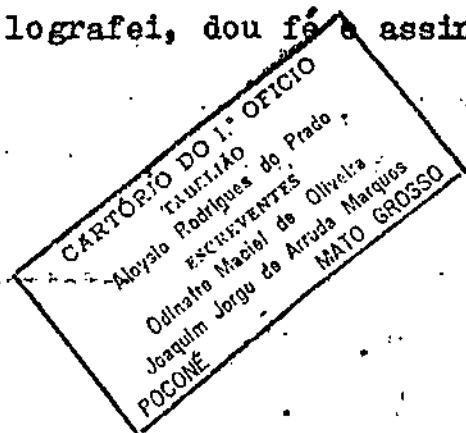
Averbação

Foi Averbação no Livro nº 99
 em uma folha
 Prefeitura Municipal de Poconé-MT
 Em: 10-04-86

Arruda



E por se acharem assim contratados me pediram lhes fizesse a presente escritura, que sendo-lhes lida em voz alta aceitaram, outorgaram e assinam com as testemunhas a tudo presente que são: - Edemir Lucio Paes de Arruda, Escriturário e Benedito Anselmo Rondon, Oficial de Justiça, brasileiros, casados, deste Estado, residentes nesta cidade, conhecidos de mim Tabelião que escrevi, Eu, Aloysio Rodrigues do Prado, digo, Tabelião - (as) Aloysio Rodrigues do Prado. (as) Cláudio Severino Leal. (as) Helena Maria da Silva Leal. (as) José Vicente Nunes Rondon. (as) Edemir Lucio Paes de Arruda, (as) Benedito Anselmo Rondon. Nada Mais. *Joaquim Jorge de Arruda Marques* Escrevente Juramentado do Cartório do 1º Ofício de Poconé-MT, que datilografei, dou fé e assino, em público e raso que uso.



Em Teste. *[Signature]* da verdade
 O Escr. *[Signature]* Jurf.

Joaquim Jorge de Arruda Marques
 Escrevente Juramentado do
 Cartório do 1º Ofício
 Poconé, MT.

SO ONCE
 ARNALDO RONDON
 Oficial - Estado de Mato Grosso

CONCLUSIONS

MATO GROSSO

共 3 页

registrada no Cartório de Registro de Imóveis desta
Comarca de Poconé - MT -, sob nº 087
e, achando-se contratado com o outorgado comprador por bem desta escritura,
e na melhor forma de direito para lhe vender, como de fato vendido tem ao outorgado com-
prador José Vicente Nunes Rondon, o referido imóvel descrito e confrontado e
que desde já cedem e transferem ao mesmo outorgado. *:-!*:-!*:-!*:-!*:-!:-!

pelo preço certo e ajustado de Cz\$ 50.000,00 (Cincoenta mil cruzados). *:-*:-*:-*

importância essa que do outorgado comprador confessa e declara já haver recebido em moeda corrente pelo que se dá por pago e satisfeito dando ao comprador plena e geral quitação, prometendo por si e seus sucessores fazer boa, firme e valiosa essa mesma venda, obrigando-se em todo tempo, como se obriga a responder pela evicção de direito, pondo o outorgado comprador a par e a salvo de quaisquer dúvidas futuras e transmitindo na pessoa dele outorgado comprador todo seu domínio, posse, direito e ação na coisa vendida, desde já, por bem desta escritura e da cláusula — CONSTITUTIVA. Pelo outorgado comprador perante as mesmas testemunhas me foi dito que na verdade acha — se contratado a com o a outorgante a vendedor os Francisco José de Sales e sua mulher D. Joana Alves de Souza. *;-;*

sobre a presente compra, aceitando-a pelo preço mencionado de Cr\$ 50.000,00 (Cinquenta mil cruzados). *:-*

em esta escritura, em seu inteiro teor, tal qual se acha redigida, ficando ratificados todos dizeres impressos. De tudo dou fé. Em seguida foram-me apresentados os seguintes conhecimentos de impostos pagos e certidões - Certidão - Certificamos para que produzam os devidos e legais efeitos que reverdo os assentamentos desta Exatoria, constatamos que o Sr. Francisco José de Sales e sua mulher, encontram-se em dias com a Fazenda Pública Estadual, até a presente data 29/05/87. Ressalvando porém, ao Estado, o direito de cobrar os débitos que porventura venham constatar futuramente. O referido é verdade que eu, Marilza Arruda Campos, passei a presente certidão.

Certidão: Certificamos em cumprimento ao despacho do sr. chefe do departamento administrativo financeiro e baseado nas informações de serviço de lançamento de impostos e taxas que o Sr. Francisco José de Sales e sua mulher, nada devem à Fazenda Pública Municipal até a presente data. Ficam, entretanto, ressalvados os direitos que cabem à Fazenda Municipal se constatar posteriormente qualquer tributo devido, cobrá-lo na forma da lei. O referido é verdade e damos fé. Poconé, 29 de Maio de 1987. (ass) T. L. Santos Campos - Ag. Adm. Financeira



ESTADO DE MATO GROSSO
PODER JUDICIÁRIO

COMARCA DE POCONÉ - MATO GROSSO.

C E R T I D Ã O

CERTIFICO a pedido verbal de pessoa interessada que revendo em Cartório os autos findos de Inventário, dentre eles encontrei o dos falecidos Ival Pedro de Arruda e sua mulher Maria Leonidas de Arruda, em que foi Inventariante INÊS MARIA DE ARRUDA, - nêle às fls. 86, consta o pagamento ao cessionário JOSÉ VICENTE NUNES RONDON, brasileiro, casado, pecuarista, residente e domiciliado nesta cidade, portador do CPF - nº 006.492.011/91, por força da Escritura Pública de Cessão de Direitos, lavrada no Cartório do 1º / Ofício desta Comarca, no livro nº 146, às fls. 62/65Vº, em 31 de outubro de 1.985, cedidas pelos herdeiros Inês Maria de Arruda, Celestino Vieira dos Santos e sua mulher Gonçalina Vicência de Arruda / Santos; Antônio Ribeiro Duarte e sua mulher Cecília Francisca de Arruda Duarte; Expedito Rodrigues Pereira e sua mulher Dª Maria José Arruda Pereira; Francisco Cipriano de Arruda; Manoel Pedro de Arruda; Abidoral Ribeiro da Cruz e sua mulher Dª Paulina Gonçalina de Arruda Cruz e Manoel Benedito de Arruda e sua mulher Jucilene de Oliveira Arruda, no valor de CZ\$ - 76.664,40 (Setenta e seis mil / seiscentos e sessenta e quatro cruzados e quarenta centavos). HAVE-RA: em seu pagamento o equivalente a 130 hectares de terras pastais e lavradias dos lotes que integram a chácara Córrego Fundo, situado no rocio desta cidade, registros nºs - 7.177 do livro 3-J - registro nº 9.070, do livro nº 3 - J; registro nº 9.071, do livro nº 3-L; registro nº 9.302, do livro 3 - L; registro nº 9.303, livro 3-L; - registro nº 9.304 do livro nº 3 - L; registro nº 9.305 do livro nº 9.305 do livro nº 3 - L; registro nº 9.576, do livro nº 3 - L; registro nº 9.861, do livro 3-M; e finalmente registro nº 10.332 do livro nº 3 - M e ainda mais - Um lote de terreno urbano, localizado no prolongamento da Rua Antônio João, nesta cidade, com 12 metros / de frente por 30 metros de comprimento e 12 metros de largura nos / fundos, limitando-se: a direita com terreno de Paulina Gonçalina de

- com terrenos de Paulina Gonçalina de Arruda; esquerda e fundos com terreno do Espólio de Ival Pedro de Arruda, adquirido por cessão dos herdeiros - Manoel Benedito de Arruda e sua esposa Jucilene Justina de Oliveira Arruda, conforme Escritura Pública de Cessão de Direito lavrada no Cartório do 1º Ofício desta Comarca, no livro nº - 146-A - fls. 36, título aquisitivo - 5.924 - livro 3-K, em 11 de fevereiro de 1.954; todos do C.R.I. desta Comarca. CERTIFICO MAIS - que às fls. 82 do mesmo auto consta a guia de recolhimento de ITBI - no valor de Cz\$ - 10.535,20, sob a guia nº 06043. CERTIFICO AINDA MAIS que às fls. 109 consta a Sentença do teor seguinte: Vistos, etc. Julgo, por sentença, para que produzam seus jurídicos e legais efeitos, o Esboço de Partilha elaborado às fls. 86/93 dos presentes autos de Inventário dos bens que ficaram por falecimento de Ival Pedro de Arruda e Maria Leônidas de Arruda, adjudicando aos nele contemplados os seus respectivos quinhões hereditários, ressalvados erros, omissões e direito de terceiros. P.R.I., e transitada esta em julgado, ou havendo expressa desistência do prazo recursal, expõem-se os competentes Formais de Partilhas e/ou Certidões de Pagamento de Quinhão, após archive-se. Poconé - Mt., 08 de setembro de 1.987 - (as) Drª - Sueli Gil El Rafihi - Juíza de Direito. CERTIFICO FINALMENTE que a Sentença transitou em julgado em face a desistência do prazo recursal das partes. Era o que se continha a respeito da parte que me foi requerido a pedido verbal de pessoa interessada do referido auto e fls. citadas o qual me reporto e da qual bem e fielmente extraí a presente certidão que lida e achada conforme, vai devidamente assinada aos nove (09) dias do mês de setembro de 1.987. Eu: Ana Lúcia Neves Escrivã, que fiz datilografar e subscrevi.

Ana Lúcia Neves
Escriva

AVERBAÇÃO

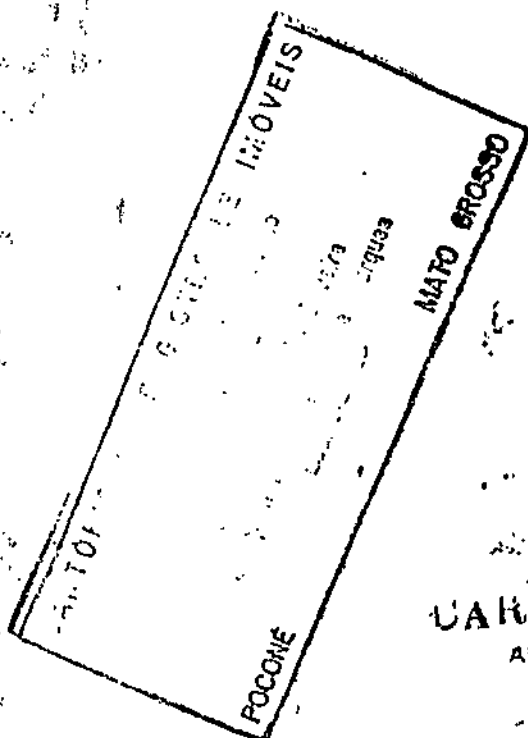
Foi Averbado no Livro nº 30 =
e na Folha de nº 134 =

Prefeitura Municipal Poconé, MT.

Em, 17/09/87

[Handwritten signature]





CARTÓRIO DO 1º OFÍCIO

ALOYSIO RODRIGUES DO PRADO

OFICIAL DO REGISTRO DE IMÓVEIS

POCONÉ - MATO GROSSO

PROTOCOLADO sob nº 7.590 em 11-9-87

CERTIFICADO que foi (fui) feito (foi) o (a) REGISTRO

(S) n.º 11-9-87 nº 129

em 11-9-87 MATRÍCULA n.º 129

OFICIAL

Odinete Maciel de Oliveira

Escritor juramentado
Cartório do 1º Ofício
Poconé - MT.

CARTÓRIO DO 1º OFÍCIO

ALOYSIO RODRIGUES DO PRADO

OFICIAL DO REGISTRO DE IMÓVEIS

POCONÉ - MATO GROSSO

PROTOCOLADO sob nº 7.591 em 11-9-87

CERTIFICADO que foi (fui) feito (foi) o (a) REGISTRO

(S) n.º 11-9-87 nº 130

em 11-9-87 MATRÍCULA n.º 130

OFICIAL

Odinete Maciel de Oliveira

Escritor juramentado
Cartório do 1º Ofício
Poconé - MT.



Centro de Tecnologia Mineral - CETEM
Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico - CNPq

DTA Desenvolvimento de Tecnologia Ambiental
Projeto Poconé

Estudos Biogeoquímicos sobre
o Mercúrio em Ambientes Aquáticos
de Poconé

dezembro de 1991

**ESTUDOS BIOGEOQUÍMICOS SOBRE O MERCÚRIO EM
AMBIENTES AQUÁTICOS DE POCONÉ**

RT 12/91 - Relatório Técnico CNPq/CETEM

**RIO DE JANEIRO
DEZEMBRO/1991**

Alexandre Pessoa da Silva (coordenador)
Edinaldo de Castro e Silva
Evaldo Ferraz de Oliveira
Gercino Domingos da Silva
Helcias Bernardo de Pádua
Luiz Roberto Martins Pedroso
Marcello Mariz da Veiga
Nelson Luiz Schleder Ferreira
Salette Kiyoka Ozaki

Este trabalho contou com a participação do Departamento de Química da UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso da METAMAT - Companhia Matogrossense de Mineração, ambas instituições conveniadas com o CNPq/CETEM, para a realização conjunta de atividades de cooperação técnico-científica referentes ao projeto DTA - Desenvolvimento de Tecnologia Ambiental. Assinalamos também a participação do Instituto de Geociências da USP - Universidade de São Paulo, através do Prof. Raphael Hipólito, do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da UFRJ através dos Profs. Wolfgang Pfeiffer, Olaf Malm e Wanderley Rodrigues Bastos. Finalmente agradecemos a participação dos acadêmicos Fátima Aparecida Silva locca (Departamento de Biologia da UFMT) e Lázaro José de Oliveira (Departamento de Química da UFMT).

SUMÁRIO

A EQUIPE DE BIOGEOQUÍMICA DO PROJETO POCONÉ	P.
I INTRODUÇÃO	1
I.1 Mecanismos de transporte de mercúrio nos ambientes aquáticos	2
I.2 Oxidação do mercúrio metálico e adsorção dos seus íons	4
I.3 Associação dos metais pesados com matéria orgânica	7
II CARACTERIZAÇÃO DOS MICRO-AMBIENTES AQUÁTICOS ESTUDADOS	10
II.1 Caracterização físico-morfológica dos ambientes estudados	12
II.2 Composição química dos sedimentos dos ambientes aquáticos estudados	12
II.3 Monitoramento das condições físico-químicas dos micro-ambientes aquáticos estudados	29
III ESTUDOS BIOGEOQUÍMICOS DO MERCÚRIO NA REGIÃO DE POCONÉ	30
III.1 Ensaio de adsorção de mercúrio iônico em sedimentos de Poconé	43
III.2 Testes de adsorção de mercúrio iônico em sedimentos estáticos	43
III.3 Ensaio de coprecipitação de mercúrio iônico com óxido hidratado de ferro (OHF)	45
III.4 Perfil de mercúrio nos solos do centro urbano de Poconé	47
III.5 Teor de mercúrio em trincheiras do banco de rejeitos	51
III.6 Ensaios de extração seletiva de mercúrio de fases minerais em sedimentos de Poconé	54
III.7 Estudos das águas intersticiais	60
III.8 Biota aquática: Presença e assimilação de mercúrio	66
IV CONCLUSÕES	69
V ANEXOS	78
V.1 Métodos e procedimentos adotados	81
VI BIBLIOGRAFIA	81
	89

A EQUIPE DE BIOGEOQUÍMICA DO PROJETO POCONÉ

A equipe de biogeoquímica que atuou no Projeto Poconé começou a ser formada em março de 1990, sendo que em julho daquele ano já atuava completa em seus trabalhos de campo. Na ocasião de sua formação foi dada ênfase especial ao caráter interdisciplinar, de modo a permitir a ampliação dos horizontes nos debates inerentes a um trabalho com as características do referido projeto. Os integrantes da equipe foram um químico (**Luiz Roberto Martins Pedroso**), dois geólogos (**Gercino Domingos da Silva** e **Nelson Luiz Schleder Ferreira**), um biólogo (**Helcias Bernardo de Pádua**) e um engenheiro metalúrgico (**Marcello Mariz da Veiga**), além dos Professores do Departamento de Química da UFMT, **Edinaldo de Castro e Silva** e **Evaldo Ferraz de Oliveira** e da Química **Saete Kiyoka Ozaki**, todos com experiências anteriores na área ambiental. Assinalamos também a participação dos acadêmicos **Fátima Aparecida Silva Iocca** (Departamento de Biologia da UFMT) e **Lázaro José de Oliveira** (Departamento de Química da UFMT). A coordenação esteve a cargo do Eng. Quím. **Alexandre Pessoa da Silva**.

É importante ressaltar que durante o desenvolvimento dos trabalhos observou-se notada evolução no estabelecimento de uma linguagem comum das diversas áreas do conhecimento representadas, culminando com a execução de tarefas pertinentes a uma área específica por técnicos oriundos de outra área.

De junho de 1990 a janeiro de 1991 foram executados diversos trabalhos, podendo destacar-se:

- a) programa de monitoramento de parâmetros físico-químicos das águas de sete microambientes (eleitos como representativos da região estudada);
- b) caracterização dos perfis (até 30cm) dos sedimentos de fundo dos referidos microambientes (análises de mercúrio, carbono, enxôfre, matéria orgânica e caracterização mineralógica por raios X);
- c) desenvolvimento de um *kit* colorimétrico para análise de mercúrio no campo;
- d) ensaios de adsorção do mercúrio iônico em solos e componentes formadores de sedimentos da região, visando a compreensão da capacidade de fixação do mercúrio por fases minerais nos ambientes estudados;
- e) testes biológicos de campo e laboratório (simulações de situações extremadas), visando melhor compreender a cinética de incorporação do mercúrio pela biota, e
- f) desenvolvimento de uma metodologia de ataque sequencial seletivo que permite a extração do mercúrio associado às principais fases constituintes dos sedimentos da região.

I. INTRODUÇÃO

É reconhecida a supremacia da contribuição das fontes naturais de emissão de mercúrio (para a atmosfera) sobre as fontes antropogênicas. No Relatório Anual de Atividades (CNPq/CETEM-DTA - Desenvolvimento de Tecnologia Ambiental - Projeto Poconé, 1989) foram apresentados alguns dados quanto a essa emissão e a participação das diversas fontes.

Tabela 1 - Estimativas de emissão anual (em milhares de toneladas) de mercúrio para a atmosfera.

REFERÊNCIA	FONTES	
	NATURAL	ANTROPOGÊNICA
Kaiser e Tolg (1980)	52,3 - 181,8	7,6 - 38
Clarkson et al. (1984)	30	15,4 - 16,5
Lindqvist et al. (1984)	20,7 - 29,3	7,5
Salomons e Förstner (1984)	25	11
Pfeiffer e Lacerda (1988)	2,7 - 6,0	0,63 - 2,0

A emissão de mercúrio antropogênico é um fato de maior relevância quando se considera que a contaminação se restringe a ambientes de maior densidade populacional (ex.: indústrias de cloro-soda), ou quando a atividade humana pode causar a desestabilização de importantes ecossistemas (ex.: O mercúrio do garimpo atingindo a Floresta Amazônica ou o Pantanal Mato-grossense).

A principal proposta deste estudo foi de verificar o comportamento do mercúrio despejado em drenagens de Poconé, como rejeito dos processos de beneficiamento do ouro segundo as técnicas utilizadas pelos garimpeiros da região.

Segundo dados levantados pela equipe de tecnologia mineral do Projeto Poconé, aproximadamente 20 a 25% do mercúrio emitido pelos garimpos de Poconé estão associados aos rejeitos de amalgamação.

O mercúrio encontra-se preponderantemente na forma metálica, cabendo aos possíveis processos de oxidação levá-lo à forma iônica, o que permitiria a ocorrência de reações de metilação, resultando nos temíveis compostos organomercuriais.

Atualmente, talvez por influência dos pesquisadores do CETEM em Poconé, os garimpeiros evitam dispersar os rejeitos contaminados nas drenagens. No passado, entretanto, era prática corrente proceder a amalgamação dos concentrados gravíticos nos ribeirões e lagoas.

Qual o comportamento desse mercúrio, que há quase 8 anos encontra-se submerso nas drenagens que conduzem ao Pantanal Mato-grossense?

Qual a mobilidade e grau de biodisponibilidade desse mercúrio nesses ambientes?

Essas foram as principais questões que motivaram a equipe de biogeoquímica a elaborar esse estudo, que contou com um forte reconhecimento de campo e ensaios de simulação em laboratório.

O grupo de biogeoquímica foi concebido dentro do Projeto Poconé a partir da revisão conceitual do projeto, baseada nos resultados das atividades de campo durante o ano de 1989.

Para elucidar as questões levantadas, foi extremamente necessária a participação multidisciplinar de profissionais de Química, Geologia, Engenharia de Minas e Biologia, conseguindo extrapolar suas ações, do CETEM, ao Departamento de Química da UFMT e Instituto de Geociências da USP, Biofísica da UFRJ e METAMAT - Cia. Matogrossense de Mineração, através de convênios onde planos de trabalho conjuntos foram estabelecidos.

Objetivou-se nos estudos do ciclo biogeoquímico do mercúrio ressaltar os fatores de migração e incorporação do mercúrio aos vários compartimentos naturais, com ênfase aos ambientes aquáticos.

Os estudos da poluição mercurial causada pela atividade garimpeira têm-se caracterizado pela mensuração dos níveis de contaminação de sedimentos, águas e biota, bem como de uma caracterização momentânea de fatores físico-químicos determinantes de fases de estabilidade do metal poluente.

Esse estudo pretendeu avançar além da etapa de monitoramento, procurando verificar os mecanismos de incorporação de mercúrio nos vários compartimentos e também avaliar as variações sazonais que afetam parâmetros-chaves do ciclo biogeoquímico do mercúrio.

Os trabalhos enfocaram as seguintes etapas:

- a) escolha dos ambientes aquáticos em Poconé segundo propriedades que os diferenciasssem quanto aos mecanismos de fixação e liberação do mercúrio;
- b) estudos para conhecimento do *background* litológico de mercúrio nas áreas de influência do projeto;
- c) caracterização dos ambientes nas suas condições físico-químicas em função da sazonalidade, dando ênfase aos compartimentos: água e sedimentos de correntes;
- d) ensaios de adsorção de mercúrio iônico em diferentes solos e sedimentos, buscando identificar os fatores de fixação e liberação que explicitassem o ciclo biogeoquímico do mercúrio;
- e) estudos de extração seqüencial, buscando identificar as espécies geológicas fixadoras de mercúrio, bem como a contribuição antropogênica de contaminação ambiental, e
- f) estudos biológicos visando entender a cinética de incorporação do metal poluente na biota.

1.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE DE MERCÚRIO NOS AMBIENTES AQUÁTICOS

Caracterizar a forma com que o mercúrio effluente do garimpo migra nos ambientes aquáticos, passa primeiramente por entender as fontes de emissão desse metal. De modo simplificado pode-se visualizar que o garimpo, quando mal operado, emite mercúrio metálico para os compartimentos naturais de duas formas:

- . volatilizado (durante a queima de amálgama e fusão do ouro), e
- . metálico arrastado com os rejeitos de amalgamação.

A separação do mercúrio contido no amálgama aurífero, cerca de 40% em peso, normalmente é realizada através de aquecimento acima de 400°C, quando então o mercúrio se volatiliza. A recuperação do mercúrio pode ser feita pelo uso de retortas.

Farid et al (1990) apresentaram o balanço metalúrgico de dez garimpos de Poconé onde verificaram a enorme oscilação em relação à perda de mercúrio introduzido na etapa de amalgamação de concentrados gravíticos. Os números variam entre 0,9 e 49% de mercúrio perdido. Desses, cerca de 70% do mercúrio são perdidos quando os garimpeiros não utilizam retortas para condensar o metal volatilizado, 20% são arrastados nos rejeitos de amalgamação e 10% são estimados para as perdas durante a fusão do ouro esponja (resultado da pirólise do amálgama) nas casas compradoras de ouro em Poconé.

Assim, as características do mercúrio eventualmente perdido são distintas. No caso da volatilização, o mercúrio no compartimento atmosférico tende a ser ionizado ajudado pela luz ultravioleta e volta a terra preponderantemente solubilizado nas águas de chuvas.

Já o mercúrio arrastado nos rejeitos de amalgamação fica retido em pequenas lagoas (poços de resumo) onde foram realizadas as operações de amalgamação e bateamento. Essas lagoas freqüentemente se conectam com as drenagens locais, podendo permitir um arraste e dispersão do mercúrio metálico. Esse último fato, embora possível, não foi comprovado em Poconé. A alta densidade (13,5) do metal líquido não acusa halos de dispersão de mercúrio: pelo contrário, a tendência é de formação de pequenos núcleos de metal aglutinado no fundo da drenagem.

À exceção daqueles processos gravíticos que, irracionalmente, utilizam o mercúrio nas próprias calhas concentradoras, ou daqueles insensatos que reprocessam rejeitos de amalgamação junto com o minério fresco, a possibilidade do mercúrio metálico se dispersar nas drenagens é pequena.

Em Poconé, no passado próximo, utilizou-se mercúrio em calhas rifladas, mas por pouco tempo e com pouca intensidade. A reciclagem dos rejeitos de amalgamação para os moinhos de martelos, juntamente com o minério primário, tem sido evitada através do trabalho de conscientização da equipe do Projeto Poconé.

A identificação dos pontos de maior contaminação mercurial, isto é, antigos poços de bateamento, já foi abordada no Relatório Anual de Atividades, Projeto Poconé (CNPq/CETEM-DTA - Desenvolvimento de Tecnologia Ambiental - Projeto Poconé).

Restava, então, verificar como o mercúrio migraria nos sistemas aquáticos, a partir desses focos de contaminação, que podem atingir dezenas de ppm de concentração mercurial.

O indício de que o mercúrio migrava a partir do Tanque dos Padres, associado ao material particulado em suspensão, foi abordado por Lacerda no referido relatório anual. A concentração de mercúrio chegou a atingir 1,04ppm na fração argila em suspensão. Caberia, a partir dessa constatação, verificar como o mercúrio se apresenta nessa fração granulométrica.

As possibilidades levantadas conduzem a simplificar os fatores em:

- a) mercúrio iônico adsorvido em argilominerais, óxidos hidratados de ferro e manganês ou matéria orgânica;
- b) mercúrio metálico, micropulverizado, associado a partículas minerais.

Qualquer que seja o mecanismo de mobilização, ainda resta um questionamento bastante complexo: o mercúrio é litogênico (isto é, natural) ou antropogênico?

O processo de enriquecimento de metais pesados em coberturas "lateríticas" ou em solos orgânicos é bastante conhecido na geoquímica de prospecção, levando por vezes a enganar os geólogos que dificilmente conseguem discriminar uma verdadeira de uma falsa anomalia. Trata-se da enorme capacidade de adsorção de metais pesados exercida pelos constituintes dos solos, que, após milhares de anos de percolação de águas superficiais, exibem teores elevados de um certo metal, sem que haja qualquer relação com os níveis mais profundos.

A mesma condição poderia ser extrapolada para o material particulado, onde o mercúrio presente poderia ser oriundo apenas do intemperismo de sulfetos, reconhecidamente ricos em Hg (de 0,1 a 200ppm de Hg; Jonasson e Boyle, 1979) ou de outros minerais contendo traços de Hg.

No caso específico da amostra de material particulado em suspensão, com 1,04ppm Hg, embora seja apenas um valor analisado, a história do uso de mercúrio na área e o *background* de 40 a 80ppb para as lateritas da área levam a crer que houve enriquecimento de mercúrio antropogênico na fração argila.

Para melhor posicionamento do problema poderíamos questionar: será que esse material particulado em suspensão mantém o mercúrio estável em sua forma adsorvida ou metálica? Como e onde o mercúrio está situado nesse material em suspensão? Poderia ser esse material um controlador do processo polutivo da área ou um dispersor de Hg?

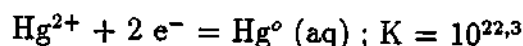
Pode-se verificar que tais questões independem da origem do mercúrio (antropogênico ou litogênico), a menos de um fato: o mercúrio proveniente da alteração de minerais é liberado no estado iônico, e o mercúrio dos rejeitos de amalgamação disperso nas drenagens está na forma metálica.

As condições de oxidação do mercúrio metálico são pouco favorecidas pelos parâmetros físico-químicos levantados para a área de estudo, contudo possíveis como será visto no capítulo III.6.

Uma vez oxidado a Hg_2^{2+} ou Hg^{2+} , o mercúrio está disponível a ser metilado. Cabe saber se o processo de adsorção dos íons de mercúrio pelo material particulado é mais rápido do que a metilação. Da mesma forma é importante reconhecer quais são as fases minerais protagonistas nessa adsorção e qual o grau de reversibilidade do processo.

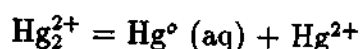
L2. OXIDAÇÃO DO MERCÚRIO METÁLICO E ADSORÇÃO DOS SEUS ÍONS

O mercúrio metálico apresenta baixa solubilidade em água, da ordem de 100ppb, sendo que na maioria dos ambientes aquáticos predomina a espécie Hg^0 (aq):



As reações de oxidação do Hg metálico às suas espécies iônicas mais simples Hg^{2+} e Hg_2^{2+} apresentam energias livres de formação, respectivamente + 39,3 e + 36,5kcal/mol, ou seja, não são termodinamicamente espontâneas. Contudo, tal extrapolação diz respeito a ambientes quimicamente puros, havendo modificações quando se trata de ambientes naturais afetados por ações de outros íons dissolvidos, freqüentes mudanças climáticas, ação bacteriana, presença de matéria orgânica, entre outros.

Levantando-se a possibilidade de oxidação do mercúrio metálico ao íon mercuroso, essa espécie é meta-estável e se desproporciona:



Favorecido o aparecimento do íon mercúrico (Hg^{2+}), ele irá competir com uma série de fatores que resultarão em fenômenos como:

- a) adsorção em argilominerais, óxidos hidratados de ferro e manganês e matéria orgânica;
- b) precipitação na forma de óxido, hidróxido ou sulfeto;
- c) adsorção pela biota;
- d) reação com a metilcobalamina formada pelas bactérias, resultando no íon metilmercúrio;
- e) reação com o metano formando metilmercúrio;
- f) formação de íons complexos de cloreto, carbonato, sulfato, hidróxido de metilmercúrio, e
- g) complexação com outros grupos orgânicos.

Dentre as reações de maior cinética, destaca-se a adsorção pelos constituintes dos solos e sedimentos, muitas vezes reportados como material particulado em suspensão por se tratar de componentes minerais e/ou orgânicos de alta superfície específica e granulometria fina, portanto apresentando alta atividade na adsorção de íons de metais pesados.

Os processos de adsorção de íons podem ocorrer primordialmente por processos de: troca iônica, adsorção não específica e adsorção específica.

A troca iônica é caracterizada pelo balanceamento de cargas superficiais decorrentes do rompimento de ligações das unidades de aluminossilicatos, principalmente, que necessitam intercalar H^+ e OH^- para atingirem a neutralidade (é um caso típico dos argilominerais).

Existem, porém, condições em que a superfície de um sólido contém íons que não estão totalmente coordenados e por isso estão eletricamente carregados, sendo atribuído um potencial de superfície. Quando o sólido entra em contato com uma solução, existem micro regiões na sua superfície que adsorvem íons de carga opostas.

Os íons nem sempre se adsorvem diretamente na superfície do sólido, mas ficam hidratados próximos da superfície, atraídos por forças eletrostáticas. Essa adsorção é melhor explicada pela teoria da dupla camada elétrica e caracterizada como não específica.

Existe uma certa condição na interface sólido-líquido em que nenhuma transferência de carga ocorre entre a solução e o sólido. Essa situação é denominada "Ponto de Carga Zero" (ZPC) que normalmente é expressa pela medida do pH da solução nesse momento de equilíbrio; ou seja, o pH_{ZPC} de um sólido delimita a situação do sistema no qual o sólido não adsorve ânions ($pH < pH_{ZPC}$) ou cátions ($pH > pH_{ZPC}$) hidratados (no plano externo de Helmholtz).

Na adsorção não específica é possível se observar a reversibilidade da adsorção, à medida que se introduz íons de maior raio iônico e maior valência do que o íon que estava adsorvido (ou eletrostaticamente preso).

Alguns íons, contudo, podem ser adsorvidos diretamente na superfície do sólido por interações específicas que não são apenas simples forças eletrostáticas de atração. Assim é possível que um íon de mesmo sinal de carga da superfície do sólido fique aí alojado, atraído, a princípio por um desequilíbrio momentâneo de cargas de superfície, mas depois fortemente ligado ao sólido. A formação de um composto químico poderia explicar a pouca reversibilidade desse processo de adsorção (Hem, 1977; Kolthoff e Moskovitz, 1937).

Os pH_{ZPC} de algumas espécies minerais são os seguintes:

Tabela 2 - pH do Ponto de Carga Zero de algumas espécies minerais

MINERAIS	pH_{ZPC}
$\alpha - Al(OH)_3$	5,0
Fe_3O_4	6,5
$\alpha - FeOOH$	7,8
" $Fe(OH)_3$ " amorfo	8,5
$\delta - MnO_2$	2,8
$\beta - MnO_2$	7,2
caulinita	4,6
montmorillonita	2,5

Fonte: Stumm e Morgan (1981).

É necessário ressaltar que deve também ser enfocada a superfície específica dos componentes de solos e sedimentos, que conferem maior atividade nos processos de adsorção (específica ou eletrostática). Nesse caso, destacam-se os ácidos húmicos com $1900m^2/g$, os óxidos hidratados de ferro com $300m^2/g$, a montmorillonita com 50 a $150m^2/g$, a illita com 30 a $80m^2/g$ e a

caulinita com 10 a 50m²/g (Förstner e Wittman, 1979).

Assim sendo, cabe tomar maiores atenções com os componentes mais ativos na adsorção do mercúrio iônico que porventura venha a se formar, decorrente da oxidação do mercúrio metálico antropogênico ou trazido pelas águas das chuvas, ou proveniente do intemperismo e liberação de mercúrio contido, como elemento traço nos minerais. Esses componentes são:

- . argilominerais;
- . óxidos hidratados de ferro e manganês;
- . matéria orgânica.

A característica do tipo de ligação que o mercúrio forma com cada um desses componentes foi o motivo das experiências elaboradas em laboratório e descritas neste relatório.

1.3. ASSOCIAÇÃO DOS METAIS PESADOS COM MATÉRIA ORGÂNICA

A afinidade de metais pesados pelas substâncias orgânicas e seus produtos de decomposição, mesmo em pequenas concentrações, é de grande importância para o comportamento dos elementos traços nos sistemas aquáticos.

A decomposição de matéria orgânica de alto peso molecular é resultado primordial da atividade bacteriana, formando fragmentos menores e mais solúveis.

Os mais importantes produtos formados durante a decomposição das substâncias orgânicas são os ácidos húmicos. Segundo seu peso molecular e composição de grupos funcionais, os ácidos húmicos podem ser divididos nos seguintes grupos (Jonasson, 1970; Förstner e Wittmann, 1979):

a) humina, compreendendo os componentes de maior peso molecular. Estas substâncias são altamente polimerizadas e bastante insolúveis em soluções aquosas;

b) ácidos húmicos. São substâncias de peso molecular intermediário, de composição complexa e solúveis sob certas condições;

c) ácidos fúlvicos. São substâncias húmicas pouco condensadas e apresentam um papel fundamental na fixação de metais pesados pela grande quantidade de grupos funcionais. Os ácidos fúlvicos geralmente se apresentam dissolvidos nas águas naturais, e

d) ácidos orgânicos amarelos. São os ácidos húmicos de menor peso molecular, geralmente presentes em regiões de pântano. Os ácidos amarelos desempenham importante papel nas águas intersticiais, representando o último estágio de decomposição da matéria orgânica.

Na prática, nos ensaios laboratoriais visando a separação, as substâncias húmicas são divididas em três grupos:

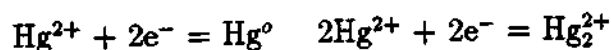
a) ácidos húmicos que são solúveis em álcalis diluídos (NaOH), mas são precipitados durante a acidificação do extrato;

b) ácidos fúlvicos que permanecem em solução durante a acidificação do extrato alcalino, e

c) huminas, que compõem o material húmico insolúvel tanto na base quanto no ácido diluído.

Os grupos funcionais $-COOH$, $-OH$, $-C=O$, dos ácidos húmicos e, principalmente, dos ácidos fúlvicos, lhes conferem o caráter ácido, com forte atividade de complexação, quelatização e adsorção de cátions metálicos. Quando dissolvidos em água, os componentes fúlvicos e húmicos são carregados negativamente.

A matéria orgânica, em seus diversos componentes, apresenta uma variada forma de interação com os íons metálicos nos ambientes aquáticos. Um dos efeitos marcantes é a redução da valência dos cátions metálicos. Em condições redutoras, por exemplo, é possível a redução do mercúrio iônico para sua forma metálica, através das seguintes reações:



por desproporcionamento do íon mercurioso (instável em soluções aquosas):



Metais podem ser ligados à matéria orgânica de diferentes modos:

- . matéria orgânica contendo grupos funcionais -COOH e -OH pode formar sais orgânicos nos quais o metal ocupa o lugar do H^+ ;
- . diretamente ao átomo de carbono, formando compostos organometálicos;
- . ligados aos átomos de N, O, P ou S, ou a outros grupos doadores de elétrons que participam na composição da matéria orgânica. A ligação é bastante forte nesses casos;
- . quelatização, ou seja, o cátion é fortemente fixado por ligações coordenadas a duas ou mais posições na matéria orgânica, e
- . adsorvidos eletrostaticamente à matéria orgânica.

A incorporação da matéria orgânica, contendo ou não metais pesados, aos sedimentos pode-se dar pela associação física com os minerais, ou pela adsorção de quelatos pelas fases mineralógicas mais ativas.

Uma questão que se apresenta em relação à fixação de metais pesados pela matéria orgânica é de se reconhecer o comportamento desses metais quando da decomposição do substrato orgânico. Há possibilidade de que os metais fixados possam ser liberados para a solução aquosa. Da mesma forma os organismos vivos que incorporaram metilmercúrio, por exemplo, quando mortos e decompostos, poderiam liberar o íon poluente para as águas. Novamente o controle polutivo seria exercido pela competição dos fatores geoquímicos (adsorção) e biológicos, podendo levar o mercúrio para uma situação de menor mobilidade e disponibilidade.

Todos esses fatores de competição devem ser melhor conhecidos para se relacionar quantitativamente os processo de migração do mercúrio dentro do seu ciclo biogeoquímico.

II. CARACTERIZAÇÃO DOS MICROAMBIENTES AQUÁTICOS ESTUDADOS

II.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MORFOLÓGICA DOS AMBIENTES ESTUDADOS

A região em estudo situa-se a sudoeste da cidade de Poconé-MT, sendo o acesso feito através da rodovia Transpantaneira, com entrada na altura do km 2, conforme mostra o Mapa 1 na página seguinte.

Trata-se de uma área drenada pelo denominado Córrego Tanque dos Padres, que corta sedimentos oriundos de antigas lavagens de minério, constituídos predominantemente por uma fração arenosa (quartzo e limonita) e uma fração siltico-argilosa, localmente chamada de "loléia". A deposição destes sedimentos ocasionou o assoreamento do referido córrego.

Existiram na região pelo menos três ciclos de lavagem de minério visando a exploração do ouro, sendo que nos dois primeiros (ocorridos em 1718/1920 e 1980/87) o minério era transportado de outros locais para ali processar-se o beneficiamento, e o último (ciclo atual) utilizando mecanização no local e também retrabalhando o rejeito grosseiro.

A área foi dividida em sete estações (correspondendo a sete microambientes), onde foram realizadas medições mensais das variáveis biogeoquímicas consideradas relevantes, abrangendo desde a nascente até a denominada fazenda Capão do Angico, onde o leito do córrego sofre espalhamento, caracterizado por um alagamento típico do Pantanal.

ESTAÇÃO I: (fotos 1, 2, 3)

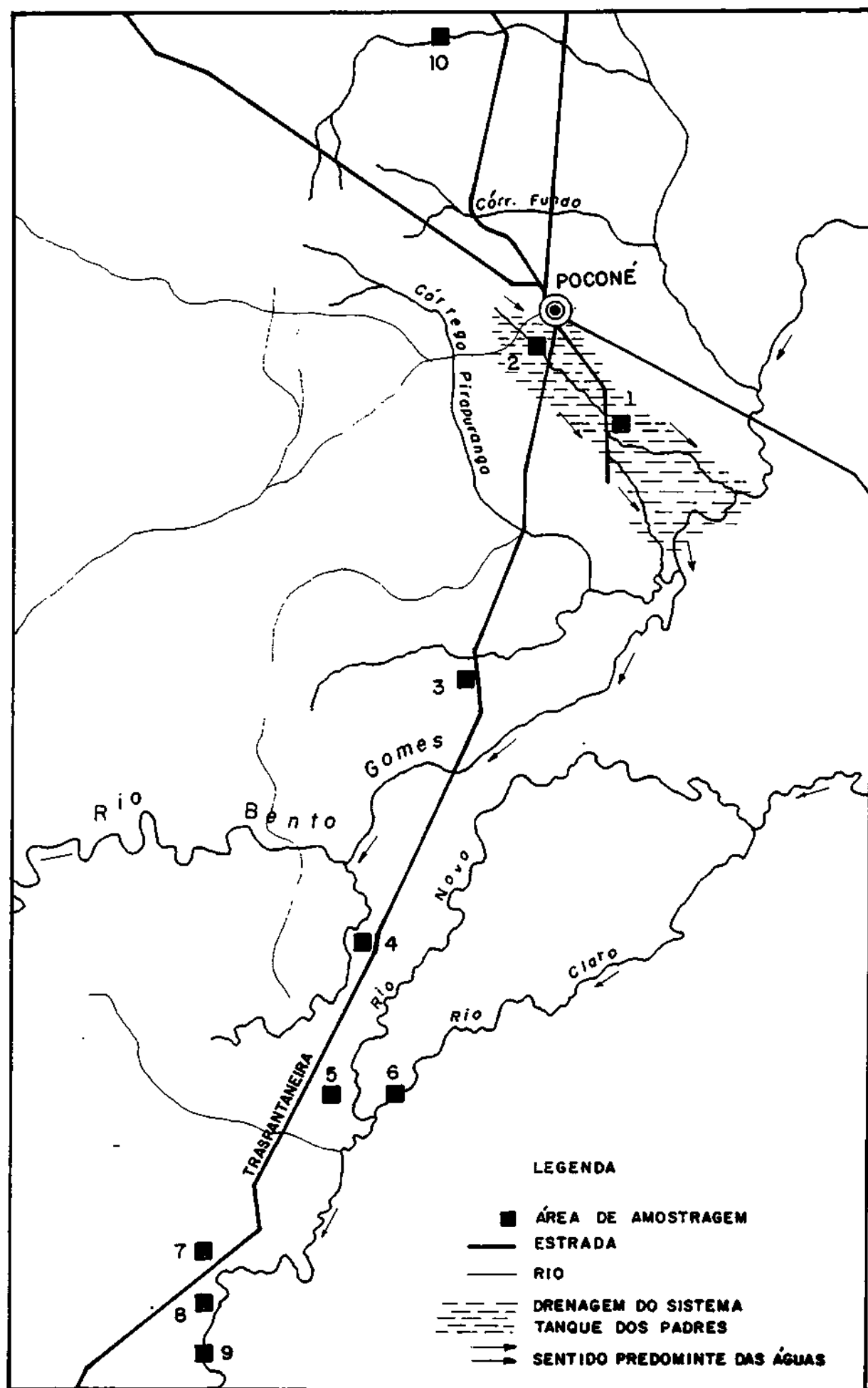
. Represa do Bugrinho Roque

Situada a cerca de 2200 metros a montante do Tanque dos Padres, com a formação de uma lagoa artificial de aproximadamente 3500m² de área e profundidade média de 3 metros.

Trata-se de uma represa formada por uma barragem reconstruída, apresentando a jusante o desenvolvimento de atividade de garimpo sobre o rejeito antigo, que vem sendo retrabalhado com a água proveniente da captação feita na lagoa. O local apresenta solo areno-argiloso de coloração avermelhada, com uma crosta de canga bastante ferruginosa, cimentando fragmentos irregulares de quartzo.

No local das nascentes d'água encontram-se argilas de coloração cinza clara com fragmentos de quartzo subarredondados. Na margem direita, encontra-se a formação de uma crosta limonítica e, a jusante da barragem, depósitos de rejeitos anteriormente transportados de outras áreas para a lavagem do material, sendo este atualmente retrabalhado.

Aparentemente a lagoa apresenta-se em condições satisfatórias quanto aos aspectos físicos da qualidade de águas e quanto à presença de organismos aquáticos, entre eles grande quantidade de peixes, como lambari, traíra, acará, e macrófitas das espécies como orelha de onça (*Salvinia auriculata*), dorme-dorme (*Neptunia oleracea*), camalote (*Ludwigia natans*) e aguapé (*Eichhornia azurea*) e também moluscos da espécie *Pomacea canaliculata*. Nota-se intensa atividade algal na lagoa, caracterizada por uma coloração esverdeada da água.



LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM, NA REGIÃO DE POCONÉ-MT (1990).



Fotos 1 e 2: Aspecto geral da Represa do Bugrinho Roque (EI-1), com a presença de macrófitas aquáticas (*Salvinia auriculata* e *Eichhornia azurea*) e vegetação de grande porte ao fundo (margens).



Foto 3: Detalhe das fotos anteriores mostrando bomba para captação de água.

À margem esquerda da lagoa existe uma vegetação de média densidade em uma faixa de 30 metros de largura, seguida de uma área de pastagem. A margem direita apresenta uma vegetação rasteira seguida predominantemente de capoeira.

As espécies mais representativas observadas no local são: jatobá (*Hymenaea sp.*), aroeira (*Astronium sp.*), genipapo (*Genipa americana*), imbaúba (*Cecropia sp.*), taboca (*Bambusa sp.*), angicos (*Piptadenia spp.*), cumbarú (*Dipteryx alata*), louro (*Cordia sp.*), bacuri (*Platonia insignis*), bocaiúva (*Acrocomia sp.*), assa-peixe (*Vernonia ferruginea*), esporão-de-galo (*Celtis sp.*), mulher-pobre (*Dilodendrom bipinnatum*), etc. Quanto às espécies da fauna, pode-se observar com certa frequência o tucano (*Ramphastos toco*), a garça branca-pequena (*Egretta thula*), o gavião caramujeiro (*Rostrhamus sociabilis*), o carcará (*Polyborus plancus*), etc.

ESTAÇÃO II: (fotos 4 e 5)

. Tanque dos Padres

Esta estação abrange a área que atualmente denomina-se Tanque dos Padres, ocupando uma área de cerca de 58400m², sendo o objeto de maior detalhamento dos estudos de comportamento do mercúrio, por conter os maiores focos de presença do metal.

Tal estação foi subdividida em quatro pontos de amostragem, com características particulares descritas a seguir:

. EII-1:

Ponto de amostragem situado a montante do chamado Tanque dos Padres, no leito do córrego de formação, aproximadamente a 50m a montante da lagoa, conforme mostra o Mapa 2 em anexo.

Localiza-se sobre o rejeito do garimpo, onde foi feito um furo de trado, que apresentou uma espessura de 1,5m de deposição do rejeito oriundo da atividade antrópica, constituído por areia/silte e silte/argila (lóléia) intercalados.



Foto 4: Córrego homônimo na entrada do Tanque dos Padres, correspondendo ao Ponto EII-1.



Foto 5: Aspecto da vegetação presente no ponto EII-1, mostrando em primeiro plano gramíneas desenvolvidas sobre rejeitos de garimpo (loléia) e ao fundo mata nativa de grande porte.

A área apresenta vegetação de formação rasteira recente, predominando gramíneas e capoeira, ladeada de vegetação de média densidade, representada por espécies vegetais da região semi-inundável.

. **EII-2:** (foto 6)

Ponto de amostragem situado na lagoa do Tanque dos Padres apresentando profundidade média de 1,10m (ver Mapa 2).

Encontram-se rejeitos de antigos beneficiamentos de minério, constituído por areia/silte e silte/argila (lóléia), no perfil amostrado de 0-40cm a partir da superfície.

A vegetação marginal é atualmente composta em sua maioria por gramíneas, ladeada por uma vegetação de média densidade.

À margem alagada encontra-se a presença de pequenos peixes *Geophagus sp* e do molusco *P. canaliculata*, espécies utilizadas quando das determinações que visaram rastrear a presença do contaminante mercúrio em organismos da área. Tal ponto de amostragem está situado sobre um antigo local de redução (concentração do ouro através da amalgamação de mercúrio), o que pode explicar as altas concentrações do metal encontradas tanto no sedimento como em organismos aquáticos.



Foto 6: Aspecto do Ponto EII-2, correspondendo a um antigo local de amalgamação de ouro. No local foi encontrado um foco de mercúrio.



Foto 7: Ponto EII-3, situado no Tanque dos Padres, correspondendo ao local onde foi encontrado o maior foco de mercúrio. Ao centro aparece uma caixa de madeira utilizada nos experimentos biológicos.

. **EII-3:** (foto 7)

Situado sobre o maior foco de contaminação de mercúrio, a dez metros da margem esquerda da lagoa (ver Mapa 2).

A área onde se localiza o ponto de amostragem também foi utilizada nos testes de absorção e assimilação de mercúrio em organismos aquáticos (peixes, moluscos e macrófitas), possuindo uma profundidade média de 1,0 metro.

À margem esquerda são encontrados rejeitos e blocos de canga de antigas atividades de beneficiamento de minério, ladeados de vegetação rasteira e árvores de médio porte, caracterizando antiga pastagem, sendo atualmente recortada por trilhas utilizadas pelos garimpeiros e moradores do local.

O sedimento de fundo do local amostrado num perfil de 0-10cm é composto de material misto de areia/silte e silte/argila (loléia) e uma argila plástica de coloração cinza amarelada, correspondendo ao substrato local. Também encontra-se esparsa vegetação em decomposição (troncos de árvores) o que contribui para uma atividade de deposição e liberação de nutrientes de origem vegetal e ácidos húmicos.

. **EII-4:** (foto 8)

O ponto de amostragem está situado à margem direita da rodovia Transpantaneira km 2,2, no sentido Poconé-Posto do IBAMA, onde ocorre a confluência da chamada Nascente do Zé Preto com as águas do Córrego Tanque dos Padres, local conhecido como "manilha". A profundidade média é de 20cm de lâmina d'água, apresentando material de fundo do tipo misto, predominando areia/silte sobre silte/argila (loléia), no perfil amostrado (0-20cm).

A água é naturalmente corrente e de aspecto transparente, favorecendo a visualização de organismos forrageiros como o lambari, acará etc. Suas margens apresentam-se recobertas de uma vegetação rasteira tipo gramínea.



Foto 8: Ponto EII-4, mostrando a entrada da manilha pela qual o Córrego Tanque dos Padres cruza a Rodovia Transpantaneira.

ESTAÇÃO III: (fotos 9 e 10)

Localizada próximo à margem esquerda do Tanque dos Padres, abrangendo uma área de cerca de 3600m², apresentando alagamento com a contribuição de pequena nascente d'água e a presença de grande quantidade de limonita (ver Mapa 2).

Nesta estação demarcam-se dois pontos de amostragem abaixo descritos:

. EIII-1:

Situado na base de um barranco (corte de estrada), possuindo três metros de altura, com solo avermelhado siltico/argiloso e a presença de fragmentos de quartzo e grande quantidade de limonita. Próximo ao local encontra-se um afloramento de sericita filito cinza-azulado, cortado por veios de quartzo concordantes com a xistosidade original da rocha. O local apresenta rejeito contaminado por mercúrio, indicando um antigo ponto de concentração de ouro, sendo ladeado por uma vegetação secundária bastante alterada, representada por gramíneas, samambaias e imbaubeiras, entre outras.

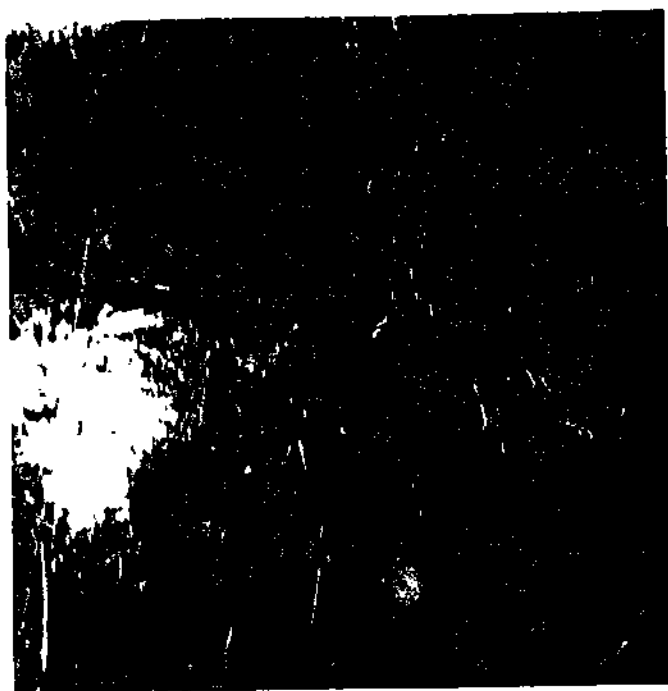


Foto 9: Mostra pequena nascente corrente sobre rejeitos grosseiros do garimpo, correspondendo ao ponto EIII-1. Trata-se de antigo local de amalgamação do ouro, onde foi detectado um foco de mercúrio.

. **EIII-2:** (foto 10)

Região semi-alagada pela contribuição da nascente situada no ponto EIII-1, para posteriormente desaguar na lagoa do Tanque dos Padres. No local de amostragem, encontra-se material siltico-argiloso (intervalo de 0-40cm), recoberto por vegetação rasteira e semi-alagada.



Foto 10: Região alagada temporariamente, em função da nascente existente em EIII-1 (foto anterior), correspondente ao Ponto EIII-2.

ESTAÇÃO IV: (foto 11)

O lago situado à margem esquerda da rodovia Transpantaneira, km 2,0, oriundo de um escavamento feito por garimpeiros com a finalidade de acumular água e ocupando uma área de 10240m².

Formado por uma nascente e recebendo pequena contribuição da percolação das águas do chamado Tanque dos Padres (através da rodovia). No ponto de amostragem a profundidade média é de 2,10m, onde está presente um sedimento constituído por argila cinza-amarelada (substrato), recoberta por silte/argila avermelhada (loléia).

A vegetação marginal é composta por gramíneas do tipo capim-navalha, samambaia e árvores de pequeno porte. No local encontram-se focos de contaminação por mercúrio, oriundo dos antigos locais de concentração de ouro. Tais focos estão localizados em sua maioria a cerca de 50m da margem esquerda da lagoa.



Foto 11: Lagoa existente à margem esquerda da rodovia Transpantaneira, onde situa-se o Ponto EIV. Representa um antigo local de captação de água utilizado pelos garimpeiros.

ESTAÇÃO V: (fotos 12, 13 e 14)

. Represa do Paulinho:

Situada a cerca de 1300 metros a jusante da margem esquerda da Rodovia Transpantaneira. Formada pelo represamento do Córrego Tanque dos Padres com a finalidade de captação de água para lavagem de minério e estando assentada sobre depósito de silte/argila (lóléia), com espessura de 1,5 metro, sofrendo portanto assoreamento com material proveniente da atividade garimpeira, a sua montante.

A margem direita apresenta afloramento de canga, ao passo que a margem esquerda apresenta solo areno/argiloso com fragmentos de quartzo. Sua vegetação marginal direita apresenta pastagem do tipo braquiara e plantações secundárias representadas por coqueiros. A margem esquerda apresenta-se recoberta de vegetação secundária, não muito densa e seguida de pastagem. A montante encontram-se algumas árvores (madeira nobre) como jatobás, e outras frutíferas, como a goiabeira.

Nesta estação existem dois pontos de amostragem, sendo que o ponto EV-1 está localizado no meio do lago, aproximadamente a cerca de 150m da barragem, e apresentando profundidade média de 65cm. O ponto EV-2 localiza-se a 50m a montante da barragem, com profundidade média de 1,25m. O ponto EV-1 foi descartado do processo de monitoramento por haver secado no período de menor pluviosidade.

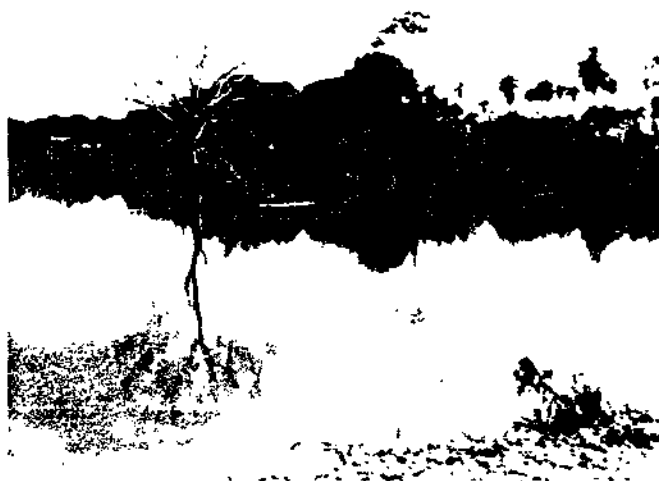
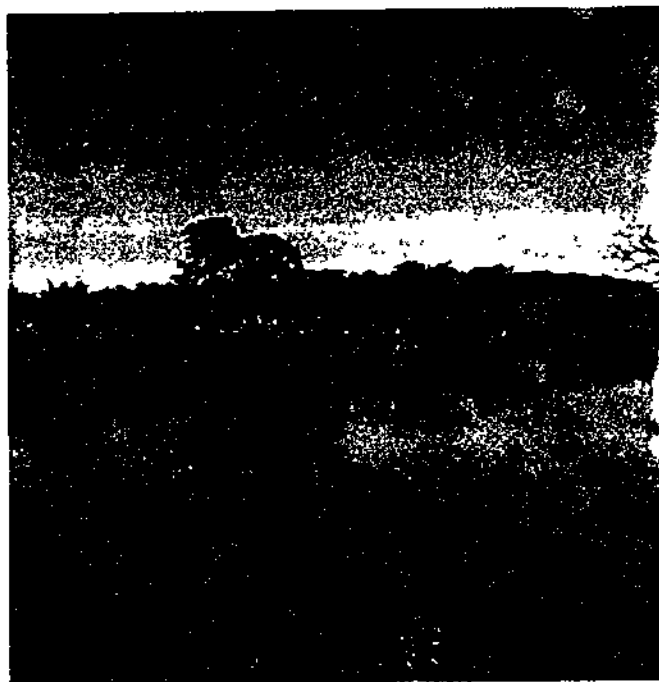


Foto 12: Aspecto da Estação EV, mostrando em primeiro plano parte da barragem artificial e ao fundo vegetação variada da margem esquerda.



Fotos 13 e 14: Vista geral da estação EV (Represa do Paulinho), observando-se à esquerda pasto com palmeráceas e ao fundo mata nativa de grande porte. Ao final da lagoa, na porção central da foto, nota-se a presença de gramíneas que desenvolveram-se sobre rejeitos de garimpo (loléia).

ESTAÇÃO VI: (fotos 15 e 16)

. Barragem do Batista:

Apresenta captação de água utilizada na lavagem de minério, localizada a cerca de 1500m do local. As águas da represa são oriundas da nascente do "Gonçalo", alagando uma área de cerca de 14000m². Esta represa localiza-se aproximadamente a 1200m a jusante da confluência da Rodovia Transpantaneira com o Córrego do Tanque dos Padres e a 200m de distância do leito do referido córrego, portanto não sofrendo influência direta dessas águas (mapa 2).

Tem como característica marcante uma altíssima densidade da macrófita do gênero *Nymphaea* e enorme quantidade de material orgânico depositado no seu leito. Sua vegetação marginal apresenta-se densa, oferecendo abrigo natural a diversos organismos e contribuindo também no processo de produção e troca de nutrientes.

Nesta represa demarcou-se apenas um ponto de amostragem, localizado a 30m da barragem e com a profundidade média de 1,60m. O fundo da represa é formado por sedimento areno-siltoso, de coloração cinza-amarelada (substrato), recoberto por uma fina camada de silte/argila de coloração avermelhada (lôleia).



Foto 15: Barragem do Batista, formada pela nascente do Gonçalo, corresponde a Estação EVI. A foto salienta a altíssima densidade de macrófitas do gênero *Nymphaea* presentes no local.



Foto 16: Mesmo local da foto anterior, mostrando ao fundo vegetação de grande porte. Em primeiro plano restos de utensílios abandonados pelos garimpeiros, muito comuns em toda a região.

ESTAÇÃO VII: (fotos 17 e 18)

. Capão do Angico:

Área típica de cerrado inundável (Pantanal) com pastagem natural, e árvores de pequeno a médio porte.

O seu solo é composto por material siltico-argiloso de coloração cinza amarelada, com restos de matéria orgânica (Formação Pantanal).

Esta estação apresenta dois pontos de amostragem bem distintos: EVII-1, ocupando uma área de 15000m² e apresentando uma profundidade média de 30cm, recoberto por vegetação rasteira e semi-inundada, com macrófitas, predominando a espécie *Potenderia lanceolata*. EVII-2, localiza-se em um lago artificial, com profundidade média de 1m, ocupando uma área de 7500m², sendo formado por drenagem das águas de inundação, em parte pela contribuição do córrego Tanque dos Padres. Tal lagoa, aparentemente apresenta-se estável, quanto à produção, troca de nutrientes e com características favoráveis para conter organismos forrageiros, como peixes, crustáceos e moluscos.



Foto 17: Ponto EVII-2, correspondendo a um açude visando fornecer água para o gado. Note-se ao fundo a presença de macrófitas (*Eichornia azurea*).



Foto 18: Ponto EVII-1, área sujeita a inundações periódicas em um ambiente típico do Pantanal. Nota-se ao fundo vegetação característica de áreas alagadiças.

II.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS SEDIMENTOS DOS AMBIENTES AQUÁTICOS ESTUDADOS

A mistura dos rejeitos minerados no Grupo Cuiabá (filitos com veios de quartzo encaixados) com os sedimentos ricos em matéria orgânica da Formação Pantanal, prejudica a interpretação dos contatos geológicos, denotando a extrema mobilidade dos finos de mineração nas drenagens da região. O ambiente EVI é típico dessa mistura, demonstrado pelo aumento do carbono total na superfície (0,09%) para até 4% a 25cm de profundidade.

Os ambientes estudados podem ser caracterizados como:

- aqueles onde a mineração se processa (Grupo Cuiabá), ricos em saprólitos de filitos carbonosos e sericíticos, cuja mineralização se processa pela inserção de veios de quartzo concordantes e discordantes (mais novos), e
- ambientes mais redutores (Formação Pantanal), ricos em matéria orgânica e constituídos de argilominerais do grupo da caolinita e vermiculita.

As análises químicas dos macroelementos foram realizadas no laboratório de química do Instituto de Geociências - USP, sob a supervisão do Dr. Raphael Hipolito.

Tabela 3 - Análise Química dos Sedimentos Aquáticos dos Microambientes Estudados em Poconé

Numeração de campo	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	MnO (%)	P ₂ O ₅ (%)	TiO ₂ (%)	H ₂ O ⁺ (%)	C (%)	S (%)
E-I-1	82,20	9,76	< 0,5	< 1,0	1,28	0,44	0,53	0,01	0,09	0,95	4,23	0,30	0,036
E-II-1	83,05	7,30	< 0,5	1,65	14,29	1,54	0,29	0,07	0,18	0,68	4,18	0,28	0,051
E-II-2	66,94	7,19	< 0,5	< 1,0	1,98	0,60	0,14	0,26	0,46	0,46	4,00	0,40	0,058
E-II-3	63,48	12,34	< 0,5	< 1,0	13,67	2,77	0,88	0,20	0,43	0,64	4,26	0,22	0,050
E-II-4	69,38	6,49	< 0,5	< 1,0	17,41	0,77	0,74	0,18	0,44	0,48	3,47	0,34	0,085
E-III-1	66,86	7,67	< 0,5	< 1,0	17,22	1,54	0,91	0,17	0,18	0,54	3,67	0,13	0,038
E-III-2	50,14	19,27	< 0,5	1,45	14,60	4,22	0,87	0,08	0,49	1,08	7,75	0,54	0,077
E-IV	58,00	15,02	< 0,5	< 1,0	15,28	2,06	0,59	0,07	0,44	1,09	6,00	0,72	0,060
E-V	62,58	11,69	< 0,5	< 1,0	14,56	2,08	0,39	0,08	0,38	0,87	5,06	0,342	0,058
E-VI-1	84,90	6,27	< 0,5	< 1,0	1,18	0,22	0,08	0,03	0,26	2,00	4,00	0,908	0,052
E-VII-2	88,07	5,29	< 0,5	< 1,0	1,56	0,32	0,18	0,01	0,22	1,05	2,41	0,965	0,066

OBS.: Análises efetuadas à base seca.

Observa-se, pelos resultados analíticos a pequena quantidade de elementos móveis e nutrientes nos ambientes de menor impacto antropogênico (EI-1, EVI e EVII-2), característicos dos sedimentos da Formação Pantanal.

Os outros ambientes, que sofrem influência da ação do homem (rejeitos de garimpo), de certa forma apresentam misturas de solo com rocha quartzosa e filitos, sendo esses últimos claramente ressaltados pela presença de teores mais elevados de potássio, proveniente do flossilicato illita. Da mesma forma, destacam-se os elevados teores de ferro atribuídos principalmente aos óxidos hidratados.

II.3. MONITORAMENTO DAS CONDIÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DOS MICROAMBIENTES AQUÁTICOS ESTUDADOS

A concepção de que o sedimento funciona como um depósito, no qual são acumulados uma série de elementos e compostos químicos retirados do meio ambiente, só é válida onde e quando não ocorram reações rápidas de troca. Esta condição ocorre nos corpos hídricos de grande profundidade dos lagos e oceanos, onde podem ocorrer fortes variações sazonais que modificam de forma diferenciada os parâmetros biogeoquímicos.

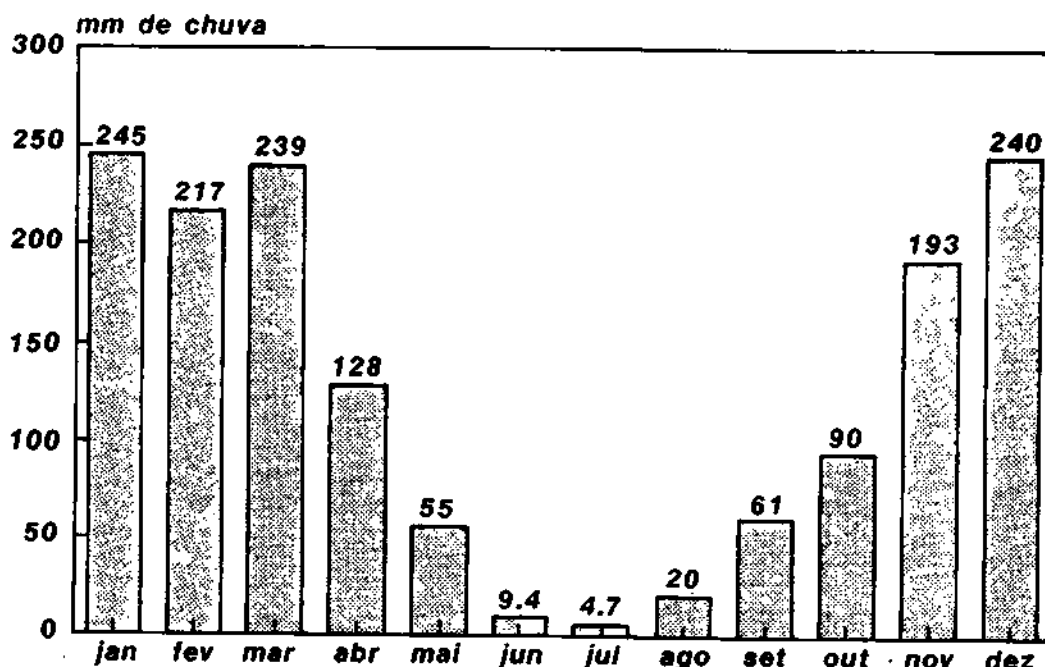
Nos rios, nos períodos de cheia, decorrência direta dos índices de pluviosidade regional, ocorre uma forte diluição dos teores de metais pesados nas águas.

Resultados diferentes desta relação esperada foram, entretanto, encontrados por Müller (1981) nos estudos realizados no Rio Neckar e seus afluentes. Durante o período de maior fluxo, após um longo período de seca, encontrou teores de zinco de até 342mg/l, correspondendo a 8,1 vezes o teor de zinco na água da média anual. Este comportamento foi observado por esse pesquisador também em relação aos demais metais pesados.

Este comportamento é explicado, segundo o pesquisador, por processos de trocas mais intensas na interface água/sedimento.

De qualquer maneira, os procedimentos de amostragem e medições devem levar em conta as variações pluviométricas influentes na área de estudo.

Os índices médios de pluviosidade mensal na região de Poconé, no período de 1978 a 1988, estão assinalados no Gráfico 1.



Média pluviométrica mensal de 1978 a 1988
Dados fornecidos pela EMATER-MT (Estação Poconé)

GRÁFICO 1 - PLUVIOMETRIA DE POCONÉ

De acordo com o regime das águas, foram observadas variações dos parâmetros físico-químicos em todos os ambientes analisados.

Alguns ambientes não puderam ser monitorados durante todo o período, pois secaram no auge da estiagem ou sofreram alterações profundas provocadas pelo homem (EII-3; EII-4; EIII-1; EV-1 e EVII-1).

. 1. pH

O pH é uma importante variável físico-química nos estudos ambientais em relação ao mercúrio. Muitos estudos têm demonstrado a existência de uma relação entre o pH e o teor de mercúrio nos peixes (Hakason 1980; Wren & MacCrimmon 1983; Dillon et alli 1984; Jernelev e Lann 1973).

Richman et al. (1988) listou cinco hipóteses para a influência de condições ácidas nos altos teores de mercúrio em peixes:

- a) A acidificação do ambiente aquático pode mobilizar tanto o mercúrio ligado ao sedimento quanto o mercúrio existente no material em suspensão. Isto aumentaria a parcela de mercúrio disponível para metilação e bioacumulação;
- b) Valores de pH mais baixos ($\text{pH} \leq 6$) podem favorecer a produção de monometilmercúrio, a forma mais assimilável pela biota, enquanto que para $\text{pH} > 6$ será favorecida a forma dimetilmercúrio, bastante volátil e de baixa disponibilidade para a biota.
- c) Condições ácidas podem alterar as taxas de metilação/demetilação pelos microorganismos;
- d) As condições biológicas características de um ambiente ácido podem ser um elemento importante para os mecanismos de transferência e biomagnificação a diferentes níveis do ecossistema, e
- e) A biota em ambientes ácidos pode ser mais eficiente bioacumulador de Hg comparado com condições neutras. A biota pode também apresentar taxas de excreção de mercúrio mais baixas em ambientes ácidos.

Segundo o autor, somente a combinação de vários fatores relacionados às condições específicas de cada ambiente pode explicar os teores mais elevados de Hg nos peixes em ambientes ácidos.

Os valores físico-químicos medidos durante o período estudado são apresentados em seguida:

Tabela 4 - Valores médios de pH, Eh e condutividade dos ambientes aquáticos estudados na região de Poconé

Variável	pH							
	Jun/90	Jul/90	Ago/90	Set/90	Out/90	Nov/90	Dez/90	Jan/91
Microambientes								
E-I	5,9	5,8	5,8	5,9	6,2	6,0	5,9	5,9
E-II	7,1	7,1	7,6	7,6	6,4	6,6	7,1	6,8
E-III	6,6	6,3	6,9	6,9	5,8	6,3	6,6	6,4
E-IV	6,2	6,0	6,5	6,4	6,1	6,0	6,2	6,2
E-V	7,4	7,3	7,4	7,3	6,8	6,7	7,0	6,8
E-VI	6,5	6,6	6,9	6,3	6,2	6,3	6,6	6,4
E-VII	6,8	6,9	7,4	6,5	6,6	6,4	7,0	6,0

Variável	Eh (mV)							
	Jun/90	Jul/90	Ago/90	Set/90	Out/90	Nov/90	Dez/90	Jan/91
Microambientes								
E-I	159	200	245	221	201	304	374	380
E-II	136	210	166	185	217	381	354	330
E-III	138	135	144	220	163	391	337	329
E-IV	86	91	70	220	210	330	258	280
E-V	129	165	189	151	173	337	285	290
E-VI	136	135	226	197	164	336	304	320
E-VII	144	159	181	192	132	292	290	340

Variável	COND (μ S/cm)							
	Jun/90	Jul/90	Ago/90	Set/90	Out/90	Nov/90	Dez/90	Jan/91
Microambientes								
E-I	13	20	18	10	40	21	19	17
E-II	85	78	77	80	160	83	81	83
E-III	27	30	32	30	70	34	34	33
E-IV	23	25	20	20	40	26	33	25
E-V	75	79	73	70	95	81	80	85
E-VI	36	32	37	40	80	46	42	39
E-VII	58	58	57	60	100	66	60	27

De um modo geral, durante o período levantado observou-se uma variação pequena dos valores de pH, situando-se entre 6 e 7.

O ambiente E-I, por apresentar condições de maior estabilidade, denota pouca variação no pH, levemente ácido, entre 5,8 e 6,2.

Os demais ambientes apresentam valores crescentes no período de menor pluviosidade (julho-setembro), com forte declínio do pH com o início das chuvas (outubro), possivelmente pela absorção do gás carbônico e solubilização de componentes húmicos das margens secas. A intensificação das chuvas provoca o aumento paulatino dos valores de pH.

2. Potencial Redox

Os valores de Eh nos indicam as condições redutoras ou oxidantes de um ambiente.

As condições de Eh e pH nos permitem elaborar diagramas de fases de estabilidade para um determinado elemento nos ambientes aquáticos.

Conforme podemos observar na Tabela 4, os valores do potencial redox (Eh), apresentam valores relativamente baixos nos meses de maior estiagem, variando entre 130 e 200mV até o início de pluviometrias maiores (outubro), quando possivelmente a solubilização de substâncias húmicas das margens provoca, inclusive, uma pequena redução nas condições redox. Com a intensificação das chuvas, e conseqüente maior oxigenação das águas, ocorre a elevação do Eh para valores próximos a 400mV. Juntamente com os valores de pH medidos, criam-se condições limites para a solubilização do mercúrio metálico dos rejeitos. Uma boa evidência de que deve ocorrer a solubilização do mercúrio naqueles ambientes é a detecção da presença do mesmo na fase trocável dos sedimentos, o que pode implicar na sua preexistência no estado iônico. Permanece, no entanto, a dúvida sobre o tipo de adsorção que estaria vigorando nesta fase, podendo a mesma ser resultado somente da ação de forças atrativas eletrostáticas entre superfícies de argilominerais e o mercúrio iônico.

Este assunto foi melhor exposto e discutido no capítulo I.1. que trata dos mecanismos de transporte do mercúrio em sistemas naturais.

A oxidação do mercúrio da sua forma metálica praticamente insolúvel, para sua forma solúvel e reativa Hg^{2+} , dependendo da competição entre os diversos elementos do ambiente aquático, pode propiciar processos reacionais que resultem em metilação do mercúrio.

Com a continuação das chuvas, de fevereiro a março, ocorre uma estabilização ou mesmo gradual redução dos valores de Eh.

As condições de Eh e pH para as fases de estabilidade do mercúrio são apresentadas na Figura 1.

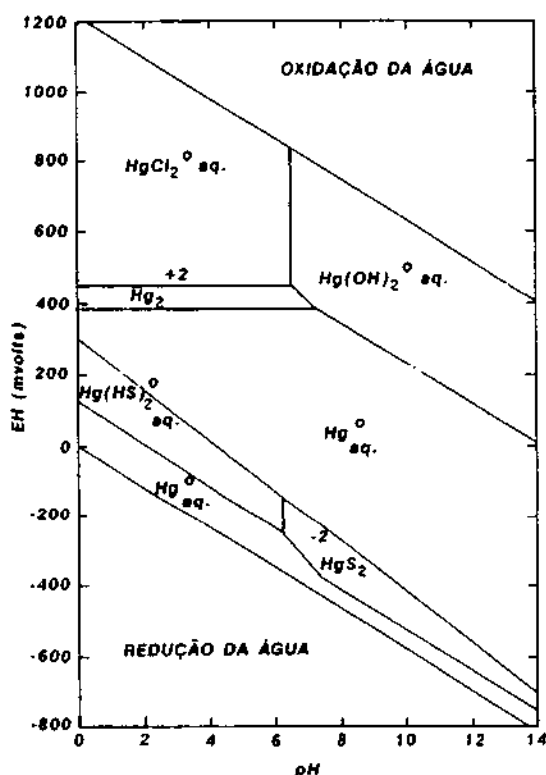


FIG.1 - DIAGRAMA DE ESTABILIDADE DO MERCURIO EM FUNÇÃO DO Eh e pH.
Fonte: U.S.G.S. (1970)

As condições apresentadas no diagrama de estabilidade do mercúrio devem ser tomadas como valores de referência, já que as condições no ambiente diferem daquelas nas quais são projetadas tais diagramas.

3. Condutividade

A condutividade é um indicativo do nível de solubilização de sais ou outros compostos no ambiente aquático.

Estudos canadenses (Wren & MacCrimmon, 1983) mostram que existe uma significativa correlação entre baixa condutividade e alto teor de mercúrio em peixes.

Os valores de condutividade medidos nos diversos ambientes, como podem ser observados na Tabela 4, apresentam-se bastante baixos durante o período seco. Com o início das chuvas em agosto/setembro ocorre inicialmente a infiltração nos solos secos. Com a continuidade e aumento da pluviosidade, aumenta o escoamento superficial para os corpos hídricos de sais e ácidos orgânicos solubilizados. Neste momento observa-se uma forte elevação da condutividade que, devido a diluição, tende a decrescer.

4. Oxigênio dissolvido - grau de saturação

Os níveis de oxigênio dissolvido em águas naturais são dependentes das condições físicas, químicas e bioquímicas dominantes no corpo hídrico.

Para melhor avaliar o impacto de rejeitos de garimpo sobre o grau de saturação das águas em oxigênio, separamos os ambientes estudados em dois grupos:

Grupo A - Ambientes que sofrem a influência direta dos rejeitos de garimpo (EII-2; EIII-2; EIV; EV-2);

Grupo B - Ambientes que não sofrem a influência direta dos rejeitos dos garimpos (EI-1; EVI; EVII-2).

A esse respeito há de se considerar, quando do monitoramento sazonal, que a profundidade e grau de estabilidade dos ambientes também é relevante. Na Tabela 5 observamos a profundidade dos ambientes estudados mês a mês.

Tabela 5 - Profundidade dos ambientes aquáticos estudados no período de junho de 1990 a janeiro de 1991

Profundidade Ambientes	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
EI-1	2,30	2,20	2,10	1,90	1,60	2,90	2,70	2,90
EII-2	1,00	1,10	1,60	1,60	0,70	0,70	0,80	1,30
EIII-2	0,20	0,20	0,28	0,20	0,20	0,20	0,25	0,30
EIV	2,20	2,10	2,00	1,80	1,70	1,50	1,40	2,00
EV-2	1,22	1,30	0,95	1,10	0,80	0,60	0,60	1,50
EVI	1,70	1,60	1,10	1,60	1,20	1,00	1,00	1,50
EVII-2	0,82	0,57	0,75	0,90	0,80	0,85	0,75	0,70

Percebe-se a variação de até 70% na profundidade dos ambientes aquáticos estudados.

As amostras foram coletadas a uma profundidade de 10cm a partir da superfície. Isto possibilitou o monitoramento mesmo nos ambientes rasos.

Principalmente os ambientes mais rasos sofrem profundas alterações quando do início de maior pluviosidade, tanto pelas águas das chuvas, quanto pelas águas de escoamento e infiltração das áreas adjacentes, como também pelo revolvimento de material de fundo consumidor de oxigênio.

O grau de saturação de oxigênio dissolvido num corpo hídrico é função inversa da temperatura.

O oxigênio dissolvido nos corpos hídricos pode ser consumido nas reações químicas (oxidação de compostos orgânicos e inorgânicos), como também pelos organismos vivos (respiração). A demanda química de oxigênio (DQO) e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) são variáveis que indicam o consumo potencial de oxigênio por estes processos. O DBO e DQO dos sedimentos dos ambientes aquáticos podem ser utilizados para explicitar o potencial de consumo de oxigênio principalmente em eventos de grande revolvimento do material de fundo. No caso de ambientes aquáticos de pouca profundidade, o período das chuvas provoca condições de fluxo e turbilhonamento resultando em forte revolvimento do material de fundo. A Tabela 6 apresenta os valores de DQO e DBO para os sedimentos dos diversos ambientes aquáticos estudados.

Tabela 6 - DBO e DQO dos sedimentos dos ambientes aquáticos estudados na Região de Poconé

Ambiente	DQO (mg O ₂ /g sedimento)	DBO (mg O ₂ /g sedimento)
EI	28,2	5,2
EII-2	32,8	6,0
EIII-2	53,4	13,6
EIV	55,0	10,5
EV-2	22,2	5,6
EVI	25,6	5,8
EVII-2	55,4	19,4

O Gráfico 2 apresenta os resultados de saturação do oxigênio dissolvido nos ambientes com

interferência direta dos rejeitos de garimpo.

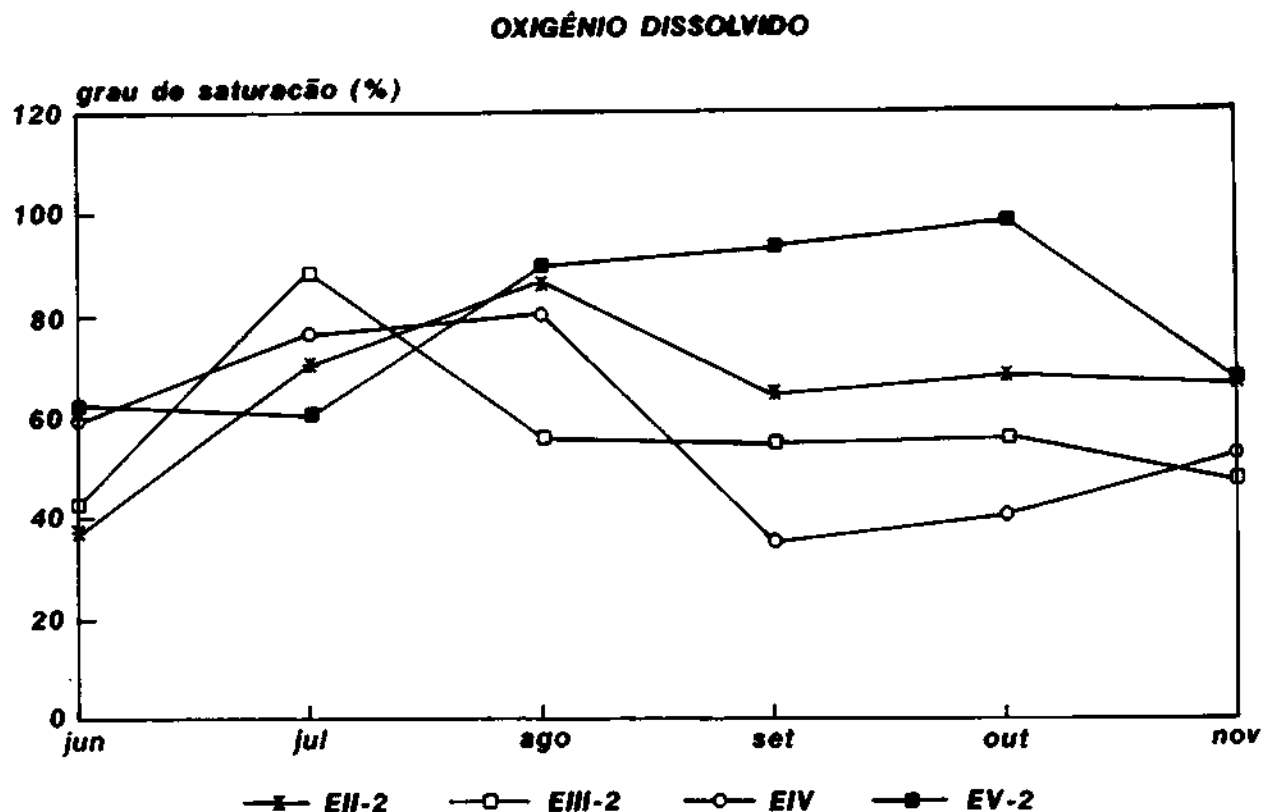


GRÁFICO 2 - GRAU DE SATURAÇÃO DO O_2 DISSOLVIDO NOS AMBIENTES COM INTERFERÊNCIA DIRETA DOS REJEITOS DE GARIMPO

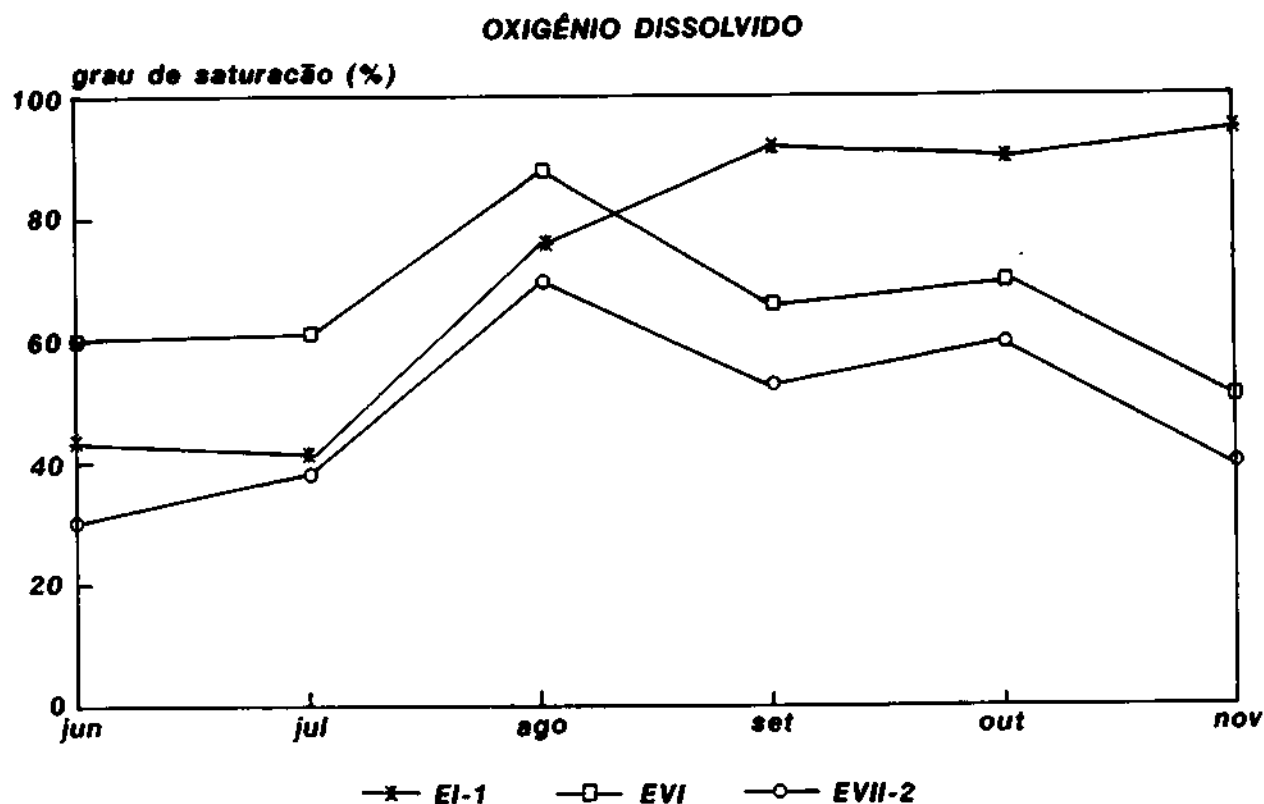
Neste grupo de ambientes estudados, o ambiente EV-2, por se encontrar mais afastado do banco de rejeito, apresenta uma variação do grau de saturação do O_2 dissolvido semelhante aos dos ambientes sem influência direta dos rejeitos. Nos meses de baixa pluviosidade e alta temperatura, este ambiente apresenta teores de O_2 dissolvido nas águas correspondendo a um grau de saturação de aproximadamente 60%. Com o início das chuvas, e conseqüente oxigenação, ocorre um aumento de saturação de O_2 dissolvido atingindo quase 100% na temperatura correspondente.

Nos outros ambientes com maior influência dos rejeitos de garimpo, o início das chuvas provoca forte revolvimento do material de rejeito e consumo do oxigênio dissolvido.

A explicitação deste fenômeno pode ser melhor observada na Tabela 6 pelas demandas de oxigênio (DQO e DBO) dos sedimentos dos ambientes aquáticos estudados.

No Gráfico 3 observamos a variação do grau de saturação do oxigênio dissolvido nos ambi-

entes não diretamente influenciados pelos rejeitos de garimpo.



**GRÁFICO 3- GRAU DE SATURAÇÃO DO O_2 DISSOLVIDO NOS AMBIENTES
NÃO DIRETAMENTE INFLUENCIADOS PELOS REJEITOS DE GARIMPO**

O ambiente EI-1 apresenta o comportamento típico de um ambiente aquático de condições estáveis. O oxigênio dissolvido apresenta um grau de saturação baixo na seca (40%) com aumento constante com a oxigenação provocada pelas chuvas. A maior profundidade, atingindo até 2,90m, não permite grande revolvimento do material de fundo, evitando um maior consumo de oxigênio.

Os ambientes EVI e EVII-2, de comportamento sazonal similar, apresentam índices de saturação de oxigênio dissolvido relativamente baixos durante a estiagem, aumentando razoavelmente com o início das chuvas e sofrendo nova queda com a intensificação do período chuvoso. No início das chuvas, com baixa pluviosidade, o solo seco absorve a maior parte das águas, não permitindo um escoamento maior de águas com substâncias húmicas e outros materiais consumidores de oxigênio. O revolvimento de material de fundo, devido às chuvas e maior fluxo das águas, provoca forte demanda de oxigênio. Estes dois ambientes se encontram na região pantaneira, com solos escuros de alta atividade biológica e alto teor orgânico. Os valores de DQO e DBO (55,4 e 19,4 mg O_2 /g sedimento respectivamente) do ambiente VII-2 indicam claramente o forte potencial de consumo de oxigênio do material de fundo quando revolvido.

5. Relação entre carbono/enxofre e mercúrio nos perfis dos sedimentos aquáticos estudados

As águas naturais de ambientes aquáticos não poluídos são caracterizadas por uma relação estacionária entre a biomassa e os metais pesados. A relação delicada entre os produtores e decompositores de biomassa pode ser afetada por uma adição excessiva de nutrientes ou substâncias tóxicas, inclusive metais pesados, provenientes da atividade humana.

A compreensão e quantificação dos processos de troca que ocorrem na interface água/sedimento é importante na elaboração de modelos que explicitem os mecanismos de transporte dos metais pesados nos ambientes aquáticos.

Os sedimentos formam uma mistura complexa, com quatro componentes principais: sílica, argila, matéria orgânica e óxidos de ferro e manganês.

O termo "sílica", como usado aqui, inclui outros minerais que as argilas e óxidos de ferro e manganês na maioria dos casos são silicatos e, mais comumente, sílica na forma de quartzo.

A associação de metais pesados com sedimentos pode variar de fracas forças de Van Der Waals até fortes ligações covalentes, coprecipitação com óxidos de ferro e manganês e incorporação nas redes dos cristais (Jonasson, 1970; Gibbs, 1973).

O teor de matéria orgânica nos componentes formadores de sedimentos é conhecido como forte absorvedor de metais pesados (capítulo I.3.).

Também o teor de sulfetos é um forte fator de fixação do mercúrio nos sedimentos, tornando-o praticamente indisponível para as diversas reações (Padberg, S. e Stoepler, M., 1988).

Segundo Björnberg et alli (1988), a atividade de Hg^{2+} em águas naturais é essencialmente regulada pela atividade de S^{2-} , a qual, por seu lado, é fortemente influenciada pelo pH e pelas condições redox.

H_2S é a forma dominante em condições de baixo pH. S^{2-} é dominante em pH alto. Nos valores de pH normalmente encontrados nas águas naturais (pH 4-9), a atividade de S^{2-} é bastante baixa, de 12 a 4 vezes menor que a concentração total de sulfetos. Com a acidificação das águas ocorre a contínua protonização de S^{2-} formando H_2S .

Devido às reações de protonização, a atividade de S^{2-} é bastante baixa ao nível do pH usualmente encontrado nas águas naturais. O equilíbrio entre Hg^{2+} e HgS é dado pela constante de solubilidade $K_s=10^{-52}$. Esta é uma constante extremamente baixa que indica que, na presença de sulfetos, praticamente todo Hg se apresentará na forma de HgS .

Desta forma, segundo o autor, a atividade de Hg^{2+} , e o teor de Hg nos peixes, pode aumentar caso a atividade S^{2-} seja diminuída em condições de pH baixo e redox alto.

As amostras de perfis foram coletadas nos diversos ambientes aquáticos estudados através da penetração de canos de PVC nos sedimentos.

Os canos foram serrados exatamente nas imediações das extremidades dos sedimentos coletados e lacrados. Este procedimento impede a deformação e mistura dos perfis coletados.

Os canos de PVC foram seccionados transversalmente em intervalos de 5cm, e o material de cada secção foi homogeneizado, secado, moído abaixo de 65 malhas e enviado para análise.

As análises dos teores de mercúrio dos ambientes EIV e EVI não foram fornecidas a tempo para inclusão neste relatório.

As análises de carbono e enxofre foram realizadas nos laboratórios da firma SGS do Brasil S.A - RJ. Os teores de mercúrio total foram analisados no Departamento de Química da UFMT. As metodologias analíticas empregadas encontram-se no final deste relatório.

Os teores de enxofre, em todos os segmentos dos perfis analisados, apresentaram valores muito baixos (<0, 1%) e não revelaram relação com os teores de mercúrio.

O Gráfico 4 mostra a relação entre o mercúrio e carbono total no ambiente EI.

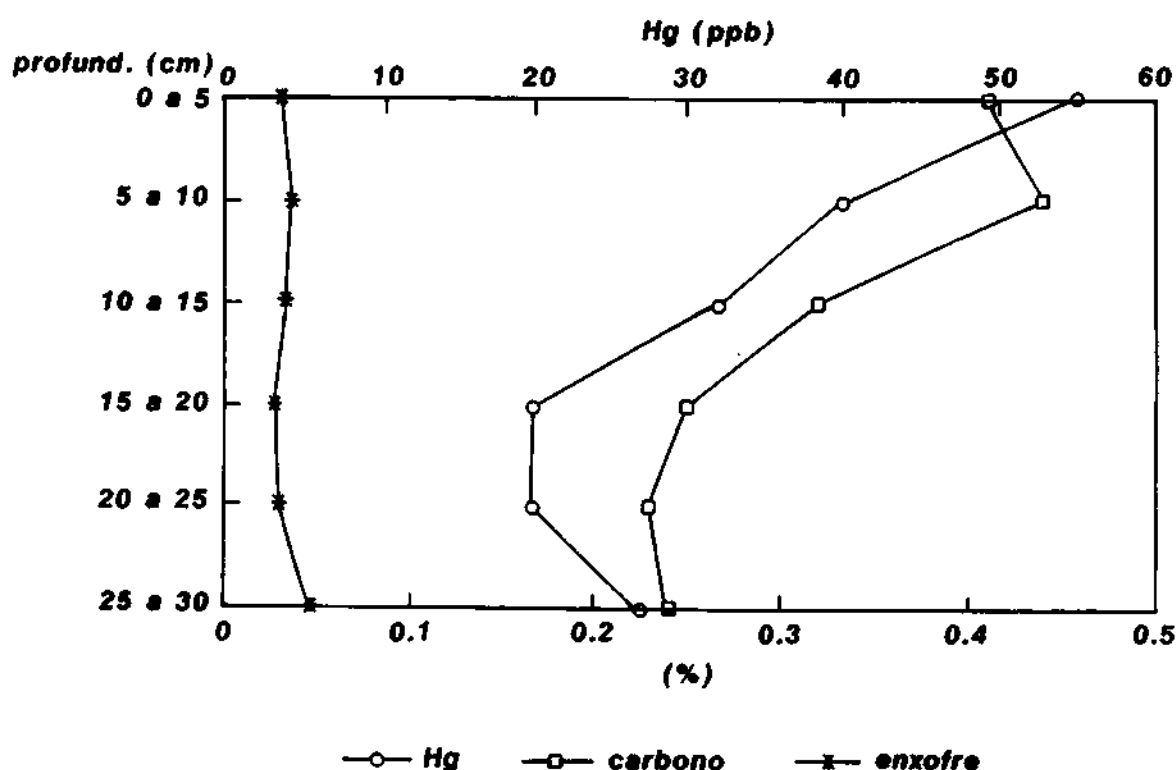


GRÁFICO 4 - RELAÇÃO ENTRE MERCÚRIO E CARBONO NO AMBIENTE EI - 1

Os teores de mercúrio nos diversos segmentos do perfil mostram um ambiente não poluído, com valores correspondentes ao *background* regional. Nota-se uma clara relação entre o teor de mercúrio e o carbono total praticamente em todos os segmentos do perfil.

O Gráfico 5 mostra as condições de carbono, enxofre e mercúrio no perfil de sedimento do ambiente EII-3.

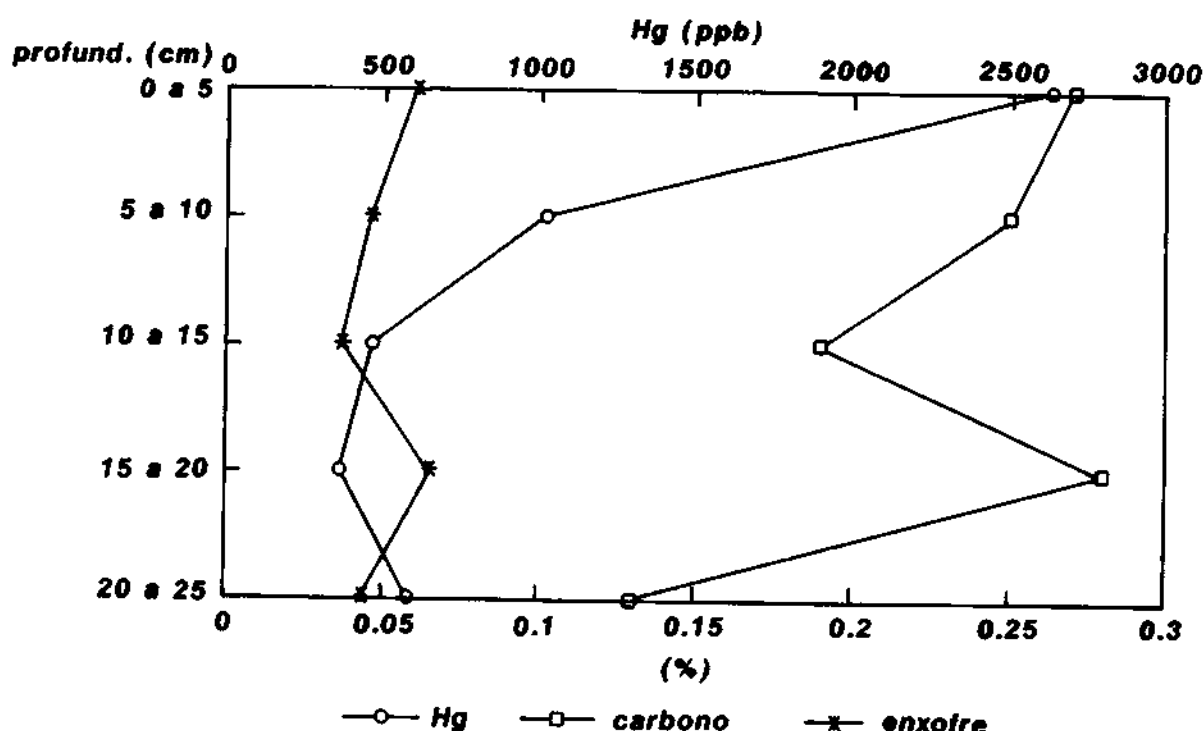


GRÁFICO 5 - RELAÇÃO ENTRE O MERCÚRIO E CARBONO NO AMBIENTE EII - 3

Este ambiente é caracterizado por uma forte presença do mercúrio. A fração argila (<2 micra) apresenta índices de enriquecimento de até 20 vezes o teor médio encontrado no sedimento bruto. A relação mercúrio/carbono não fica bem explicitada ao longo do perfil deste ambiente. Aparentemente a relação direta carbono/mercúrio só é válida em ambientes naturais ou com pouca presença do poluente, principalmente naqueles isentos de mercúrio metálico.

O Gráfico 6 mostra o perfil de carbono, enxofre e mercúrio no ambiente EIII-1. Este ambiente não apresenta teores relevantes de mercúrio. Podemos notar uma clara relação entre os teores de carbono total e mercúrio total nos diversos segmentos do perfil do ambiente EIII-1. Os picos apresentados nos segmentos de 10-15cm e de 20-25cm podem ser indicativos de processos de poluição pretérita. As fortes mudanças operadas pelo homem no ambiente físico não permitem determinar uma cronologia para o evento.

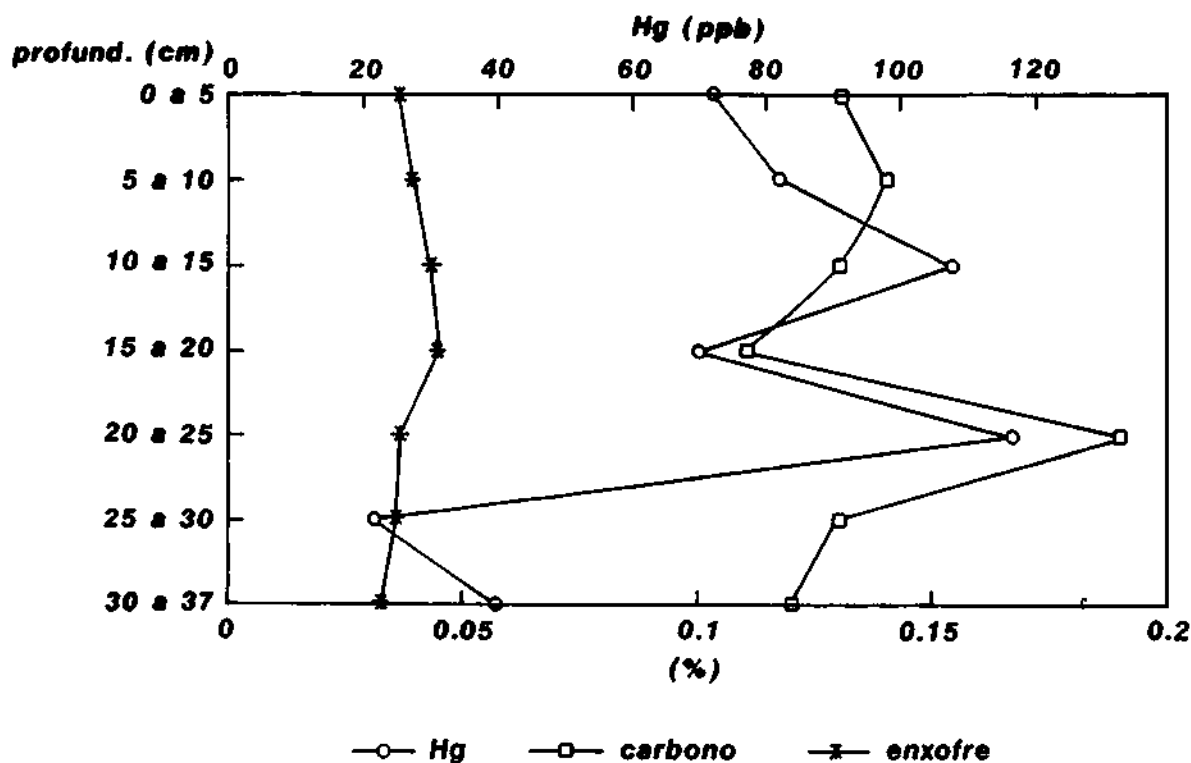


GRÁFICO 6 - RELAÇÃO ENTRE MERCÚRIO E CARBONO NO AMBIENTE EIII - 1

Nos ambientes EV-2 e EVII-2, Gráficos 7 e 8, como já havia sido observado no ambiente EI, existe uma boa relação entre os teores de carbono e mercúrio na camada superficial (de 0 a 15cm).

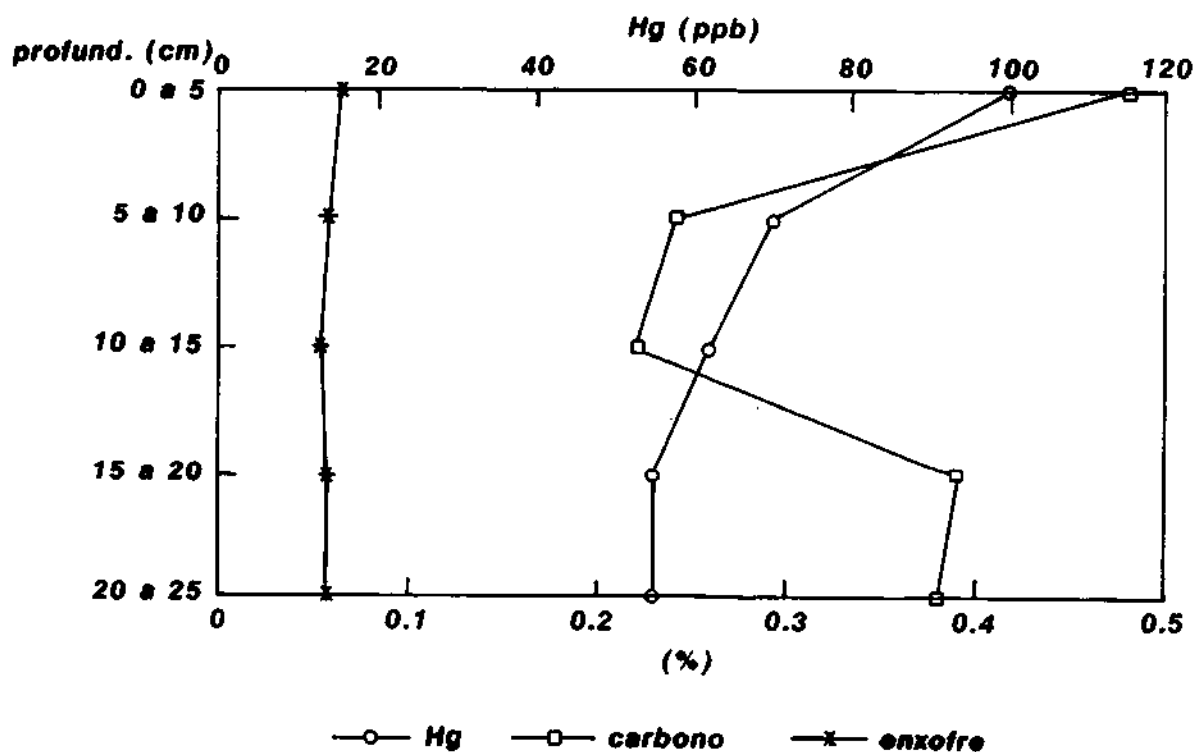


GRÁFICO 7 - RELAÇÃO ENTRE MERCÚRIO E CARBONO NO AMBIENTE EV - 2

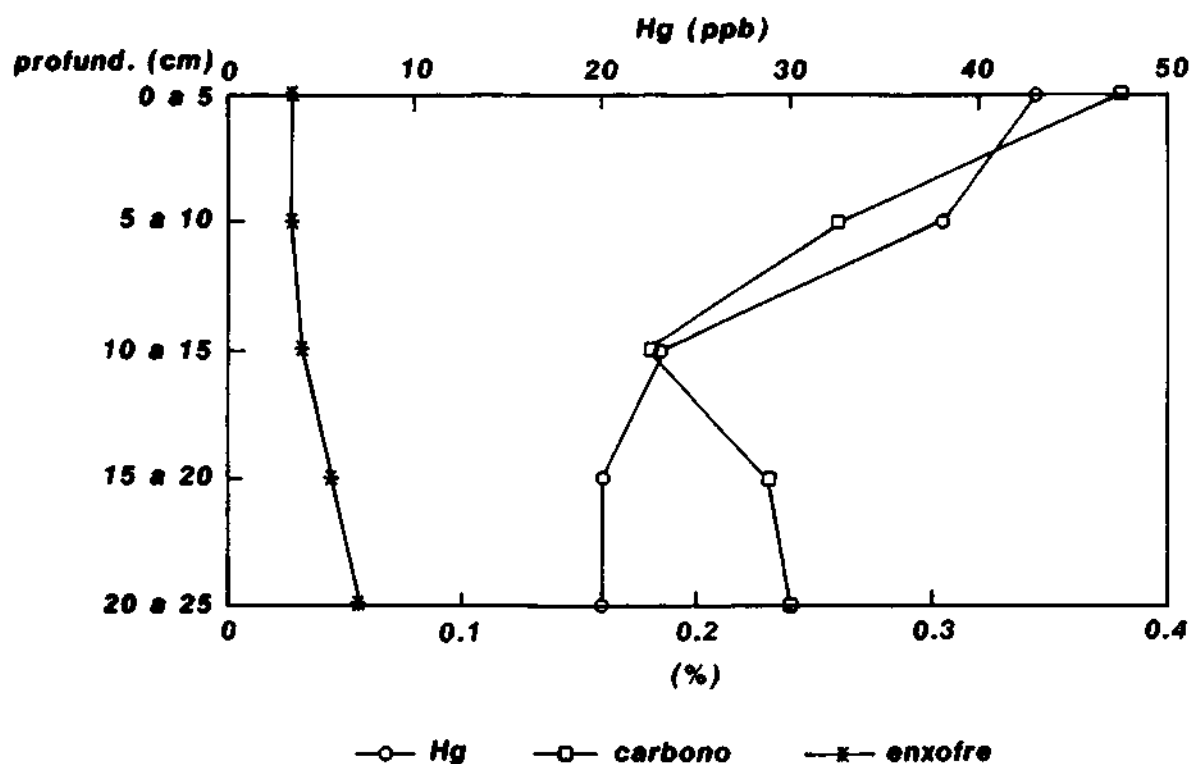


GRÁFICO 8 - RELAÇÃO ENTRE O MERCÚRIO E CARBONO NO AMBIENTE EVII - 2

Nos segmentos mais profundos dos perfis de todos os sedimentos, nota-se uma brusca queda nos teores de mercúrio, não acompanhada pelo teor de carbono. Isto pode sugerir um processo migratório do mercúrio litogênico para as camadas superficiais. Esta hipótese pode ser reforçada pelos gráficos 4 e 8 dos ambientes EI-1 e EVII-2. Estes ambientes não apresentam praticamente nenhuma influência direta dos rejeitos do garimpo. No entanto, nota-se o mesmo enriquecimento em mercúrio nos segmentos dos perfis em direção à superfície.

III. ESTUDOS DO MERCÚRIO NA REGIÃO DE POCONÉ

III.1. ENSAIO DE ADSORÇÃO DE Hg IÔNICO EM SEDIMENTOS DE POCONÉ

A distribuição e transporte do mercúrio em sistemas fluviais foi assunto de investigação dos canadenses através do "Ottawa River Project" (1977), onde se procurou diferenciar as fases granulométricas e mineralógicas carreadoras de mercúrio. Esse projeto teve várias ramificações, sendo que os estudos de adsorção-dessorção do mercúrio iônico forneceram informações importantes, tais como (Ramamoorthy e Rust, 1977):

- . a adsorção do mercúrio iônico em sedimentos ricos em matéria orgânica segue a isoterma de Langmuir, e os valores de constante de energia de ligação metal-sedimento e adsorção máxima apresentam perfeita correlação com o teor de matéria orgânica e com a granulometria dos sedimentos;
- . o mercúrio adsorvido apresenta altas taxas de dessorção na presença de soluções 10 M^{-1} de NaCl ou NTA (triacetato de nitrila), e
- . a dessorção do mercúrio é aumentada pela presença de maiores concentrações de outros metais pesados, como Pb, Cu, Cd, significando que em ambientes de mineração de sulfetos, por exemplo, o Hg pode ficar disponível em solução.

Os estudos de Reimers e Krenkel (1974) reportam que a dessorção do mercúrio em forma de HgCl_2 e cloreto de metilmercúrio é negligenciável, exceto na presença de illita e altas concentrações de cloreto. Esse fato prende-se, provavelmente, à influência da adsorção não específica exercida pela illita, sendo os cátions facilmente trocáveis na presença de sais de cloreto.

O principal objetivo desse ensaio foi avaliar a capacidade de adsorção de mercúrio iônico pelos sedimentos ricos em óxidos hidratados de ferro e aqueles ricos em matéria orgânica. Esses experimentos foram realizados nos laboratórios do Departamento de Química da UFMT contando com a operacionalidade dos seus equipamentos analíticos e pessoal.

Os materiais ensaiados foram:

a) material argilo-siltoso de cor vermelha, proveniente da porção inferior do Tanque dos Padres, constituído de quartzo, caulinita, illita, goethita, hematita e óxidos hidratados de ferro amorfos à difração de raios X (material do ambiente EII-4) com 17,4% Fe_2O_3 ; 69,4% SiO_2 ; 6,49% Al_2O_3 , 0,34% C, 0,085% S e 220ppb de Hg. Esse material é conhecido localmente como loléia por se tratar de finos rejeitados nos processos gravíticos de concentração de ouro. Trata-se de finos do filito ferruginoso mineralizado, e

b) material argilo-siltoso de coloração cinzenta, com matéria orgânica, típica da Formação Pantanal (material do ambiente EVII-2) constituída de quartzo, caulinita, illita, vermiculita e um argilomineral de camada mista. A amostra contém 1,18% Fe_2O_3 , 84,9% SiO_2 , 6,27% Al_2O_3 , 0,96% C, 0,052% S e 42ppb de Hg.

Tomou-se separadamente 300g de cada um dos materiais descritos e juntou-se em bechers de 1 litro de solução ácida (HCl) de HgCl_2 contendo 10ppm de Hg. O pH dessa solução situava-se em 3,2, diminuindo para 2,6 em contato com o material mais orgânico (b). A temperatura das

polpas foi de 25°C.

Os dois bechers com as polpas dos dois materiais foram agitados manualmente no início do teste, e após 1 hora de sedimentação uma alíquota de 19ml da solução clarificada foi pipetada, filtrada e adicionado 1ml de solução HCl 1:1 como conservante. Novamente agitou-se as polpas e após uma hora repetiu-se o procedimento de retirada de alíquota de solução para análise de mercúrio por espectrofotometria de absorção atômica. O pH das duas polpas após 1 hora de ensaio manteve-se estável em 2,6.

O ensaio de adsorção do Hg iônico prolongou-se na mesma rotina descrita, por 5 horas, obtendo-se os seguintes resultados:

Tabela 7 - Adsorção de mercúrio iônico em pH 2,6 por materiais argilosos de Poconé.
(a) = Rico em OHF, (b) = Rico em matéria orgânica, n.a. = não avaliado

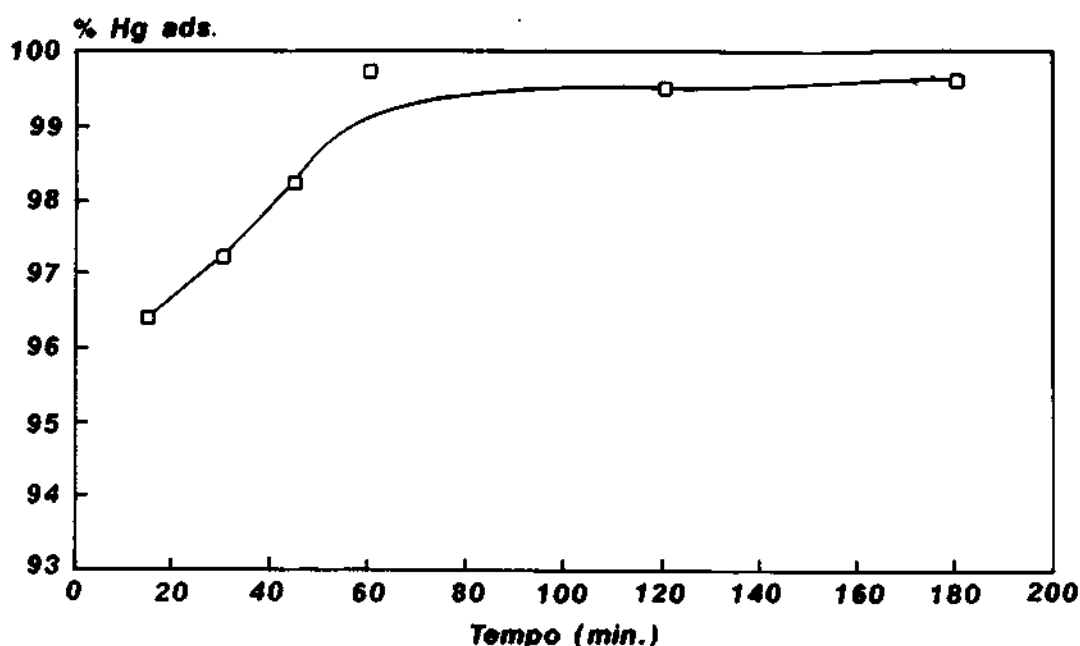
Material	Tempo(horas)	% Hg Adsorvido
(a)	1	37,2
	2	31,4
	3	40,0
	4	24,6
	5	22,4
(b)	1	42,2
	2	n.a.
	3	44,6
	4	45,8
	5	41,2

Pode-se observar que no pH de 2,6 a adsorção do íon mercúrico foi baixa, denotando-se o caráter débil da ligação, uma vez que pode-se inferir que a ligeira diminuição dos valores de mercúrio adsorvido com o tempo é causada pelo equilíbrio dessorção-readsorção.

O teste foi repetido utilizando a solução de HgCl_2 , 10ppm em seu pH natural, isto é, sem adição do HCl como conservante do mercúrio na solução. O pH dessa solução foi de 5,1 estabilizando-se em 5,5 após 2 horas de ensaio. A diferença de procedimento introduzida nesse teste foi de agitar a polpa apenas no início do ensaio. Esperando que o fenômeno de adsorção se processasse com maior intensidade em pH mais próximo da neutralidade, as alíquotas para análise de mercúrio foram retiradas com menor espaçamento de tempo. Maior atenção foi dada à amostra (a), rica em OHF, sendo portanto analisada com maior frequência.

Alíquotas das soluções da amostra (b) foram analisadas após 1 e 2 horas de adsorção, revelando que 95,8% e 95,7%, respectivamente, do mercúrio introduzido, foram adsorvidos pelo material argiloso rico em matéria orgânica.

A amostra (a), rica em OHF, apresentou comportamento similar à amostra (b), no que diz respeito à adsorção do mercúrio iônico adicionado. A rápida adsorção observada nos primeiros 15min. (Figura 2) leva a acreditar que predomine algum processo de troca de cátions com os argilominerais e mesmo com os OHF, isto é, mecanismos de adsorção não específica ou reversível, nos primeiros minutos.



**FIG. 2 - ADSORÇÃO DE MERCÚRIO IÔNICO
pH 5,5 material ferruginoso (lóléia)**

Objetivando caracterizar os protagonistas desse processo de incorporação, ao fim do ensaio de adsorção (3 horas), as amostras foram filtradas e lavadas no próprio filtro com água destilada, procedendo-se a seguir testes de extração seletiva do mercúrio em diferentes fases minerais de modo a tentar caracterizar o tipo de ligação do mercúrio com os componentes das amostras estudadas.

Os ensaios foram realizados sem discriminação de intervalos granulométricos, trabalhando portanto com os materiais *in natura*. Ressalta-se com isso que, se a fração argila fosse utilizada nos ensaios de adsorção, muito provavelmente a efetividade da interação material e mercúrio iônico seria mais intensa. As condições de concentração de mercúrio utilizada nesses ensaios foram, todavia, bastante elevada para se reportar a um ambiente por ventura contaminado de Poconé. Contudo, se a oxidação do mercúrio metálico estiver se processando, o microambiente em torno desse mercúrio pode alcançar concentrações de íon mercúrico ou mercurioso superiores aos 10ppm ensaiados. Nesses casos o fenômeno de adsorção irá competir com a precipitação de sais insolúveis de mercúrio.

III.2. TESTES DE ADSORÇÃO DE MERCÚRIO IÔNICO EM SEDIMENTOS ESTÁTICOS

Em continuidade aos ensaios de adsorção de mercúrio iônico, testou-se as mesmas amostras descritas anteriormente, sem distinção granulométrica, quanto à cinética de adsorção em ambientes sem turbulência, isto é, sem ação do material particulado em suspensão. Essa situação é, sem dúvida, extremada, uma vez que em nenhum sistema aquático natural os sedimentos de fundo apresentam imobilização total.

Para simular o ambiente contaminado com mercúrio iônico, tomou-se duas caixas d'água de amianto impermeabilizadas com tinta epoxy.

Cada caixa recebeu 100kg de cada amostra (EII-4 e EVII-2), previamente secas ao sol e destorroadas manualmente até que passassem pela peneira de 10 malhas (1,18mm).

As amostras foram assentadas no fundo das caixas, que receberam 280 litros de água deionizada. Com 20 litros de solução 150ppm de Hg, produzida pela solubilização de 4g de HgCl_2 , simulou-se a entrada de Hg iônico trazido pelas águas de chuvas.

O procedimento experimental envolveu a utilização de um regador de plantas chuveirando a solução mercurial sobre os 280 litros de água, sem que houvesse qualquer revolvimento no sedimento colocado no fundo das caixas.

Nas caixas, com capacidade de 500 litros, formou-se uma camada de cerca de 20cm de sedimento no fundo e 60cm de espelho d'água. As caixas foram cobertas e deixadas à sombra na casa do Projeto Poconé, onde a temperatura ambiente situou-se em 27°C durante o ensaio.

Após a introdução do mercúrio iônico, alíquotas de 50ml de água foram coletadas ao longo de 17 dias, com espaçamentos de tempo crescentes, sendo conservadas com 0,5ml de solução 0,01% de dicromato de potássio e ácido nítrico 5%, e encaminhadas a seguir, sob refrigeração, para análise por espectrofotometria de absorção atômica nos laboratórios do Instituto de Química da UFMT. O Eh e pH das águas ao final dos 17 dias de experimentação situou-se, para as amostras ferruginosas e ricas em matéria orgânica em 324mV e 240mV de Eh, e 6,4 e 6,1 de pH, respectivamente.

Os teores de mercúrio na água das duas caixas mantiveram-se inalterados, isto é, com 10ppm, até 30 horas após a introdução da solução de HgCl_2 . Essa constatação foi originada pela análise de 10 alíquotas retiradas em intervalos de 3 horas. A caixa 2, contendo o material mais ferruginoso, apresentou o mesmo teor de 10ppm Hg na água, até 48 horas após o início do ensaio.

Ao final de 17 dias os ensaios foram interrompidos, e, pelas curvas dos Gráficos 9 e 10, concluiu-se que o sedimento rico em matéria orgânica (caixa 1) adsorveu 96% do Hg adicionado e o material ferruginoso da caixa 2 (lóléia) adsorveu 80%.

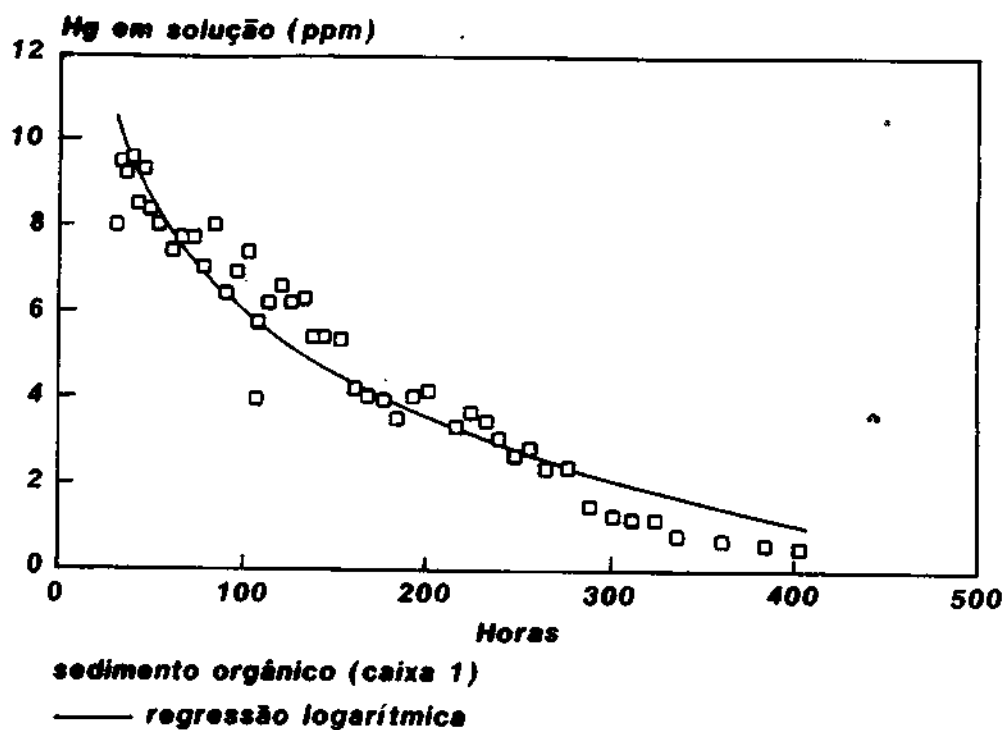


GRÁFICO 9 - ADSORÇÃO DE MERCÚRIO IÔNICO EM SEDIMENTO ORGÂNICO (Caixa 1)

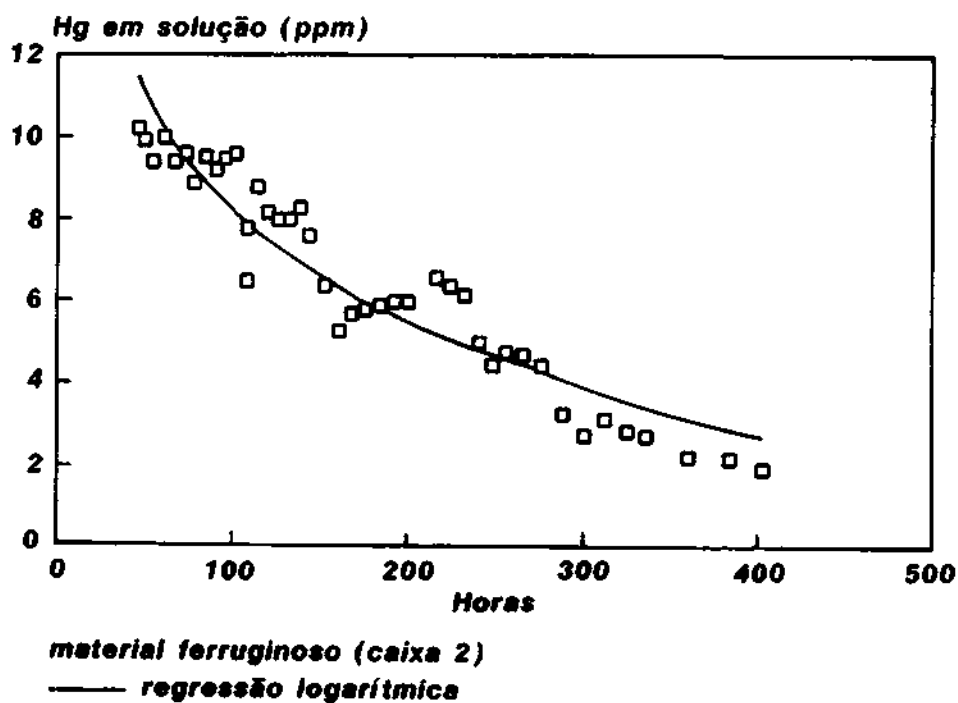


GRÁFICO 10 - ADSORÇÃO DE MERCÚRIO IÔNICO EM SEDIMENTO FERRUGINOSO (Caixa 2)

Os ensaios foram paralisados em 17 dias, pois as curvas de adsorção já atingiam um patamar de estabilidade, além do que a operacionalidade da experiência no campo começava a ser dificultada. Ao término do ensaio as caixas foram esvaziadas e os sedimentos no fundo foram perfilados de modo a se analisar a distribuição do mercúrio com a profundidade.

A maior surpresa ficou por conta do mercúrio metálico encontrado junto com os sedimentos amostrados após os 17 dias de adsorção. Essa constatação leva a crer que um processo de redução está se processando durante ou depois da adsorção do mercúrio iônico. Os agentes doadores de elétrons, nesse caso, poderiam ser: o Fe^{2+} ou a matéria orgânica ou os íons desordenados na superfície dos argilominerais.

O fato é que o aparecimento de microgotículas de mercúrio metálico, detectáveis a olho nu, mostra que o mercúrio iônico nos ambientes aquáticos de Poconé não apresenta grande estabilidade.

III.3. ENSAIO DE COPRECIPITAÇÃO DE MERCÚRIO COM ÓXIDO HIDRATADO DE FERRO (OHF)

O objetivo do ensaio foi avaliar a efetividade da adsorção do Hg iônico pelos óxidos hidratados de ferro recém-formados. A formação de pequenos precipitados de OHF no seio da solução favorece a adsorção de íons em maiores proporções do que quando o precipitado formado apresenta-se aglutinado. O processo de coprecipitação ocorre quando o precipitado está sendo formado e sua superfície está altamente ativada por cargas eletrostáticas. Esse fenômeno já havia sido investigado por Kolthoff e Moskovitz (1937), que perceberam uma maior incorporação de cobre aos precipitados de óxidos hidratados de ferro quando da coprecipitação, embora a adsorção posterior, isto é, o contato da solução cuprífera com os OHF já formados, também apresentasse relevantes resultados na adsorção do metal pesado.

Se o íon a ser adsorvido tiver afinidade química com o precipitado, sua incorporação poderá se dar através da formação de compostos químicos, cuja composição já foi e continua sendo muito estudada, mas pouco definida. De outra forma o íon adsorvido pode situar-se fracamente ligado à superfície do precipitado, sendo facilmente liberado por processo de troca iônica ou durante o período de envelhecimento do precipitado.

A experiência conduzida no laboratório de química do Instituto de Geociências da USP procurou reproduzir o modelo de adsorção de eventual mercúrio iônico presente nos ambientes de Poconé, quando da formação de óxidos hidratados de ferro, abundantes na região. A eficácia dessa coprecipitação, juntamente com o processo de adsorção posterior do mercúrio aos OHF já formados, deve ser um poderoso fenômeno de controle da dispersão do metal poluente nas drenagens.

Procedimento experimental

O ensaio de coprecipitação utilizou os seguintes reagentes grau analítico:

- . 900ml de solução 10g/l de $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$;
- . 100ml de solução nítrica de 100g/l de Hg;

- . 10ml de $H_2 O_2$ 50% v/v;
- . 100ml de solução de NH_4OH 50%.

A solução de sulfato ferroso foi misturada à solução de mercúrio e oxidada com a adição de 10ml de água oxigenada 50%, à temperatura ambiente. A precipitação do OHF se deu com a introdução paulatina do hidróxido de amônio. A variação do pH acusada foi de 3,5 para 12 ao fim da precipitação. O processo de filtração do precipitado foi facilitado pelo aquecimento da suspensão a 70°C. O material filtrado foi lavado com água a 80°C, procurando-se eliminar os possíveis sais precipitados, principalmente os de mercúrio.

A secagem do precipitado se procedeu em estufa a 50°C, evitando assim a volatilização do mercúrio incorporado.

O precipitado seco, pesado, foi atacado com HCl 1:1 e analisado por colorimetria apresentando uma concentração de 2200ppm Hg. Posteriormente, a espectrofotometria de absorção atômica do Departamento de Química da UFMT confirmou o resultado de $2109 \pm 31,6$ ppm de Hg.

Pode-se inferir, pelos resultados analíticos, que a coprecipitação de mercúrio iônico com os óxidos hidratados de ferro foi no mínimo de 98%, confirmando as experiências de Krauskopf (1956).

Muitos autores têm atentado para a importância geoquímica dos óxidos hidratados de ferro e manganês como os principais reguladores da concentração de metais pesados em solos e águas naturais (Jenne, 1968; Chao e Theobald, 1976; Davis e Leckie, 1978).

Sendo o pH_{zpc} dos OHF da ordem de 8,5 o mecanismo de adsorção de íons de metais pesados deve ser regulado por formação de compostos químicos superficiais, provavelmente ferrites (Hem, 1977; Egorov, 1967).

A adsorção específica de metais pesados pelos OHF pode, inclusive, ter importância econômica, como demonstrado por Veiga (1984), quando se verificou que a principal fase portadora de cobre no minério alterado do Salobo, Carajás, são os óxidos hidratados de ferro. A extração seletiva do cobre ligado a esse minério, cujo teor médio atinge cerca de 1% de cobre, não se processa sem que haja solubilização do ferro do substrato adsorvedor, ressaltando a possibilidade de existência de um composto superficial, provavelmente uma ferrite de composição similar a um espinélio.

A caracterização dos compostos químicos formados na superfície dos OHF nunca teve uma prova cristalográfica direta. Os testes de extração seletiva de fases minerais de componentes de solos e sedimentos são as melhores metodologias para evidenciar a presença de compostos de metal pesado com o ferro.

O efeito do pH na fixação dos metais pesados em solos e sedimentos pode também ser entendido pela troca competitiva do hidrogênio com os metais pesados, a princípio, atraídos por forças eletrostáticas. Os principais efeitos do pH durante o processo de adsorção podem ser simplificados assim:

- a) menos metais pesados são adsorvidos por solos e sedimentos em pH ácidos, e
- b) pelo menos uma parcela dos metais pesados adsorvidos são extraídos em pH ácidos (cátions trocáveis).

Gadde e Laitinen (1973) observaram em seus estudos que a adsorção de Pb iônico em OHF decresce rapidamente entre os valores de pH 5 e 7. Justamente nesse intervalo de pH os OHF apresentam suas superfícies positivamente carregadas, onde a atração de ânions seria mais propícia.

Também a matéria orgânica desempenha papel relevante na atividade de adsorção de metais pesados pelos OHF. Davis e Leckie (1978) sugeriram que compostos orgânicos (húmicos) ligados à superfície dos OHF coloidais podem agir como "ligantes" do metal pesado ao invés de se ter uma adsorção específica. A formação desses quelatos na superfície dos OHF pode ocasionar a redução pontual do ferro, permitindo, mais uma vez, a interação e formação de ferrites com os íons de metais pesados.

Outro teste adicional procurou observar a adsorção de mercúrio iônico pelo óxido hidratado de ferro sintético já formado.

O procedimento experimental para a precipitação do OHF foi idêntico ao descrito acima, excetuando que não foi introduzida a solução de cloreto de mercúrio. Obtido o OHF pela neutralização da solução de sulfato ferroso com hidróxido de amônio, levou-se o pH da polpa para 7 com adição de ácido sulfúrico. Adicionou-se, então, 10ml de solução 100ppm de cloreto de mercúrio e deixou-se a polpa sob agitação por 1 hora à temperatura ambiente. Filtrou-se e recuperou-se 7,80g de OHF precipitado. A análise do precipitado revelou uma adsorção de 74% do mercúrio adicionado, mostrando que o mecanismo de adsorção posterior do mercúrio é menos efetivo do que a coprecipitação.

III.4. PERFIL DE MERCÚRIO NOS SOLOS DO CENTRO URBANO DE POCONÉ

As casas de compra (e venda) de ouro recebem dos garimpeiros o ouro pré-queimado no garimpo, contendo ainda teores de mercúrio da ordem de 3 a 5%. A purificação do ouro ocorre através da queima em chama de ar/acetileno e utilização de escorificantes. Neste processo ocorre a volatilização do mercúrio residual e, dependendo das condições de exaustão e filtragem dos vapores provenientes da queima, ocorre forte emissão de vapores de mercúrio para o ambiente da loja e para o ambiente externo.

Pela sua localização em áreas urbanas, entre outras coisas caracterizadas pela formação de microclimas de baixa circulação de ar, essas fontes de emissão de vapores de mercúrio podem representar sério risco de impacto e contaminação ambiental.

Com o intuito de se avaliar a propagação do mercúrio emitido em forma de vapor pelas principais casas de compra de ouro no centro de Poconé (Goldmine, Matos Metais e Ouro Sul) foram coletadas amostras de perfil de solos a diferentes distâncias das casas de compra de ouro.

As principais casas queimadoras encontram-se bem no centro de Poconé, distando poucos metros entre si. As amostras foram coletadas em 5 pontos, distanciando-se das casas de compra de ouro em sentido Norte-Sul a 50, 100, 300, 500 e 800 metros da casa de compra Goldmine. Os perfis de solos amostrados por trado foram coletados nos seguintes locais:

- 1 - Clube (a 50 metros da Goldmine);
- 2 - Casa Lotérica (a 100 metros da Goldmine);
- 3 - Rua São Pedro (a 300 metros da Goldmine);
- 4 - Escola Toca do Coelho (a 500 metros da Goldmine);
- 5 - Casa do CETEM (a 800 metros da Goldmine).

Os perfis foram coletados através de furo de trado até 20cm de profundidade e seccionados em intervalos de 5cm. As amostras de cada intervalo foram secadas à sombra, moídas e classificadas a -65 mesh e analisadas segundo a metodologia colorimétrica desenvolvida pela equipe (Relatório Anual de Atividades do Projeto Poconé, CNPq/CETEM-DTA, 1989). A leitura das concentrações foi realizada utilizando-se espectrofotômetro UV-VIS MICRONAL, modelo 249. As análises das amostras de cada intervalo foram feitas em triplicada, sendo os resultados apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Comportamento dos Teores de Mercúrio nos Perfis de Solos do Centro Urbano de Poconé (em ppm).

Ponto Profund. (cm)	1				2				3			
	a	b	c	ϕ	a	b	c	ϕ	a	b	c	ϕ
0-5	0,41	0,35	0,33	0,36	0,58	0,46	0,47	0,50	0,16	0,39	0,28	0,27
5-10	0,27	0,33	0,28	0,29	0,16	0,12	0,18	0,15	0,12	0,16	0,17	0,15
10-15	0,27	0,24	0,23	0,24	0,08	0,02	0,10	0,06	0,13	0,16	0,16	0,15
15-20	0,12	0,16	0,15	0,14	0,01	0,006	0,005	0,007	0,18	0,15	0,16	

Ponto Profund. (cm)	4				5			
	a	b	c	ϕ	a	b	c	ϕ
0-5	0,16	0,13	0,15	0,14	0,06	0,06	0,07	0,06
5-10	0,08	0,12	0,12	0,10	0,04	0,04	0,04	0,04
10-15	0,10	0,09	0,12	0,10	0,04	0,05	0,04	0,04
15-20	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02

O comportamento dos teores de mercúrio nos perfis analisados pode ser melhor visualizado no Gráfico 11.

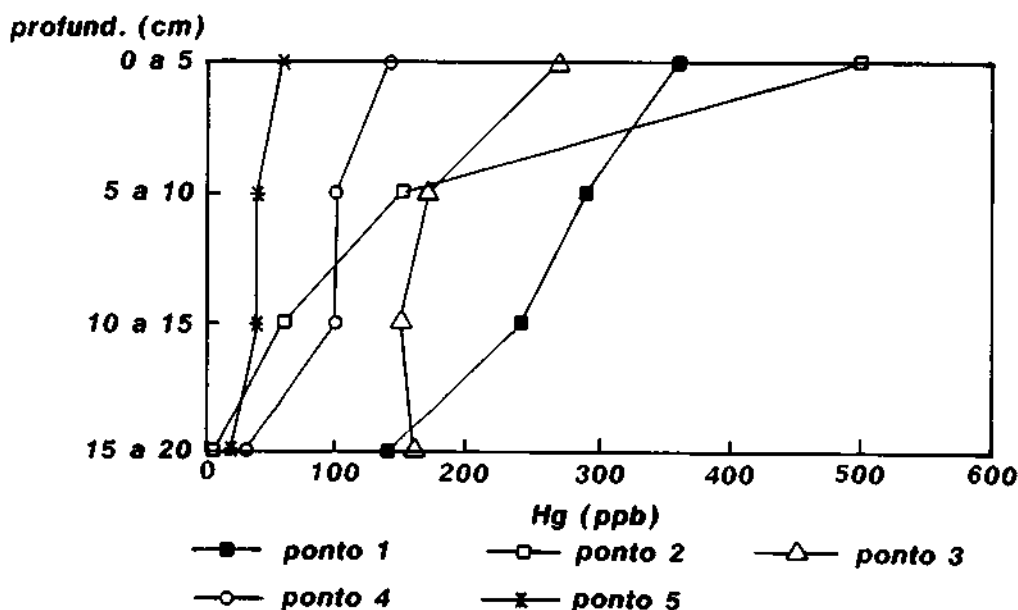


GRÁFICO 11 - Hg EM PERFIS DE SOLOS DE POCONÉ

Como pode ser observado no gráfico, com exceção do primeiro intervalo (0-5cm) do perfil colhido na casa lotérica, todas as curvas apresentam uma clara tendência de enriquecimento

superficial de mercúrio, tanto maior quanto menor a distância para as casas de compra de ouro amalgamado.

Apesar da forma pouco sistemática, e devido aos poucos pontos amostrados, devemos encarar estes resultados como preliminares. De qualquer maneira, os resultados apresentam fortes indícios de uma possível emissão de vapores de mercúrio a partir das casas queimadoras.

Isto vem ressaltar a necessidade de utilização de sistemas de exaustão e filtragem eficientes dos vapores provenientes da queima, que reduzam significativamente ou eliminem esta fonte de emissão.

Devemos ressaltar que os resultados assinalados não explicitam a época da emissão. Sabemos que algumas casas de compra de ouro têm procurado instalar capelas eficientes que minimizem as emissões. Os resultados assinalados, por isso, podem refletir processos de contaminação pretérita dos solos.

Nos pontos 1, 2 e 3, onde os teores médios de mercúrio no intervalo de 0-5cm são maiores que 270ppb, é evidente a participação antropogênica do mercúrio carregado pela atmosfera e depositado pelas chuvas e/ou condensação do metal. Estudos mais sistemáticos devem ser realizados de modo a se descontar a participação do mercúrio litogênico proveniente da ação do intemperismo sobre os minerais portadores desse metal como elemento traço.

III.5. O BANCO DE REJEITOS DO TANQUE DOS PADRES

A própria presença física de uma massa considerável de rejeitos de garimpo, possivelmente contaminada com mercúrio, assoreando quase que totalmente o Tanque dos Padres, foi a razão inicial para a ida do CETEM à região de Poconé.

O corpo de rejeitos atinge 62.400m² de área, com espessuras variáveis de 0,1 a 9,3m, sendo a espessura média de aproximadamente 5,0m. A partir das seções verticais foi possível calcular o volume de rejeitos em 305.640m³.

Pelo conhecimento das práticas garimpeiras na mineração de ouro, era de se esperar a presença de teores residuais de mercúrio nos rejeitos.

Por outro lado, os rejeitos estão fortemente associados à idéia de danos ambientais causados pelo garimpo, tanto no que toca ao componente mercúrico, como no que se refere ao manejo de grandes volumes de terra.

No caso específico do Tanque dos Padres não existem dados precisos que indiquem o início da atividade de beneficiamento. Na Enciclopédia dos Municípios Brasileiros, Ferreira (1958) menciona o Tanque dos Padres como um dos locais de bateamento usados pelo garimpo que deu origem à cidade de Poconé, no último quartel do século XVIII.

A partir da construção da rodovia Transpantaneira deu-se o represamento do córrego do Tanque dos Padres, sendo utilizado o espelho d'água, inicialmente para o lazer dos banhistas e, posteriormente, com o advento do surto de ouro a partir de 1982, passou o mesmo a ser utilizado como bacia de captação para o beneficiamento do minério de Poconé. Como a água era abundante, várias unidades de beneficiamento, constituídas de moinho de martelo e calhas rifladas, foram sendo instaladas ao redor do lago, sem que houvesse entretanto a preocupação em destinar os rejeitos às áreas secas adjacentes, em forma de bacias de decantação, o que ocasionou de forma gradativa a completa colmatação do espelho d'água.

Além disso, nas proximidades de cada unidade de beneficiamento procedia-se à operação conhecida como "resumo" do concentrado de minério, através do bateamento/amalgamação. Como era executada em circuito aberto, ocorria localmente uma grande perda de mercúrio metálico para o ambiente.

Embora não hajam dados sobre a quantidade de garimpeiros que beneficiaram minério no Tanque, e nem sobre os exatos equipamentos que cada um utilizou, a área pode ser considerada típica do surto recente do garimpo em termos de caracterização dos rejeitos ali acumulados.

Desde o início do Projeto Poconé, a questão do banco de rejeitos no Tanque dos Padres se colocou como fundamental. De um lado, a comunidade local ansiava por medidas que permitissem a recuperação paisagística e utilização do local novamente como balneário municipal; de outro lado, a visão ecológica impondo soluções que eliminassem os riscos de poluição por mercúrio nas cabeceiras de importante ecossistema qual seja o Pantanal Mato-grossense.

Principalmente a partir das campanhas iniciais de monitoramento na cabeceira do córrego do Tanque dos Padres até o rio Bento Gomes, os pesquisadores do Projeto Poconé questionaram a viabilidade da simples remoção do banco de rejeitos sem um maior conhecimento sobre as formas, quantidades e localização do mercúrio.

Temia-se que a movimentação do material pudesse ocasionar mecanismos de mobilização do poluente metálico, causando forte impacto ambiental.

III.5.1 Estudos realizados no banco de rejeitos do Tanque dos Padres

III.5.1.1 Amostragem do banco de rejeitos

Foram executados 89 furos de trado visando a amostragem de detalhe do banco de rejeitos, gerado pela colmatação do córrego Tanque dos Padres. Os furos foram locados inicialmente com espaçamento de 30 metros e, posteriormente, adensados para uma distância de 15 metros, prevendo-se a heterogeneidade da distribuição do mercúrio antropogênico. As amostras, coletadas de metro em metro, propiciaram a definição do perfil de distribuição granulométrica, bem como a determinação dos teores de Hg nos diferentes níveis amostrados.

Dessa forma, foram enviadas ao CETEM, 457 amostras representativas da ganga de garimpo, constituída essencialmente de sedimentos arenosos, silto-arenosos, silto-argilosos e argilosos, originados na cominuição em moinho de martelo e no refugo da concentração gravítica do minério aurífero.

Os resultados da fração -200 mesh (0,074mm) apresentaram teores médios entre $<0,04$ e $0,14\mu\text{g Hg total/g amostra}$. Os resultados detalhados das análises desse material já foram apresentados no Relatório Anual de Atividades (CNPq/CETEM-DTA - Desenvolvimento de Tecnologia Ambiental - Projeto Poconé, 1989).

III.5.1.2 Teor de mercúrio em trincheiras do banco de rejeitos

Com a finalidade de se obter informações sobre o comportamento do mercúrio dentro do corpo de rejeitos do Tanque dos Padres, foram abertas três trincheiras, onde foram coletadas amostras de calha, respeitando as variações composicionais dos rejeitos, de modo que sempre que havia uma mudança significativa nos constituintes (por exemplo, camada de argila em meio a pacote arenoso), uma nova amostragem era efetuada.

A descrição macroscópica dos perfis encontrados é mostrada a seguir:

TABELA 9: Caracterização das Amostras de Trincheiras

TRINCHEIRA	PROFUNDIDADE (Intervalo em cm)	DESCRIÇÃO
TR-1-1	0-100	Areia/Silte de cor avermelhada com níveis esbranquiçados. Pacote homogêneo.
TR-1-2	100-200	Idem ao anterior.
TR-1-3	200-300	Idem ao anterior.
TR-1-4	300-400	Os 15cm superiores constituídos de silte/argila, sendo o restante areia/silte.
TR-1-5	400-500	Areia/Silte, predominando a fração arenosa de coloração avermelhada.
TR-1-6	500-600	Material misto com pouca areia/silte na porção superior, sendo o restante silte/argila de cor avermelhada.
TR-1-7	600-770	Silte/Argila de cor avermelhada de tonalidade mais escura que as anteriormente descritas. Observou-se que quando ocorre esta camada o substrato do tanque está próximo.
TR-2-1	0-100	Areia grosseira de cor amarelo-avermelhada. Na profundidade de 90cm, presença de pequeno nível mais claro, constituído de quartzo e fragmentos de rocha.
TR-2-2	0-200	Níveis alternados de material ferruginoso bastante micáceo, material grosseiro lavado e silte/argila.
TR-3-0	0-10	Silte/argila de cor amarela-avermelhada, com gretas de contração e raízes de capim braquiara.
TR-3-1	10-75	Areia/Silte, cor amarela-acinzentada, compacta e seca.
TR-3-2	75-80	Silte/Argila de cor avermelhada a roxa, possuindo na parte inferior uma finíssima camada de silte/argila de cor amarelada.
TR-3-3	80-91	Intercalação de areia/silte de cor esbranquiçada com silte/argila de cor amarelada.
TR-3-4	91-98	Silte/Argila de cor vermelha a roxa na parte superior, passando a vermelho escuro e amarelada na parte inferior.
TR-3-5	98-228	A porção superior é constituída por 6cm de areia grosseira, cor acinzentada passando para avermelhada, por vezes com intercalações de outras cores. Na porção inferior do pacote há a presença de um pacote de 2cm de silte/argila.
TR-3-6	228-253	Material misto predominando a fração argilosa com lentes de silte de coloração mais escura. Camada bastante úmida.
TR-3-7	253-281	Areia grosseira com intercalações de silte/argila de coloração avermelhada.
TR-3-8	281-381	Material misto (silte/argila e areia/silte), predominando a fração areia/silte. Material úmido de cor avermelhada.
TR-3-9	381-481	Material siltico-argiloso, com pouca proporção de areia/silte. Material úmido de cor avermelhada.
TR-3-10	481-591	Material siltico-argiloso contendo pouca areia/silte na porção superior do perfil. Baixa recuperação do testemunho de amostragem devido a presença de água.
TR-3-11	591-611	Material siltico-argiloso de cor cinza-escuro, com vestígios de matéria orgânica. Alta plasticidade e difícil penetração material grosseiro lavado e silte/argila.
TR-4-1	0-100	Silte/Argila avermelhado, com intercalações de níveis mais siltosos de cor cinza-avermelhada.

As amostras foram secas à sombra, quarteadas e reduzidas em um almofariz de porcelana até uma granulometria em torno de 200 mesh, para posteriormente serem analisadas por método colorimétrico (mercúrio total), conforme descrito no capítulo V.1 (metodologias empregadas), sendo que a trincheira nº 4 não foi analisada.

Os resultados obtidos são os seguintes.

Tabela 10 - Teores de mercúrio nas amostras das trincheiras.

TRINCHEIRA TR-1		
IDENTIFICAÇÃO	Hg (ppm)	PROFUNDIDADE (Intervalo em cm)
T.1.1	0,040	0 - 100
T.1.2	0,025	100 - 200
T.1.3	0,028	200 - 300
T.1.4	0,160	300 - 400
T.1.5	0,091	400 - 500
T.1.6	0,028	500 - 600
T.1.7	0,100	600 - 700
TRINCHEIRA TR-2		
T.2.1	0,027	0 - 100
T.2.2	0,027	100 - 200
TRINCHEIRA TR-3		
T.3.0	0,33	0 - 10
T.3.1	—	10 - 75
T.3.2	0,041	75 - 80
T.3.3	0,023	80 - 91
T.3.4	0,045	91 - 98
T.3.5	0,043	0,8 - 228
T.3.6	< 0,020	228 - 253
T.3.7	0,022	253 - 281
T.3.8	0,081	281 - 381
T.3.9	0,018	381 - 481
T.3.10	0,039	481 - 591
T.3.11	0,027	591 - 611

Os resultados mostram que a grande maioria dos teores apresenta valores inferiores a 0,100 ppm, sendo ultrapassados somente em duas ocasiões, T.1.4 (0,160ppm) e T.3.0 (0,330ppm). Estes dois valores podem ser atribuídos a uma concentração superficial, de mercúrio associado à matéria orgânica e/ou uma possível mistura de rejeito contaminado (local de amalgamação de ouro).

Não foi possível observar com estes resultados qualquer indício de alguma migração para posterior concentração de mercúrio em algum nível preferencial.

Mesmo considerando-se que a fração utilizada nas análises, -200 malhas (0,074mm), apresenta uma menor concentração dos metais pesados que a fração argila (0,002mm), os resultados podem ser considerados baixos se levarmos em consideração que a média mundial para fração argila, segundo Turekian & Wedepol (1961) *apud* Mueller & Föerstner (1974), é de 0,400ppm,

o que coloca os teores encontrados abaixo da mesma:

Tabela 11: Teores médios mundiais de metais pesados para a fração argila.

ELEMENTO	TEOR MÉDIO MUNDIAL PARA ARGILAS (ppm)
Cd	0,3
Hg	0,4
Co	19
Pb	20
Cu	45
Ni	68
Cr	90
Zn	95
Mn	850

Fonte: Turekian & Wedepol (1961).

III.5.2 Análise dos Resultados

Para se avaliar as condições de contaminação, do material do banco de rejeitos do Tanque dos Padres, faz-se necessário o estabelecimento de critérios sobre o que se considera material sedimentar contaminado por mercúrio.

A Tabela 12 nos indica dados de estudos realizados em diferentes regiões sobre o teor de mercúrio total em sedimentos.

Tabela 12 - Teores de mercúrio em sedimentos segundo estudos em diversas regiões

LOCAL	TEOR Hg total $\mu\text{g/g}$	FONTE
Complexo estuarino-lagunar Iguapé-Cananéia (SP)	0,39-0,44	Eysink (1990)
Rio Tietê (SP)	<0,05-0,37	Eysink (1990)
Rio Piracicaba (SP)	<0,05-0,29	Eysink (1990)
Represa Barra Bonita (SP) (corpo central)	<0,05-0,48	Eysink (1990)
Represa Billings (SP)	<0,08-3,62	Eysink (1990)
Reservatório Rio Grande (SP)	0,82-96,2	Eysink (1990)
Reservatório Rio das Pedras (SP)	0,58-0,66	Eysink (1990)
Rio Moji-Guaçu (SP)	0,01-4,23	Eysink (1990)
Rio Pardo (SP)	<0,01-1,02	Eysink (1990)
Baía de Minamata (Japão)	2010	Purves (1985)
Baía de Guanabara (RJ)	7-9,8	Haekel et al. (1985)
Rios europeus naturais	0,01-0,55	Mitra (1986)
Rios europeus contaminados	3,0 - 46,8	Mitra (1986)
Rio Cubatão	0,04-0,12	Vargas-Boldrini (1990)

Comparando com os resultados apresentados na Tabela 12, os teores de mercúrio encontrados no material amostrado no Tanque dos Padres podem ser considerados baixos.

Com exceção das duas amostras com teores um pouco elevados, já analisados acima, os teores do material do banco de rejeitos do Tanque dos Padres se apresentam bastante similares aos teores médios encontrados nos estudos de Vargas-Boldrini (1990) no Rio Cubatão, e em seus afluentes, que são constantemente dragados, sendo parte do material usado em aterros, e parte comercializado por empresas de Cubatão.

Outra referência importante para a caracterização do material de rejeito do Tanque dos Padres é a legislação alemã, sabidamente uma das mais rigorosas do mundo na questão ambiental. A *Klaerschlamverordnung*, normalizadora de rejeitos sólidos, prescreve um valor máximo de $2\mu\text{g Hg total/g}$ amostra para a utilização de solos em diversas atividades, inclusive agricultura (Kloke, 1986).

Utilizando-se também o critério estabelecido por Prater e Anderson (1977), que classifica os ambientes aquáticos de água doce em não poluídos (teores de Hg total nos sedimentos menores que $1,0\mu\text{g/g}$) e altamente poluídos (teores de Hg total nos sedimentos maiores que $1,0\mu\text{g/g}$), podemos concluir que o material do banco de rejeitos do Tanque dos Padres pode ser considerado não poluído, podendo ser e utilizado para qualquer atividade.

III.6. ENSAIOS DE EXTRAÇÃO SELETIVA DE Hg DE FASES MINERAIS

Os estudos de metais pesados ligados a solos e sedimentos aquáticos adotam, classicamente, procedimentos de extração seletiva de metais das fases minerais de interesse. Os métodos empregados são os mais diversos, dependendo da concentração do metal pesado e do mineral portador. A abordagem da extração seletiva de metais incorporados em distintas fases minerais começou a ser empregada na prospecção geoquímica com a finalidade de ressaltar os valores anômalos dos teores de *background*. A geoquímica ambiental adotou e adaptou metodologias de extração seletiva no intuito de verificar a mobilidade e disponibilidade de metais poluentes ligados aos sedimentos.

Os procedimentos de extração seletiva de metais pesados podem enfocar duas abordagens:

- . extração do metal pesado de interesse sem efetivo ataque dos outros metais, ou
- . extração das fases minerais portadoras dos metais de interesse seguindo uma seqüência de reagentes crescentemente mais fortes.

A caracterização da especiação metálica individual, obtida pela extração seqüencial, fornece informações sobre:

- . mobilidade do metal no ambiente;
- . reatividade química, e
- . biodisponibilidade e impacto/toxicidade para os organismos.

A seqüência de ataque das fases minerais tem sido assunto de grande controvérsia entre autores; contudo, verifica-se que a ordem para a dissolução seqüencial é dependente do tipo de sedimento ou solo que se deseja conhecer e das espécies carreadoras dos metais pesados de interesse (Tessier et al., 1979, Rappin e Förstner, 1983; Patchineelam e Forstner, 1983; Gibbs, 1977; Agemian e Chao, 1976)

O interesse do estudo no âmbito do Projeto Poconé foi de se conhecer a interação entre os solos e sedimentos da área e o mercúrio iônico que possa estar sendo gerado nos ambientes onde exista mercúrio metálico, ou proveniente da alteração de minerais que contenham esse metal como elemento traço.

A dificuldade de se ter seletividade de extração das fases minerais, com a consequente solubilização do mercúrio nelas contido, é um dos principais fatos de não se ter bibliografia sobre análises seqüenciais para esse metal. Dessa forma os estudos aqui reportados devem ser considerados como preliminares, pois investigaram diversos reagentes, utilizados na extração de outros metais pesados, cuja sistemática ainda necessita aprimoramentos.

Provenientes da alteração dos filitos mineralizados da região ou das formações ferríferas muitas vezes intercaladas nesses filitos, os óxidos hidratados de ferro predominam na maioria dos ambientes estudados afetados pela ação da atividade de mineração. Esses óxidos de ferro, juntamente com o material argiláceo, produto da degradação dos filitos, foram e são dispersos no ambiente. Pelas suas características de abundância e de alta superfície específica, os OHF

são a fase mineral de maior atividade química entre aquelas que tiveram contato com o mercúrio antropogênico.

Em segundo lugar, em ordem de importância na adsorção específica do mercúrio iônico, ressalta-se a presença da matéria orgânica como fase adsorvente de metais pesados, ocasionando ligações nem sempre reversíveis. A matéria orgânica apresenta-se em maior quantidade nos argilitos da Formação Pantanal, onde inexistente atividade de mineração de ouro, podendo, porém, aquele ambiente, ser indiretamente afetado.

Por fim aparecem os argilominerais também como potenciais adsorvedores de mercúrio iônico, mas com características de fixarem os íons hidratados através de ligações fracas (forças de Van der Waals e eletrostáticas), reversíveis.

A seqüência proposta para a investigação do mercúrio nas amostras de Poconé foi a seguinte:

- a) trocável;
- b) associado à matéria orgânica e Hg metálico;
- c) associado aos óxidos hidratados de ferro, e
- d) residual, isto é, aquele contido nos minerais como elemento traço.

As experiências iniciaram-se, como foi mencionado, pela extração seletiva dos óxidos hidratados de ferro (OHF), solubilizando-os e analisando o mercúrio que foi para a lixívia. A maioria dos procedimentos reportados utiliza o princípio de redução de Fe^{3+} e complexação do Fe^{2+} gerado. Os reagentes clássicos nesse tipo de extração são:

- . reagente de Tamm (ácido oxálico: 12,6 g/l e oxalato de amônio: 25g/l) (segundo Endredy, 1963);
- . ditionito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) (Deb, 1950);
- . ácido oxálico (Parfenoff et al., 1970), e
- . ácido acético com hidroxilamina (Tessier et al., 1979).

O procedimento descrito por Duchaufour e Souchier (1966) associa o poder redutor do ditionito com o poder complexante do reagente de Tamm. O resultado obtido por Veiga (1984), na extração de cobre associado aos OHF no minério alterado do Salobo-Carajás, foi bastante satisfatório, ressaltando a associação desse metal com os produtos de alteração dos sulfetos cupro-ferruginosos primários.

O objetivo principal dos testes foi o de encontrar um reagente que solubilizasse o Hg associado aos OHF sem alterar seu estado de oxidação. Assim, haveria possibilidade de diferenciação entre mercúrio metálico e o ionizado que pode formar compostos com os OHF.

Supondo que o Hg se encontre associado aos OHF com valência 2, os reagentes testados procuraram evitar a solubilização do Hg metálico.

As formulações primeiramente testadas foram:

- a) reagente de Tamm + ditionito;
- b) reagente de Tamm + borohidreto de sódio, e
- c) reagente de Tamm + hidroxilamina.

Todas essas formulações testadas mostraram que menos de 1% de Hg metálico é atacado, indicando a possibilidade de um ataque diferenciado.

Nos ensaios preliminares, utilizando cloreto mercúrico grau analítico, observou-se que o ditionito de sódio promovia a formação de um precipitado negro (provavelmente HgS) inibindo, dessa forma, a solubilização do mercúrio iônico. As tentativas com outro tipo de redutor, o borohidreto de sódio, não foram frutíferas, uma vez que esse redutor tem sua eficiência restrita aos meios neutros e alcalinos.

As extrações utilizando reagente de Tamm + hidroxilamina 50%, a 80°C, foram aparentemente eficientes, constatado pela eliminação da forte coloração vermelha da amostra ensaiada (ambiente EII-4), apresentando resultados satisfatórios após 1 hora de extração. Contudo, ao se trabalhar com as amostras EII-4 contaminadas com Hg iônico como descrito no item III.1, observou-se que as leituras de mercúrio no espectrofotômetro de absorção atômica decaíam com o tempo. Levantou-se a possibilidade de que o mercúrio iônico solubilizado esteja sendo reduzido, não propiciando sua análise. Várias tentativas de utilização de um complexante mais forte, de modo a manter em solução tanto o ferro como o mercúrio, não surtiram efeito, pois o desaparecimento do Hg da solução ainda perdurava.

A adição de uma solução padrão de mercúrio (iônico) à solução filtrada do ataque de reagente de Tamm + hidroxilamina demonstrou o forte poder redutor dessa solução.

Conclui-se daí que a redução conjunta do ferro e mercúrio não propicia a solubilização do metal traço, pois coloca-o no seu estado metálico, precipitando-o no seio da solução juntamente com o sedimento em análise.

A metodologia testada procurou adaptar uma seqüência de ataques químicos, baseada no reconhecimento do mercúrio extraído, de acordo com os diferentes tipos de associações com os componentes de solos e sedimentos. As etapas envolvidas foram (para 1g de amostra):

. ETAPA 1 - Mercúrio fracamente adsorvido (trocável)

20ml de acetato de amônio (1M), pH 7,2, 2 horas de agitação contínua, temperatura ambiente.

. ETAPA 2 - Mercúrio associado à matéria orgânica e no estado metálico (oxidável).

20ml de água oxigenada 30% + ácido nítrico 0,02M na proporção de 5:3; 5 horas de agitação

continua à temperatura ambiente, 2 horas de aquecimento a 60°C em banho-maria. Após esse ataque adiciona-se 10ml de acetato de amônia 3,5M; 1 hora de agitação contínua, à temperatura ambiente.

. **ETAPA 3** - Mercúrio associado aos óxidos hidratados de ferro e manganês (reduzível).

50ml HCl 0,5M; 8 horas de agitação contínua, temperatura ambiente.

. **ETAPA 4** - Mercúrio residual (Malm et al., 1989)

2,5ml de água régia, 60°C, 5min. Após o resfriamento adiciona-se 25ml de água deionizada seguidos de 7,5ml de permanganato de potássio 5%. Retorna-se ao banho-maria 60°C por 30 min. Após o resfriamento neutraliza-se o excesso de oxidante com cloridrato de hidroxilamina 12%.

Em todas as etapas, as soluções foram filtradas e analisadas por espectrofotometria de absorção atômica após tratamento com água régia e permanganato de potássio (tratamento idêntico ao que se utiliza para análise de águas, Malm et al., 1989).

Resultados com a seqüência proposta de ataques químicos

Amostras Testadas

#1) amostra do ambiente EVII-1 (material argiloso rico em matéria orgânica - típico da Formação Pantanal);

#2) amostra do ambiente EII-3 (material ferruginoso proveniente de local de amalgamação/bateamento, rico em mercúrio metálico).

Essas duas amostras foram ensaiadas apenas com a fração argila, isto é < 2mm. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Extração seqüencial seletiva de duas amostras de Poconé (fração argila < 0,002mm).

ETAPA	(% Hg Extraído)	
	EVII-1	EII-3
1	13,9	3,06
2	63,6	2,18
3	13,4	77,5
4	9,10	17,3
TOTAL* (em ppm)	0,209	19,3

* é o somatório dos teores de Hg analisado em cada etapa de ataque.

Os testes subsequentes foram realizados em amostras de Poconé, contaminadas com mercúrio iônico em laboratório, a fim de se observar a distribuição do metal nas diferentes etapas de extração.

#3) Amostra EVII-1, fração granulométrica inferior a 0,25mm, onde deixou-se agitando por 1 hora (pH=7,0) 50g de amostra e 500ml de solução mercurial;

#4) Amostra EV-2, rica em óxidos de ferro, preparada de modo idêntico ao do teste 3.

Tabela 14 - Extração sequencial seletiva de amostras contaminadas com mercúrio iônico (Fração < 0,25mm).

ETAPA	(% Hg Extraído)	
	EVII-1	EV-2
1	55,0	84,2
2	12,9	3,05
3	26,5	18,5
4	5,5	2,42
TOTAL (em ppm)	18,6	28,5

No intuito de se verificar a efetividade do ataque químico dos minerais que contém mercúrio em suas redes cristalinas (etapa 4), os resíduos do ataque de água-régia foram atacados com solução de $\text{HF} + \text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$ concentrados na proporção de 1:1:1, a 60°C, por 5 horas. A solução foi levada a secar e retomada com ácido nítrico para posterior leitura em espectrofotômetro de absorção atômica. Os resultados encontrados para as amostras dos testes 1 e 2 foram, respectivamente, $\text{EVII-1} = 0,033 \pm 0,02\text{ppm Hg}$ e $\text{EII-3} = 0,031 \pm 0,01\text{ppm Hg}$. Esses teores, apesar de baixos, levantam a hipótese de que ataques químicos mais enérgicos, necessários para análise de mercúrio total em amostras geológicas (determinação de *background* litogênico), pois os silicatos são portadores de mercúrio em suas estruturas, e os reagentes recomendados por Malm et al (1989) não são suficientes para promover uma total abertura química desses minerais.

No caso da amostra EVII-1, onde o resíduo das etapas 1, 2 e 3 de extração só teve 19ppb de mercúrio extraído (9,1% de 209ppb) pelo método de Malm et al., 1989, a diferença para 33ppb de mercúrio ainda extraídos pelo ataque triácido significa um acréscimo de 74% do mercúrio presente, denotando que para amostras geológicas a lixiviação com água-régia não promove a abertura total da amostra.

As análises realizadas indicam que a fração argila ($-2\mu\text{m}$) apresenta um enriquecimento de mercúrio de quase 10 vezes, principalmente na amostra EVII-1 onde a presença de ação antropogênica direta é inexistente. Nesse caso, verifica-se pelas extrações sequenciais seletivas que o mercúrio extraído na etapa 2 pode ser totalmente atribuído à matéria orgânica (63,6% de 209ppb).

Para a amostra EII-3 a extração de mercúrio residual pelo ataque triácido (0,031ppm) não apresenta maiores discrepâncias, uma vez que o teor original já era alto (19,3ppm) e o ataque com água régia retirou 3,33ppm Hg (17,3%). Importante, contudo, ressaltar a efetiva participação do mercúrio na etapa 3 de extração seletiva, demonstrando o poder de adsorção e carreamento do metal pesado dos óxidos hidratados de ferro. Essa informação pode inclusive explicar a presença de mercúrio nos rejeitos de processos gravíticos, quando experiências de concentração de mercúrio metálico são realizadas em rejeitos contaminados de Poconé (Farid, com. pessoal).

As amostras contaminadas com mercúrio iônico por uma hora de contato, EVII-1 e EV-2 (teste #3 e #4) apresentaram a maior parte do mercúrio associado a fases mineralógicas que promovem ligações fracas com o cátion Hg^{2+} , provavelmente os argilominerais. Observa-se portanto que a adsorção específica, irreversível, relatada pela literatura para os metais pesados associados aos óxidos hidratados de ferro, precisa ser melhor entendida quanto aos seus aspectos cinéticos, que certamente relacionam-se com o processo de envelhecimento do próprio OHF e do possível composto que possa estar sendo formado na superfície dessa fase mineral.

É necessário o aprofundamento das experiências de dessorção do mercúrio nos sedimentos propositadamente contaminados relacionando seu comportamento com o mercúrio presente nos sedimentos contaminados pela ação do garimpo.

Conclui-se, entretanto, que a análise seletiva do mercúrio carreado por cada espécie mineral é um passo importante para a diferenciação da contaminação de solos e sedimentos pela ação antropogênica ou pela ação dos tipos litológicos presentes na área.

III.7. ESTUDO DAS ÁGUAS INTERSTICIAIS

A importância do estudo das águas intersticiais reside no fato de que muitos focos de contaminação de mercúrio detectados na área encontram-se submersos, onde essas águas são os melhores testemunhos da ação química que porventura esteja ocorrendo na superfície do mercúrio metálico.

Os principais parâmetros físico-químicos foram medidos diretamente nessas águas através da escavação de poços de 0,5 a 1 metro de profundidade, até o surgimento do nível saturado d'água. Nesse momento eram introduzidos frascos de vidro tampados com filtros de papel, preenchidos com água deionizada. Após 24 horas, por osmose, ocorre o equilíbrio entre as águas intersticiais e a deionizada, sendo então analisada a água no interior dos frascos.

Foram realizadas duas campanhas de coleta de águas intersticiais, uma na época da estiagem e outra na época das chuvas. Adicionalmente analisou-se águas de poços de cacimba da região, com profundidade de 7m, utilizados para o abastecimento de moradores locais.

A primeira série denominada "F" corresponde às medições realizadas no período da estiagem, enquanto a série "P" relaciona-se com as medidas em época de chuvas.

A série "C" é relativa às amostras coletadas nos poços de cacimba.

Observa-se nas Tabelas 15, 16 e 17 que os valores de pH não variaram significativamente para as águas intersticiais, situando-se entre 6 e 7 para a série "F", e 6,7 e 5,7 para a série "P". Já o pH das águas de poços de cacimba apresentou-se mais ácido (pH = 5,2 a 6,2) durante o mesmo período de chuvas.

O fato mais marcante foi a variação do Eh na série "F". As oscilações do nível freático durante a época da seca são um dos responsáveis pela flutuação de resultados. Os solos avaliados são extremamente permeáveis, permitindo a rápida infiltração das águas e o rápido escoamento subsuperficial.

Os baixos valores de condutividade (10 a 78 μ S), registrados nas águas intersticiais durante períodos de chuvas, mostram o curto tempo de residência das águas e a pequena presença de sais solúveis nos solos e sedimentos.

Convém denotar que os valores medidos, quando situados no diagrama Eh x pH para as principais espécies mercuriais em solução, indica, ainda que teoricamente, a estabilidade da espécie Hg (aq) de baixa solubilidade.

As previsões termodinâmicas não podem ser tomadas como absolutas, uma vez que seus parâmetros relacionam-se com situações laboratoriais assépticas, quando na natureza nem só os fatores químicos estão agindo, mas também a biota e os fatores climáticos. Contudo, há fortes indicativos de que o mercúrio apresenta-se numa forma estável à ação de processos oxidativos naturais.

Tabela 15 - Análise de algumas variáveis físico-químicas de águas intersticiais e série "F", época de estiagem (setembro/90).

Ponto	pH	Eh(mV)	T(C)ar	T(C)água	OD	Dur.	Alc.
F-1	7,0	178	—	—	3,5	13	17
F-2	6,8	175	25	29	4,0	7,5	10
F-3	6,6	72	26	30	3,0	7,7	11
F-4	6,1	-58	29	31,5	—	4,5	7
F-5	6,2	99	—	25	—	8,3	11
F-6	6,1	14	—	—	—	5,5	9
F-7	6,0	-30	—	25	—	7,5	14
F-8	6,1	40	—	23	1,0	6,3	10

Tabela 16 - Análise de algumas variáveis físico-químicas de águas intersticiais. Série "P", época de chuvas (novembro/90).

Ponto	Hora	pH	Eh(mV)	T(C)ar	T(C)água	Cond.	Dur.	Alc.
P-1	8:00	6,0	340	24	27	40	12,5	30
	12:00	5,9	327	—	—	44	7,5	20
	18:00	5,8	263	27,5	29	46	10,0	15
P-2	8:00	6,4	267	26	28	51	5,0	20
	12:00	5,7	163	34	30	78	15,0	20
	18:00	6,1	297	—	28	51	10,0	20
P-3	8:00	6,0	336	28	28	25	10,0	25
	12:00	6,1	336	36	29	67	15,0	30
	18:00	6,7	325	—	28	—	15,0	25
P-4 seco								
P-5	8:00	6,2	171	35	31	43	5,0	20
	18:00	6,0	223	—	—	47	10,0	10
	24:00	5,8	176	26	30	44	15,0	30
P-6	8:00	6,6	308	32	30	10	—	10
P-7	8:00	6,3	341	28	27	23	5,0	10
	12:00	6,4	337	29	28	39	10,0	20
	18:00	6,2	335	25	28	36	10,0	20
P-8	8:00	6,4	302	27	28	24	10,0	15
	12:00	6,5	121	31	29	62	15,0	20
	18:00	6,0	309	27	28	34	10,0	10
P-9	12:00	6,3	329	30	30	53	10,0	15

Tabela 17 - Análises de algumas variáveis físico-químicas de águas de poços artesianos. Série "C", época de chuvas (novembro/90).

Ponto	pH	Eh(mV)	T(C)ar	T(C)água	Cond.(uS)	Dur.	Alc.
C-1	5,4	430	31	27,5	47	15,0	20
C-2	5,9	413	32	28	21	7,5	15
C-3	5,4	335	31,5	28	48	20,0	30
C-4	5,7	345	30	27	37	15,0	25
C-5	5,2	360	28	27	38	10,0	15
C-6	6,2	370	28	27	53	20,0	30
C-7	5,8	340	27	26,5	62	25,0	40
C-8	5,6	310	27	27	55	—	—
C-9	5,5	375	27,5	27,5	39	10,0	20

III.8. BIOTA AQUÁTICA: PRESENÇA E ASSIMILAÇÃO DE Hg

Os estudos desenvolvidos com organismos aquáticos, peixes, moluscos e macrófitas da área de drenagem do sistema Tanque dos Padres/Poconé, formado pelo riacho Corguinho e das áreas de influência direta e indireta do complexo garimpeiro, objetivaram observar a presença do mercúrio e a sua capacidade de assimilação pela biota aquática. As ações foram divididas em dois blocos:

- a) caracterização da presença do Hg, através de amostragens e determinações em organismos aquáticos recolhidos em pontos diversos;
- b) exposição de organismos-testes em duas áreas escolhidas, sendo uma de reconhecida presença do Hg antropogênico (foco na lagoa do Tanque dos Padres) ¹, e outra sem nenhuma atividade garimpeira.

Tais ações procuraram obter dados que pudessem colaborar na formação de um quadro geral das características entre os diversos processos bióticos e abióticos que interagem especificamente no sistema aquático em questão, quando da presença do metal mercúrio.

Quanto à caracterização da presença do Hg em organismos aquáticos, efetuaram-se coletas e determinações químicas em amostras oriundas das seguintes áreas.

- 1) alagado² próximo a Olaria/Capão do Angico, situado na área de drenagem, a jusante da lagoa do Tanque dos Padres. Nesse local foram coletados peixes e moluscos;
- 2) lagoa Tanque dos Padres, situada no km 2 da rodovia Transpantaneira (MT 111). Nesse local coletou-se peixes e moluscos. Essa área pertence ao conjunto dos sete microssistemas caracterizados nos estudos de monitoramento físico, químico e biológico, apresentados no presente relatório;
- 3) alagado em frente ao posto fiscal do IBAMA, a 18km na rodovia Transpantaneira. Foram coletados moluscos;
- 4) alagado Pousada das Araras, a cerca de 32km na rodovia Transpantaneira. Nesse local foram amostradas macrófitas e coletados peixes;
- 5) alagado Fazenda São Lucas, situado a margem esquerda da rodovia Transpantaneira, km 40. Coletou-se apenas peixes;
- 6) rio Claro Fazenda São Lucas. Nesse local coletou-se apenas peixes;
- 7) alagado do rancho Samambaia da Fazenda São Benedito na rodovia Transpantaneira km 43. Amostrou-se macrófitas e coletou-se peixes;
- 8) alagado Fazenda Campo Largo km 50 na rodovia Transpantaneira. Coletou-se moluscos;
- 9) rio Claro Fazenda Campo Largo. Nesse local amostrou-se macrófitas e coletou-se peixes;
- 10) córrego Traíras, a montante do rancho Regina, km 18 na rodovia MT 112 a noroeste de Poconé. Neste local coletou-se apenas peixes.

No Mapa 1 encontram-se localizados estes pontos.

¹Amostras de sedimentos analisadas segundo "kit" colorimétrico e concentração gravítica em bateia com teor médio de Hg variando de 1,5 a 4µg Hg/g (CETEM/CNPq, DTA-Desenvolvimento de Tecnologia Ambiental, 1989).

²Alagado: termo regional aplicado ao corpo líquido de baixa profundidade (área de planície), formado por precipitação e/ou transbordamento d'água de corixos (vias de escoamento temporário), baías e rios.

Todos os organismos sofreram identificação sistemática preliminar, determinações biométricas, obtendo-se amostras para as análises de tecido muscular dos peixes, tecido muscular mais vísceras dos moluscos e, no caso das macrófitas, foi executada a separação em 3 subamostras, ou seja, folhas, caule e raízes. Por falta de equipamentos adequados para secagem das macrófitas (preparação para análise), não foi possível as análises de macrófitas.

Os métodos de determinação de Hg total em organismos aquáticos são descritos em anexo no presente relatório.

Quanto aos testes de exposição dos organismos em local de reconhecida presença de Hg (lagoa Tanque dos Padres – sedimentos compostos principalmente por óxidos hidratados de ferro) e em local sem ação antropogênica (alagado Pousada das Araras – sedimentos da Formação Pantanal ricos em matéria orgânica), procedeu-se da seguinte forma:

- . os organismos foram recolhidos em locais onde se apresentavam na época em número suficiente que possibilitasse uma amostragem de indivíduos de biometria semelhante, sendo que tais áreas não poderiam conter concentrações do elemento Hg acima do *background* considerado.

- . esses locais foram: alagado da Fazenda São Lucas, onde foram coletados os peixes tumbatás (*Hoplosternum* sp); alagado da Fazenda Campo Largo, onde se recolheu os moluscos (*Pomacea canaliculata* e *Marisa* sp) e no alagado Pousada das Araras, onde foram selecionadas as macrófitas *Eichhornia azurea* e *Potenderia lanceolata* (Tabela 18).

- . após coleta e seleção, foram separadas amostras e efetuadas análises visando o conhecimento das concentrações originais de Hg.

- . nos dois locais de testes de exposição, os peixes foram contidos em caixa de madeira telada (1,0 x 1,5 x 1,5 m), parcialmente submersa, e os moluscos mantidos em caixa de madeira telada (1,0 x 0,40 x 0,40 m).

- . em intervalos de 7 dias, 15 dias, seguindo-se assim até o sexagésimo dia de exposição, efetuou-se amostragem dos organismos em número suficiente para obtenção de amostras de 30 gramas, sendo retirados três exemplares no mínimo para os peixes, e 15 indivíduos no mínimo para os moluscos.

III.8.1. Presença de mercúrio nos organismos aquáticos:

. MOLUSCOS

A amostra que apresentou o maior índice de mercúrio (amostra composta de musculatura + vísceras) foi a recolhida na lagoa do Tanque dos Padres (antigo poço de amalgamação e bateamento) em molusco *Pomacea canaliculata* (Tabela 18) com $0,91 \pm 0,06 \mu\text{g Hg/g}$, ultrapassando, portanto, o limite máximo indicado para organismos aquáticos não contaminados por metilmercúrio, que é de $0,5 \mu\text{g/g}$ (OMS, 1978). Já a amostra de menor índice de mercúrio total em moluscos foi proveniente da área denominada alagado Fazenda Campo Largo com $0,04 \mu\text{g Hg/g}$ (Tabela 18).

Tabela 18 - Caracterização de mercúrio na biota aquática da região de Poconé - MT

DATA DE COLETA	ÁREA DE COLETA	ORGANISMOS AQUÁTICOS	NÚMERO DE EXEMPLARES (*)	Hg ($\mu\text{g/g}$)
20/03/90	alagado/olaria	<i>P.canaliculata</i> (molusco)	21(3,0-3,3)	0,07 $\pm$ 0,01
		Acará (p.o.)	4(9,5-10)	0,15 $\pm$ 0,01
		Peixe-canivete (p.o.)	10(9,5-10,5)	ND
		Lambari (p.o.)	7(11-11,5)	ND
			30(9-10)	0,08 $\pm$ 0,01
			6(6-10)	0,03 $\pm$ 0,02
			7(9-9,5)	0,16 $\pm$ 0,01
			10(7-8)	ND
		Peixe-cachorro (p.ic.)	2(14-16)	0,12 $\pm$ 0,02
			1(23)	0,23 $\pm$ 0,02
21/03/90	Tanque dos Padres	<i>P.canaliculata</i> (molusco)	5(1,4-1,9)	0,91 $\pm$ 0,06
		Acará(p.o.)	7(6,5-7,5)	0,20 $\pm$ 0,02
			5(8-9,5)	0,31 $\pm$ 0,08
			4(11-11,5)	0,38 $\pm$ 0,03
			3(12,5-14)	0,27 $\pm$ 0,01
26/06/90	alagado/IBAMA	<i>P.canaliculata</i> (molusco)	5(3-3,5)	0,14 $\pm$ 0,07
22/03/90	alagado/Pousada das Araras	Piranha(p.ic.)	1(12)	ND
		Acará (p.o.)	1(15)	ND
		Peixe-canivete (p.o.)	3(10-11,5)	ND
23/04/90	alagado/Fazenda São Lucas	Tambuatá(p.l.)	15(9-9,5)	0,03 $\pm$ 0,01
			15(10-11)	0,06 $\pm$ 0,01
21/04/90	rio Claro Fazenda São Lucas	Caxará(p.ic.)	2(56-57)	0,06 $\pm$ 0,02
		Pintado(p.ic.)	1(57)	0,05 $\pm$ 0,01
			1(66,5)	0,05 $\pm$ 0,01
			3(20,5-23)	0,07 $\pm$ 0,01
			2(25-26)	0,06 $\pm$ 0,01
22/03/90	alagado/Fazenda S. Benedito	Acará(p.o.)	5(8-8,5)	ND
		Peixe-cachorro (p.ic.)	6(10-14)	ND
			2(15-16)	0,03 $\pm$ 0,01
		Cascudo(p.l.)	3(17-19)	ND
			2(13-14,5)	ND
		Tambuatá(p.l.)	4(13,5-14,5)	ND
			4(16-17)	0,19 $\pm$ 0,08
20/03/90	alagado/Fazenda Campo Largo	<i>Marisa sp</i> (molusco)	50(23-27)	0,04 $\pm$ 0,01

Tabela 18 - (Continuação)

DATA DE COLETA	ÁREA DE COLETA	ORGANISMOS AQUÁTICOS	NÚMERO DE EXEMPLARES (*)	Hg($\mu\text{g/g}$)
20/03/90	rio Claro/ Fazenda Campo Largo	Piranha(p.ic.) branca	11(23-25)	0,05 $\pm$ 0,01
			5(27-29)	0,10 $\pm$ 0,01
		Piranha(p.ic.) amarela	6(25-26,5)	0,03 $\pm$ 0,01
			1(36)	0,04 $\pm$ 0,01
		Mandi(p.o.)	2(22-24)	0,03 $\pm$ 0,01
		Pacu(p.h.)	2(18)	0,03 $\pm$ 0,01
21/03/90	Córrego Traíras	Lambari(p.o.)	12(6-6,5)	0,06 $\pm$ 0,02

. (p.o.) = peixe onívoro; (p.ic.) = peixe ictiófago; (p.h.) = peixe herbívoro; (p.l.) = peixe limnófago.

. ND = não detectado até o limite de detecção do método $< 0,03 \mu\text{g Hg/g}$.

. (*) = Os números apresentados entre parênteses relacionam o intervalo de comprimento das espécies (em cm).

. peixes = denominação da região

Cabe ressaltar que na amostra do alagado da Olaria, com influência direta da drenagem situada a jusante da lagoa Tanque dos Padres, a concentração foi de $0,07 \pm 0,01 \mu\text{g Hg/g}$, portanto bem inferior ao teor encontrado em moluscos da lagoa Tanque dos Padres. Porém, em um alagado em frente ao Posto IBAMA, a concentração de Hg total em moluscos foi duas vezes superior a esse valor, com $0,14 \pm 0,07 \mu\text{g Hg/g}$. Esse local não se enquadra como de influência direta da drenagem do sistema aquático do Tanque dos Padres, mas é componente do complexo de alagamento do Pantanal/Poconé.

Saliente-se que esses índices, com exceção da amostra de moluscos do Tanque dos Padres, se encontram bem abaixo do limite máximo ($0,5 \mu\text{g}$ metil Hg/g) para organismos aquáticos considerados não contaminados. Além disso, os organismos analisados não são de consumo humano, mas fazem parte da cadeia trófica regional, servindo de alimento, por exemplo, para aves como o gavião caramujeiro (*Rostrhamus sociabilis*).

. PEIXES

Nenhuma amostra de peixes coletados nas dez áreas escolhidas apresentou concentrações de Hg total acima do limite tolerável para alimento humano ($0,5 \mu\text{g Hg/g}$) segundo o que se estabelece no País (Brasil, 1975; Fernandes et al, 1990), porém com alguns valores superiores a $0,2 \mu\text{g Hg total/g}$, concentração considerada como a máxima entre a escala de teores possíveis de encontro natural, observada em peixes de água doce.^{3 4} Tais níveis foram detectados apenas em amostras oriundas de duas áreas de dentro do sistema de drenagem do Tanque dos Padres (Tabela 18).

Agrupando-se as amostras dos peixes conforme o regime alimentar de cada espécie correspondente, pode-se verificar que:

³Segundo Jardim (1988) "em geral áreas com sedimentos contaminados o valor quanto ao metilmercúrio em alimentos para consumo humano pode facilmente atingir 5 e até $50 \mu\text{g/g}$."

⁴SUCKCHAROEN et al (1978) e JOHNNELS et al (1979), consideravam o intervalo de $0,05-0,2 \mu\text{g Hg/g}$ como sendo de possível encontro natural na maioria das espécies de peixe de água doce. Entretanto, nas espécies herbívoras são encontrados teores menores de até $0,01 \mu\text{g Hg/g}$. Estes valores confirmaram o intervalo proposto pelo EPA (1972).

- a) no alagado da Olaria, nos peixes ictiófagos (alimentam-se de outros peixes) o peixe-cachorro (*Galeocharax sp*) foi o que se apresentou com maior valor de Hg total, $0,23 \pm 0,02 \mu\text{g/g}$. Nos onívoros (amplo espectro alimentar) foi o lambari (*Astyanax sp*) que apresentou a maior concentração de Hg, $0,16 \pm 0,01 \mu\text{g/g}$. Nesta área foi o peixe ictiófago, portanto, um consumidor superior, que alcançou o teor mais elevado de Hg total, apresentando-se um pouco acima do valor máximo ($0,2 \mu\text{g/g}$) considerado como de possível encontro natural em peixes de água doce, segundo EPA (1972).
- b) no foco da lagoa do Tanque dos Padres foi coletado apenas o acará (*Geophagus sp*), peixe onívoro, que apresentou concentrações em amostras diversas, variando desde $0,2 \pm 0,02 \mu\text{g Hg/g}$ até $0,38 \pm 0,03 \mu\text{g Hg/g}$. Ressalte-se que esse valor foi o maior teor de Hg total encontrado em todas as amostras das dez áreas determinadas para a coleta de peixes e numa concentração 24% abaixo do limite tolerável para alimento humano ($0,5 \mu\text{g/g Hg total/g}$), apesar de estar acima do valor máximo considerado como de possível encontro natural.
- c) no alagado da Pousada das Araras foram coletadas três espécies de peixes: duas de regime alimentar onívoro: o acará (*Geophagus sp*) e o peixe-canivete (*Apareiodon sp*) e outra de regime ictiófago, a piranha (*Pygocentrus sp*), sendo que os teores foram inferiores a $0,03 \mu\text{g Hg/g}$ que é o limite de detecção do método analítico.
- d) no alagado da Fazenda São Lucas, formado pela drenagem do rio Claro, os peixes tambuatás (*Hoplosternum sp*) de regime alimentar limnófago (alimentam-se de detritos, algas e pequenos organismos bentônicos), apresentaram concentrações de $0,03 \pm 0,01 \mu\text{g Hg/g}$ a $0,06 \pm 0,01 \mu\text{g Hg/g}$. Já no próprio rio Claro os peixes ictiófagos, como o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) e o caxará (*Hemisorubim platyrhynchus*), apresentaram concentrações de Hg total em musculaturas, variando de $0,05 \pm 0,01 \mu\text{g Hg/g}$ a $0,07 \pm 0,01 \mu\text{g Hg/g}$, notando-se, portanto, semelhanças entre os níveis encontrados tanto no sistema lântico (alagado da Fazenda) como no sistema lótico (rio Claro). Outros peixes, o mandi (*Pimelodus sp*), onívoro, as piranhas (*Pygocentrus sp*) e (*Pygopristes sp*), ictiófagos e o pacu (*Mylossoma sp*), peixe herbívoro, proveniente de localidades a jusante do rio Claro, na Fazenda do Campo Largo, apresentaram concentrações de Hg total (musculatura) também semelhantes aos teores acima descritos, com exceção de uma amostra composta por cinco exemplares do peixe piranha, que apresentou concentração igual a $0,10 \pm 0,01 \mu\text{g Hg/g}$.
- e) no alagado da Fazenda São Benedito apenas os tambuatás (*Hoplosternum sp*), peixes limnófagos e o peixe-cachorro (*Galeocharax sp*) de regime alimentar ictiófago, apresentaram concentrações de Hg total em amostra de musculatura, de $0,19 \pm 0,08 \mu\text{g/g}$ e $0,03 \pm 0,01 \mu\text{g/g}$ respectivamente.
- f) no córrego Trairas a concentração de Hg total detectada na musculatura de lambaris (*Astyanax sp*) foi de $0,06 \pm 0,02 \mu\text{g Hg/g}$, portanto abaixo de qualquer valor máximo tolerável para ingestão, como, também entre o intervalo de teores considerados naturais em peixes não contaminados.

. MACRÓFITAS

Foram identificadas oito espécies coletadas em áreas permanentemente inundadas: *Eichhornia crassipes*, *Eichhornia azurea*, *Potenderia lanceolata*, *Nymphaea amazonum*, *Pistia stratioides*, *Ludwigia natans*, *Neptunia oleracea* e *Salvinia auriculata*.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados quanto às concentrações de Hg total em organismos aquáticos, recolhidos nas 10 áreas, indicam que os valores podem ser considerados mais expressivos apenas naqueles pontos onde a forma metálica possa estar confinada, isto é, onde ocorre o chamado bateamento e amalgamação em *azougue*, como é o caso do foco da lagoa do Tanque dos Padres. Mesmo assim, somente uma amostra composta por cinco moluscos (musculatura + vísceras) apresentou teor considerado como *contaminado*, isto é, $0,91 \pm 0,06 \mu\text{g Hg/g}$. Esse resultado confirma dados anteriormente apresentados pelo CETEM/CNPq (1989), quando também se analisou amostra de moluscos, alcançando concentração de $0,93 \pm 0,09 \mu\text{g Hg/g}$.

Os peixes coletados no mesmo ponto (acarás) apresentaram teores acima daqueles encontrados em outras áreas da região em estudo, porém ainda assim com os teores dentro do limite tolerável para alimentação humana.

Foi notada a presença de mercúrio em amostra de molusco oriunda de um local que não sofre influência direta da drenagem do Tanque dos Padres como é o caso do alagado do Posto IBAMA, e em amostra de peixes provenientes do alagado da Fazenda São Benedito.

Todos esses resultados levam a crer que a capacidade de retenção do Hg é bem mais evidente nos moluscos, bastando se comparar os teores nos moluscos da lagoa do Tanque dos Padres com as concentrações dos outros organismos coletados nas 10 áreas. Essa capacidade de retenção pode também ser seguida pelos peixes mais sedentários e ictiófagos, no caso, os tambuatás e peixe-cachorro recolhidos, por exemplo, no alagado da Fazenda São Benedito, local sem ação da drenagem do Tanque dos Padres ou do complexo garimpeiro. Fica evidente que o contato direto com sedimentos contendo mercúrio (antropogênico ou litogênico), propicia um enriquecimento da concentração desse metal na biota.

Em todas as áreas levantadas pode-se inferir que o mercúrio esteja incorporado pelos organismos, na sua maioria, numa forma de contato direto com o metal e não através de mobilização da espécie iônica. Tal processo de incorporação deve ocorrer através da adsorção do Hg aos tecidos (brânquias e tegumentos, vísceras e músculos), como também, via alimentação. Levanta-se aqui a hipótese da não ocorrência ainda significativa de metilação⁵ e conseqüente bioassimilação, pois, embora a presença de mercúrio metálico seja mensurável, esse metal não se apresenta biodisponível, visto os resultados de baixa bioacumulação (cadeia trófica). A constatação desse processo demanda estudos de especiação química, diferenciando as diferentes formas de ocorrência e incorporação do mercúrio.

Estudos realizados durante o desenvolvimento do Projeto Poconé indicaram que, na área, a presença dos óxidos hidratados de ferro e matéria orgânica atuam como eficientes reguladores naturais de concentração de Hg em águas. Mesmo nas partes onde a probabilidade de ionização de mercúrio possa acontecer (microambientes oxidantes), os componentes ativos dos sedimentos adsorvem o mercúrio iônico, não permitindo que este seja posteriormente metilado.

Taylor (1979) afirma que as transformações do mercúrio no sistema aquático são afetadas pela temperatura, pH, turbidez, composição química das partículas em suspensão e conteúdos de matéria orgânica nos colóides, e que os processos de adsorção e dessorção do Hg em sólidos

⁵Segundo Jardim (1988) "se previsões teóricas forem válidas, a relação entre a concentração de metil Hg e Hg total dissolvidos em água é pequena, raramente ultrapassando 5%, com média de 1%. Jernelov et alii (1975) observa que, em ambiente lenticos (lagoas), apenas o, 1% do mercúrio total pode ser atribuído ao metilmercúrio.

aquáticos são muito mais importantes para a compreensão da imobilidade do metal no leito do sedimento.

No Relatório Anual Atividade (CNPq/CETEM-DTA/Projeto Poconé, 1989) aponta-se que as condições físico-químicas das águas regionais não propiciam a ocorrência de ionização do mercúrio metálico, mas que, sob ação de intensa pluviosidade, essas condições se modificam, favorecendo a estabilidade do íon mercurioso. Também é citado que a dispersão do mercúrio é condicionada pela capacidade das águas fluviais transportarem sedimentos com mercúrio, e que o material particulado com até 1ppm de Hg total foi a única fase carreadora do metal na região.

III.8.2. Exposição dos organismos-testes

. MOLUSCOS

Os moluscos (*Marisa sp*) oriundos do alagado da Fazenda Campo Largo, apresentando concentrações iniciais de $0,04 \pm 0,01 \mu\text{g Hg/g}$, foram confinados em caixas de madeira durante 60 dias, sobre um foco de contaminação na lagoa do Tanque dos Padres, contendo em torno de $2 \mu\text{g Hg/g}$ no sedimento. Amostras desses moluscos foram analisadas de 15 em 15 dias apresentando ao final do ensaio (60 dias) uma concentração de mercúrio de $0,07 \pm 0,02 \mu\text{g Hg/g}$. Esse comportamento mostra ter ocorrido baixíssima incorporação de mercúrio que se possa relacionar com uma contaminação de metilmercúrio proveniente das águas, visto que tais organismos, além de serem herbívoros, apresentam uma grande capacidade de filtragem. Segundo EPA - Environmental Protection Agency (1972), organismos aquáticos em geral devem concentrar metilmercúrio em seus corpos diretamente da água ou através da cadeia alimentar, sendo capazes de magnificar em cerca de mil a dez mil vezes.

Em todos os pontos amostrados para determinação de mercúrio em águas, as concentrações encontradas foram abaixo do limite de detecção do método de espectrofotometria de absorção atômica ($< 0,04 \mu\text{g Hg/l}$; CETEM/CNPq, 1989).

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA(1986), o teor máximo permissível em águas doces para proteção das comunidades aquáticas é de $0,2 \mu\text{g Hg/l}$. Em EPA (1972) encontra-se que o valor de até $0,1 \mu\text{g Hg/l}$ é registrado como um nível natural de mercúrio em águas doces não contaminadas; portanto, à primeira vista as águas da lagoa do Tanque dos Padres não apresentam ainda qualquer possibilidade de distúrbio a esses organismos.

A caixa testemunho, isto é, aquela que continha a mesma espécie de molusco, procedente do mesmo local de coleta e com a mesma concentração inicial de mercúrio, ficou exposta no alagado da Pousada das Araras, com os sedimentos-testes não contaminados (Formação Pantanal, argila rica em matéria orgânica). Ao final de 30 dias o teor de Hg analisado nos moluscos foi de $0,05 \pm 0,01 \mu\text{g Hg/g}$. A Tabela 19 compara os resultados dos ensaios com os sedimentos da lagoa do Tanque dos Padres e dos sedimentos da Pousada das Araras.

Não foi possível a análise dos moluscos da Pousada das Araras após 60 dias de ensaio, pela ocorrência de seca no ambiente e conseqüente morte dos animais.

Tabela 19 - Exposição de organismos-testes em duas áreas da Região de Poconé-MT

LOCAL/ BIOTA	Hg(μ g/g) ORIGEM	TEMPO DE EXPOSIÇÃO / Hg (μ g/g)				
		7 d.	15 d.	30 d.	45 d.	60 d.
T. dos Padres PEIXE <i>Hoplosternum sp</i>	0,03 $\pm$ 0,01 0,06 $\pm$ 0,01	0,033 $\pm$ 0,006	0,043 $\pm$ 0,003	0,03 $\pm$ 0,01	—	—
MOLUSCO <i>Mariza sp</i>	0,04 $\pm$ 0,01	—	0,03 $\pm$ 0,02	0,065 $\pm$ 0,045	0,07 $\pm$ 0,01	0,07 $\pm$ 0,02
P. das Araras PEIXE <i>Hoplosternum sp</i>	0,03 $\pm$ 0,01 0,06 $\pm$ 0,01	0,048 $\pm$ 0,003	0,03 $\pm$ 0,01	0,015 $\pm$ 0,005	—	—
MOLUSCO <i>Marisa sp</i>	0,04 $\pm$ 0,01	0,047 $\pm$ 0,001	—	0,05 $\pm$ 0,01	—	—

Peixes: coletados no alagado da Fazenda São Lucas.

Moluscos: coletados no alagado da Fazenda Campo Largo.

Tanque dos Padres: caixa parcialmente submersa no foco da lagoa onde havia amalgamação; sedimentos ferruginosos.

Pousada das Araras: caixa parcialmente submersa no alagado, sem influência direta da drenagem do sistema.

Tanque dos Padres; sedimento orgânico.

Tempo em dias de exposição (d.)

. PEIXES

Os testes de exposição com peixes, tanto com os sedimentos da lagoa do Tanque dos Padres como com aqueles da Pousada das Araras, apresentaram após 30 dias de ensaio valores equivalentes, ressaltando-se a praticamente nula incorporação mercurial.

A Tabela 19 demonstra esse fato, onde os valores iniciais das amostras de peixes tambuatás (*Hoplosternum sp*) acusaram concentrações de $0,03 \pm 0,01 \mu\text{g Hg/g}$, alcançando os valores respectivos de $0,03 \pm 0,01 \mu\text{g Hg/g}$ para os peixes da lagoa do Tanque dos Padres e $0,015 \pm 0,005 \mu\text{g Hg/g}$ para os exemplares da Pousada das Araras ao fim do ensaio. Essa espécie de peixe da família *Callichthyidae*, com hábitos sedentários, tem a particularidade de se movimentar através da coluna d'água procurando obter o oxigênio ao nível da superfície, visto ser característica de ambientes com baixa concentração de oxigênio.

Os testes foram realizados em época de estiagem (abril a junho 1990) e em ambiente em que o teor de oxigênio dissolvido na água apresentava-se, no máximo, em torno de 3mg/l.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Experimentos no National Water Quality Laboratory - N.W.Q.L. (1971) *apud* EPA 1972 mostraram que quando o *Salvelinus fontinalis* (truta) foi colocado em água contendo $0,05\mu\text{g CH}_3\text{Hg/l}$ (metilmercúrio) por dois meses pôde acumular mais de $0,5\mu\text{g Hg/g}$, correspondendo a uma magnificação de dez mil vezes. Alguns invertebrados de água doce também apresentaram registro de iguais fatores de concentração.

Os testes de incorporação de mercúrio, provenientes de sedimentos contendo esse metal oriundo de rejeitos de garimpo, mostraram que a assimilação foi praticamente nula em 30 e 60 dias de confinamento dos organismos.

Esses resultados levam a crer que, embora o ambiente aquático em estudo (os focos da lagoa do Tanque dos Padres) apresente altos teores de mercúrio metálico no sedimento, o mesmo ainda não se dissipou sob as suas possíveis formas iônicas, e que fatores de comportamento, mecanismos de fixação, transformação e mobilidade específicos devem estar impedindo, inibindo ou mesmo contendo o mercúrio no sedimento. No entanto, pode-se considerar tais focos submersos como altamente contaminados ⁶, visto ter-se determinado níveis de Hg em algumas amostras da área de até $25\mu\text{g Hg/g}$ (CETEM/CNPq, 1989).

Deve-se lembrar que a elevação da concentração total de Hg não provoca obrigatoriamente a elevação da formação de metilmercúrio na mesma proporção, e é claro, pois a metilação depende da atividade metabólica dos microorganismos, da disponibilidade bioquímica do Hg inorgânico e de fatores ambientais, além de que o mercúrio oferece efeitos casuais e nocivos a esses microorganismos (Bisogni, 1979; Beszedito, 1979; D'Itri, 1972).

Importantes processos devem ocorrer na interface água-sedimento, que dizem respeito às atividades biológicas sendo capazes, ou não, de alterar o mecanismo da metilação do mercúrio ao ponto de lançá-lo no meio aquoso. Tais processos (atividades dos fungos e bactérias junto com as condições físico-químicas) deverão ser bem esclarecidas, sobretudo quando em condições específicas das regiões tropicais e em especial sob o dinamismo do sistema Pantanal.

⁶Bowden, 1976 (*apud* Prater e Anderson, 1977) compilando dados de 100 bacias de água doce, classificou como sedimento altamente contaminado quando o teor de Hg for superior a $1\mu\text{g Hg/g}$ em base seca.

IV. CONCLUSÕES

O monitoramento das condições físico-químicas de todos os microambientes estudados no período de junho de 1990 a janeiro de 1991 assinalaram condições de Eh e pH não propícias a processos de ionização do mercúrio. Os pares medidos de pH e Eh são assinalados no Figura 3, demonstrando que, durante todo o período monitorado, em todos os ambientes, as condições físico-químicas indicam que a espécie de Hg mais estável é $Hg_{(aq)}^0$. Os dados obtidos indicam condições não favoráveis à ionização do mercúrio e, por consequência, pouca probabilidade de processos reacionais de transformação para compostos mais tóxicos.

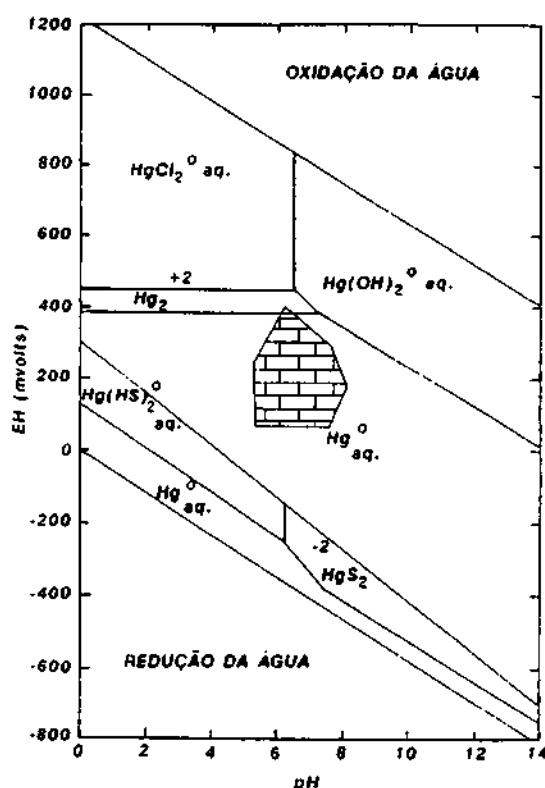


FIG. 3 - REGIÃO DO DIAGRAMA DE ESTABILIDADE DO MERCÚRIO ATINGIDA PELAS MEDIÇÕES DE pH E Eh EM TODOS OS MICRO AMBIENTES MONITORADOS ENTRE JULHO DE 1990 E JANEIRO DE 1991.

Os teores de mercúrio nos perfis dos sedimentos dos ambientes estudados indicam uma certa relação entre o teor de carbono total e de mercúrio total, principalmente em profundidades até 15cm. Principalmente nos ambientes com pouca influência dos rejeitos de garimpo (EI-1 e EVII-2), a conformidade nos teores de carbono e mercúrio pode sugerir um processo migratório do mercúrio litogênico para as camadas superficiais mais ricas em matéria orgânica.

Os ensaios de adsorção de mercúrio iônico (solução a 10ppm) em sedimentos de Poconé (pH da polpa = 5,5), sob agitação, demonstraram a adsorção de 96,4% do Hg da solução em 15 minutos, e de 97,2% em 60 minutos de ensaio.

Testes de adsorção de mercúrio iônico, em sedimentos estáticos de procedências e composições distintas, da área de estudo, foram realizados para se observar a cinética de adsorção em ambientes sem turbulência. Esta situação pretendia simular uma condição extrema de pouco contato entre o adsorvente (sedimento) e a solução de mercúrio iônico.

Os testes realizados com sedimentos provenientes do Tanque dos Padres (EII-4, rico em óxidos de ferro), e do Capão do Angico (EVII-2, rico em matéria orgânica) demonstraram uma mais rápida incorporação do mercúrio iônico pelo material mais rico em matéria orgânica que, após 17 dias de ensaio, havia adsorvido 96% do Hg da solução contra 80% do Hg adsorvido pelo material ferruginoso.

Devido à grande presença dos óxidos hidratados de ferro (OHF) em todos os ambientes estudados, foram realizados ensaios para se observar a efetividade da adsorção do Hg iônico pelos OHF recém-formados. Pode-se inferir, pelos resultados analíticos, que a co-precipitação de mercúrio iônico com os óxidos hidratados de ferro foi da ordem de 98%, confirmando as experiências de Krauskopf (1956). Outro teste adicional procurou observar a adsorção de mercúrio iônico pelo óxido hidratado de ferro já formado. Os resultados analíticos revelaram uma adsorção de 74% do mercúrio adicionado, mostrando que o mecanismo de adsorção posterior do mercúrio é menos efetivo do que a coprecipitação. Com o intuito de se avaliar a propagação do mercúrio emitido em forma de vapor pelas principais casas de compra de ouro no centro de Poconé, foram coletadas amostras de perfil de solos a diferentes distâncias das casas de compra de ouro. Os resultados demonstraram uma clara tendência de enriquecimento superficial de mercúrio, tanto maior quanto menor a distância para as casas de compra de ouro amalgamado.

Com a finalidade de se obter informações sobre o comportamento do mercúrio dentro dos corpos de rejeitos, foram coletadas amostras de quatro trincheiras em diferentes camadas. Os resultados mostraram que a grande maioria dos teores apresentou valores inferiores a 0,100ppm. Não foi possível constatar qualquer indício de migração do mercúrio para posterior concentração em algum nível preferencial.

Os estudos de metais pesados ligados a solos e sedimentos aquáticos adotam, classicamente, procedimentos de extração seletiva do metal das fases minerais de interesse. A dificuldade de se ter seletividade de extração das fases minerais com a conseqüente solubilização do mercúrio nelas contido é um dos principais fatos de não se ter bibliografia sobre análise seqüencial para esse metal. A equipe de biogeoquímica do Projeto Poconé elaborou a seguinte seqüência para a extração seqüencial de mercúrio de amostras de sedimento:

- a) trocável;
- b) associado à matéria orgânica e Hg metálico;
- c) associado aos óxidos hidratados de ferro;
- d) residual, isto é, aquele contido nos minerais como elemento traço.

Entre outros resultados, os testes com amostras contaminadas com mercúrio iônico, por uma hora de contato, apresentaram a maior parte do mercúrio associado a fases mineralógicas que promovem ligações fracas com o cátion Hg^{2+} , provavelmente os argilominerais. Ficou também constatado que a fração argila (< 2 micra) apresenta um enriquecimento de mercúrio de quase 10 vezes, principalmente em amostras dos ambientes (EVII) onde a presença de ação antropogênica direta é inexistente. Nesse caso verifica-se, pelas extrações seqüenciais seletivas, que o mercúrio extraído está ligado preponderantemente à matéria orgânica (63,6%).

Os resultados obtidos, apesar de constituírem uma tentativa inicial no caso do mercúrio, mostraram a importância da extração seqüencial como um importante passo para a diferenciação da contaminação de solos e sedimentos pela ação antropogênica ou pela ação dos tipos biológicos presentes na área.

Os ensaios de incorporação bem como os resultados de caracterização de mercúrio na biota indicam que os valores podem ser considerados mais expressivos apenas naqueles pontos onde a forma metálica possa estar confinada, isto é, onde ocorre o chamado bateamento e amalgamação, como é o caso do foco da lagoa do Tanque dos Padres. Mesmo assim, somente uma amostra composta por cinco moluscos (musculatura + vísceras) apresentou teor considerado como contaminado, isto é, $0,91 \pm 0,06 \mu\text{g Hg/g}$ amostra. Os peixes coletados no mesmo ponto (acarás) apresentaram teores acima dos valores naturais, porém ainda assim com os teores dentro do limite tolerável para alimentação humana. Em todas as áreas levantadas pode-se inferir que o mercúrio esteja incorporado pelos organismos, na sua maioria numa forma de contato direto com o metal e não através de mobilização da espécie iônica. Tal processo de incorporação deve-se dar através da adsorção do Hg aos tecidos (brânquias e tegumentos, vísceras e músculos), como também via alimentação. Levanta-se aqui a hipótese da não ocorrência ainda significativa de metilação e consequente bioassimilação, pois, embora a presença de mercúrio metálico seja mensurável, esse metal não se apresenta biodisponível, visto os resultados de baixa bioacumulação (cadeia trófica). Em havendo metilação, devido às condições físico-químicas mensuradas neste estudo, a espécie organomercurial favorecida, seria a forma dimetila, de forte volatilização e, portanto, de baixa biodisponibilidade. Isto poderia explicar os resultados negativos nos ensaios de bioassimilação. A constatação desse processo demanda estudos de especiação química, diferenciando as diferentes formas de ocorrência e incorporação do mercúrio.

Os ensaios realizados indicam que na área a presença dos óxidos hidratados de ferro e matéria orgânica atuam como eficientes reguladores naturais da concentração do Hg disponível nos ambientes aquáticos. Mesmo quando a probabilidade de ionização do mercúrio possa ocorrer (microambientes oxidantes), os componentes ativos dos sedimentos adsorvem o mercúrio iônico não permitindo que este seja posteriormente metilado.

Os ensaios de incorporação com organismos aquáticos de áreas não contaminadas e confinados durante 30 e 60 dias sobre sedimentos contendo mercúrio mostraram que a assimilação foi praticamente nula.

Estes resultados levam a crer que os mecanismos de fixação, transformação e mobilidade específicos devem estar impedindo, inibindo ou mesmo contendo o mercúrio numa forma inativa no sedimento.

Quanto ao banco de rejeitos no Tanque dos Padres, razão inicial para a escolha do CETEM pela região de Poconé, resultados analíticos de 457 amostras provenientes de 89 furos de trado, de diferentes profundidades, apresentaram teores médios (na fração -200 mesh) entre 0,04 e $0,14 \mu\text{g Hg total/g}$ amostra.

Amostras de calha, retiradas de três trincheiras, observando as variações composicionais do material, apresentaram teores médios de mercúrio inferiores a 0,1ppm.

Comparando-se com os resultados de estudos em sedimentos em diversas regiões, e levando-se em conta critérios como os adotados por Prater e Anderson (1977) para ambientes aquáticos de água doce e das normas alemãs para rejeitos sólidos (*Klaerschlamverordnung*), pode-se concluir que o material do banco de rejeitos do Tanque dos Padres, pode ser considerado como não poluído, podendo ser removido e utilizado para qualquer atividade.

V. ANEXOS

V.1. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS ADOTADOS

. Temperatura Ambiente

A leitura da temperatura ambiente foi efetuada com termômetro com coluna de mercúrio da marca Incoterm, com graduação de 0 a 60°.

Medição - A temperatura foi medida colocando-se o termômetro em um local com sombra no microambiente analisado.

. Temperatura da Amostra

A temperatura da água foi medida com termômetro de vidro, com coluna de mercúrio, da marca Incoterm, com graduação de 0 a 60°.

Medição - Nas medidas efetuadas na superfície da água, a ponta do termômetro foi introduzida nesta superfície e efetuada a leitura. Nas medições de meio e fundo, o termômetro foi colocado dentro do coletor de amostra em profundidade Polilab, modelo ACP 300.

. Profundidade

Determinou-se a profundidade da coluna d'água, no ponto de coleta através do lançamento de um peso atado a uma corda métrica. Tal medida se fez necessária, para efetuar amostragens de meio e fundo.

. Transparência

Utilizou-se o disco de Secchi atado a uma corda métrica, sendo observado até o ponto de desaparecimento do disco na coluna d'água.

. pH

Medição realizada com aparelho Digmed, modelo DMPH-PV.

. Potencial Redox (Eh)

Medição realizada com aparelho Digmed, modelo DMPH-PV.

. Condutividade

As medições destas variáveis (pH, Eh, condutividade) foram feitas coletando-se a água de superfície, em alguns casos de meio e fundo, em frascos plásticos, e efetuada a leitura imediatamente.

Medição realizada com aparelho Digmed, modelo DMPH-PV.

. Ferro

Análise realizada com kit Visodisc-test para determinação de ferro - Polilab, método fenantrolina (Norma L. 5. 126 CETESB).

. Princípio do Método

O ferro (Fe^{3+}) é reduzido a ferro ferroso em meio ácido e tratado com orto-fenantrolina. A concentração de ferro é medida pela intensidade de cor da solução (amostra) analisada. A determinação é semiquantitativa.

. Amostragem

A coleta da amostra foi realizada na superfície da água, em frascos plásticos e analisadas imediatamente após a coleta.

. Alcalinidade

Análise feita com kit Politest para análise de alcalinidade modelo AL-Polilab (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14^o ed., 278-282).

. Princípio do Método

Os íons hidroxilas presentes na amostra, como resultado da dissociação de bases ou hidrólise de ânions, são determinados por reação com ácido de concentração conhecida.

. Amostragem

A amostra foi coletada na superfície do corpo hídrico em frascos plásticos e analisada imediatamente após a coleta.

. Dureza

Análise feita com kit Politest para análise de dureza modelo DT-Polilab. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14^o ed., 200-206).

. Princípio do Método

O EDTA sal sódico forma um complexo solúvel quando adicionado a soluções de certos cátions metálicos. Na presença de certos indicadores, o excesso de EDTA adicionado é acusado por uma mudança de coloração da solução. Nesta situação, praticamente todos os cátions sob análise estão complexados pelo EDTA.

. Amostragem

A amostra de água foi coletada na superfície em frascos plásticos e analisada imediatamente após a coleta.

. Fósforo

Análise feita com Visodisc-test para determinação de fósforo modelo Polilab, método molibdato de amônio.

. Princípio do Método

O ácido molíbdico fosfórico, formado pela reação entre o orto-fosfato presente na amostra e o molibdato de amônio, é reduzido pelo cloreto estanoso formando um composto de cor azul. A concentração do fósforo é medida pela intensidade da cor formada com a reação. A determinação com o kit da Polilab é semiquantitativa.

. Amostragem

A coleta da amostra de água foi realizada na da superfície, em frascos plásticos e analisada imediatamente após a coleta.

. Resultados

Os resultados obtidos foram insignificantes, na sua maioria zero.

. Oxigênio Dissolvido

Análise feita com kit Politest para análise de OD, modelo OD - ref. - 330.10.00.00, segundo Winkler ou método iodométrico. Coleta de amostras em meio e fundo, feita com coletor de amostras em profundidade Polilab modelo ACP 300 (Norma L. 5.169 CETESB).

. Princípio do Método

A determinação é baseada na adição de manganês bivalente na amostra, seguida de um álcali forte. O OD oxida uma quantidade equivalente de hidróxido manganoso, formando hidróxidos de valências mais elevadas. Em meio ácido e na presença de íons iodeto, o manganês oxidado reverte a manganês bivalente formando uma quantidade de iodo equivalente a quantidade original de oxigênio que havia na amostra. O iodo formado é então determinado por titulação com tiosulfato de sódio.

. Amostragem

As amostras de superfície foram coletadas simplesmente com frasco de OD na superfície da água a ser analisada. Nas amostras de meio e fundo, usou-se o coletor de amostras em profundidade Polilab modelo ACP-300, onde o frasco de OD é encaixado dentro do coletor e este por sua vez é lançado no local da coleta e através de uma corda métrica, determina-se a profundidade desejada. Uma vez determinada a profundidade, um mensageiro (peso de aço) é lançado permitindo a entrada da água a ser coletada dentro do coletor sem oxigenação da mesma. A análise é feita imediatamente após a coleta.

. Carbono

(Scott, W.W. 1939, Standard Methods of Chemical Analysis, USA, 15^a ed., vol. 1, 229-230).

. Princípio do Método

A amostra é queimada em forno de indução a $\pm 1.200^{\circ}\text{C}$. O gás resultante da queima é formado por $\text{CO}_2 + \text{O}_2 + \text{ar}$ e é recolhido em bulbo onde é feita uma leitura de volume. A mistura de gás passa por uma solução de hidróxido de potássio, onde o CO_2 é capturado e o gás retorna para o bulbo de leitura, e é efetuada uma nova leitura. A coluna de leitura fornece o valor em escala percentual.

. Amostragem

A amostragem desse material foi efetuada na forma de perfil. Um tubo de PVC de duas polegadas foi introduzido no local de coleta aproximadamente a 40cm de profundidade do solo.

. Preparação das Amostras

O tubo de PVC contendo a amostra é cortado em segmentos de 5cm para procedimentos analíticos. A amostra foi retirada do tubo e secada em ambiente coberto para não haver incidência direta do sol. A amostra foi cominuída em gral de porcelana a -65#.

. Análise

As amostras foram analisadas pela firma SGS do Brasil (RJ) em aparelho Leco.

. Enxofre

(Scott, W.W. 1939, Standard Methods of Chemical Analysis USA, 15^a ed., vol. 1, 915-916).

. Princípio do Método

A amostra é queimada em forno de indução. O gás eliminado contém SO_2 e SO_3 e é borbulhado em uma solução de água oxigenada onde o SO_2 é convertido para SO_3 . Em solução aquosa o SO_3 é convertido em ácido sulfúrico e este é titulado com perclorato de bário.

. Amostragem

A amostragem desse material foi efetuada na forma de perfil. Um tubo de PVC de duas polegadas foi introduzido no local de coleta por aproximadamente 40cm de profundidade do solo.

. Preparação das Amostras

O tubo de PVC contendo a amostra é cortado em segmentos de 5cm para os procedimentos analíticos. A amostra foi retirada do tubo e secada em ambiente coberto para não haver incidência direta do sol. A amostra foi cominuída em gral de porcelana a -65#.

. Análise

As amostras foram analisadas pela firma SGS do Brasil (RJ) em aparelho Leco.

. DBO - Método DB05 (5 dias)

(Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 14^a ed., 543-550).

. Princípio do Método

O oxigênio é consumido bioquimicamente na amostra, através da ação de organismos aeróbicos.

. Método

O método empregado para determinação da DBO foi o da diluição, incubação e determinação da demanda do oxigênio e do carbono orgânico total em uma solução de amostra de solo. Esta solução foi obtida através da suspensão de uma alíquota da amostra do solo, em água destilada e agitada por 30 minutos. Do sobrenadante, foram feitas análises de DBO e DQO.

. Amostragem

Foram coletados, dentro dos microambientes aproximadamente 1kg de solo, acondicionados em sacos plásticos hermeticamente fechados e imediatamente congelados.

. Análise

As análises desses materiais foram feitas pela CETESB em São Paulo.

. Transporte

O transporte desse material foi efetuado por avião, onde a amostra de solo foi colocada dentro de geladeiras de isopor com gelo para ser mantida a temperatura baixa. Do aeroporto o material seguiu diretamente para a CETESB.

. DQO - Método Colorimétrico

(Norma L. 5721, jun/85, CETESB).

. Princípio do Método

Oxidação do material orgânico com ácido crômico e ácido sulfúrico em ebulição. A amostra é refluxada em solução fortemente ácida com excesso conhecido de dicromato de potássio. Após a digestão, o dicromato reduzido para cromo (valência 3) muda da coloração laranja para verde. A leitura é feita em colorímetro.

. Amostragem

Aproximadamente 1kg de solo foi coletado dentro dos microambientes, acondicionado em sacos plásticos hermeticamente fechados e imediatamente congelado.

. Análise

As análises desse material foram feitas pela CETESB em São Paulo.

. Transporte

O transporte desse material foi efetuado por avião, onde a amostra de solo foi colocada dentro de geladeira de isopor com gelo para ser mantida à temperatura baixa. Do aeroporto o material seguiu diretamente para a CETESB.

. Mercúrio

Segundo Malm, O; Pfeiffer, W.C.; Bastos, W.R. & Souza, C.M.M. (Ciência e Cultura 41 (1); 88-92, Janeiro/1989).

. Princípio do Método

. Sedimento

Uma alíquota da amostra de solo é atacada com água-régia. Adiciona-se à amostra KMnO_4 e neutraliza-se o excesso de oxidante com cloridrato de hidroxilamina. A leitura é feita em aparelho de absorção atômica com gerador de hidreto.

. Peixes e Moluscos

Após a coleta, o material é filetado e congelado. Homogeniza-se 2g de amostra, tritura-se em gral de porcelana ou liquidificador descontaminado. Adiciona-se 2ml de água oxigenada em 2 etapas (1+1), e, após 10min., coloca-se em banho de gelo. Acrescenta-se 15ml de ácido sulfúrico concentrado em 2 etapas, gotejando e agitando. Coloca-se em banho maria a 60°C durante 30min. seguido de resfriamento em banho de gelo. Adiciona-se 20ml de KMnO_4 5% gotejando e agitando em 2 etapas. Após uma hora acrescentar 50ml de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 5% e deixar overnight. Deixar por 2 horas a 90°C e reduzir com cloridrato de hidroxilamina 12% antes da determinação.

. Água

A 20ml da amostra de água são acrescentados 2ml da mistura $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ (1+1). Após

resfriamento à temperatura ambiente, adiciona-se 2ml de KMnO_4 a 5% (gotando-se). Reduz-se com cloridrato de hidroxilamina e procede-se a leitura em absorção atômica.

. Amostragem

. Sedimento

A amostragem desse material foi efetuada na forma de perfil. Um tubo de PVC de duas polegadas, foi introduzido no local de coleta aproximadamente a 40cm de profundidade do solo. As amostras foram imediatamente congeladas.

. Peixes e moluscos

Peixes foram coletados em tarrafas e/ou puçá nos rios, lagoas e na caixa de teste nas áreas descritas como microambientes. Moluscos foram coletados com puçá e/ou manualmente em lagos e caixa de teste nas áreas descritas como microambientes.

. Água

Coletada em frascos plásticos.

. Preparação das Amostras

. Sedimento

O tubo de PVC contendo a amostra é cortado em segmentos de 5cm para o procedimento analítico. A amostra foi retirada do tubo e secada em ambiente coberto para não haver incidência direta do sol. A amostra foi cominuída em gral de porcelana a -65#.

. Peixes e Moluscos

Os exemplares sofreram identificação sistemática, sendo determinadas as suas biometrias e imediatamente congelados. Em laboratório os exemplares foram filetados e as vísceras foram retiradas (somente dos peixes). As amostras foram homogeneizadas e retiradas as alíquotas necessárias para as análises.

. Água

As amostras de água foram preservadas com dicromato de potássio 0,01% e ácido nítrico 5%.

. Análise

As amostras foram analisadas pelo Departamento de Química da UFMT - Universidade Federal do Mato Grosso em aparelho de absorção atômica marca CG modelo AA 7000.

. Análise mineralógica

Método por difração de raios X.

. Princípio do Método

Todo material sólido tem uma estrutura cristalina. Os raios X incidentes neste plano cristalográfico emitem uma difração em ângulos definidos, que são captados por um receptor e transformados em gráficos, que são analisados e interpretados.

. Amostragem

As amostras foram coletadas nos diversos microambientes na forma de perfil com tubo de PVC de duas polegadas introduzido aproximadamente a 40cm de profundidade do solo e transferida para um saco plástico.

. Preparação da Amostra

A amostra sofre secagem em ambiente coberto sem incidência direta do sol. A amostra foi cominuída em graal de porcelana a -65# e uma alíquota foi novamente cominuída em graal de ágata.

. Análise

As análises foram feitas no Instituto de Geociências da USP - Universidade de São Paulo.

VI BIBLIOGRAFIA

1. AGEMIAN, H. & CHAO, A.S.Y. Evaluation of extraction techniques for determination of metals in aquatic sediments. *The Analyst*, v.101, n.1207, p.761-7, 1976.
2. BEIJER, K. & JERNELOV, A. Methylation of mercury in aquatic environmental. In: NRIAGU, J.O. (ed.). *The biogeochemistry of mercury in the environment*. Amsterdam:Elsevier, 1979.
3. BESZEDITO, S. Mercury removal from effluents and wastewaters. In: NRIAGU, J.O. (ed.). *The biogeochemistry of mercury in the environment*. Amsterdam:Elsevier, Elsevier, 1979.
4. BISOGNI JUNIOR, J.J. Kinetics of methymercury formation and decomposition in the aquatic environments. In: NRIAGU, J.O. (ed.). *The biogeochemistry of mercury in the environment*. Amsterdam:Elsevier, 1979.
5. BJÖRNBERG, A.; HÅKANSON, L.; LUNDBERG, K. A Theory on the mechanisms regulating the bioavailability of mercury in natural water. *Environmental Pollution*, v.49, p.53-61, 1988.
6. BRASIL. Leis, decretos, etc. Ministério da Saúde. Secretaria Nacional da Saúde - Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos Resolução nº 18 de agosto de 1975. *Diário Oficial*, Brasília; 19/12/1975. Seção 1, pag. 16378. Estabelece o limite de tolerância para o mercúrio em peixes, crustáceos e moluscos.
7. CETEM/CNPq. DTA - Desenvolvimento de tecnologia ambiental. Projeto Poconé, Relatório anual de atividades. Rio de Janeiro, 1989. 210p. (RL 365).
8. CHAO, T.T.; THEOBALD Jr., P.K. The significance of secondary iron and manganese oxides in geochemical exploration. *Econ. Geol.*, v. 71, p.1560-9, 1976.
9. CLARKSON, T.W.; HAMADA, R.; AMIN-ZAKI, L. Mercury. In: *Changing Metal Cycles and Human Health*. Berlin:Springer-Verlag, p.285-309, 1984.
10. CONAMA. Resoluções do Conama 1984/86. Brasília, SEMA:1986. 96p.
11. DAVIS, J.A.; LECKIE, J. Effect of adsorbed complexing ligands on trace metal uptake by hydrous oxides. *Environm. Sci. Technol.*, v.12, n.12, p.1309-15, 1978.
12. DEB, B.C. The estimation of free iron oxides in solids and clays and their removal. *J. Soil Sci.*, v.1, n.2, p.212-20, 1950.
13. DILLON, P.J. & YAN, N.D. & HARVEY, H.H. CRC Critical Reviews. *Environm. Control*, v.13, p.167, 1984.
14. D'ITRI, F.M. The environmental mercury problem. CRC Press. East. Lansing, Michigan, 497p., 1972.
15. DUCHAUFOUR, P.; SOUCHIER, B. Note sur une methode d'extraction combinee de l'aluminium et du fer lebles dans les sls. *Sci. du Sol*. v.1, p.17-29, 1966.
16. EGOROV, Y.V. Hydroxide collectors in radiochemistry; I. Theory of transfer of cations from solutions into hydrated oxide phase. *Soviet Radiochem.*, v.9, n.3, p.285-91, 1967.
17. EYSINK, G.G.J.. A Presença de Mercúrio nos Ecossistemas Aquáticos do Estado de São Paulo; Seminário - Riscos e Conseqüências do uso do Mercúrio. (1: 1989: Brasília), Rio de Janeiro: FINEP/MS/DNEHSA/CNPq/IBAMA - DF, p.12-29, 1990.
18. ENDREDY, A.S. Estimation of free iron oxides in soils and clays by a photolytic method. *Clay Miner. Bull*, v.5, n.29, p.209-17, 1963.
19. EPA. Water quality Criteria Ecological. p.172-174 1972.

20. FARID, L.H.; MACHADO, J.E.B.; SILVA, A.O. Controle da emissão e recuperação de mercúrio em rejeitos de garimpo: uma experiência do Projeto Poconé. In: *Simpósio Internacional de Estudos Ambientais em Floresta Tropical Úmida (Forest 90)*. 1, Manaus, out. 1990. *Anais*. (1990), 11p (no prelo).
21. FERREIRA, J. . *Enciclopédia dos Municípios Brasileiros*; (Planejamento e Orientação), vol. 35. Rio de Janeiro, IBGE, 1958.
22. FERNANDES, R.S.; GUIMARÃES, A.F.; BIDONE, E.D. Monitoramento do mercúrio na área do Projeto Carajás. *Saneamento Ambiental*, v.6, p.34-41, 1990.
23. FÖRSTNER, U.; MÜLLER, G. *Schwermetalle in Flüssen und Seen*. Heidelberg: Springer-Verlag [1974]. 225p.
24. FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G.T.W. Metal transfer between solid and aqueous phases. In: *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Berlin, Springer-Verlag, 1979, p.197-270.
25. GADDE, R.R.; LAITINEN, H.A. Studies of heavy metal adsorption by hydrous iron and manganese oxides. *Anal. Chem.* v.46, n.13, p.2202-26, 1974.
26. GIBBS, R.J. Transport phases of transition metals in the Amazon and Yukon rivers. *Bull. Geol. Soc. Amer.* v.88, p.829-43, 1977.
27. GIBBS, R.J. Mechanisms of trace metal transport in rivers: *Science*, v.180, p.71-73, 1973.
28. HAEKEL, W.; REBELLO, A.; MOREIRA, I. & SANTELLI, R. . *Trace Metals in an Estuarine Tropical System*. GKSS-FRG, 85/E/21, Hamburg, 1985. 18p.
29. HÄKASON, L. The quantitative impact of pH, bioproduction and Hg-contamination on the Hg-content of fish (pike). *Environm. Pollution. Ser. B.*, v.1, p.285-304, 1980.
30. HEM, J.D. Reactions of metal ions at surfaces of hydrous iron oxide. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v.41, p.527-38, 1977.
31. JARDIM, W.F. Contaminação por mercúrio: fatos e fantasias. *Ciência Hoje*, n.41, p.78-9, 1988.
32. JENNE, E.A. Controls on Mn, Fe, Co, Ni, Cu and Zn concentration in soils and water the significant of hydrous Mn and Fe oxides. *Adv. Chem. Ser.*, v.73, p. 337-87, 1968.
33. JERNELOV, A. & LANN, H. Studies in Sweden on feasibility of some methods for restoration of mercury-contaminated: bodies of water. *Environmental Science and Technology*, v.7, n.8, p.712-18, 1973.
34. JERNELOV, A.; LANDER, L.; LARSSAN, T. . *Swedish Perspectives on Mercury Pollution*. *Journal Waters Pollution Control Federation*, 47 (4): 810-822. 1975.
35. JOHNNELS, A.; TYLER, G. & WESTERMARK, T. . A History of Mercury in Swedish Fauna. *Ambio*, v.8, p.160-169, 1979.
36. JONASSON, I. & BOYLE, R.W. The biogeochemistry of mercury. In: *Effects of Mercury in the Canadian Environm. [s.e.]*: National Research Council of Canada, 1979. 290p, p.28-49 (Paper 16739).
37. JONASSON, I.R. Mercury in the natural environment: a review of recent work. *Ottawa: Geol. Survey Canada (Paper 70.57)*. 1970.
38. KAISER, G. & TOLG, G. Mercury. In: *Anthropogenic Compounds*. Berlin, Springer-Verlag, 1980, p.1-58.
39. KLOKE, A. . *Orientierungsdaten fuer Tolerierbare Grundgehalte einiger Elemente in Kulturböden*. Mitt, Vdlufa, pp. 1-3: 9-11; Darmstadt, 1986.
40. KOLTHOFF, I.M. & MOSKOVITZ, B. Studies on coprecipitation and aging. XI. Adsorption of ammonio cooper ion on coprecipitation with hydrous ferric oxide. Aging of the precipitate. *J. Phys. Chem.*, v.41, n.4, p.629-44, 1937.

41. KRAUSKOPF, K.B. Factors controlling the concentration of thirteen rare metals in sea water. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v.9, p.1-32 B, 1956.
42. LINDQVIST, O.; JERNELOV, A.; JOHANSSON, K.; RODHE, H. In: Mercury in the swedish environmental: global and local sources. [s.l.]:National Swedish Environmental Protection Board, 1978, 105p.
43. MALM, O.; PFEIFFER, W.C.; BASTOS, W.R.; SOUZA, C.M.M. Utilização do acessório de geração de vapor frio: análise do mercúrio em investigações ambientais por espectrofotometria de absorção atômica. *Ciência e Cultura*, v.41, p.88-92, 1989.
44. MITRA, S. . "Mercury in the Ecosystem Trans-Tech Publs". Switzerland, 327p., 1986.
45. MÜLLER, G. Die Schwermetallbelastung der sediment des neckars und seiner nebenflüsse: Eine Bestandsaufnahme. *Chemiker Zeitung*, v.6, p.157-64, 1981.
46. NATIONAL Water Quality Laboratory. Duluth:Minesota, 1971.
47. OMS. Mercúrio. (Critérios de Saúde Ambiental; 1). Genebra:FAO/OMS, 1978. 148p.
48. OTTAWA RIVER PROJECT. Distribution and transport of pollutants in flowing water ecosystems. Final Report. Ottawa:University of Ottawa/National Research Council of Canada, 1977. 1077p.
49. PADBERG, S.; STOEPLER, M.; QUECKSILBER-HAUSHALT. In: Natuerlichen Ockotopen im noerdlichen Rheinischer schiefergebirge. *Tuebingen Geographische Studien*, v.100, p.1-46, 1988.
50. PARFENOFF, A.; POMEROL, C.; TOURENG, J. Les mineraux en grains. *Méthods d'étude et de détermination*. Paris:Masson et cie. 1970, 600p.
51. PATCHINEELAN, S.R. & FÖRSTNER, U. Sequential chemical extraction of polluted sediments from Subae river, Brazil. In: INTERN. CONF. HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT, Heidelberg, 1983. *Proceed.* 1983, v.2, p.860-3.
52. PFEIFFER, W.C. & LACERDA, L.D. Mercury inputs into the Amazon region, Brazil. *Environm. Techn. Letters*, v.9, p.325-30, 1988.
53. PRATER, B.L. & ANDERSON, M.A.A. 96 hours bioassay of Often creek, Ohio. *Journal WPCI*, v.49, p.2099-2106, Oct. 1977.
54. PURVES, D. . "Trace-elements Contamination of Environment". Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 243p., 1985.
55. RAMAMOORTHY, S. & RUST, B.R. Heavy metal exchange processes in sediment-water systems. *Environm. Acta*, v.41, p.527-38, 1977.
56. RAPPIN, F. & FORSTNER, U. Sequential leaching techniques for particulate metal speciation: the selectivity of various extractants. In: INTER. CONF. METALS IN THE ENVIRONMENT, Heidelberg, 1983. *Proceed*, 1983. p.1074-77.
57. REIMERS, R.S. & KRENKEL, P.A. Kinetics of mercury adsorption and desorption in sediments. *J. Water Pollutio Control Federation*, v.46, p.352-65, 1974.
58. RICHMAN, L.A.; WREN, C.D; STOKES, P.M. Facts and fallacies concerning mercury uptake by fish in acid stressed lakes. *Water, Air and Soil Pollution*, v.37, p.465-75, 1988.
59. SALOMONMS, W.; FÖRSTNER, U. . "Metals in the hydrocycle". Berlin: "Springer-Verlags", 397p., 1984.
60. SEMA. Avaliação dos projetos de metais pesados. Brasília. Coordenadoria do controle da Poluição. ABES/SEMA/MINTER, 1980.
61. STUMM, W. & MORGAN, J.J. *Aquatic Chemistry*. 2.ed. New York:John Wiley, 1981. 780p.

62. SUCKCHAROEN, S.; NUORTEVA, P. & HASAMEN, E. Alarming signs of Mercury Pollution in a Freshwater area of Thailand. *Ambio*, v.7, p.113-116, 1978.
63. TAYLOR, D. Review of the lethal and sublethal effects of Hg on the aquatic life. *Residues Review*. p.33-69, 1979.
64. TESSIER, A.; CAMPBELL, F.G.C; BISSON, M. Sequential extraction procedure of particulate trace metals. *Anal Chem.*, v. 51, p.844-50, 1979.
65. TUREKIAN, K.K. & WEDEPOL, K.H. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Bull. Geol. Soc. Am.*, v. 72, p.175-192, 1961.
66. U.S.G.S. - United States Geological Survey. "Mercury in the Environment Washington, 67p. (Prof. Paper 713), 1970
67. VARGAS-BOLDRINI, C. . "Mercúrio na Baixada Santista". Seminário-Riscos e Conseqüências de uso do Mercúrio; (1:1989: Brasília) Rio de Janeiro: FINEP/MS/DNEHSA/CNPq/IBAMA-DF, p. 161-195, 1990.
68. VEIGA, M.M. Propriedades geoquímicas da ligação cobre-óxidos hidratados de ferro: um estudo do minério alterado do Salobo-3A, Carajás-PA. Rio de Janeiro:UFF, 1984. 182p (Tese de Mestrado).
69. WREN, C.D. & MACCRIMNON, H.R. Mercury levels in sunfish, *leporomis gibbosus*, relativ to pH othe environment variables of Precambrian Shield lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v.40, p. 1737-44, 1983.