

MAPEAMENTO GEOLÓGICO E LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO AMBIENTAL EM SEDIMENTO DE FUNDO NA ÁREA DA MINERALIZAÇÃO DE Pb-Ba DE CAMUTANGA (PE)

Paulo Roberto Pereira Barros e Silva¹
Juliana Sierpe Moreira Barros¹
Adriana Baggio Garlipp^{1,2,3}
João Adauto de Souza Neto^{1,2}
Edilton José dos Santos^{1,2}

¹ Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFPE, amaral_pe@yahoo.com.br

² Departamento de Geologia, UFPE, adauto@ufpe.br

³ Bolsista Fixação de Pesquisador da FACEPE, adriana.baggio@ufpe.br

RESUMO

A área da mineralização de Pb-Ba de Camutanga está inserida na Província Borborema, mais precisamente na “Zona Transversal”, entre o Terreno Alto Moxotó e o Terreno Rio Capibaribe. Abrange rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico (Arqueano a Paleoproterozóico), Complexo Surubim e rochas da Suite Magmática Neoproterozóica. As litologias encontradas incluem *augen*-gnaisse de composição sienogranítica, gnaiesses granodioríticos, biotita-muscovita xisto, mármore dolomítico e muscovita-granada gnaisse, além de milonitos e migmatitos. Sobre a mineralização de Pb-Ba, as amostras e evidências observadas sugerem que a mineralização de galena e barita está associada a veios hidrotermais. As análises geoquímicas por ICP-MS nas amostras de sedimentos de fundo revelaram concentrações de metais biodisponíveis relativamente altas, (9 - 24,4 mg. kg⁻¹ de Pb; 18,6 - 225 mg. kg⁻¹ de Ba; 2,9 - 7,4 mg. kg⁻¹ de Cu), os quais são geoquimicamente ligados à mineralização investigada. Além disso, as análises dos parâmetros físico-químicos realizadas na água superficial dos rios Ferreiros e Camutanga, mostraram um ambiente com pH neutro, levemente alcalino, e Eh oxidante, sugerindo que o ambiente, naturalmente, pode ser capaz de provocar a mobilidade dos metais analisados para a água.

Palavras chave: Mineralização chumbo-bário, mapeamento geológico, sedimento de fundo, geoquímica ambiental

ABSTRACT

The mineralization area of Pb-Ba from Camutanga is part of the Borborema province, specifically the “Cross Zone”, between the High Moxotó Terrain and Capibaribe River Terrain. It covers rocks of Gneissic-Migmatitic Complex (Archean to Paleoproterozoic), Surubim Complex and rocks of Neoproterozoic Magmatic Suite. The lithologies encountered in this work include augen-gneiss syenogranitic, granodioritic gneiss, biotite-muscovite schist, dolomitic marble and garnet-muscovite gneiss, migmatites and mylonites. On Pb-Ba mineralization, evidences suggest that galena and barite are associated with hydrothermal veins. Geochemical analyses in bottom sediment samples showed high concentrations of bioavailable metals ($9\text{--}24.4\text{ mg. kg}^{-1}\text{ Pb}$; $18.6\text{--}225\text{ mg. kg}^{-1}\text{ Ba}$; $2.9\text{--}7.4\text{ mg. kg}^{-1}\text{ Cu}$), which are geochemically linked to the mineralization investigated. The physical-chemical parameters of surface water show an environment with slightly alkaline pH and oxidizing Eh, suggesting that the environment could facilitate the mobilization of these metals into the water.

Keywords: Mineralization Lead-Barium, geological mapping, bottom sediment, environmental geochemistry

INTRODUÇÃO

A área onde ocorre a mineralização de Pb-Ba de Camutanga situa-se cerca de 30 km a noroeste da cidade de Goiana, no Estado de Pernambuco. Segundo Cunha *et al.* (1984), a rocha mineralizada é um pegmatito que contém minerais de interesse econômico como galena (PbS), cerussita (PbCO_3), barita (BaSO_4) e calcopirita (CuFeS_2), os quais ocorrem como preenchimento de fraturas. Entretanto, com exceção dos trabalhos de cadastramento mineral realizados anteriormente, não são conhecidos trabalhos de mapeamento geológico de detalhe desta mineralização que permitam abordar melhor a natureza da rocha hospedeira e suas encaixantes.

Por outro lado, na região onde está situada a mineralização em foco encontram-se as nascentes do Rio Ferreiros e do Riacho Fundinho, os quais contribuem para a formação do rio Capibaribe-Mirim, que banha várias cidades em seu

percurso, dentre elas Goiana, desembocando no sistema estuarino Goiana-Megaó (Fig. 1).

O enriquecimento em determinados elementos e substâncias nocivas ao ser humano também pode ser de origem natural, como por exemplo, através das mineralizações (Kesler, 1994). O chumbo é um dos elementos de significativa importância ambiental, por ser considerado extremamente nocivo ao ser humano (Manahan, 2004). Assim, no caso da mineralização de Camutanga o Pb, e igualmente o Ba e Cu presentes nos minerais, pode estar sendo lixiviado pelas águas pluviais, sendo conseqüentemente carregado para as drenagens locais e, portanto, pode estar se dispersando em toda a área até atingir a região estuarina supramencionada.

Deste modo, este trabalho foi dividido em duas partes: primeiramente elaborar o mapeamento geológico na escala 1:20.000 de uma área de cerca de 56 km², compreendida entre as cidades de Timbaú-

ba e Camutanga incluindo-se o domínio da mineralização de Pb-Ba; e posteriormente, realizar o levantamento geoquímico das concentrações de Pb, Ba, Sr e Cu, em sedimentos de fundo fluvial na mesma área, verificando-se as relações como uma possível contaminação natural dos rios Ferreira e Camutanga, que são afluentes do rio Capibaribe-Mirim. Concomitantemente, foram realizadas análises geoquímicas semi-quantitativas em amostras representativas de galena (PbS), com o objetivo de se conhecer detalhadamente toda sua composição em elementos traços.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo tem cerca de 56 km², distando aproximadamente 120 km a noroeste de Recife, e está localizada entre os municípios de Camutanga e Timbaúba. A principal via de acesso à região é pela rodovia federal BR-101 que liga Recife à cidade de Goiana, e em seguida pela rodovia estadual PE-075, até chegar à cidade de Juripiranga, seguindo pela PE-004 até a cidade de Camutanga (Fig. 1).

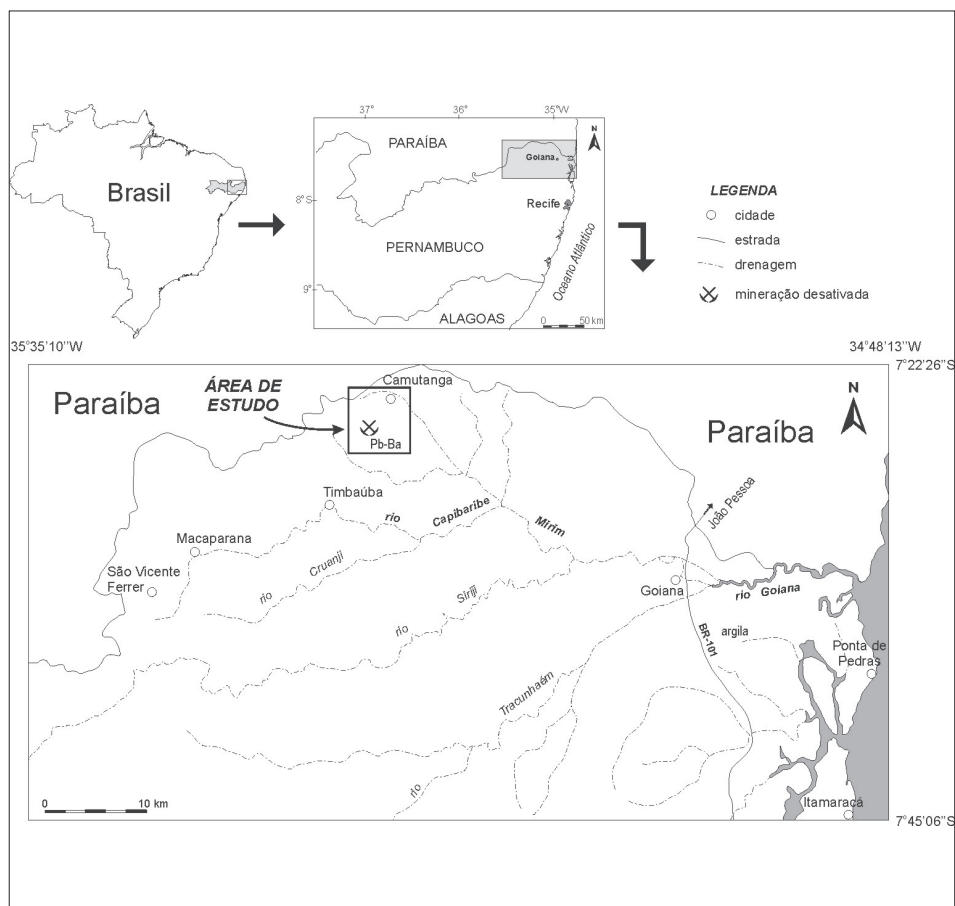


Figura 1. Localização da área de estudo.

Microscopicamente, o gnaiss apresenta uma textura porfiroblástica onde os cristais de granada fraturados estão envolvidos por um mineral pouco translúcido e avermelhado: leucoxeno, um óxido/hidróxido de ferro. Observam-se ainda intercrescimentos mimerquíticos nos feldspatos alcalinos em algumas partes da lâmina.

Unidade 3

A Unidade 3 possui uma composição mineralógica formada por feldspato alcalino, plagioclásio, quartzo, muscovita, minerais opacos, hornblenda, biotita, zircão, apatita, titanita e epidoto. É classificada como *augen*-gnaisses de composição alcali-feldspato quartzo sienítica a sienogranítica. A rocha é cortada por diversos veios pegmatíticos de 5 a 40 cm de largura, paralelos/subparalelos à foliação, eventualmente discordantes. Macroscopicamente possui uma granulação média a grossa, textura porfírica com pórfiros variando de 0,5 a 1 cm, anédricos, e coloração rósea característica dos feldspatos alcalinos. Em análise microscópica, observam-se os processos de sericitização dos feldspatos alcalinos e cloritização das biotitas, bem como minerais opacos anedrais a subedrais, sugerindo um hábito cúbico ou prismático.

Próximo à zona de cisalhamento central do mapa geológico, observou-se a presença de diques com prováveis composições dioríticas, cujo regime deformacional provocou o estiramento dos mesmos paralelamente à foliação da rocha encaixante, conforme sugerem aspectos estruturais e texturais identificados no campo.

Unidade 4

Esta unidade é formada por migmatitos de composição mineralógica princi-

palmente rica em plagioclásio, quartzo, feldspato alcalino, hornblenda e biotita, e como minerais acessórios: titanita (cristais de até 0,5cm), apatita e zircão. As composições das amostras desta unidade plotadas no diagrama de Streckeisen indicam uma composição quartzo monzodiorítica. Economicamente, esta rocha é bastante utilizada na região para a produção de material para construção e pavimentações. Foram observados cristais de calcita nestes migmatitos ocorrendo de forma anedral em microfraturas cortando os cristais de plagioclásio e, especificamente no ponto C4A-52 (Fig. 2), a calcita se apresenta como cristais subedrais dispersos.

Unidade 5

Esta unidade é composta por gnaisses de composição quartzo diorítica a granodiorítica, localizados na porção centro-sul do mapa geológico, contendo como principal mineral acessório o epidoto. Os demais minerais encontrados são feldspatos alcalinos, plagioclásio, quartzo, muscovita, minerais opacos, tremolita, hornblenda, biotita, zircão, apatita, titanita, e turmalina. Observam-se ainda enclaves compostos essencialmente de hornblenda. Esta unidade apresenta uma forte relação com a zona de cisalhamento na porção central da área que a tangencia, condicionando sua forma e afetando com diferentes intensidades a orientação dos minerais ao longo de sua ocorrência.

Microscopicamente, a tremolita ocorre sempre próxima aos cristais de epidoto, enquanto a calcita está presente no contato entre grãos de plagioclásio e nas microfraturas cortando os vários minerais, podendo ser resultante de dissolução ou uma textura retrometamórfica.

LITOESTRATIGRAFIA

Devido à falta de evidências cro-
noestratigráficas, a elaboração da coluna
estratigráfica foi realizada com base na
correlação das unidades identificadas na
área de estudo com as unidades caracte-
rizadas regionalmente. Dessa maneira,
pode-se sugerir que as características en-
contradas na sequência metasedimentar
da Unidade 1, assemelham-se aos litoti-
pos encontrados do Complexo Sertânia,
com idade U-Pb, em zircão, de 2,12 Ga
(Nutman *et al.*, 2001).

Os litotipos da Unidade 2 são clas-
sificados como muscovita-granada-gnaisse
e, embora aparentem um caráter intrusivo,
encontram-se intercalados com a sequên-
cia metasedimentar do Complexo Suru-
bim. Essa condição nos permite supor sua
posição litoestratigráfica logo acima da
Unidade 1 (ver coluna litoestratigráfica no
mapa geológico – Fig. 2).

O contato entre as rochas das Unida-
des 3 e 4 não foi identificado em campo,
nem tampouco qualquer relação cronoló-
gica entre elas. Desta forma não foi pos-
sível inferir qual delas seria a mais nova,
de modo que foram posicionadas lado a
lado na coluna estratigráfica. Em relação
à Unidade 5, embora também não tenham
sido encontradas evidências dos seus posi-
cionamentos litoestratigráficos no campo,
quando visualizados em mapa, a mesma
apresenta um caráter intrusivo, cortando a
foliação regional. Esta forma de ocorrên-
cia nos permitiu sugerir que esta Unidade
seria mais nova do que as demais encontra-
das na área de estudo.

ASPECTOS ESTRUTURAIS DA ÁREA ESTUDADA

A foliação regional presente na área
se mostra orientada segundo duas dire-

ções preferenciais, N70E e N30W. Em
relação às lineações de estiramento mi-
neral, elas possuem um caimento princi-
pal suave para SW podendo cair para NE
também.

ESTRUTURAS FORMADAS POR DEFORMAÇÃO DÚCTIL

Sob o aspecto estrutural das de-
formações dúcteis, as principais feições
observadas na área de estudo foram as
zonas de cisalhamento presentes. Na
porção extremo norte (de maior expres-
são) e porção sul, os critérios cinemáti-
cos observados das zonas de cisalhamen-
to indicam um movimento dextral (Figs.
3 e 4).

Na porção central da área mapeada
foi identificada a existência de milonitos
onde a foliação apresenta um mergulho
variando de 40 a 68°, e lineação de esti-
ramento de 15°/ 78Az. Esses critérios
cinemáticos sugerem mais uma zona de
cisalhamento de movimento dextral, de
direção E-W, paralela às demais existentes
na região estudada.

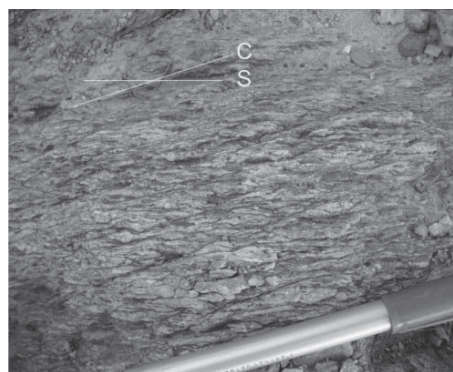


Figura 3. Trama S-C encontrada nos litotipos da
Unidade 3, indicando um movimento de senti-
do dextral (Ponto C4A-41).



Figura 4. *Boudins* formado por quartzo e galena formando sigmóides indicativos de movimento dextral na Unidade 1 (Ponto C4A-46).

Obliquamente a essas zonas de cisalhamento dextrais encontra-se também, na porção central do mapa, outra zona de cisalhamento de direção NE-SW, com mergulho aproximado de 48° e lineação de estiramento de $09/242\text{Az}$, cujos critérios cinemáticos identificados no campo, como tramas S-C e sigmóides, indicam um movimento sinistral. Esta direção de cisalhamento coincide com uma direção subordinada dentro do Modelo de Riedel (Riedel, 1929), tendo como movimentação principal a direção de cisalhamento dextral E-W.

Um importante critério de cronologia de alojamento de corpos ígneos no local, face à deformação da área, é dado pelos pegmatitos, que ocorrem na maioria das unidades mapeadas, exceto no mármore da Unidade 1. Localmente, no ponto C4A-32 (Fig. 2), encontra-se um padrão de preenchimento por diques pegmatíticos de zonas ou fraturas de alívio de tensão, também chamados de *tension gash*, ortogonais à direção do cisalhamento. Estes diques apresentam-se também foliados, e eventualmente dobrados, sendo uma indicação de que foram afetados pela zona de cisalhamento desta porção da área. Esta observação sugere que os diques tenham sido intrudidos ainda no estágio dúctil, em um momento tardi a pós, em relação ao principal evento de deformação que afetou a

área, e comprova a existência do enxame de diques fotointerpretado na porção central da área com direção NE-SW, com uma ligeira inflexão para W. Estes diques estão paralelos ou subparalelos às direções de fraturamento esperado para o regime extensional causado pelas principais zonas de cisalhamento de direções W-E a SW-NE da área.

Os dobramentos estão presentes na porção centro-norte do mapa (Fig. 2). A primeira dobra afeta a unidade 3 sendo classificada como uma sinforme com caimento aproximado de $12/\text{N}60\text{E}$. As demais dobras fazem parte de uma seqüência de dobramento formando, de sul para norte, um antifor-me, sinforme e antifor-me com caimento do eixo aproximado de $43/\text{S}40\text{W}$. Em escala de afloramento, na Unidade 5 identificam-se diques pegmatíticos dobrados com foliação interna paralela à foliação do gnaiss granodiorítico, cuja direção ($80\text{Az}/\text{Vertical}$) é subparalela à zona de cisalhamento sul, de direção W-E, e ao plano axial da dobra.

Ainda no regime de deformação dúctil, foi identificada na porção norte da área mapeada, apenas no *augen*-gnaiss da Unidade 3, a formação de *pod's* de deformação provocando uma foliação anastomosada em torno dos blocos e dos feldspatos.

ESTRUTURAS FORMADAS POR DEFORMAÇÃO RÚPTIL

Sob o regime rúptil, além das falhas em grande escala identificadas na fotointerpretação, que condicionam grande parte dos cursos d'água da área estudada, foi observado um padrão de fraturamento que obedece a duas direções preferenciais: $22\text{Az}/\text{Subvertical}$ e $345\text{Az}/\text{Subvertical}$. Além destas direções predominantes, foram identificadas fraturas discordantes no *augen*-gnaiss preenchidas por quartzo e epidoto, com espessura de até 2 cm e atitude de $135/43^\circ \text{NE}$.

Outra feição encontrada ainda representando o regime rúptil na área que afeta a unidade 5, foram os chamados *stockworks*, sugestivos de ação hidrotermal, com veios de espessuras milimétricas, entre 1 e 3 mm (Fig. 5).



Figura 5. Finos veios formando uma estrutura em *stockwork* no granodiorito da Unidade 5.

MINERALIZAÇÃO DE Pb-Ba DA ÁREA DE CAMUTANGA (PE)

Os trabalhos mineiros na mina de Pb e Ba de Camutanga foram iniciados por volta de 1930 pelo proprietário das terras, cidadão de nacionalidade portuguesa. Segundo o Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM), não há registros de relatórios de pesquisas oficiais na área sob investigação. O Projeto “Cadastramento das Ocorrências Minerais do Estado de Pernambuco” (Cunha *et al.*, 1984) é o único registro encontrado até o momento sobre a mineralização de galena e barita em Camutanga. Os registros indicam que os minerais-minério: galena, cerussita e barita, ocorrem em pegmatitos contendo quartzo, feldspato alcalino, e calcopirita, que preenchem fraturas em rocha granítica.

Na área da mineralização foram identificados uma galeria N20E, com cerca de 30 m de comprimento e abertura de 2 x 2m, e dois *shafts*. A ressaltar que esta galeria está disposta paralelamente a um dos principais sistemas regionais de

fraturas. A rocha encaixante da mineralização é um *augen* gnaiss da Unidade 3, variando composicionalmente, na entrada da galeria, para um *augen* gnaiss de coloração cinza, mais rico em hornblenda.

Não foi encontrado na área da mineralização nenhum afloramento “*in situ*” da associação galena-barita relacionada a diques pegmatíticos. Contudo, no rejeito de um dos *shafts* foram encontradas abundantes amostras de barita (cristais de 1 a 5 cm) contendo cristais de galena associados (de até 1 cm; Fig. 6). Neste rejeito foram encontradas ainda amostras de brecha hidrotermal de coloração castanho avermelhada, constituída principalmente por quartzo e óxidos/hidróxidos de ferro, minerais secundários de coloração verde (piromorfita $[Pb_5(PO_4)_3Cl]$) e cinza esverdeada com hábito pulverulento (bismutita $[Bi_2(CO_3)_2O_2]$), sendo cortada por veios e vênulas (0,3 a 1,0 cm de espessura) de quartzo, formando uma típica estrutura do tipo *stockwork*. Algumas poucas amostras apresentam veios (< 1 cm) de quartzo com galena microcristalina. Todas estas feições são sugestivas de ação hidrotermal, e suportam a hipótese de que a mineralização de Pb-Ba de Camutanga pode ser do tipo veios hidrotermais, e não em pegmatitos como suposto anteriormente (Cunha *et al.*, 1984).

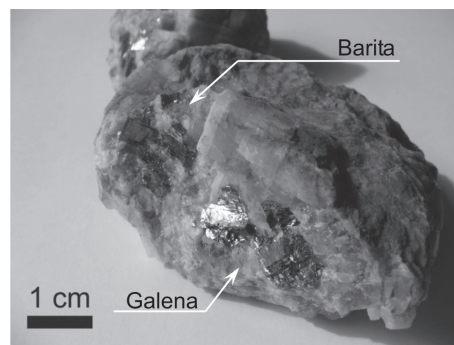


Figura 6. Cristais eudrais de galena (cinza metálico), com clivagem cúbica, intimamente associados à barita (cinza claro).

A ressaltar que na parte norte da área (pontos C4A-46 ao C4A-49 – Fig. 2), nos mármores dolomíticos da Unidade 1, foram encontrados veios boudinados *in situ*, constituídos basicamente por quartzo e galena microcristalina (*boudins* até 30 cm de diâmetro), alguns com formas sigmoidais assimétricas (Figs. 7 e 8). Esta observação atesta a existência de uma fase hidrotermal, ao menos precoce (veios boudinados que demonstram terem sido afetados por cisalhamento), responsável pela geração da mineralização de Pb na área, dando suporte à hipótese de uma origem hidrotermal para a mineralização de Pb-Ba da área. A presença de veios de quartzo-galena nos mármores dolomíticos faz supor que estas rochas podem ter sido eventualmente a fonte de, pelo menos, o elemento Pb da mineralização.



Figura 7. *Boudin* de quartzo e galena, encontrado na Unidade 1 (Ponto C4A-47).

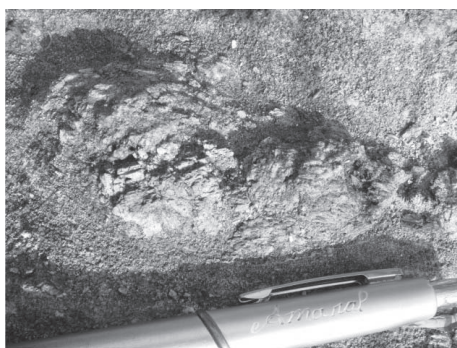


Figura 8. Detalhe do *boudin* encontrado na Unidade 1, com cerca de 10 cm (Ponto C4A-47).

Esta proposta de origem da mineralização da área é bastante coerente com os modelos bem conhecidos de depósitos do tipo *Mississippi Valley (MVT)* e *Sedimentary Exhalative (SEDEX)*, onde mineralizações de Pb-Zn (galena e esfalerita, contendo também barita e fluorita) são formadas a partir de um sistema hidrotermal atuando em bacias sedimentares, o qual provoca a precipitação destes minerais-minério preenchendo vazios deixados pela porosidade secundária (diagênese) em calcários e dolomitos. Por outro lado, a barita também é um mineral-minério comum em mineralizações de veios hidrotermais formados em torno de intrusões ígneas, como aponta Kesler (1994). Neste cenário, a ocorrência de barita em veios hidrotermais restritos às litologias de origem ígnea em Camutanga, poderia indicar uma participação ígnea na fonte do Ba.

LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO AMBIENTAL

Coleta de sedimentos de fundo

Amostragens foram realizadas em sedimentos ativos de corrente em 4 estações (CM-14, CM-15, CM-16/17, CM-18 – Fig. 2), utilizando-se materiais plásticos para coleta e armazenagem. Simultaneamente, foram medidos *in situ*, na superfície da água, através de sonda multiparâmetro DIGIMED, os parâmetros físico-químicos básicos (temperatura, pH, Eh, condutividade elétrica, resistividade, sólidos totais dissolvidos) em cada estação de amostragem. Adicionalmente, produziu-se duplicata em uma das estações (CM-16/17), para estudos de variância sobre os procedimentos de amostragem.

Secagem e peneiramento

As amostras foram secas em temperatura ambiente, e mantidas cobertas com

um tecido de algodão para se evitar eventuais contaminações devido à deposição de partículas em suspensão e ao mesmo tempo propiciar aeração da amostra (Mudroch & Azcue, 1995). Após secagem completa, foram cuidadosamente desagregadas com o auxílio de um martelo de borracha, seguindo-se peneiramento (peneiras plásticas) abaixo de 200 e 64 μm , separando-se a fração < 64 μm para as análises geoquímicas.

Análises geoquímicas

As concentrações totais dos elementos químicos no sedimento superficial de fundo foram obtidas com um ataque multi-ácido ($\text{HF-HNO}_3\text{-HClO}_4$) de 0,25 g da amostra, e posterior lixiviação com HCl diluído. Os extratos resultantes foram analisados em espectrômetro de emissão ótica com fonte de plasma (ICP-AES), no laboratório ALS Chemex Ltd., no Canadá.

A extração parcial para a obtenção das concentrações dos elementos potencialmente biodisponíveis foi realizada através de uma digestão de 0,5 g da amostra de sedimento já processado em HCl 0,5M (Sutherland, 2002), com leitura em ICP-MS no Laboratório de Espectrometria de Plasma do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em Campinas-SP).

A análise geoquímica semiquantitativa foi realizada por Microscopia Eletrônica

de Varredura (MEV) com Espectrômetro de Comprimento de Onda Dispersivo acoplado (MEV-WDS Modelo JEOL-JSM-6460) no Laboratório de Dispositivos e Nanoestruturas (LDN), da UFPE. As condições analíticas para tal foram as seguintes: aumento de 3.000 vezes, corrente de 30 kV, intensidade da corrente em 12,23 nA. Selecionou-se o local no mineral para ser analisado apresentando uma área de 1 μm^2 . Em seguida foi feita uma varredura de toda a tabela periódica para se identificar a presença de elementos químicos na área selecionada.

RESULTADOS

Os resultados mostraram valores de pH (7,4 a 7,5) praticamente iguais em todas as estações (Tabela 1), indicando um ambiente ligeiramente básico e oxidante ($E_h = 202$ a 243mV). Os valores referentes à condutividade/resistividade e sólidos totais dissolvidos (STD) sugerem uma influência de influxos de efluentes domésticos/industriais provenientes da Cidade de Camutanga na estação 15, onde se obteve o maior valor de STD (819 ppm). Por outro lado, a montante da entrada do riacho Camutanga (estações 14 e 18), próximo à mina, os valores mais baixos podem ser reflexo da ausência de efluentes domésticos/industriais.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos *in situ* de água obtidos nas estações de amostragem de sedimento de fundo da área estudada.

Estação de amostragem	pH	Eh (mV)	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Resistividade ($\text{k}\Omega\text{xcm}$)	STD* (ppm)	Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$)
14	7,5	243	326	3,09	227	28,5
15	7,4	202	1.158	0,88	819	27,7
16/17	-----	-----	-----	-----	-----	-----
18	7,5	231	367	2,74	257	30,4

*Sólidos Totais Dissolvidos

Os resultados obtidos das concentrações de Pb, Ba e Cu, nos sedimentos de fundo foram comparados com as concentrações médias do padrão de folhelho de Mason & Moore (1982), em razão de semelhanças na composição granulométrica. Também foi feita uma comparação com os limites estabelecidos pela resolução 344/2004 do CONAMA para sedimentos, considerando-se que valores extrapolantes podem causar efeitos adversos à biota (Tabela 2).

ANÁLISE SEMIQUANTITATIVA EM MINERAL FONTE

Análises semiquantitativas foram realizadas em dois pontos distintos em cristal de galena (Tabela 3; Figs. 9 e 10). Além de chumbo e enxofre, foram também identificados arsênio, mercúrio e bismuto, elementos considerados comuns em galenas por Deer *et al.* (2008). Semi-quantificados, o arsênio foi aquele que apresentou maior teor médio: (34,6%),

Tabela 2. Concentrações totais (AT) e potencialmente biodisponíveis através de ataque fraco (AF) de Pb, Ba, Cu e Sr (mg.kg⁻¹) em sedimento de fundo. (ND – não definida).

Estação	Pb		Cu		Ba		Sr	
	AF	AT	AF	AT	AF	AT	AF	AT
14	21,4	45	2,9	6	214	3680	28,9	711
15	14,0	34	7,0	19	18,6	1190	23,5	213
16	10,5	32	7,4	20	89,0	720	12,7	126
17	9,0	24	6,1	18	77,0	720	12,5	128
18	24,4	51	3,9	11	225	3620	26,4	707
Folhelho¹	20		45		580		300	
CONAMA²	35		35,7		ND		ND	

¹ Mason & Moore (1982) ² Resolução N° 344/2004 (CONAMA, 2004)

As concentrações de Pb e Ba nos sedimentos excederam os padrões de folhelho em todas as estações, e as concentrações excedentes para o Sr estão localizadas naquelas próximas à mina. Em comparação com os limites CONAMA (2004) para sedimentos, as concentrações de Pb foram excedentes apenas nas estações 14 e 18, localizadas próximas à mina. O Cu não apresentou concentrações superiores aos padrões supracitados em nenhuma das estações.

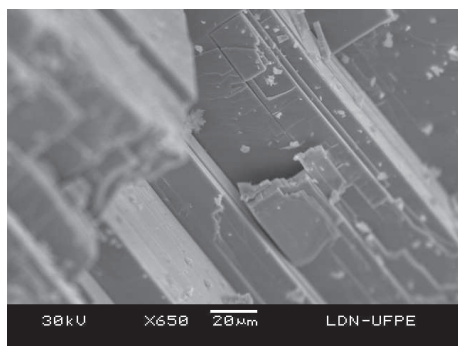
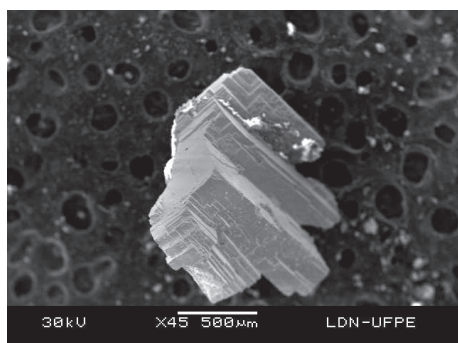
Com base em premissas físico-químicas apresentadas por Siegel (1998), os metais potencialmente biodisponíveis analisados nos sedimentos da área podem ser remobilizados caso ocorra uma diminuição do pH. E isto pode facilmente acontecer através da decomposição de matéria orgânica gerando ácidos fúlvicos e húmicos.

seguindo-se o bismuto (1,04%), e por último o mercúrio (0,65%).

Destes elementos químicos, Pb-As-Hg são considerados ambientalmente danosos e revelam um preocupante potencial de contaminação natural a partir da mineralização de galena e barita.

Tabela 3. Análise geoquímica semi-quantitativa (valores em %) dos elementos As, Hg e Bi em galena.

Elementos	Ponto 1	Ponto 2	Média
Arsênio (As)	36,2	33,0	34,6
Bismuto (Bi)	1,0	1,1	1,0
Mercúrio (Hg)	0,7	0,6	0,6



Figuras 9 e 10. Fotomicrografias de cristal de galena oriundo da Mina de Camutanga, tiradas de observação em MEV Modelo JEOL-JSM-6460, com diferentes aumentos.

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Não foi detectada nenhuma evidência de que a paragênese galena-barita esteja hospedada em diques pegmatíticos. Diferentemente, foram encontradas evidências de hidrotermalismo (*stockworks*) e os supostos veios de quartzo e galena boudinados nos mármores dolomíticos da Unidade 1, compondo uma mineralização do tipo em veios.

Na área principal da antiga exploração, onde existe uma galeria e os *shafts*, as evidências sugerem que o corpo principal mineralizado é um veio que possui espessura entre 2 - 5m, e extensão inferior a 100m, ao longo da direção N70E. Esta

direção é paralela à direção da foliação regional, onde também foi identificada a presença de veios concordantes de barita e galena em forma de “boudins”, que sugere uma mineralização mais antiga em relação à tectônica responsável pela foliação do referido augen-gnaiss. A mineralização é essencialmente constituída por galena e barita, ambas de granulometria grossa e livres de deformação.

Grosso modo, a galeria se estende ao longo da direção N20E sendo esta, aparentemente, uma direção preferencial transtensiva relacionada ao movimento das zonas de cisalhamento presentes na área estudada. Ressalta-se que esta direção também hospeda diques e enxames de diques pegmatíticos imediatamente a sul da área da mina, ductilmente deformados e, também, coincide com a maior parte das fraturas aferidas em campo, bem como a direção de fraturamentos ortogonais a um mega sinforme com caimento para NE.

A ocorrência dos veios boudinados com galena microcristalina pode ser considerada uma evidência de que os mármores dolomíticos da Unidade 3 possam ser considerados fonte, pelo menos, das mineralizações de Pb. Por outro lado, a ocorrência restrita da barita em veios encaixados em rochas ortoderivadas da Unidade 3, na área da antiga mineração de Pb, pode ser uma evidência de contribuição ígnea, como fonte de Ba.

No âmbito da geoquímica ambiental, apesar da quantidade insuficiente de amostras para se poder chegar a conclusões mais aprofundadas, a avaliação geoquímica dos sedimentos de fundo das drenagens da região estudada mostra resultados importantes. As concentrações totais de chumbo (24 a 51 mg.kg⁻¹) e bário (720 a 3680 mg.kg⁻¹) ultrapassam em todas as estações os valores de concentração média dos folhelhos, estabelecidas por Mason & Moore (1982), enquanto que as concentrações de estrô-

cio (126 a 711 mg.kg⁻¹) são superiores apenas nas estações próximas à mineralização (estações 14 e 18). As concentrações de Pb mostraram-se superiores aos limites estabelecidos pelo CONAMA (2004) para sedimentos, podendo ser indicativo de que a biota local pode estar sendo afetada. Paralelamente, as condições de pH (7,4 a 7,5) e Eh (202 a 243mV) verificadas em águas das drenagens do entorno da mina sugerem que parte desses elementos químicos, inclusive os metais pesados, podem ser remobilizados para o meio aquoso, daí podendo ser assimilado pela biota local.

Análises por MEV mostraram cerca de 30% de As na estrutura da galena, dado que merece atenção, mesmo não se tendo um valor quantitativo preciso do As biodisponível. Assim como o Pb, o As é um elemento danoso à saúde e ao meio ambiente, e as condições de pH e Eh encontradas nas águas superficiais da área são favoráveis à mobilidade destes elementos patogênicos.

REFERÊNCIAS

- CONAMA, 2004. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004. Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama>
- Cunha A. C., Sampaio G. M. P., Milet H. A. R., Filho P. S. O., 1984. Projeto Cadastramento das Ocorrências Minerais do Estado de Pernambuco, por SUDENE e CONESP. Série Brasil. *SUDENE*, Geologia Econômica nº10, Recife, 261 p.
- Deer W. A., Howie R. A., Zussman J. 2008. Minerais constituintes das rochas. *Fundação Calouste Gulbenkian*, Lisboa, 727 p. (3ª Ed.).
- Ferreira C. A., Santos E. J., 2000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Jaguaribe SE. Folha SC 24-Z. Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Geologia e metalogênese. Recife: CPRM. Disponível em CD-ROM.
- Kesler S. E., 1994. Mineral Resources, Economic and the Environment. *Macmillan*, New York - NY, 391 p.
- Manahan S.E., 2004. Environmental Chemistry. *Lewis Publishers*, Boca Raton, Florida - USA, 816 p. (8th edition).
- Mason B., Moore C.B., 1982. Principles of Geochemistry. *John Wiley & Sons*, New York, 344 p. (4th ed.).
- Mudroch & Azcue 1995. Manual of Aquatic Sediment Sampling. *Lewis Publishers*, Boca Raton. 219 p.
- Nutman A. P., Brito Neves B. B., Santos E. J., 2001. U-Pb SHRIMP ages of the Sertânia Complex: evidences for a basement terrane in the zona transversal subprovince. In: *SBG Núcleo Nordeste*, XIX Simpósio de Geologia do Nordeste, Natal. Resumos, vol. 17: 288-289.
- Riedel W., 1929. Zur mechanik geologischer brucherscheinungen. Ein beitrage zum problem der fiederspaltten. *Zentralblatt für Mineralogie*, Verlagsbuchhandlung, 1919b: 354-368.
- Siegel F.R., 1998. Geochemistry Metal Toxins and Development Planning. In: J. Rose (Ed.), *Environment Toxicology: Current Developments*. *Gordon and Breach Science Publishers*, Amsterdam, p. 81-107.
- Silva P.R.P.B., 2008. Mapeamento geológico e levantamento geoquímico ambiental em sedimento de Fundo na área da mineralização de Pb-Ba de camutanga/PE. Relatório de graduação. Departamento de Geologia. UFPE. 108P.
- Sutherland R.A., 2002. Comparison between non-residual Al, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn released by a three-step sequential extraction procedure and a dilute hydrochloric acid leach for soil and road deposited sediment. *Applied Geochemistry*, 17: 353-365.

