

## A PROSPECÇÃO POR MINERAIS PESADOS NO BRASIL: A EXPERIÊNCIA DO CONVÊNIO DNPM/CPRM

F. J. Távora

Geólogo do MME/DNPM/DGM-Brasília

M. G. Nóbrega Coutinho

Geólogo do MME/CPRM/DEGEO-Rio de Janeiro

### ABSTRACT

Initially, a review of concepts of heavy-mineral prospecting is made, stressing the usefulness of drainage systems in this form of prospecting (alluvial prospecting).

In the projects of the DNPM/CPRM covenant, heavy mineral prospecting has supplemented stream-sediment geochemical surveys (on regional, semi-detail and detail scales) and soil and rock geochemical surveys (on detail or local scales). Examples of the applicability of this method on a regional scale result from geological and basic-mapping projects in the Amazon and the Northeast. On a semi-detail and detail scale, various projects of mineral prospecting and assessment in the Northeast and the Center-South of the country are quoted.

Despite the wide geological and physiographical diversity of the country it is concluded that the prospecting for heavy minerals has been successful in characterizing the geology and mineralizations (both primary and secondary of resistate-type elements such as gold, tin, tungsten, tantalum etc.), as well as sulfide mineralizations where the secondary dispersion processes are largely mechanical.

As a result, its routine use is recommended to complement stream sediment sampling in work on a regional scale and in greater detail where the type of mineralization is resistate. Finally, emphasis is given to suggestions concerning methodology with a view to optimization of the method.

### RESUMO

É apresentada de início uma revisão dos conceitos da prospecção por minerais pesados com particular realce à essa modalidade de prospecção em drenagens (prospecção aluvionar).

Dentro dos projetos do convênio DNPM/CPRM a prospecção por minerais pesados tem sido empregada como parte integrante dos trabalhos geoquímicos complementarmente a amostragem de sedimentos de corrente (em escalas regional, de semi-detalle e detalle) é a amostragem de solos e rochas (em escala de detalle ou local). A aplicabilidade deste método é exemplificada na escala regional em projetos de geologia básica na Amazônia e no Nordeste. Em escala de semi-detalle e detalle são citados vários projetos de prospecção e avaliação de minérios notadamente no Nordeste e Centro Sul do país.

Conclui-se que, a despeito da grande diversificação geológica e fisiográfica no país, os trabalhos de prospecção por minerais pesados foram bem sucedidos em caracterizar a geologia e mineralizações (tanto primárias quanto secundárias) de elementos sob forma de resistatos tais como ouro, estanho, tungstênio, tântalo, etc... bem como salientar mineralizações sulfetadas onde os processos de dispersão secundária são predominantemente mecânicos.

Recomenda-se por conseguinte seu emprego de rotina complementarmente às amostragens de sedimentos de corrente em caráter regional e, em maior detalle onde o tipo de mineralização for de minerais resistentes. São enfatizadas, ao final, sugestões na sistemática analítica, para otimização do método.

### I - INTRODUÇÃO

A prospecção por minerais pesados é um método prospectivo muito antigo, tal-

vez o mais antigo conhecido. Talvez remonte a milênios a sua utilização no sudeste asiático onde ocorrem grandes depósitos de cassiterita. Os exploradores europeus introduziram-na no Velho Continente, donde o seu emprego foi sistematizado e reintroduzido nas grandes colônias. Particular menção à esta sistematização cabe aos belgas, que criaram a prospecção aluvionar extensivamente usada no Congo na pesquisa de ouro, diamantes, e cassiterita.

No Brasil, seu emprego foi extensivo no período colonial na busca do ouro e pedras preciosas pelos bandeirantes durante os séculos XVII e XVIII, sendo no período o nosso país grande produtor do precioso metal. A região hoje denominada Quadrilátero Ferrífero teve o seu embrião na exploração aurífera. Mais ao norte, a Chapada Diamantina tornou-se o maior centro de pesquisa para diamantes, tendo atingido o seu apogeu no século passado.

Os princípios fundamentais sobre os quais se assenta a prospecção de minerais pesados são dois: elevada densidade dos minerais e sua estabilidade química ao intemperismo. Durante o desenrolar dos processos erosivos, descontinuidade no processo de movimentação do material intemperizado produz acumulações mecânicas dos componentes densos dos mesmos, como nos cotovelos de drenagens e em níveis de base topográficos.

A evolução do pensamento geológico aliado ao emprego das armas de prospecção mineral ensejou a ampliação do emprego da batéia. De um instrumento individual do prospector atrás um bem mineral específico como o ouro ou o diamante ela passou a ser um instrumento de coleta de informações geológicas sobretudo através de minerais que antes eram descartados como rejeito. O aparecimento de instrumentação como a lupa binocular, líquidos pesados, a difração de raios-X e outras técnicas permitiu avaliar qualitativa e quantitativamente minerais muito importantes pelo seu significado geológico e econômico.

Presentemente, as finalidades principais da prospecção por minerais pesados são basicamente três:

- Localização de depósitos primários de minérios;
- Localização de áreas de aluvião, elúvio ou colúvio portadores de "placers" e conômicos;
- Congregar características geológicas e mineralógicas de áreas em estudo.

A primeira destas finalidades consiste no rastreamento à fonte originária dos minerais na sequência das drenagens principais às tributárias, destas ao elúvio e daí até a rocha encaixante.

A segunda emprega a mesma sistemática até a detecção de concentrações mecânicas secundárias.

A terceira finalidade consiste no emprego de associações de minerais pesados para identificar litologias no mapeamento geológico principalmente em áreas de difícil acesso ou com cobertura intemperizada e vegetal muito espessas e poucos afloramentos.

É interessante se ressaltar esta última finalidade já era praticada por Derby aqui no Brasil em fins do século passado, e firmemente advogada pelo eminente geólogo americano como método de pesquisa geológica conforme relata Mertie (1954). Essa aplicação será exemplificada mais adiante neste trabalho.

## II - METODOLOGIA

O maior emprego de aluviões de drenagem como meio de amostragem motivou a denominação pela escola belgo-francesa de prospecção aluvionar como um termo intercambiável com a prospecção de minerais pesados. Dentro desse conceito, é a prospecção aluvionar classificada operacionalmente em três fases: estratégica, tática e sistemática.

A prospecção estratégica compreende a coleta de amostras aluvionares, eluvionares, de solos e rochas em localidades conhecidamente mineralizadas ou geologicamente bem conhecidas para verificação da validade do método. A área trabalhada é pequena superficialmente.

A prospecção tática emprega exclusivamente a amostragem de aluvião com uma densidade mais ampla com a finalidade de estabelecer a sequência ou suite de minerais pesados mais conveniente.

A prospecção sistemática torna a empregar um espaçamento mais estreito com a localização de um setor mineralizado. Caracteriza o ponto de partida para trabalhos exploratórios mais detalhados levando em conta a tendência metalogenética da área-alvo.

Dentro dos trabalhos geológicos do Convênio DNP/CPRM, a prospecção de minerais pesados não tem obedecido a uma sistemática sequencial como a descrita anteriormente. Seu emprego tem sido normalmente restrito a uma fase do trabalho como

arma de apoio (excessões são os projetos Noroeste de Rondônia, Piloto/Regional e Jamanxin/Estanho nos Granitos Maloquinha), na prospecção e no mapeamento geológico. Filosoficamente tem sido executada colateralmente à prospecção de sedimentos de corrente, solos e rochas. A razão básica da adoção dessa filosofia é de que os concentrados possam refletir, mediante sua coleta e análises (estas, tanto mineralógicas como químicas) feições geológicas e mineralizações que não poderiam ser detectadas pelos trabalhos de mapeamento e pela geoquímica de sedimentos de corrente, respectivamente. É o caso de minerais acessórios denunciadores de litologias básicas ou graníticas, ou de metamorfitos de graus variáveis. É o caso também de mineralizações auríferas, estaníferas como até de sulfetos em que haja predominância de dispersão mecânica sobre clástica do material intemperizado.

Assim sendo, nos projetos de geologia e mapeamento básico, particularmente localizados na Amazônia, os levantamentos por concentrados de batéia foram empregados complementarmente ao mapeamento geológico e ao levantamento por sedimentos de corrente. O espaçamento de amostragem foi sempre superior ao dos sedimentos, partindo da premissa que a fração mineralógica que contém os minerais mais importantes é representativa de uma bacia de captação maior e estão enriquecidos pela concentração gravimétrica.

O espaçamento de amostragem tem variado no caso da Amazônia de 1 amostra/800-1000 km<sup>3</sup> (a exemplo do projeto Norte da Amazônia) a 1 amostra/25 km<sup>2</sup> (como no projeto Jamanxim), estando esse espectro de densidade de amostragem compatível com as escalas de mapeamento empregadas que são respectivamente 1:500.000 a 1:100.000. O volume inicial amostrado variou entre 10 e 20 litros de material, dependendo do projeto e frequentemente da quantidade de concentrado recuperável.

No caso de projetos de prospecção e avaliação de minérios, os levantamentos por concentrados de batéia objetivam fundamentalmente aqueles elementos presentes sob forma de minerais resistentes e pesados. Enquadram-se neste caso a busca de depósitos tanto primários quanto secundários de ouro, cassiterita, wolframita, tantalita, columbita, cromita, platina nativa, diamante, etc... Devido à especificidade de alvos prospectáveis, esses projetos são operados em densidades de amostragem de drenagens superiores a 1 amostra/50km<sup>2</sup> (em projetos com áreas superiores a 10.000 km<sup>2</sup>), chegando a 1 amostra/2 km<sup>2</sup>. Desta escala para cima amostra-se elúvio, solos e rochas. Vai-se portanto de uma escala de semi-detulhe a detalhe.

No tocante às sistemáticas dos trabalhos de campo e de laboratório é relevante mencionar-se as seguintes considerações referentes a estas duas etapas.

A amostragem em campo é a fase mais importante da prospecção de minerais pesados. A amostragem do material deverá ser representativa, envolvendo não só o sítio ou sítios de coleta como a quantidade e natureza do material; a batéia é o instrumento fundamental no procedimento coletor e seletivo do material. Por outro lado, a amostragem em profundidade muitas vezes requer preliminarmente o emprego de uma sonda manual para perfuração de poços ou métodos tanto manuais como mecânicos no caso de trincheiras e escavações de maior porte.

Particular problema apresenta a amostragem em regiões semi-áridas, desprovidas de água corrente. Neste caso, volumes padrões de material (10 a 20 l), são coletados para serem tratados posteriormente por bateamento ou peneiração onde as condições são mais propícias.

Maiores detalhes dos procedimentos de coleta não são abordados neste trabalho, face à existência na literatura de consagrados textos no gênero (Mertie, 1954; Theobald, 1957; Guigues e Desvimes, 1969).

A sistemática de laboratório compreende inicialmente uma secagem do concentrado de campo em estufa a temperaturas não superiores a 70°C. Após a secagem, este material é pesado. Se o peso for superior a 5g, deverá ser submetido a um quarteramento e em seguida a uma separação por líquidos densos (bromofórmio e iodeto de metila). A fração mais pesada, objetivo do estudo, é submetida a uma separação eletromagnética com um separador FRANTZ. Selecionando-se várias faixas de eletromagnetismo e eletrorresistividade essas várias subfrações obtidas poderão então ser destinadas à análises adequadas, sejam mineralógicas por lupa binocular (para caracterização dos minerais presentes no concentrado) ou químicas. Vale mencionar que as análises químicas foram estendidas com sucesso aos concentrados para 1) Detectar mineralizações de resistatos (principalmente o ouro) quando sua presença não fosse detestável visualmente; 2) Verificar possíveis anomalias de metais-base em minerais pesados secundários (hidróxidos de ferro e manganês) ligados a mineralizações sulfetadas.

### III - RELAÇÃO DOS PROJETOS DO CONVÊNIO DNPM/CPRM COM LEVANTAMENTOS DE MINERAIS PESADOS

89 Distrito do DNPM/SUREGs Manaus e Porto Velho - Roraima, Norte da Amazônia

(Domínio Baixo Rio Negro), Jamaxim, Estanho de Abonari, Seis Lagos, Molibdênio em Roraima, Tapuruquara, Sulfetos de Uatumã, Tapajós-Sucundurí, Estanho nos Granitos Maloquinha, Noroeste de Rondônia, Sudeste de Rondônia, Sulfetos de Abunã, Manganês da Serra da Providência.

5º Distrito do DNPM/SUREG Belém - Norte da Amazônia (Domínio Oiapoque-Jari), Macapá-Calçoene, Parú-Jari, Marabá, Gurupí, Sudoeste do Amapá, Sulfetos de Altamira-Itaituba, Sulfetos de Alenquer-Monte Alegre.

4º Distrito do DNPM/SUREG Recife - Leste da Paraíba e Rio Grande do Norte, Jaiba - ras, Cococí, Rio Jaguaribe, Fortaleza, Estudo Global dos Recursos Minerais da Ba - cia do Parnaíba, Cratêus, Martinópolis, Fosfato de São Miguel do Tapuio.

7º Distrito do DNPM/SUREG Salvador - Bahia, Bahia II, Sul da Bahia, Serra de Jaco - bina, Geoquímica do Bambuí (Regional, Etapa I), Sulfetos do Grupo Rio Pardo.

3º Distrito do DNPM/SUREG Belo Horizonte - Geoquímica do Bambuí (Piloto), Geoquími - ca do Bambuí (Regional-Etapa I), Mantiqueira-Furnas, Chaminês Alcalinas.

2º Distrito do DNPM/SUREG São Paulo - Geoquímica do Vale do Ribeira, Geoquímica na Área do Castro-Pirai, Geoquímica na Área de Guaratubinha-Pien.

1º Distrito do DNPM/SUREG Porto Alegre-Ouro no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Levantamento Geoquímico Regional do Escudo Sul-riograndense, Cobre dos Grupos Bási - cos-Ultrabásicos e Rochas Efusivas do Rio Grande do Sul.

6º Distrito do DNPM/SUREG Goiânia - Geoquímica do Bambuí (Regional-Etapa I).

#### IV - RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados dos levantamentos por minerais pesa - dos em alguns projetos. Na impossibilidade de apresentar todos os trabalhos rela - cionados no parágrafo anterior com detalhe foram selecionados alguns que, por suas características regionais e geológicas apresentaram resultados que bem ressaltaram a aplicabilidade do método.

##### Projeto Norte da Amazônia (Domínio Oiapoque-Jari)

Neste projeto foram coletadas amostras de sedimentos de corrente (densidade 1 amostra/100 km<sup>2</sup> e de concentrados de batéia (1 amostra/100-800 km<sup>2</sup>).

A análise mineralógica dos concentrados determinou 40 espécies minerais dife - rentes, sendo as mais abundantes a ilmenita, o zircão, a monazita, o epidoto e a granada. As concentrações minerais mais importantes são:

- Cassiterita nos rios Santo Antônio e Araguari
- Cromita, na drenagem do rio Vila Nova
- Ouro no alto rio Cassiporé.

As análises espectrográficas para 30 elementos dos concentrados, revelou que há concordância nos teores (momento de metais-base) destes com os dos sedimentos coletados no mesmo local, sendo iguais ou superiores (o contraste é acentuado), não havendo contudo correspondência universal com as drenagens anômalas, a excessão no tável do rio Falsino, onde altas concentrações de Cu, Co, Ni, Pb, Cr, Mo, Ag e Sn sugeriram mineralizações polimetálicas.

##### Projeto Norte da Amazônia (Domínio Baixo Rio Negro)

Foram coletadas amostras de sedimentos de corrente (densidade 1 amostra/ 220 km<sup>2</sup> com captação variando entre 15-30 km<sup>2</sup>) e concentrados de batéia (densidade 1 amostra/940 km<sup>2</sup> com captação de 40-60 km<sup>2</sup>).

A análise mineralógica dos concentrados nada forneceu em termo de minerais econômicos.

As análises espectrográficas mostraram maior grau de concentração dos elemen - tos nos concentrados que nos sedimentos de corrente sobretudo para os elementos Sn, Zn, Co e Nb. Porém a maior contribuição destas análises foi a de caracterizar o manganês (Mn) como elemento geoquímico separador do Embasamento das demais litolo - gias, mercê de sua maior concentração naquela unidade do que nas demais.

## Projeto Noroeste de Rondônia (Piloto)

Neste projeto foram coletados sedimentos de corrente, concentrados de batéia, rochas e solos. A densidade para sedimentos e concentrados foi de 1 amostra/15km<sup>2</sup>. Foram empregadas análises de espectrografia de emissão para 30 elementos para os sedimentos e concentrados além de mineralogia para estes últimos. Duas áreas-teste, São Lourenço e Massangana foram utilizadas.

Os resultados analíticos por espectrografia indicaram que para o estanho, os concentrados de batéia demarcaram muito mais precisamente as áreas mineralizadas do que os sedimentos de corrente. Há um número esmagadoramente maior de amostras de concentrados anômalos ( $> 1000$  ppm Sn) do que de sedimentos. Notam-se drenagens onde os trens de dispersão de Sn para concentrados ultrapassa a 10 km de extensão quando para esta mesma distância os sedimentos praticamente não apresentam valores detectáveis ( $< 10$  ppm Sn). Por outro lado, à baixa densidade (1 amostra/30 km<sup>2</sup>) áreas potencialmente mineralizadas poderiam ser detectadas com análises espectrográficas de concentrados. O efeito de concentração do material aumenta a sensibilidade do método à ordem de  $> 100$  vezes.

## Projeto Noroeste de Rondônia (Regional)

Neste projeto foram coletadas amostras de sedimentos de corrente na escala de 1 amostra/32 km<sup>2</sup> e concentrados de batéia de 1 amostra/45 km<sup>2</sup>. Esta densidade de amostragem provou ser de real valor na caracterização da paisagem geoquímica. Os elementos cuja dispersão é predominantemente mecânica são melhor caracterizadas por concentrados do que por sedimentos de corrente. Os granitos mineralizados a Sn são caracterizados pela razão Ba/Rb em rocha, F em vários meios e cassiterita, topázio e columbita em concentrados e mais particularmente a suite Sn-Be-F-Nb em sedimentos de corrente.

É interessante notar-se que nos mapas geoquímicos de sedimentos e nos de concentrados das folhas SC-20-Y-B e SC-20-V-C que as duas áreas de Massangana e S. Lourenço são bem delineados pela cassiterita dos concentrados por ex., o maciço de S. Lourenço com 600 km<sup>2</sup> é bem delineado com 20 amostras de concentrados. O mesmo acontece com o distrito de Jaci-Paraná-Maria Conga de Nagô. Observa-se que os halos de Nb em sedimentos de corrente também o fazem, numa mesma escala.

## Projeto Aripuanã-Sucundurí

Neste projeto, foram coletadas amostras de sedimentos de corrente (1.170 amostras) e concentrados (2.340 amostras). Foram só utilizados os rios principais (Guariba, Roosevelt, Sucundurí e Aripuanã) com espaçamentos de 1 e 2 km para concentrados e 2 km para os sedimentos.

Análises espectrográficas das amostras de concentrados mostraram uma detecção superior aos sedimentos de corrente. Notou-se uma influência marcante do manganês (Mn) em teores elevados de Cu, Zn e Pb. Além disso, o Mn foi um elemento ímpar para destacar, pelos seus valores mais elevados a litologia do Embasamento das demais (Beneficiente etc...).

Os estudos mineralógicos dos concentrados indicaram a presença de hematita e cassiterita sendo a última no SW da área do projeto.

Examinando-se os mapas 1, 2 e 3 na escala de 1: 500.000 nota-se que os concentrados fornecem trens de dispersão mais contínuos para Cu, Ag, Pb, Zn e Sn que os sedimentos de corrente.

Isto demonstra que existe na região um padrão de dispersão mecânica muito ativo pois a dispersão química caracterizada pelas análises de sedimentos de corrente é relativamente curta e algo errática.

## Projeto Marabá

Foram coletadas 152 amostras de concentrados para uma área de 72.600 km<sup>2</sup> (densidade 1 amostra/480 km<sup>2</sup>) e analisadas mineralogicamente. Baseado na separação em três províncias litológicas principais foram permitidas caracterizar litologias subsidiárias com possíveis associações minerais econômicas.

### Unidade I - (Terrenos sedimentares do Paleozóico)

Apresentou pobreza de componentes porém com boa distribuição de minerais pesados. Os mais comuns foram: ilmenita, augita e turmalinas. As augitas podem proceder das rochas efusivas básicas mesozóicas arenadas pelo rio Corda.

## Unidade II - (Terrenos metamórficos dos Grupos Tocantins e Araxá)

Apresentou resultados variáveis de acordo com a drenagem. Os minerais predominantes são: ilmenita, zircão, epidoto, turmalina, hidróxidos de ferro, rutilo e granadas. No rio Muricizal a monazita atingiu 3%, o valor mais elevado na área do projeto.

## Unidade III - (Terrenos do Precambriano Indiferenciado)

Apresentou grande diversidade de minerais pesados devido a diversidade de litologias secundárias nessa unidade. Houve predominância absoluta da ilmenita (84% na média global da unidade) secundada pelo zircão. A variedade de minerais características de metamorfismo pode indicar diferentes graus, de médio a elevado. A augita, a magnetita e hiperstênio de atividade ígnea básica.

Resultou dos trabalhos de minerais pesados o aparecimento da área do rio Muricizal onde elevadas concentrações de turmalina e aumento na proporção de apatita e monazita relativo a outras áreas parecem indicar presença de pegmatitos além de possíveis ocorrências de "placers" de monazita.

### Projeto Jamanxim

Compreendeu a amostragem de sedimentos de corrente (1 amostra/20 km<sup>2</sup>) e concentrados de batéia (1 amostra/25 km<sup>2</sup>) em uma área de 18.500 km<sup>2</sup>.

As amostras de concentrados de batéia foram analisadas para ouro por espectrofotometria de absorção atômica como também submetidas a análise mineralógica, qualitativa.

O ouro foi detectado na área variando de fino a grosseiro em granulação, principalmente no Grupo Cuiú-Cuiú. As análises por absorção atômica forneceram melhores resultados que a mineralógicas: Das 700 amostras de concentrados apenas 29 acusaram ouro por análise mineralógica. Por outro lado, as análises por absorção atômica detectaram ouro em 164 amostras com valores definidos entre 0.05 e 100 ppm Au, sendo que sete amostras ultrapassaram o limite superior de detecção.

O estanho foi melhor detectado através de cassiterita nas análises mineralógicas de concentrados do que por meio das análises espectrográficas de sedimentos de corrente. Os melhores resultados se registraram na Serra da Boa Esperança, onde ultrapassaram valores de 60% dos grãos. Geologicamente, estes resultados estão ligados a corpos graníticos intrusivos do Grupo Uatumã (Formação Maloquinha).

Além do ouro e do estanho, destacaram-se ocorrências importantes de topázio, columbita e tantalita, possivelmente associadas com este último metal.

A integração de resultados geoquímicos e mineralógicos permitiu a separação na área do projeto de seis compartimentos metalogenéticos, sendo três auríferos e seis estaníferos.

### Projetos Fortaleza e Rio Jaguaribe

O mapa IX do projeto Fortaleza e o mapa IV do projeto Rio Jaguaribe mostram uma distribuição muito vasta da scheelita mapeando o Grupo Caicó (principalmente) o complexo Tamboril-Santa Quitéria e o Grupo Ceará. Nota-se contudo, que para a escala de 1: 500.000 este mineral não permitiria o delineamento de tactitos individuais com poucos metros de largura.

Outros exemplos de mapeamentos por minerais pesados nestes dois projetos são: 1) O mapeamento do Complexo Tamboril-Santa Quitéria por ilmenita, rutilo e titanita: Particular interesse proporciona o delineamento pela ilmenita do granitóide de Tamboril-Monsenhor Tabosa, a sudoeste do mapa VI do Projeto Fortaleza, 2) O mapa IX do projeto Fortaleza mostra concentrações de piroxênios em três amostras de concentrados mapeando o corpo básico-ultrabásico ao sul de Araçoiaba.

### Projeto Geoquímica na Área de Sobral

Na região Reriutaba-Ipú-Cariré foram coletadas 387 amostras de concentrados de batéia em drenagens partindo da vertente da Serra da Ipiapaba. Destas, 65 acusaram ouro em análise por absorção atômica. Esses valores permitiram caracterizar como fontes potencialmente auríferas, o Conglomerado Basal (Camadas Ipú) da Formação Serra Grande e fanglomerados ferruginosos da encosta leste da Serra da Ipiapaba.

## Projeto Geoquímica do Bambuí

Os estudos levados a cabo na Fase Piloto do projeto compreenderam para a área de Morro Agudo (onde ocorre uma jazida zincífera estratiforme não-aflorante de 17 milhões de toneladas), coleta de amostras de sedimentos (1 amostra/5,9 km<sup>2</sup>) e concentrados (1 amostra/13,9 km<sup>2</sup>) além de solos e rochas.

As amostras de concentrados foram separadas em frações magnéticas e não magnéticas. As análises mostraram que a fração não magnética ressaltou melhor os elementos de interesse, notadamente o Pb, que apresentou um contraste de 109 vezes, com média de 275 ppm (isto é, 10 vezes a média dos sedimentos de corrente) e valor máximo de 20000 ppm.

A associação Pb, Zn e Be, além do Fe e Mn apresentam uma associação ligada às ocorrências mineralizadas. Acredita-se que um levantamento por concentrado forneceria um trem de dispersão mais longo no Ribeirão Trairas, que drena a área de Morro Agudo.

## Projeto Sapucaí

Foram coletadas 39 amostras de concentrados de batéia. Analisadas por absorção atômica, 24 das amostras acusaram presença de ouro, variando entre 0.1 e 16 ppm Au, com teor médio de 3 ppm. Recalculando-se os valores para o peso de sedimentos de corrente original, os teores oscilaram entre 1 e 164 ppb com valor médio de 19 ppb Au. Além destas, 4 amostras de concentrado apresentaram presença do metal, porém abaixo do limite inferior (0.05 ppm Au).

A faixa amostrada apresentou 70 km x 30 km de dimensão na direção SW-NE, compreendendo os complexos do Amparo, Varginha e Lambarí, e a densidade de amostragem oscilou entre 4 e 40 km<sup>2</sup> por amostra.

Os valores permitiram separar 4 novas áreas potencialmente favoráveis a mineralização (já que a maioria indicou cascalheiras auríferas já trabalhadas).

## Projeto Geoquímica no Vale do Ribeira

Durante a Fase Piloto do projeto, foi executado um levantamento por concentrados de batéia em paralelo ao de sedimentos de corrente na área de Furnas. Este levantamento mostrou que certos valores de Pb e Zn podem denunciar a mina de 2 km rio abaixo no rio principal da confluência do tributário que drena a mina de Furnas (30.000-40.000 t de minério) e estando esta a 1800 m rio acima desta confluência.

Confrontando-se os valores de concentrados nesses sedimentos, nota-se que, os elementos Fe, Pb, Zn e Sb estão enriquecidos nos concentrados (principalmente o Pb com valores de > 1000 ppm até 4 km rio abaixo da mina). Contudo o valor do enriquecimento para estes elementos aproxima-se de 30-40% no Zn, 50% (?) no Pb e 100% em Sb e Fe não sendo altamente elevado se comparado a outras áreas no país onde a razão M concentrado/M sedimento é de 100 vezes ou mais.

## Projeto Levantamento Geoquímico Regional no Escudo Sulriograndense

Em três de cinco áreas portadoras de mineralização no Escudo Sulriograndense foram feitos levantamentos orientativos em que se coletaram 126 amostras de concentrados de batéia. As amostras de concentrado foram analisadas por espectrografia de emissão, por absorção atômica para (Cu, Pb, Zn, Au e Ag) além de mineralogia semiquantitativa.

### Área de Pinheiro-Cerro da Árvore

É conhecida mineralizada a W e Sn no Complexo Encruzilhada. Foram coletadas 69 amostras de concentrado (1 amostra/2,5 km<sup>2</sup>) e igual número de sedimentos de corrente.

Examinando-se figs. 54, 59 e 64 do vol. II, vê-se que o estanho apresenta uma distribuição maior em teor e trem de dispersão nas duas últimas (que representam valores químicos e mineralógicos em concentrados de batéia) do que na fig. 54, onde aparecem valores para Sn em sedimentos de corrente. Vê-se por exemplo, no arroio da Pedra trem de dispersão de > 8 km, com concentrações entre 500 e 1000 ppm Sn, onde os sedimentos indicam valores entre 40 e 130 ppm Sn.

## Projeto Ouro no Rs e Sc

Este projeto encetou a avaliação aurífera para 3 áreas no Escudo Sulriograndense e 1 em Santa Catarina: Lavras do Sul, São Sepê, Camaquã e Brusque-Botuverá.

## Lavras do Sul

Duas litologias encaixam as minas auríferas: Granito de Lavras - 17 minas.  
Andesito Hilário - 4 minas.

Foram feitas coletas de amostras de rocha mineralizada e concentrados de solo. Estes foram analisados por absorção atômica para ouro e mineralogicamente para minerais pesados. As análises para solo não deram resultados encorajadores embora o Au fosse frequentemente detectado à ordem de grandeza de  $0.00X \text{ g/m}^3$  nos concentrados.

## Camaquã

Área aluvionar, foram executadas 15 furos com sonda Empire sendo coletadas em amostras em intervalos variáveis de 0.5 a 2.0 m que foram bateadas e analisadas quimicamente e mineralogicamente para Au.

Os teores não foram encorajadores embora o Au houvesse sido detectado em quase todos os furos em teores da ordem de  $0.000X$  a  $0.00X \text{ g/m}^3$ . Foram, contudo detectados cassiterita em 65% dos furos. Os teores de Au indicam que os aluvios tributários de Santana de Boa Vista e Vau dos Prestes são merecedores de trabalhos de maior detalhe.

## Brusque-Botuverã

Foram feitos 6 furos de sonda, 3 poços e uma escavação. As amostras coletadas foram bateadas e analisadas quimicamente e mineralogicamente para ouro. Os resultados foram pouco encorajadores -  $0.000X$  a  $0.00X \text{ g/m}^3$  de Au. Indicaram porém a região do Itajaí Mirim como provável portadora de depósitos auríferos de maior interesse.

## V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os projetos anteriormente mencionados são uma simples amostra do alto e diversificado grau de informações que se obtém com trabalhos de minerais pesados. Pode-se observar que independentemente da superfície coberta, escala, arcabouço geológico ou geomorfológico do projeto, os concentrados fornecem importantes subsídios à geologia e ao potencial mineral da área em estudo.

Para citar uma área de grande vulto tem-se o projeto Norte da Amazônia. No Domínio Oiapoque-Jari concentrações interessantes de cassiterita, cromita e ouro foram detectadas em várias drenagens do projeto. Análises espectrográficas caracterizaram-se pela "suite" anômala de elementos encontrada, a região do rio Falsino. Excelente caracterização geológica pelo manganês em drenagens sob influência litológica do Embasamento Cristalino foi encontrada no Domínio Baixo Rio Negro.

Outros projetos na Amazônia como Jamanxim e Noroeste de Rondônia apresentaram novas perspectivas de áreas promissoras para estanho e ouro.

No restante do país, vários outros projetos visando a ouro, estanho, tungstênio foram medidos através de estudos de minerais pesados. Os projetos no Rio Grande do Sul são uma boa exemplificação, em termos de área pesquisada e fisiografia, em contraposição à Amazônia.

Relativamente aos projetos de prospecção mineral objetivando mineralizações sulfetadas, verificou-se que os concentrados tendem a exibir em sua fração não-magnética valores de Pb, Zn e Cu mais elevados que a fração - 80 mesh dos sedimentos de corrente. Assim, no projeto Geoquímica do Bambuí (Fase Regional), os concentrados apresentam principalmente para o chumbo valores médios da ordem de 130-150 ppm, e valores de 20-30 ppm nos sedimentos de corrente. Tais valores refletem uma predominância de contribuição mecânica na dispersão deste elemento, sobre a química.

Finalmente conclui-se que, nos estudos-piloto conduzidos em vários projetos como os dos maciços São Lourenço e Massangana (projeto Noroeste de Rondônia) nas áreas de Pinheiro-Cerro da Árvore (no Levantamento Geoquímico Regional do Escudo Sulriograndense), Vazante e Morro Agudo (Geoquímica do Bambuí) e Furnas (Geoquímica no Vale do Ribeira) permitiu-se aquilatar parâmetros muito importantes ao comparar-se valores para sedimentos e concentrados de batéia, relativos aos processos de dispersão, mecânico e químico. Tal avaliação permitiu prever uma vantagem na amostragem por concentrados para determinados tipos de mineralização (Sn, Au), além de sulfetos, quando as condições indicam uma predominância de dispersão mecânica sobre química.

Recomenda-se pois que se faça rotineiramente amostragem de concentrados em complemento à amostragem por sedimentos de corrente em caráter regional, sendo que onde comprovadas a sua maior eficácia (nas mineralizações de resistatos primários,

como ouro e cassiterita) deveria ser empregada primordialmente. Tal raciocínio é também aplicável à mineralizações sulfetadas em caráter regional onde estudos orientativos ou sistemáticos hajam indicado uma maior consistência de resultados na fração de hidróxidos secundários nos concentrados. É o verificado no projeto Aripunã-Sucundurí.

Neste último particular, devem-se conduzir investigações mais detalhadas nas frações mineralógicas e granulométricas dos concentrados em especial, para se determinar o papel do ferro e manganês nas concentrações dos metais a fim de se poder discriminar anomalias verdadeiras das não significativas. Diferentes ataques químicos e sofisticadas técnicas analíticas como a difração de raios-X e microsonda eletrônica se fazem necessárias.

Por último, é recomendado, como rotina, que sejam sempre os concentrados analisados por espectrografia ou por via úmida (AA, colorimetria) anteriormente às determinações mineralógicas. Estas virão a confirmar mineralogicamente a razão de valores elevados e anômalos porventura revelados por aquelas.

## VI - BIBLIOGRAFIA

- ALECRIM, J.D. - 1973 - Projeto Aripunã-Sucundurí; reconhecimento geoquímico. Manaus, DNPM/CPRM. 09 v., mapas, tabelas. (inédito).
- BRAGA, A. de P.G. e alii. - 1977 - Projeto Fortaleza; relatório final. Recife. DNPM/CPRM. 10 v., mapas, tabelas. (inédito).
- DAITX, E.C e ADDAS, W. - 1977 - Projeto Sapucaí; relatório final - Geoquímica São Paulo, DNPM/CPRM. 03 v., mapas, tabelas (inédito).
- ENNES, E.R. et alii - 1976 - Projeto Geoquímica para Cobre na Área de Sobral - Ce. relatório final. Recife, DNPM/CPRM, 08 v., mapas, tabelas (inédito).
- FISCHER, R.P. e FISHER, F.S. - 1968 - Interpreting Pan-Concentrate Analyses of Stream Sediment in Geochemical Exploration for Gold. Washington, USGS Circ. 592. 9 pp.
- GIGUES, J. e DESVIMES, P. - 1969 - La Prospection Minière a la Batée dans le Massif Armoricaïn: méthodes, resultats, atlas minéralogique. Paris. BRGM. Mem. 71. 172 pp.
- GLEESON, C.F. - 1973 - Comunicações escritas.
- KAUL, P.F.T. - 1974 - Projeto Ouro no Rio Grande do Sul e Santa Catarina; relatório final. Porto Alegre, DNPM/CPRM. 04 v. 24 ref. perfis, mapas.
- HEINECK, C.A. - 1975 - Projeto Geoquímica do Bambuí, 1a. parte, geoquímica piloto. Belo Horizonte, DNPM/CPRM. 04 v., 29 ref., mapas (inédito).
- KUYUMJIAN, R.M. - 1974 - Reconhecimento Geoquímico e de Minerais Pesados, in Projeto Norte da Amazônia, Domínio Baixo Rio Negro, relatório final. Manaus, DNPM/CPRM, v. V. (inédito).
- MACAMBIRA, E.M.B. - 1974 - Reconhecimento de Minerais Pesados, in Projeto Norte da Amazônia, Domínio Oiapoque-Jari, relatório final. Belém, DNPM/CPRM. v.VII (inédito).
- MACHADO, G.J., GALVÃO, J.M.T.G. e PEREIRA, L.C.B. - 1977 - Prospecção Geoquímica e Aluvionar in Projeto Jamanxim, relatório final. Manaus, DNPM/CPRM v. VIII (inédito).
- MARTINS, A.O., GONÇALVES, G.N.D. e FULLER O. - 1973 - Projeto Noroeste de Rondônia, Geoquímica piloto. Porto Velho, DNPM/CPRM. 04.v., 35 ref., mapas (inédito).
- MERTIE, J.B. Jr - 1954 - The gold pan; a neglected geological tool. Econ. Geology 49 (6): 693 - 651.
- MORGENTAL, A. et alii - 1977 - Projeto Geoquímica no Vale do Ribeira; relatório preliminar. São Paulo, DNPM/CPRM, 114 pp, mapas (inédito).
- ROMANINI, S.J. - 1975 - Reconhecimento Geoquímico in Projeto Noroeste de Rondônia relatório final. Porto Velho, DNPM/CPRM v.IV. (inédito).
- SZUBERT, E.C., KIRCHNER C.A. e GRAZIA C.A. - 1976 -Projeto Levantamento Geoquímico Regional do Escudo Sulriograndense, 1a. Fase; relatório final. Porto Alegre, DNPM/CPMR, 03 v., mapas, (inédito).

THEOBALD, P.K. - 1957 - The Gold Pan as a Quantitative Geologic Tool. Washington, USGS Bul. 1071 - A.

VIDAL, J.L.B. e ZENKER A.O. - 1972 - Prospecção Geoquímica in Projeto Marabá, relatório final. Belém, DNPM/CPRM, v.XI (inédito).