

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**



RELATÓRIO DE VIAGEM A CUBA

***Estúdio de la Degradación Ambiental de la Minería en la Región
de Santa Lucia en el Occidente de Cuba
(Acordo de Cooperação Técnica Brasil – Cuba)***

**Antônio Sílvio Jornada Krebs
Geólogo e Chefe do Núcleo de Apoio a Criciúma**

**José Luiz Marmos
Geólogo da Superintendência Regional de Manaus**

Novembro/2007

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	2	3
2 OBJETIVOS DA VIAGEM	6	6
3 PROGRAMA DA VIAGEM	7	7
4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS ASSUNTOS TRATADOS	14	14
4.1 Levantamento geológico-geotécnico	14	14
4.1.1 Mina de Santa Lucia	14	14
4.1.1.1 Aspectos Geológicos	14	14
4.1.1.2 Aspectos Geotécnicos	15	15
4.1.2 Mina de Castellano	18	18
4.1.2.1 Aspectos Geológicos	18	18
4.1.2.2 Aspectos Geotécnicos	19	19
4.1.3 Caracterização Hidrogeológica	21	21
4.2 Diagnóstico Geoquímico Ambiental	23	23
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	27	27
6 AGRADECIMENTOS	29	29



1 INTRODUÇÃO

No período de 04 de novembro a 02 de dezembro de 2007 os geólogos da CPRM Antônio Sílvia Jornada Krebs, chefe do Núcleo de Apoio a Criciúma da Superintendência Regional de Porto Alegre, e José Luiz Marmos, da Superintendência Regional de Manaus, estiveram na República de Cuba para execução das atividades de campo do projeto intitulado *Estúdio de la Degradación Ambiental de la Minería en la Región de Santa Lucia, en el Occidente de Cuba*. Seu afastamento do país foi autorizado por despacho do Ministro Interino das Minas e Energia, publicado no Diário Oficial da União – Seção 2 em 31 de outubro de 2007. O referido projeto tem sua base legal apoiada em dois acordos:

- Acordo Básico de Cooperação Técnica, Científica e Tecnológica entre o Governo da República Federal do Brasil e o Governo da República de Cuba, firmado em 18 de março de 1987.
- Acordo Complementar entre os Governos do Brasil e de Cuba para implementação do Projeto “*Estúdio de la Degradación Ambiental de la Minería en la Región de Santa Lucia, en el Occidente de Cuba*”, aprovado na VI Reunião do GT Brasil-Cuba, coordenada pela Agência Brasileira de Cooperação (ABC), realizada na cidade de Havana, em outubro de 2006.

No período citado, os geólogos da CPRM trabalharam em conjunto com técnicos da Oficina Nacional de Recursos Minerales – ONRM, instituição pública com atribuição de autoridade mineira, vinculada ao Ministério da Indústria Básica de Cuba e co-responsável pela execução do projeto. O geólogo Carlos Cañete, titular do Departamento de Proteção Ambiental da ONRM, e chefe do projeto por essa instituição, nos proporcionou, desde nossa chegada, todo o apoio necessário. Outro órgão público cubano que se incorporou ao projeto foi o Instituto de Geología y Paleontología - IGP, sendo designado o experiente geólogo Nyls Ponce para fazer parte da equipe técnica.

A área de trabalho está situada próximo ao extremo ocidental de Cuba, no povoado de Santa Lucia, que forma um aglomerado populacional único com o povoado de La Sabana, com cerca de 10.000 habitantes. Esse núcleo urbano está situado na costa norte de Cuba, cerca de 200km a oeste-noroeste de Havana, às margens do Atlântico Norte, e faz parte do município de Mata Hambre, tradicional região mineira da Província de Pinar del Rio (Figura 1).

Nas proximidades do povoado de Santa Lucia existem duas minas, uma paralisada e outra em atividade, que constituem o foco específico deste projeto (Figuras 1 e 2):

- a Mina de Santa Lucia, situada cerca de 2.500m a sul-sudeste do povoado, onde foi explotada pirita a céu-aberto para produção de ácido sulfúrico, e se explota atualmente a prata contida na cobertura intempérica;
- a Mina de Castellano, localizada 3.000m a sul-sudoeste do povoado, onde foi explotado ouro laterítico até o ano de 2004 e se iniciará brevemente a exploração de chumbo e zinco primário também a céu-aberto, sendo executadas, no momento, sondagens dirigidas para a coleta de amostras de rocha para ensaios tecnológicos. Adjacente a esta mina está assentada a planta de beneficiamento do material mineralizado a prata explotado na Mina Santa Lucia. O método utilizado nesta planta, após britagem e moagem, é o da lixiviação em pilhas.

A exploração de pirita e ouro nas duas minas, conduzida sem muito rigor técnico, iniciou-se com desmatamento e retirada do solo orgânico (fator de proteção natural à erosão), e posterior desmonte de material “estéril”, de baixo teor, depositado em enormes *escombreras* (pilhas de estéril) instáveis, e do material mineralizado a ser enviado para as plantas. Desses processos resultou um passivo ambiental, que, entre outros problemas, gerou:

- alteração do relevo pelas obras mineiras;
 - mudanças de uso e ocupação do solo;
 - perdas de solo orgânico;
 - intenso assoreamento dos vales fluviais adjacentes;
 - erosão dos solos expostos pela retirada da cobertura vegetal associada à construção de ramais de estrada, obras de servidão, etc.
- geração de drenagem ácida de rocha e aumento na mobilidade de metais pesados em zonas de *escombreras* e frentes de lavra (figura 2);
 - contaminação de águas superficiais e subterrâneas;
 - instabilidade de taludes artificiais (figura 2), etc.

Pelo exposto, principalmente pelos impactos continuados e cumulativos nos recursos hídricos, e possíveis implicações na qualidade de vida dos habitantes dos povoados de Santa Lucia e La Sabana, cujo abastecimento de água para consumo é feito exclusivamente por meio de poços tubulares rasos,

assim como pelos impactos causados na biota aquática, elo inferior da cadeia trófica, foi elaborado este projeto, visando à recuperação, fechamento e reabilitação das duas minas, em busca de propostas que ofereçam solução aos problemas supracitados e implementem práticas de mineração ambientalmente corretas nas explorações futuras.

Os trabalhos de campo foram divididos em duas vertentes. Uma equipe ficou responsável pelo levantamento dos principais problemas geotécnicos e de riscos geológicos observados nas minas, como disposição inadequada de estéril e rejeitos, instabilidade de taludes, escorregamentos e queda de blocos, etc. Outra equipe se dedicou à coleta de amostras de águas superficiais e subterrâneas e de sedimentos de fundo dos cursos d'água afetados pela atividade mineira. As amostras foram enviadas para o LACEMI – Laboratório Central de la Minería, em Havana, onde se analisarão diversos parâmetros, cujos resultados servirão de base para a elaboração do diagnóstico geoquímico-ambiental.

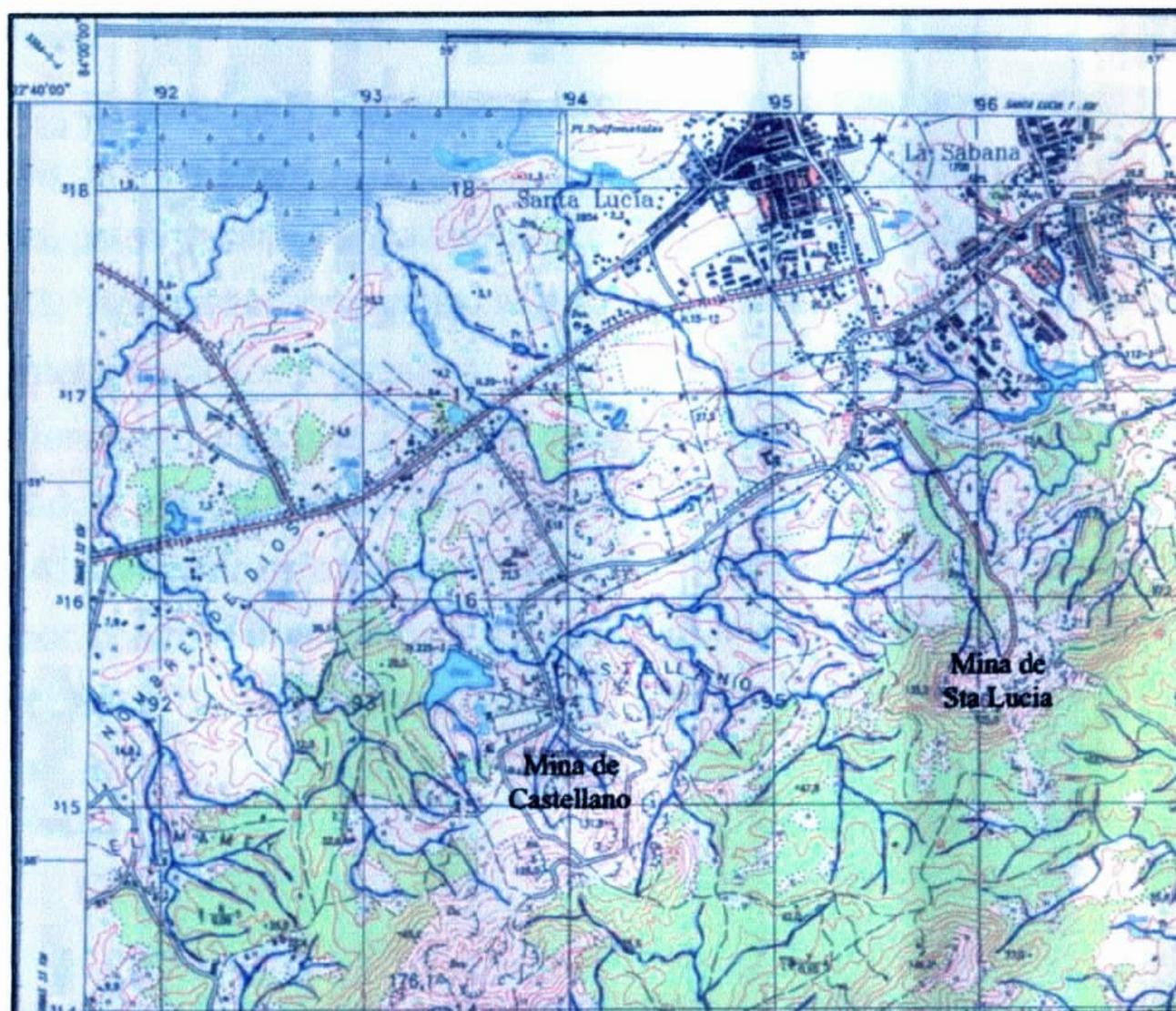


Figura 1 – Parte da folha planialtimétrica 3483-IV-a (Minas de Mata Hambre), na escala original 1:25.000, com a localização dos povoados de Santa Lucía e La Sabana e das minas de Santa Lucía e Castellano



Figura 2 – À esquerda, drenagem ácida gerada na mina de Santa Lucia na base de pilha de estéril (*escombrera*); à direita, talude sub-vertical, com risco iminente de queda de bloco, na mina de Castellano.

2 OBJETIVOS DA VIAGEM

1. Realizar os trabalhos de campo que servirão de base para o estudo da degradação ambiental existente no entorno dos povoados de Santa Lucia e La Sabana.

2. Elaborar um diagnóstico e avaliar os impactos provocados sobre os diversos compartimentos bióticos e abióticos, principalmente os recursos hídricos, pelos passivos ambientais gerados pela atividade mineira na região.

3. Apresentar propostas relacionadas a ações para a recuperação ambiental e socioeconômica com vistas à sustentabilidade da região de Santa Lucia, tendo em vista que a jusante das minas há um aglomerado populacional associado a um emergente pólo turístico.

4. Contribuir para a transferência de experiências e conhecimentos para o melhor controle e exigências no desenvolvimento dos trabalhos da ONRM nos processos de encerramento e reabilitação de minas.

3 PROGRAMA DA VIAGEM

Devido à grande diferença de distância da lotação dos dois técnicos em relação ao território de Cuba o itinerário inicial da viagem de cada um deles foi diferenciado, conforme segue:

Dia 04.11.2007: data da partida do geólogo José Luiz Marmos do Aeroporto Internacional de Manaus com destino a Havana (saída às 17:00h, hora local). A viagem, com conexão na cidade do Panamá, foi realizada em aeronaves da Copa Airlines (vôos CM 0140 e CM 0230) e a chegada à cidade de Havana deu-se às 23:30h, hora local. Após o desembarço alfandegário, sem problemas, o técnico da CPRM foi recepcionado pelo Geólogo Carlos Cañete e conduzido, em veículo da ONRM, até o Hotel Kohly para o pernoite. Esse hotel está bem situado e oferece boas instalações para o hóspede.

Dia 05.11.2007: data da partida do geólogo Antonio Sílvio Jornada Krebs do Aeroporto Internacional Salgado Filho, em Porto Alegre, com destino à Havana (saída às 19.30 horas, hora local). A viagem, com conexão na cidade de São Paulo, com saída às 4:30h do dia 06/11/07 para o Panamá, foi realizada em aeronaves da TAM no trajeto Porto Alegre - São Paulo e da Copa Airlines de São Paulo até à cidade de Havana, onde chegou às 10:00h, hora local. Após o desembarço alfandegário, com alguns problemas (demora de 3 horas para pagar uma taxa), visto que o geólogo estava levando um aparelho de DVD para dar de presente aos colegas cubanos, o referido técnico foi recepcionado pelos geólogos Carlos Cañete e Nyls Ponce e conduzido até o Hotel Kohly, onde estava hospedado o geólogo José Luiz.

Dia 05.11.2007: pela manhã, o geólogo José Luiz fez uma visita ao escritório da ONRM, onde ficou conhecendo suas instalações, tomou conhecimento de maiores detalhes técnicos acerca das atividades de campo, e teve uma breve reunião com o Diretor-Geral do órgão, Engenheiro Ivan Martinez Leyet. Após isso, foi conduzido novamente ao Hotel Kohly para almoço e aguardo da partida para o local dos trabalhos de campo. À tarde, com a chegada do geólogo Antônio Krebs, a delegação brasileira se completou e foi realizada a viagem rodoviária, em microônibus da ONRM, para a região de Santa Lucia. Os geólogos Carlos Cañete e Nyls Ponce nos acompanharam nesta viagem, com duração aproximada de três horas. Chegamos ao povoado no final da tarde e fomos direto para o único hotel existente, o qual funciona como hotel de

trânsito do pessoal técnico e administrativo ligado à mineração. Apesar de bastante simples, as acomodações eram confortáveis e limpas, com uma sala de refeitório ampla, a qual utilizamos freqüentemente para trabalhos de escritório (Figura 3). É importante ressaltar que todo *staff* desse hotel, do pessoal da cozinha ao da limpeza, nos tratou da melhor forma possível, com toda hospitalidade, cordialidade e educação.



Figura 3 – Vista exterior e interior do hotel de trânsito no povoado de Santa Lucia onde ficou hospedada a equipe técnica do projeto.

Dia 06.11.2007: no início do dia fomos à sede regional da empresa Geominera, detentora dos direitos minerários das Minas Santa Lucia e Castellano, áreas-objeto deste estudo (Figura 4). Conhecemos suas instalações, único local de acesso a *webmail* no povoado, e nos reunimos com seu diretor, Engenheiro Justo Hernandez Pérez. Na ocasião foi definido o apoio logístico a nossos trabalhos de campo e designada a Engenheira de Minas Estrella Millian, funcionária da Geominera, para nos acompanhar ao longo desses trabalhos. Também nesse dia, com apoio de veículos da Geominera, foi realizada a primeira visita técnica às minas, para reconhecimento preliminar dos problemas geotécnicos e das áreas com drenagens ácidas, como subsídio para o planejamento dos trabalhos posteriores.

Dias 07 e 08.11.2007: no dia 07, pela manhã, foi incorporado à equipe técnica o geólogo Elicer Barrios, do escritório da ONRM da cidade de Pinar del Rio, o qual chegou dessa cidade com o veículo utilitário que seria nosso transporte por todo o trabalho de campo (Figura 4). Durante esses dois dias foi feito reconhecimento rodoviário no entorno das duas minas, de modo a se observar

in loco as drenagens impactadas pela atividade mineral, definir as facilidades de acesso aos pontos de amostragem, preparar a logística, e subsidiar o planejamento da campanha de amostragem geoquímica. Após esse reconhecimento, com vistas a racionalizar e agilizar os trabalhos de campo posteriores, optou-se por dividir a equipe técnica em duas, de acordo com suas aptidões: os geólogos Antônio Krebs e Nyls Ponce ficaram encarregados do diagnóstico geotécnico nas duas minas; os geólogos Carlos Cañete, José Luiz e Elicer, além da Engenheira Estrella, ficaram responsáveis pelas amostragens geoquímicas. Deve-se ressaltar que a equipe de amostragem abrangeu maior número de técnicos pois os trabalhos eram mais extensos, requeriam maior agilidade, e não se dispunha de auxiliares de campo (braçais) para a coleta.



Figura 4 – À esquerda, sede regional da empresa Geominera, em Santa Lucia; à direita, veículo utilitário utilizado nos trabalhos de campo.

Dia 09.11.2007: neste dia, enquanto a equipe de geotecnia deu início aos levantamentos de detalhe dos problemas geotécnicos na mina Santa Lucia, a equipe de geoquímica dedicou-se ao cadastramento dos poços tubulares, públicos e particulares, existentes nos povoados de Santa Lucia e La Sabana, com o objetivo de selecionar alguns deles para amostragem, e, assim, avaliar a qualidade das águas subterrâneas na região e a possibilidade delas estarem contaminadas pelos efluentes gerados da atividade mineira circunvizinha.

Dias 10 e 11.2007: nestes dias, fim-de-semana, nossos anfitriões gentilmente nos levaram para conhecer duas atrações turísticas da região: a cidade de Viñales, com suas belas paisagens montanhosas, entremeadas de grutas e cavernas e boa infra-estrutura turística, inclusive com pontos de acesso a *internet*; as praias de Cayo Jutias, no litoral de Santa Lucia, com paisagens de

mangue, recifes de coral, ilhas, águas com diversos tons de verde e exuberante fauna aquática (Figura 5).



Figura 5 – À esquerda, cidade de Viñales, com montanhas sustentadas por rochas calcárias; à direita, praia de Cayo Jutias, no Atlântico Norte.

Dias 12 a 22.11.07: nesse período as duas equipes executaram seus trabalhos de campo. Foi feito um diagnóstico completo dos problemas geotécnicos e hidrogeológicos existentes nas minas de Santa Lucia e Castellano e visualizadas soluções mitigadoras; a equipe de geoquímica completou sua campanha de amostragem de águas superficiais e sedimentos de fundo nas bacias hidrográficas impactadas pela atividade mineral e de águas de poços de monitoramento existentes na mina de Castellano. No decorrer desse período, no dia 18 (domingo), fizemos uma visita à cidade de Pinar del Rio, cerca de 50km a sudeste de Santa Lucia, e capital da província homônima, onde fomos recebidos para um almoço na residência do geólogo Elicer Barrios.

Dia 23.11.2007: encerramento dos trabalhos de campo. Enquanto a equipe de geotecnia permaneceu no escritório, improvisado no refeitório do hotel, para a organização de seus dados de campo, seleção de fotografias, etc., a equipe de geoquímica realizou as amostragens de águas subterrâneas nos poços tubulares urbanos previamente cadastrados.

Dias 24 e 25.11.2007: período dedicado à reunião de integração de conhecimento entre as duas equipes, organização geral dos dados de campo, planejamento da estrutura do relatório, e preparação de uma exposição dos trabalhos executados para ser apresentada à diretoria regional da Empresa Geominera.

Dia 26.11.2007: pela manhã, na sede regional da Geominera, houve uma apresentação dos trabalhos de campo realizados, e dos principais problemas diagnosticados, para apreciação da diretoria dessa empresa. Em seguida ocorreu o retorno da equipe técnica para Havana em veículos da ONRM. Na chegada à capital cubana fomos conduzidos novamente para o Hotel Kohly.

Dias 27 a 29.11.2007: tendo por base o escritório central da ONRM demos continuidade ao processo de organização dos dados e estrutururação do relatório final, já com início da confecção do relatório geotécnico, assim como do planejamento das atividades para o ano de 2008. Também se elaborou uma exposição mais completa dos trabalhos de campo para ser apresentada aos técnicos da ONRM. Nesse período fizemos uma visita às instalações do Laboratório Central de la Minería (LACEMI), onde se realizavam as análises químicas do material coletado em nossa campanha de amostragem. Tivemos uma reunião com alguns técnicos e com o chefe desse laboratório, Químico Fabio Rojas, em que se definiu o método de preparação e análise dos sedimentos de corrente. Em seguida, visitamos a vizinha sede do Instituto de Geologia y Paleontologia, onde o geólogo Nyls Ponce nos mostrou os trabalhos de geoprocessamento que estavam sendo executados para o projeto. Também nesse período, acompanhados pelo geólogo Carlos Cañete, que muito bem nos ciceroneou, fizemos alguns passeios em pontos turísticos da capital cubana, como Habana Vieja, Fuerte del Castillo e Museo Hemingway.

Dia 30.11.2007: no auditório da ONRM, com a utilização de *datashow*, foram apresentados aos técnicos daquela instituição os trabalhos de campo executados por nossa equipe, assim como o planejamento das atividades para o ano de 2008 (Figura 6). A apresentação foi muito bem recebida e suscitou inúmeros comentários elogiosos por parte dos técnicos presentes. Pela noite fomos recepcionados na casa do geólogo Carlos Cañete, que nos ofereceu um excelente jantar de despedida (Figura 6).

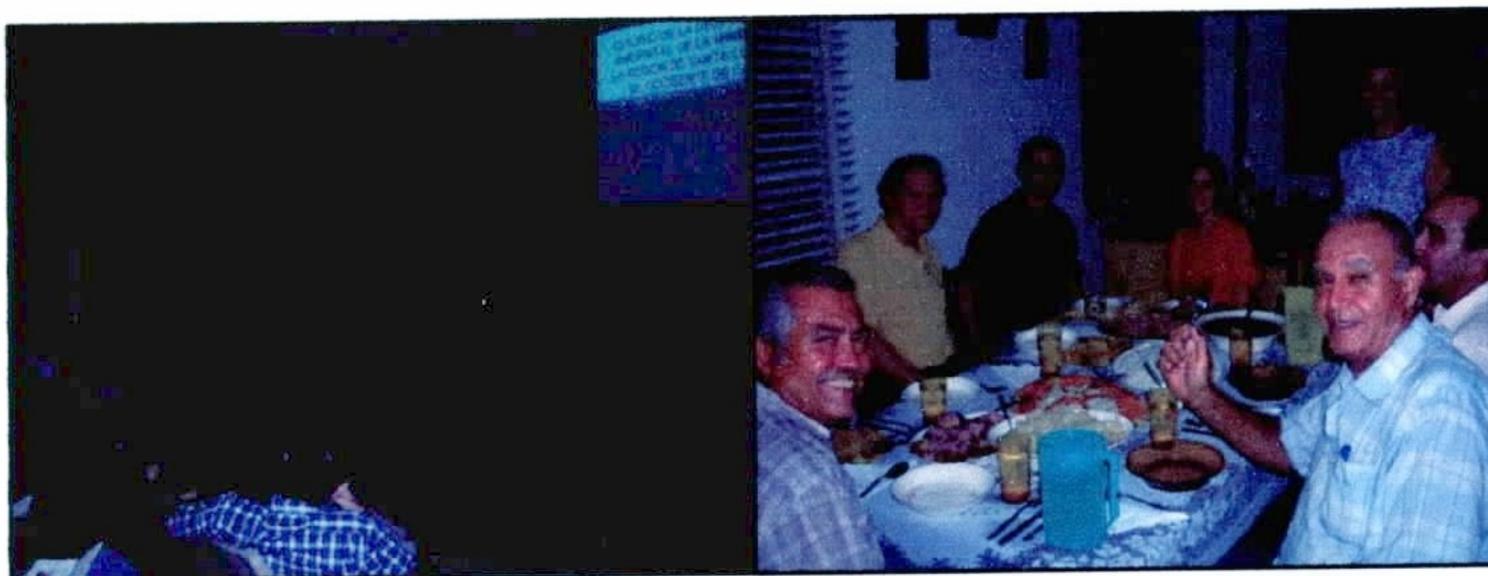


Figura 6 – À esquerda, apresentação dos trabalhos de campo para os técnicos da ONRM; à direita, jantar de despedida na casa do geólogo Carlos Cañete.

Dia 01.12.2007: retorno do geólogo Antônio Krebs para o Brasil, em vôo da Copa Airlines, com saída de Havana às 8:00h, conexão no Panamá, até São Paulo, onde chegou às 22:00h. De São Paulo a Porto Alegre o trajeto se deu pela TAM, com partida de São Paulo às 4:30h do dia 02/12/07 e chegada em Porto Alegre às 6:00h. O transporte do hotel Kohly até o aeroporto foi feito em veículo da ONRM.

Dia 02.12.2007: retorno do geólogo José Luiz para o Brasil em vôo da Copa Airlines, com saída do aeroporto de Havana às 8:00 horas, conexão na cidade do Panamá, e chegada em Manaus às 16:00 horas. O transporte do hotel até o aeroporto também foi feito em veículo da ONRM.

Não houve problemas de idioma com os colegas cubanos, pois Português e Espanhol são línguas muito semelhantes e, quando faladas pausadamente, perfeitamente entendíveis por brasileiros e cubanos. A experiência do geólogo José Luiz em um projeto desenvolvido com técnicos colombianos, assim como a experiência anterior do geólogo Antônio Krebs em um projeto com os próprios cubanos, facilitou muito nosso entendimento.

Com relação ao câmbio de moedas também não houve dificuldades. Tanto no Hotel Kohly como em bancos e casas de câmbio foi possível a troca de dólares americanos e euros por uma das moedas locais, no caso o cubano convertível (CUC). O CUC está sobrevalorizado em relação à moeda norteamericana já que no câmbio de dólar há que se pagar uma sobretaxa de 10%, do que resulta que cada dólar é trocado por 0,8 CUC.

Os meios de comunicação foram, talvez, a principal dificuldade encontrada na viagem. Em Cuba, as ligações telefônicas internacionais são caríssimas e problemáticas. Em Santa Lucia, o acesso a telefones é muito restrito; no hotel em que ficamos hospedados só era possível receber ligações. Para falar com o Brasil tínhamos que nos deslocar até a sede da Geominera, e nem sempre se conseguia a chamada desejada. Porém, no aspecto das comunicações, o maior entrave encontrado por nós foi o acesso a internet. O sistema é muito limitado, lento e precário, fruto, assim como a precariedade telefônica, do bloqueio econômico-tecnológico imposto a Cuba pelos EUA. Em Santa Lucia não há nenhum ponto de acesso a internet; é possível apenas receber e enviar correios eletrônicos no escritório da Geominera. Mesmo em Havana o serviço é muito deficiente - no Hotel Kohly paga-se 6 CUC pela hora de utilização e a morosidade da rede não permite o acesso a quase nada nesse período de tempo; na sede da ONRM nos colocaram um ponto à disposição, mas aí também a lentidão de processamento é um problema.

4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS ASSUNTOS TRATADOS

Apresentamos, a seguir, um detalhamento dos trabalhos de campo desenvolvidos durante nossa estada em Cuba, de acordo com as duas vertentes já apresentadas no item anterior: levantamento geológico-geotécnico e diagnóstico geoquímico ambiental.

4.1 Levantamento geológico-geotécnico

Esta atividade foi realizada nas porções correspondentes às minas Santa Lucia e Castellano. Foram abordados aspectos relacionados às características do meio físico, aos métodos de lavra utilizados, aos processos erosivos atuantes, à geração de drenagem ácida e às áreas que oferecem riscos geológicos e geotécnicos.

Em cada mina procurou-se descrever todas as feições existentes, tais como: pilhas de rejeito da planta de beneficiamento (*coleras*), pilhas de estéreis de cobertura (*escombreras*), frentes de lavra (*canteras*) e sistema de drenagem superficial. No caso da Mina Castellano, descreveu-se também a planta de beneficiamento.

4.1.1 Mina de Santa Lucia

No caso da Mina Santa Lucia, realizou-se a descrição geológica do jazimento e as descrições geotécnicas do flanco leste do corpo mineralizado, da cava (*cantera*), das *escombreras* e de uma antiga galeria (*socavón*).

4.1.1.1 Aspectos geológicos

Com relação aos aspectos geológicos, constatou-se que nesta área ocorrem metaarenitos intercalados com xistos claros, com direção NE e forte mergulho para SE, pertencentes à Formação San Cayetano, de idade cretácea.

Na parte central da antiga frente de lavra observa-se uma seqüência de xistos carbonosos mineralizados que constituem o corpo mineral principal para Zn e Pb. Constatou-se que esta seqüência mineralizada se repete por falha. Esta seqüência de xistos carbonosos constitui um jazimento polimetálico de Zn, Pb, Ba, Au e Ag.

A porção mineralizada possui aproximadamente 400m de extensão e 150m de largura. Do ponto de vista genético trata-se de uma mineralização sedimentar singenético-exalativa - SEDEX. A alteração supergênica propicia

uma concentração em Au e Ag. Cabe ressaltar que este material supergênico já foi quase todo explorado.

4.1.1.2 Aspectos geotécnicos

Flanco leste da área mineralizada

Na encosta leste existem vários caminhos abertos durante os trabalhos de pesquisa da Mina de Santa Lucia. Devido à inclinação do terreno e à presença de solos com alta susceptibilidade à erosão esta área foi profundamente afetada por processos erosivos que resultaram a formação de inúmeros sulcos, algumas vossorocas, e o transporte de grande quantidade de material para as porções com cotas topográficas mais baixas (Figura 7).



Figura 7 – Flanco leste da mina de Santa Lucia, onde se observa atuação de processos erosivos resultantes da abertura de caminhos para prospecção.

Caracterização das frentes de lavra

A Figura 8 mostra uma vista panorâmica da antiga frente de lavra da Mina de Santa Lucia. Como se pode observar tratava-se de uma mina a céu aberto, lavrada pelo método de bancadas.



Figura 8 - Vista panorâmica da mina de Santa Lucia. Na porção central observa-se um canal de drenagem e as bancadas.

Atualmente se realiza a lavra da porção situada mais para sul, onde se observa a existência de duas bancadas para a extração de material decomposto, avermelhado (manto de alteração), mineralizado a prata e ouro. A geometria dos taludes e a natureza das litologias contribuem para a geração de drenagem ácida e ocorrência de deslizamentos, ocasionados pela retirada de material para a cobertura de locais onde já ocorreram problemas de autocombustão (Figura 9). Na base desta cava antiga abriu-se um canal para drenagem, o qual também gera drenagem ácida, direcionada, sem tratamento algum, para um curso d'água da bacia do rio Santa Lucia.



Figura 9 – No centro observam-se as porções na antiga frente de lavra onde houve problemas de autocombustão. Verifica-se também a disposição de material para cobertura dos locais que entraram em combustão.

Pilhas de estéreis de cobertura (*escombreras*)

Na mina Santa Lucia existe disposição de estéreis de cobertura em diferentes locais. As duas maiores pilhas situam-se junto ao flanco leste da área mineralizada, como mostra a Figura 7. Os taludes destas *escombreras* possuem, em alguns locais, altura superior a 50m. Ao longo do caminho de acesso à mina existem mais cinco pontos onde há *escombreras*, as quais são de menores dimensões se comparadas àquelas posicionadas a leste. O principal problema destas pilhas de rejeito é a geração de drenagem ácida e a contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e dos solos.

Constatou-se também que há transporte de grande quantidade de material fino destas pilhas para os vales adjacentes, o que provoca o assoreamento dos cursos d'água e sufocamento da vegetação nativa.

Além disso, as duas *escombreras* do flanco leste, devido às suas dimensões, causam grande impacto paisagístico.

Galeria exploratória (*socavón*)

Esta galeria também constitui um importante ponto de geração de drenagem ácida. Trata-se de uma pequena galeria, projetada e aberta por técnicos russos, para obtenção de amostras para ensaios tecnológicos.

Atualmente, sua boca se encontra tamponada, porém, de seu interior ainda extravasa água ácida, anteriormente conduzida para um tanque onde se colocavam fragmentos de rochas calcárias para neutralização da acidez, procedimento este reconhecidamente pouco eficiente. As águas ácidas provenientes desta antiga galeria (figura 10) se dirigem diretamente para um importante curso d'água local, que deságua no rio Santa Lucia, comprometendo a qualidade ambiental desse rio. Acredita-se que com a continuidade das atividades de lavra nesta mina será possível eliminar este foco de contaminação dos recursos hídricos superficiais.



Figura 10 - À direita observa-se a drenagem ácida oriunda do socavón existente na Mina de Santa Lucia

4.1.2 Mina de Castellano

4.1.2.1 Aspectos Geológicos

Na Mina de Castellano ocorrem várias cunhas de metassedimentos de idade Jurássica e Cretácea, pertencentes à Formação San Cayetano, constituída no local por uma seqüência de metarenitos e xistos carbonosos intercalados ritmicamente. De maneira subordinada há intercalações de metacalcários (dolomitos) e, na porção superficial, geralmente ocorre um espesso manto de alteração onde são freqüentes crostas ferruginosas.

O jazimento de Castellano faz parte de um anticlinório, orientado segundo $N40^{\circ}-60^{\circ}W$, com mineralização controlada por falhas de empurrão de

orientação nordeste. Como consequência disso, ocorrem freqüentes repetições de camadas devido às falhas de empurrão de baixo ângulo. Junto às zonas de falhas as rochas estão muito brechadas e/ou milonitizadas.

Do ponto de vista genético, da mesma forma que o jazimento de Santa Lucia, trata-se de uma mineralização sedimentar singenético-exalativa – SEDEX, comparável aos depósitos de Meggen na Alemanha e Selwyn no Canadá.

4.1.2.2 Aspectos Geotécnicos

Caracterização das frentes de lavra

A área que já foi lavrada em Castellano é bem mais extensa do que aquela observada na Mina Santa Lucia, com dimensões aproximadas de 350m x 200m e, por isso, apresenta grande comprometimento ambiental e diversos locais com riscos geotécnicos.

As várias bancadas superpostas constituem taludes com inclinações exageradas, muitas vezes superiores a 45° . As antigas frentes de lavra apresentam, em toda sua extensão, evidências de processos erosivos, com várias porções sujeitas a movimentos gravitacionais, com enormes blocos de rochas suspensos e passíveis de cair a qualquer momento, colocando em risco as pessoas que ali trabalham ou transitam (Figura 2).

Constatou-se também que na base dos taludes há vários locais com geração de drenagem ácida, os quais correspondem a planos de falha ou fraturas, que constituem o aquífero fraturado. Esta água subterrânea, ao entrar em contato com o ar, transforma-se rapidamente em drenagem ácida. Como não há estação de tratamento, essa drenagem dirige-se diretamente para os cursos d'água locais, tributários dos rios Palma e Nombre de Dios.

Pilhas de estéreis de cobertura (*escombreras*)

Da mesma forma que na Mina Santa Lucia, há enormes pilhas de estéreis de cobertura, dispostas sem qualquer critério técnico e com sulcos de erosão, cunhas de deslizamento e vossorocas em vários locais.

Estas pilhas são importantes focos de geração de drenagem ácida que comprometem os cursos d'água, aquíferos e solos do entorno. Devido às

dimensões e à falta de cobertura vegetal, elas também causam grande impacto paisagístico (figura 11).



Figura 11 – Vista parcial de uma *escombrera*, existente na Mina de Castellano, que causa grande impacto paisagístico.

Pilhas de rejeito de beneficiamento (*coleras*)

Nas cotas mais baixas ao norte do jazimento de Castellano, na bacia do rio Palma, há grandes pilhas de rejeito de beneficiamento, resultantes do tratamento industrial para o minério de Au e Ag extraído das minas de Castellano e Santa Lucia respectivamente. Estas pilhas eram protegidas, em seu entorno, por mantas PEAD (polietileno de alta densidade), porém os trabalhos de campo constataram que tais mantas de proteção não existem mais, foram rompidas, ou estão cobertas pelas próprias pilhas (Figura 12). Este fato indica que o material lixiviado das *coleras*, enriquecido com vários compostos perigosos, inclusive cianeto, escorre diretamente para os cursos d'água locais.



Figura 12 - Vista parcial de uma *colera* existente na Mina de Castellano. Nota-se que não há a proteção com manta PEAD.

4.1.3 Caracterização hidrogeológica

Os trabalhos realizados indicaram que na área estudada ocorrem rochas com diferentes características granulométricas, texturais e estruturais. Indicaram também que ao longo das bacias dos rios Santa Lucia, Palma, Biajaca e Nombre de Dios existem porções que foram mineradas a céu aberto, focos de geração de drenagem ácida, bem como alguns locais cobertos por rejeito. Todos estes fatores revelam a necessidade de se realizar uma caracterização hidrogeológica para se avaliar a possibilidade de intercomunicação entre os diferentes intervalos aquíferos e as fontes de poluição presentes.

A caracterização hidrogeológica e hidroquímica permitirá o conhecimento regional do sentido de fluxo bem como o comportamento das águas subterrâneas do ponto de vista qualitativo. Sabe-se que estas informações são essenciais para a definição de medidas cujo objetivo seja a otimização das futuras operações de lavra e beneficiamento de minério polimetálico em consonância com a preservação ambiental.

Na área de estudo ocorrem dois sistemas aquíferos importantes, relacionados geneticamente a diferentes tipos de rochas ou depósitos inconsolidados.

As rochas areníticas, xistos carbonosos, calcários impuros, brechas e argilitos das Formações San Cayetano e Esperanza constituem o Sistema Aquífero Profundo; os depósitos quaternários e o manto de intemperismo, o Sistema Aquífero Subsuperficial. Este último não ocorre nos terrenos correspondentes às duas minas. Está presente apenas nas áreas topograficamente mais baixas e relativamente planas, onde se situam os povoados de Santa Lucia e La Sabana.

As unidades geológicas mapeadas foram analisadas e hierarquizadas quanto à sua maior ou menor capacidade de armazenamento de água. No domínio dos sedimentos quaternários (e manto de alteração), o armazenamento é controlado pelo maior ou menor grau de permeabilidade dos sedimentos. Neste sentido, quanto mais arenoso for o sedimento maior quantidade de espaços intergranulares ela terá e, conseqüentemente, maior permeabilidade apresentará.

No caso das rochas metamórficas, o armazenamento é controlado pelas fraturas. Desta forma, quanto mais fraturadas as rochas tiverem, maior a possibilidade de ocorrência de água subterrânea. Cabe ressaltar que em alguns locais se percebe uma intercalação rítmica de metarenitos e metapelitos, sendo que as camadas de metarenito podem atuar como intervalo aquífero com porosidade intergranular. Em outros locais percebe-se uma xistosidade marcante, que pode servir de caminho preferencial para percolação, ampliando a capacidade de armazenamento de água.

Na área da Mina Santa Lucia, a drenagem ácida oriunda da galeria de exploração (socavón) resulta de uma fratura aberta, que constitui o aquífero profundo, transposta por ocasião da abertura da referida galeria. Do ponto de vista hidrogeológico, trata-se de um aquífero fraturado, pouco extenso, com regime de fluxo semi-confinado ou confinado, com nível estático profundo.

Com relação ao aquífero subsuperficial, pretende-se realizar uma avaliação das informações obtidas por ocasião do cadastramento de pontos d'água para então se proceder à caracterização hidrogeológica do mesmo.

4.2 Diagnóstico geoquímico ambiental

As bases para o planejamento da campanha de amostragem geoquímica foram a análise da distribuição da drenagem existente na folha planialtimétrica da região (Folha 3483-IV-a Minas de Matahambre, escala 1:25.000) e o reconhecimento geográfico do entorno das minas, realizado nos dias 07 e 08 de novembro de 2007. A partir da avaliação desses dados definiu-se a área de influência na qual trabalharíamos, a qual foi dividida, no mapa-base, em quatro bacias hidrográficas: rios Santa Lucia, Palma, Biajaca e Nombre de Dios, todas, em maior ou menor grau, impactadas pela atividade mineral, mais especificamente pela drenagem ácida e assoreamento dos vales.

Foram definidos, então, os locais de amostragem de águas superficiais e sedimentos de fundo em pontos estratégicos nas drenagens das quatro bacias, a jusante e montante (amostras de referência) das duas minas, de modo que, ao final dos trabalhos, se obteve um acervo de 44 amostras de águas e 41 amostras de sedimentos de fundo (Tabela 1 e Figura 13). É importante citar que, apesar das dificuldades de acesso a alguns locais de topografia mais íngreme e outros alagadiços, a programação prevista foi toda cumprida.

Tabela 1 – Distribuição dos pontos de amostragem de águas superficiais e sedimentos de corrente por bacias hidrográficas

Bacia Hidrográfica	Amostras de Água Superficial	Amostras de Sedimento
Santa Lucia	20	19
Palma	15*	13
Biajaca	3	3
Nombre de Dios	6	6
Total	44	41

* Duas dessas amostras foram coletadas em represa de águas industriais utilizadas na planta de beneficiamento de Castellano.

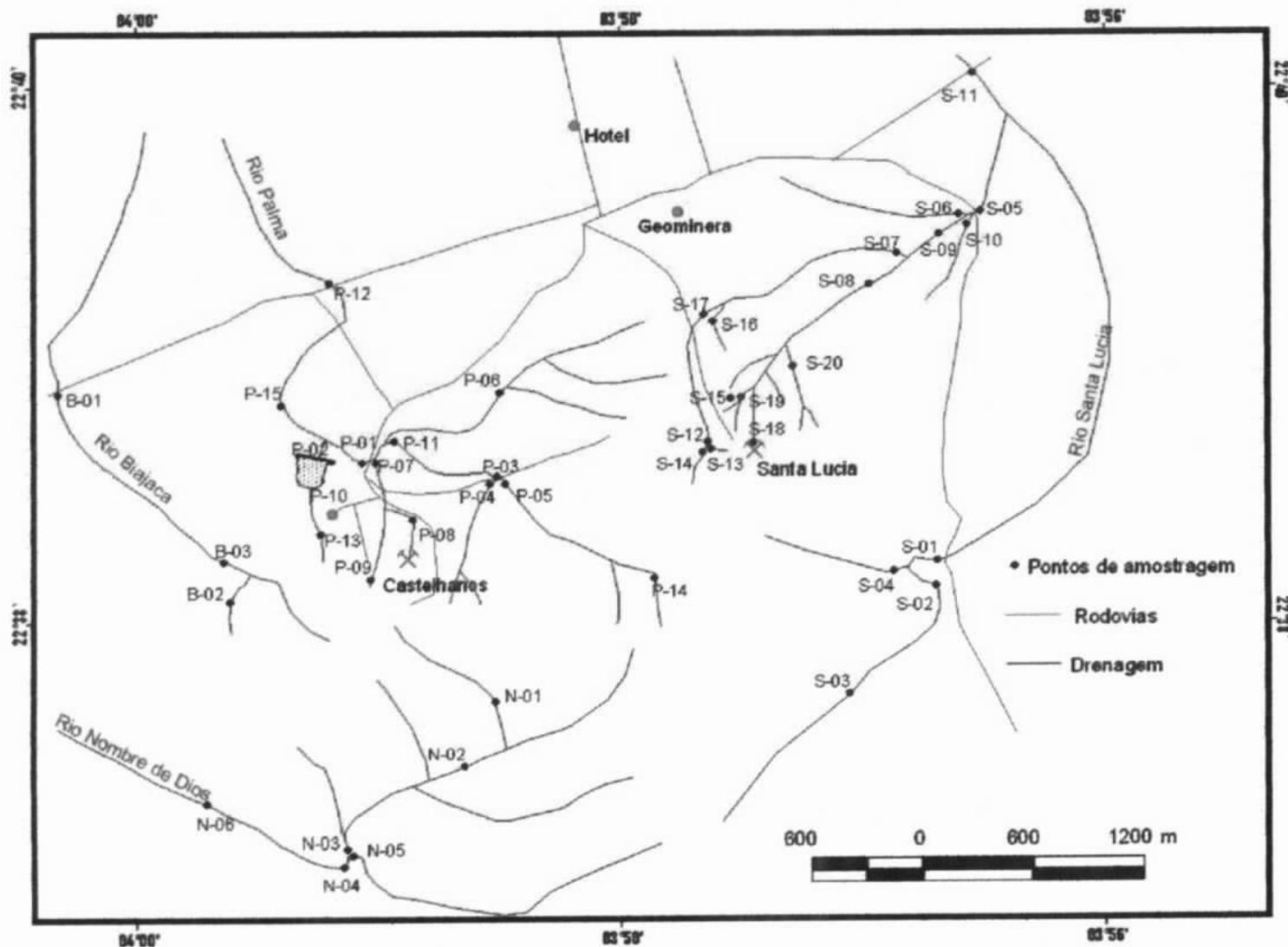


Figura 13 – Mapa esquemático de amostragem de águas superficiais e sedimentos de fundo no entorno das minas Santa Lucia e Castellano.

As amostras de água foram coletadas sempre em duas alíquotas: uma de 250ml, filtrada (filtros de papel) e acidificada (HNO_3 1:1) no próprio campo, destinada à análise dos cátions, e outra de 1.500ml, não filtrada nem acidificada, destinada à análise dos ânions (Figura 14). Esta amostra de 1.500ml, logo após a coleta, era conservada sob refrigeração. Houve problemas quanto a este procedimento, devido ao grande volume de amostras associado à carência de caixas de isopor. Tivemos que improvisar e utilizar como recipiente alguns baldes plásticos com gelo. Infelizmente, Cuba passa por um período de dificuldades econômicas, e materiais corriqueiros para nós da CPRM, como caixas de isopor e sacos plásticos, são de difícil obtenção para os órgãos públicos daquele país. Em todos os pontos de amostragem foram medidos, diretamente nos corpos d'água, a condutividade elétrica e o pH dos mesmos, por meio de aparelhos digitais da ONRM (Figura 14).



Figura 14 – À esquerda, filtragem de amostra de água coletada na bacia do rio Santa Lucia; à direita, coleta de água e medição de pH em drenagem ácida.

Outra dificuldade vivida foi quanto ao envio periódico das amostras de água para o laboratório (LACEMI) em Havana, tendo vista que os ânions, segundo orientação dos químicos, precisam ser dosados em um período máximo de 48 horas após sua coleta. A carência de transporte no trecho Santa Lucia – Havana foi um problema difícil de ser superado.

Cada amostra de sedimentos de fundo foi tomada no mesmo ponto da coleta de água, na forma de amostra composta, ou seja, coletada em diversas posições do curso d'água, com auxílio de uma pá, até cerca de 50m a montante e 50m a jusante do ponto georeferenciado. Essas amostras foram peneiradas a -10 mesh, no próprio local da coleta e com utilização das águas da própria drenagem, até se obter um total de cerca de 2 a 3kg, para garantir uma quantidade mínima de finos (argila e silte) para as análises químicas, já que no fundo da maioria dos rios e arroios da região predomina amplamente a fração arenosa e cascalho (Figura 15).



Figura 15 - À esquerda, amostragem de sedimentos fluviais em arroio da bacia do rio Santa Lucia; à direita, peneiramento de sedimentos coletados.

Para completar a campanha foram amostradas águas de quatro poços de monitoramento existentes na mina de Castellano, dos quais dois situados ao lado de pilhas de rejeito da planta de beneficiamento, e dois ao lado dos tanques que contêm o líquido das pilhas de lixiviação do material mineralizado a prata proveniente da mina de Santa Lucia (Figura 16). Também foram amostrados quatro poços tubulares pertencentes ao sistema público de abastecimento de água para consumo humano dos moradores de Santa Lucia e La Sabana. Nesses oito poços também foram medidos, no momento da coleta, os valores de pH e condutividade elétrica.



Figura 16 – À esquerda, amostragem em poço de monitoramento na mina de Castellano; à direita, tanque de “licor” para onde é direcionado o efluente gerado pela lixiviação das pilhas de minério de prata (plano de fundo).

No LACEMI, em Havana, os cátions dissolvidos nas amostras de água serão analisadas via ICP-AES enquanto os ânions serão determinados por métodos diversos. A visita a esse laboratório também serviu para definir o método de preparação e análise dos sedimentos, questão ainda em aberto até então. Assim, após reunião com o chefe do LACEMI, ficou acertado que o método utilizado seria o seguinte: secagem em estufa a 60⁰C; desagregação e peneiramento a -80 mesh; quarteamento da fração passante; digestão de 0,5g do material com água-régia (3 HCl + 1 HNO₃) e análise via ICP-AES. Também ficou definido que a alíquota não passante na peneira de 80 mesh seria enviada para a CPRM ou ONRM para eventuais ensaios no futuro.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A despeito das dificuldades de material de trabalho, deslocamento na área e de envio de amostras de água para Havana, todas as atividades de campo foram executadas dentro do prazo previsto.

Os trabalhos geológicos e geotécnicos realizados no interior e no entorno das minas Santa Lucia e Castellano permitiram constatar a existência de sérios problemas ambientais e riscos à saúde dos moradores da região. Tais problemas se relacionam ao comprometimento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, à cobertura vegetal original e ao solo. Pelo fato de ambas as minas estarem situadas nas proximidades do litoral norte de Cuba, em uma área de beleza cênica, com grande potencial turístico, constata-se também comprometimento ambiental relacionado aos aspectos paisagísticos.

Tais problemas foram detectados nas frentes de lavra (*canteras*) ativas e inativas, nos canais de drenagem e nas pilhas de estéreis de cobertura (*escombreras*) em ambas as minas. Na Mina Castellano constataram-se ainda problemas ambientais nas pilhas de rejeito de beneficiamento (*coleras*) e no pátio da mina, e na Mina Santa Lucia verificou-se a geração de drenagem ácida resultante da abertura de uma galeria (*socavon*) para extração de amostras para ensaios industriais.

No que se refere ao diagnóstico geoquímico ambiental da área, os resultados preliminares já revelam que o impacto gerado pela drenagem ácida nos cursos d'água adjacentes às minas é intenso e extenso, afetando tributários das bacias dos rios Santa Lucia, Palma e Nombre de Dios. Uma quantificação mais precisa desses impactos, nas águas superficiais e sedimentos fluviais, assim como nas águas subterrâneas, será obtida assim que tivermos os resultados das análises químicas.

Devido à complexidade dos problemas geotécnicos e ambientais detectados, notadamente na Mina de Castellano, será preciso um tempo bem maior do que o previsto pelos técnicos cubanos para a implementação de todas as medidas necessárias ao adequado fechamento dessas minas, à recuperação ambiental das áreas mineradas e à definição do uso futuro. Desse modo, entende-se que será necessária a continuidade da colaboração da CPRM na projeção e na execução dos trabalhos futuros.

Recomenda-se que se implantem imediatamente as medidas necessárias ao equacionamento dos problemas detectados em alguns locais das minas, principalmente nos taludes da frente de lavra da Mina de Castellano, onde existem várias porções que oferecem risco iminente de queda de blocos e deslizamentos, os quais podem colocar em risco a vida dos trabalhadores da empresa e das pessoas que por lá transitam.

Tendo em vista a excelente experiência que foi o intercâmbio cultural e técnico entre os especialistas brasileiros e cubanos, com constante troca de conhecimentos entre as duas equipes, recomendamos a manutenção e, até mesmo, expansão do acordo de cooperação técnica Brasil-Cuba, com busca de novos projetos de natureza semelhante a este. Poderia se pensar, por exemplo, num projeto futuro de cooperação Brasil-Cuba a ser desenvolvido em território brasileiro, onde os técnicos cubanos pudessem adquirir conhecimentos a serem aplicados em seu país. De modo similar, entendemos que deveriam ser buscados acordos de cooperação técnica, na área ambiental, com outros países da América Latina.

6 AGRADECIMENTOS

Ao Diretor-Presidente da CPRM, Dr. Agamenon Sérgio de Lucas Dantas, e ao Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial, Dr. José Ribeiro Mendes, pela confiança em autorizar nossa participação neste importante Projeto Binacional.

À Dra. Maria Glícia Nóbrega Coutinho, chefe da ASSUNI, pela precisa orientação e encaminhamento dos documentos e aspectos legais exigidos para a efetivação de nossa viagem.

Ao chefe do Departamento de Gestão Territorial - DEGET, Dr. Cássio Roberto da Silva, que não mediu esforços na elaboração dos documentos necessários para viabilizar nossa viagem, assim como a equipe do SEVIPA.

À Agência Brasileira de Cooperação – ABC, co-participante do Acordo de Cooperação Brasil-Cuba, por ter disponibilizado as passagens aéreas de ida e volta para Havana.

À Oficina Nacional de Recursos Minerales - ONRM, especialmente aos geólogos Carlos Cañete e Elicer Barrios, grandes companheiros de campo, pelo profissionalismo, hospitalidade, e pela demonstração de amizade.

À empresa de mineração Geominera, em especial à Eng. de Minas Estrella Millian, pelo companheirismo e dedicação profissional, e à secretária Rosita, que pacientemente recebia e enviava nossos e-mails.

Ao Instituto de Geologia y Paleontologia - IGP, na pessoa do geólogo Nyls Ponce, pelo companheirismo e pela contribuição técnica.

A toda a equipe do Hotel de Trânsito de Santa Lucia, pela dedicação e carinho que nos dispensaram enquanto lá permanecemos.