

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DA INDÚSTRIA,
COMÉRCIO E MINERAÇÃO

**PROGRAMA
LEVANTAMENTOS
GEOLÓGICOS BÁSICOS
DO BRASIL**

GEOQUÍMICA

**PROJETO
CAMPO ALEGRE DE LOURDES**

Estado da Bahia

Relatório original: 1994

Salvador

2003



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
CPRM- *Serviço Geológico do Brasil*

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E MINERAÇÃO
CBPM- *Companhia Baiana de Pesquisa Mineral*

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

PROJETO CAMPO ALEGRE DE LOURDES

RELATÓRIO TEMÁTICO DE GEOQUÍMICA

Autor

Léo Rodrigues Teixeira

Reedição do relatório original apresentado em 1994

SALVADOR, 2003

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. LITOGEOQUIMICA	2
2.1 Considerações gerais	2
2.2 Amostragem	2
2.3 Análise	2
2.4 Características gerais das unidades	3
2.4.1 <i>Complexo Gnáissico Migmatítico</i>	3
2.4.2 <i>Unidade Serra da Boa Esperança</i>	4
2.4.3 <i>Complexo Máfico do Peixe</i>	6
2.4.4 <i>Suíte Alcalina Serra do Meio</i>	8
3. PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA	15
3.1 Considerações gerais	15
3.2 Amostragem	15
3.3 Análise	16
3.4 Interpretação dos dados	17
3.4.1 <i>Considerações gerais</i>	17
3.4.2 <i>Controle de erro de amostragem</i>	19
3.5 Características do ambiente secundário	20
3.6 Zonas anômalas	22
4. BIBLIOGRAFIA	27

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi executado em apoio ao mapeamento geológico realizado nas folhas Campo Alegre de Lourdes e Peixe (parcial), escala 1:100.000, dentro do PLGB em convênio CBPM/ CPRM, no extremo norte da Bahia. Foi desenvolvido em dois segmentos distintos: litogeoquímica e prospecção geoquímica.

A litogeoquímica visou a definição do quimismo e o auxílio no estudo petrológico das unidades ígneas presentes. Foi também utilizada para definir a natureza dos protólitos dos xistos da Unidade Serra da Boa Esperança. A prospecção geoquímica foi executada em duas fases, tentando caracterizar a potencialidade das zonas anômalas presentes.

Os trabalhos de campo relativos a prospecção foram realizados durante os meses de julho e agosto de 1992, (1ª fase) e agosto de 1993 (2ª fase) pelos técnicos em geologia João José Santos Costa, Rosemeire Vieira Bento e Vania Borges Martins. Na primeira campanha participou também o auxiliar técnico Edvaldo Mota. A coordenação dos trabalhos foi realizada pelo geoquímico do projeto.

Como este é apenas um relatório temático, informações mais generalizadas sobre a área trabalhada foram omitidas, como por exemplo: localizações, acesso, aspectos geomorfológicos e geológicos, etc. Tais informações estão no relatório final do projeto.

2. LITOGEOQUÍMICA

2.1 — Considerações Gerais

O objetivo da litogeoquímica foi a caracterização do quimismo e petrologia das principais unidades ígneas e metamórficas da área. A sua execução não deu ênfase a metalogenia pois foi considerado que a prospecção geoquímica tinha mais condições de definir áreas potencialmente favoráveis e então, caso fosse necessário, um enfoque econômico seria dado às litologias presentes em tais áreas numa fase posterior de pesquisa.

2.2 — Amostragem

As amostras de rocha foram coletadas pelas equipes de levantamento geológico, nos afloramentos mais representativos das unidades, evitando-se a coleta de material com qualquer tipo de alteração que pudesse comprometer os resultados analíticos.

As amostras pesaram em torno de 1,5Kg cada, e os dados pertencentes ao afloramento e a identificação da amostra foram anotados em caderneta de campo e nas fichas de amostras geoquímica do sistema Estatístico de Amostragem Geoquímica-SEAG da CPRM.

Foram utilizados os dados analíticos de 57 amostras representativas das principais unidades ígneas e metamórficas. Neste conjunto estão incluídas 10 amostras de granito Serra do Meio, analisadas por Leite e Fróes (1989) e duas de clorita xisto (testemunho de sondagem), provenientes do Projeto Peixe/Pau de Birro (Leite, 1991). As 11 amostras do Complexo Máfico do Peixe também são de testemunho de sondagem do Projeto Peixe/Pau de Birro, porém, foram analisadas pelo Projeto Campo Alegre de Lourdes.

2.3 — Análise

— Preparação das amostras

- Divisão em duas partes para análises químicas e petrografia;
- Britagem e pulverização a -150 mesh.

— Sistemática de análise

Todas as 57 amostras foram analisadas por:

- Métodos quantitativos para 13 óxidos padrão: SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, umidade e perda ao fogo;

Outras análises realizadas:

- Absorção atômica, abertura total para Cr, Ni, V, Cu, Pb, Zn em 38 amostras;
- Absorção atômica, abertura total para Co em 31 amostras;
- Fluorescência do raio X quantitativa para Rb, Ba, Sr, Nb, Zr, Y em 49 amostras;
- Espectrografia de emissão para Ga, Ta, Th em sete amostras;
- Eletrodo de íon específico para F em 12 amostras;
- Emissão do plasma (ICP) para terras raras em 29 amostras.

Laboratórios executores das análises: LAMIN E GEOLAB.

— Interpretação dos dados

Na interpretação dos dados foram utilizadas as mais variadas técnicas e métodos gráficos ou analíticos de definição dos processos ígneos presentes, todavia, ao longo deste capítulo, são citados apenas aqueles que definiram com mais clareza as características da unidade litológica estudada. Os dados foram tratados pelos sistemas NEWPET (M. U. N. 1990) e GEOQUANT (USGS-CPRM).

No tratamento dos elementos terras raras - ETR, os teores foram normalizados pelos valores do condrito Leedy divididos por 1,2 (Masuda *et al.*, 1973, *apud.* Martin, 1988).

2.4 — Características Gerais das Unidades

2.4.1 — Complexo Gnáissico Migmatítico

O Complexo Gnáissico Migmatítico aflora em três locais na área do Projeto: a sul de Campo Alegre de Lourdes, a oeste da Serra do Brejo/Pimenteira e na região de Peixe (nordeste da área). As litologias amostradas foram as seguintes: cinco melanossomas (dois básicos, dois tonalíticos e um de composição granítica); três gnaisses leucocráticos, dois ortognaisses e sete granitóides (quatro de granulação fina e três grossos) que ocorrem em forma de diques e veios cortando as demais litologias. Os dados químicos estão contidos na tabela 2.1.

Os melanossomas básicos mostram um acentuado enriquecimento de K_2O , sugerindo atuação de metassomatose sobre eles. Nos melanossomas tonalíticos e gnaisses leucocráticos os teores de K_2O são baixos e as razões K_2O/Na_2O estão entre 0,4 e 0,7. Nos granitóides esta razão tem valores entre 1 e pouco mais de 2. Os teores de Al_2O_3 são elevados, em geral entre 14% e 15%. O somatório (Fe_2O_3+MgO), inferior a 8 em todas as amostras félsicas.

No diagrama A-F-M (Irvine & Baragar, 1971) as amostras de melanossomas, os gnaisses e os granitos definem uma linhagem calcioalcalina típica (figura 2.1 A). As amostras com mais de 10% de quartzo normativo mostram no diagrama Ab-An-Or normativo (O'Connor, 1965), uma distribuição muito semelhante a série trondhjemítica (Barker & Arth, 1976) e os leucognaisses plotam no campo trondhjemítico (figura 2.1 B). Os altos teores de alumina, baixos teores de (Fe_2O_3+MgO) e razões K_2O/Na_2O baixas, como visto acima, sugerem que o conjunto migmatítico representa realmente uma seqüência de linhagem calcioalcalina de baixo K. Na mesma figura 2.1-B os granitóides plotam junto a projeção do mínimo termal *plagioclásio - feldspato alcalino* (1 Kbar PH_2O) (Sheraton & Black, 1988), sugerindo sua origem crustal a partir de fusão parcial mínima. Uma das amostras fica mais afastada e mostra a possibilidade de algum tipo de diferenciação magmática.

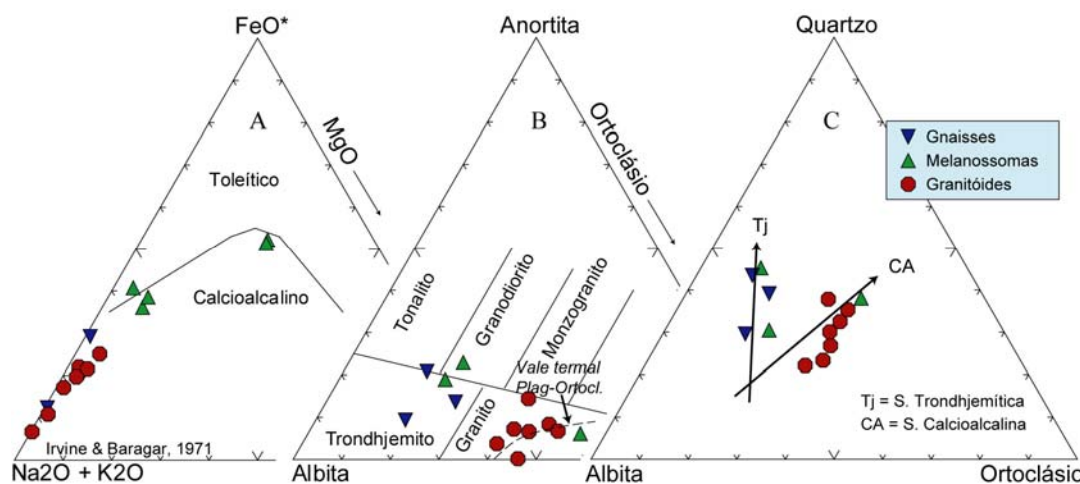


Figura 2.1 — Comp. Gnáissico-migmatítico. A: diagrama AFM; B: diagrama Ab-An-Or; C: diagrama Ab-Qz-Or

No diagrama Ab-Qz-Or (Barker & Arth, 1976) os melanossomas tonalíticos e os gnaisses posicionam junto ao *trend* trondhjemítico, enquanto os granitos ficam junto ao *trend* calcioalcalino normal (figura 2.1-C). O afastamento no sentido do polo Or sugere que os granitóides são representantes de uma série calcioalcalina potássica ou monzonítica, que, em geral são produtos da hibridização entre líquidos mantélicos e crustais. Os elementos traços apresentam teores normais para o tipo de seqüência presente, de natureza calcioalcalina. Quanto aos elementos terras raras - ETR foram determinados em 11 amostras, cujos dados estão na tabela 2.1 e os espectros estão na figura 2.2-A (melanossomas e gnaisses) e 2.2-B (granitos).

Os melanossomas básicos mostram espectros de ETR semelhantes aos toleitos TH2 de Condie (1981), com uma pequena anomalia negativa de Eu. Os melanossomas tonalíticos exibem um forte fracionamento de ETR, com enriquecimento dos ETR leves e anomalia negativa de Eu pouco acentuada. Tais características são semelhantes às

dos granitóides calcioalcalinos normais. O melanossoma granítico (GA-1C) exibe espectro enriquecido semelhante aos dos granitos alcalinos da área (comparar com a figura 2.11).

Os leucognaisses apresentam um forte fracionamento, com o somatório de ETR baixo, o teor de La (N) fica próximo a 50 e de Yb (N) próximo de um; não existe anomalia de Eu, ou ela ocorre de forma pouco acentuada e positiva. Tais características são típicas dos granitóides da série calcioalcalina pobre em K (ou trondhjemítica de Barker e Arth, 1976).

Os granitos (figura 2.2-B) têm espectros de ETR fracionados, semelhantes aos tonalitos, porém com variações entre os elementos vizinhos menos bruscas. Os granitos finos apresentam anomalias negativas de Eu muito acentuadas enquanto os grossos praticamente não as têm e os teores de ETR pesados são muito baixos: Yb (N)=3.

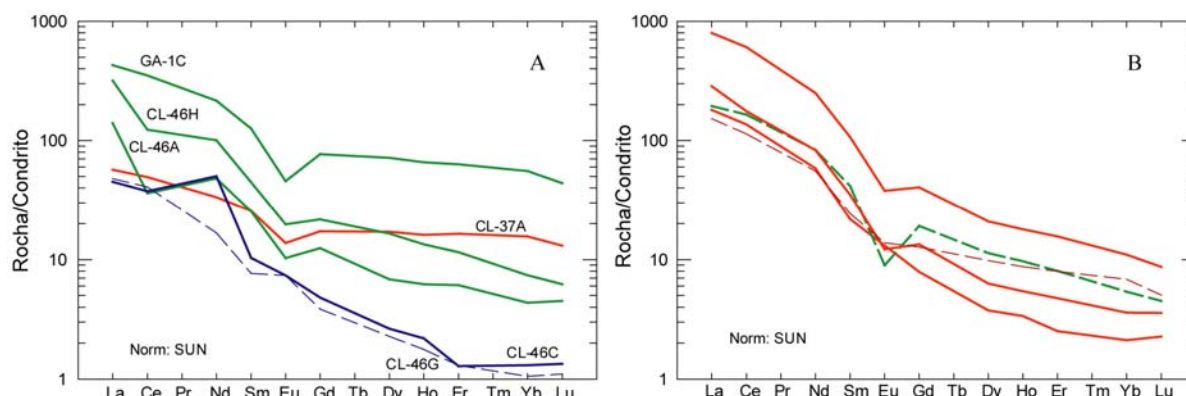


Figura 2.2 — Compl. Gnáissico-migmatítico. Espectros de ETR. A: melanossomas e gnaisses; B: granitóides

A partir do que foi exposto chega-se as conclusões seguintes:

Os "melanossomas básicos", devem representar enclaves máficos fortemente metassomatizados (biotitizados), ao invés de resíduos de uma possível fusão parcial de uma crosta tonalítica, da qual os "melanossomas" tonalíticos seriam representantes.

O conjunto "melanossoma" tonalítico e gnaisses leucocráticos representam um produto ígneo semelhante aos *grey gneisses* constituintes do embasamento de várias partes do mundo. Os leucognaisses seriam os constituintes mais trondhjemíticos do conjunto. O melanossoma granítico aparentemente não faz parte deste conjunto.

Os granitos intrusivos associados (diques e veios contendo granitóides de granulação grossa ou fina) têm características de produtos de fusão crustal, com possível contribuição de material mantélico e podem ser considerados como de linhagem subalcalina ou monzonítica.

2.4.2 — Unidade Serra da Boa Esperança

Esta unidade ocupa uma extensa área, sendo representada por vários tipos de xistos e também por lentes de calcário. Foram analisadas oito amostras, sendo três de muscovita-quartzo xisto e cinco de magnetita-clorita-muscovita-quartzo-xisto coletadas na localidade de Pau de Birro. Os dados analíticos constituem a tabela 2.2.

O conjunto analisado fica caracterizado por três grupos em função de seu teor de SiO_2 :

O primeiro constituído pelos clorita-xistos magnéticos de Pau de Birro pobres em SiO_2 (menos 50%) e ricos em Al_2O_3 e Fe_2O_3 (até 18% e 15% respectivamente);

O segundo contém apenas uma amostra da muscovita-quartzo-xisto, cujo teor dos elementos maiores, semelhante ao das rochas ígneas com o mesmo conteúdo de SiO_2 (64%);

O terceiro grupo, constituído por duas amostras de muscovita quartzo xisto com mais de 75% de SiO_2 , mais de 4% de Na_2O e pobre em K_2O (uma tem 1,7% e outra 0,85%).

Os três grupos acima definidos tem algumas características peculiares quanto ao conteúdo de elementos traços. A mais marcante, o empobrecimento de Cr, Ni, Co, V e Cu no terceiro quando comparado aos demais. Chama a atenção também o enriquecimento de Zr e Y no terceiro grupo.

Os espectros de ETR normalizados pelos teores de NASC constituem a figura 2.3. O xisto com magnetita tem espectro algo mais rico em ETR leves em relação aos folhelhos americanos (NASC), todavia os muscovita-xistos são muito enriquecidos sobretudo em ETR leves. Quando normalizados por condrito, os muscovita-xistos mostram espectros muito semelhantes aos dos granitos alcalinos que afloram na área, com forte enriquecimento em ETR leves (até cerca de 1000 vezes o condrito) e com anomalia negativa de Eu nítida.

Uma característica notável destes xistos, o enriquecimento em Na_2O em relação ao K_2O , sobretudo no grupo rico em SiO_2 . Este fato tende a dificultar a caracterização de seu protólito, se ígneo ou sedimentar, pois a maioria dos métodos discriminantes baseia-se na ausência de Na_2O e presença de K_2O . Os protólitos ígneos contêm mais Na_2O e os sedimentares são enriquecidos em K_2O . Assim as amostras tendem a se caracterizar como oriundas de litologias ígneas como, por exemplo, com o índice DF (Shaw, 1972) positivo indicando antepassado ígneo para os muscovita-xistos. Porém no diagrama mg X c de Niggli (figura 2.4) há sugestão de que o conjunto não seja ígneo. O *trend* ígneo mostrado tem seu polo mais máfico na direita da figura e o menos máfico na esquerda. Portanto as amostras de xistos básicos de Pau de Birro, que tem menos de 50% SiO_2 , deveriam se posicionar bem mais a direita do gráfico e não onde caíram, junto ao tonalito CL-46A, lançado para servir de referência.

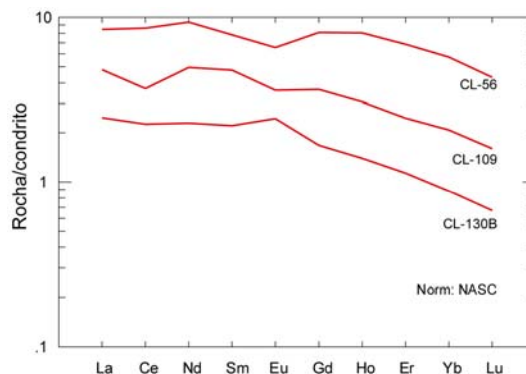


Figura 2.3 — Unidade Serra da Boa Esperança. Espectros de ETR normalizados pelo NASC.

Através das características de elementos com comportamento bem conhecido durante os processos ígneos, também, possível verificar se uma rocha metamórfica tem passado ígneo ou sedimentar. Para tanto foram confeccionados os gráficos da figura 2.5 que exibem a correlação de alguns elementos contra Al_2O_3 e TiO_2 respectivamente. Estes dois óxidos foram escolhidos devido a sua pouca mobilidade durante a ação de processos metamórficos ou de alteração secundária e pelos seus comportamentos diversos ao longo da diferenciação magmática.

A correlação positiva entre TiO_2 x Al_2O_3 , Fe_2O_3 x Al_2O_3 , P_2O_5 x Al_2O_3 , irreal do ponto de vista de diferenciação magmática, onde os principais minerais que contêm Al_2O_3 , os feldspatos, não contêm Ti, Fe, P, etc. Portanto o enriquecimento destes elementos deve ser atribuído a algum mineral capaz de os conter mutuamente e não relacionado a magmatismo. Provavelmente a correlação positiva foi provocada pela presença maior ou menor de minerais de argila que podem conter os elementos acima levando a uma variação semelhante entre eles, que, impossível durante os processos ígneos. Assim fica mais viável considerar o conjunto como de natureza sedimentar.

Em resumo, os xistos são muito provavelmente originados de protólito sedimentar. Todavia mostram aspectos tipicamente ígneos, sobretudo em relação ao enriquecimento de Na, Zr, Y, ETR, notadamente os leves, no grupo rico em sílica.

As amostras devem representar litótipos sedimentares contendo fragmentos ígneos (produtos de erosão de rochas vulcânicas ou intrusivas alcalinas félsicas), ou contêm minerais resistatos ricos em ETR leves, como por exemplo zircão, alanita e monazita, originados de ígneas alcalinas. A presença de monazita, mostrada nos concentrados de batéia de aluvião onde o mineral ocorreu com muita freqüência, as vezes com teor de até 3% do volume do concentrado. O mesmo pode-se afirmar em relação ao zircão, presente em porcentagens elevadas nas drenagens sob influência dos metassedimentos ora caracterizados.

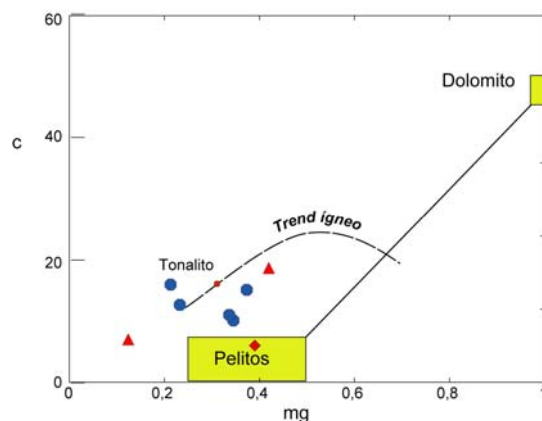


Figura 2.4 — Unidade Serra da Boa Esperança. Diagrama mg - c.

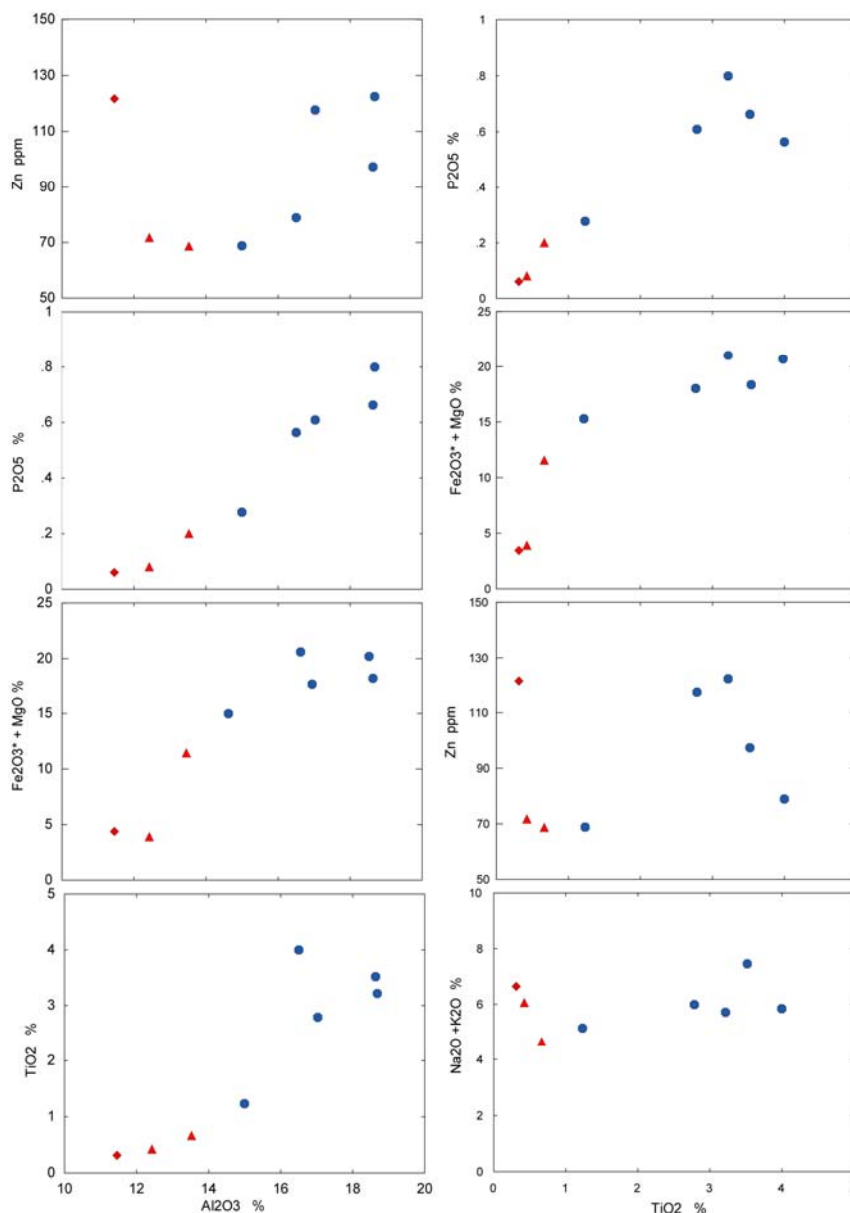


Figura 2.5 — Unidade Serra da Boa Esperança. Diagramas de variação em função de Al_2O_3 e TiO_2 .

2.4.3 — Complexo Máfico do Peixe

O Complexo Máfico do Peixe foi caracterizado como um corpo básico acamadado, praticamente não aflorante, localizado a norte/nordeste do povoado de Peixe, no extremo oeste da folha.

Foram selecionadas 11 amostras representando várias profundidades do corpo a partir de testemunho de sondagem. Três são cumulos de minerais Fe-titanados, sendo dois de granulação grossa e um de granulação fina. As demais foram classificadas como gabro fino, microgabro e gabro norito fino. Os dados referentes as análises químicas constituem a tabela 2.3.

Salvo os cumulos, todas as outras apresentam teores de SiO_2 muito semelhante entre si, teores de Na_2O até 3,6% e teores de MgO entre 3 a 7%. Os teores de Fe_2O_3 e CaO são elevados (14% e 9% respectivamente). Tais características conferem aos gabros uma certa tendência alcalina, todavia no diagrama A-F-M (figura 2.6-A) ficam caracterizados como de natureza toleítica, caso as amostras representem líquidos e não cumulos. Os termos com Fe-Ti altos são claramente cumuláticos, e plotam junto ao vértice F da figura. A linhagem toleítica também fica clara no diagrama de Jensen (1976) da figura 2.6-B. Em ambos, os pontos se agrupam em dois conjuntos com espalhamentos paralelos. Tais espalhamentos ligam os dois termos toleíticos (CL-72J e CL-72L) aos cumulos ricos em Fe-Ti (magnetita cumulos) localizados junto ao vértice superior.

Em diagramas binários de vários elementos contra MgO (figura 2.7) os agrupamentos notados acima ficam mais claros. As amostras de granulação fina formam dois grupos distintos que sugerem a presença de dois líquidos semelhantes porém com teores distintos de MgO (5 e 7% respectivamente). Os dois conjuntos se espalham, um em direção ao cumulado CL-72 e o outro em direção ao cumulado CL-72E. O "líquido" menos diferenciado do primeiro conjunto acima, representado pela amostra CL-72L e o segundo pela amostra CL-72J, ambas com teores muito

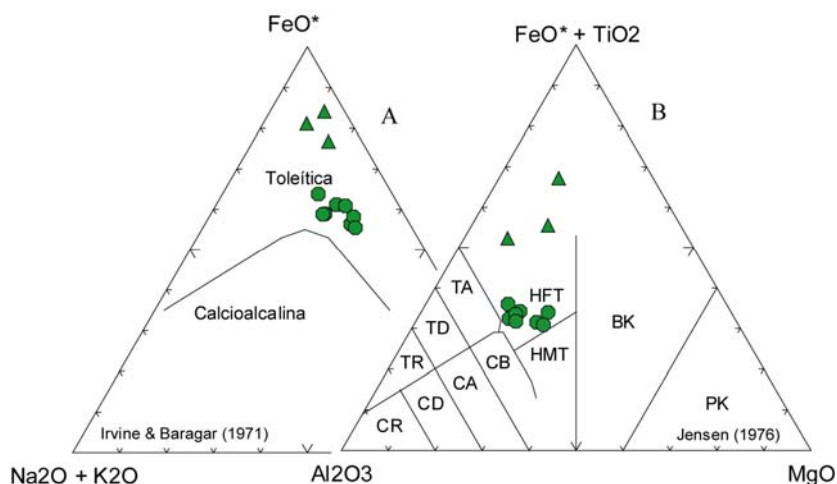


Figura 2.6 — Complexo Máfico do Peixe. A: diagrama AFM; B: Diagrama de Jensen.

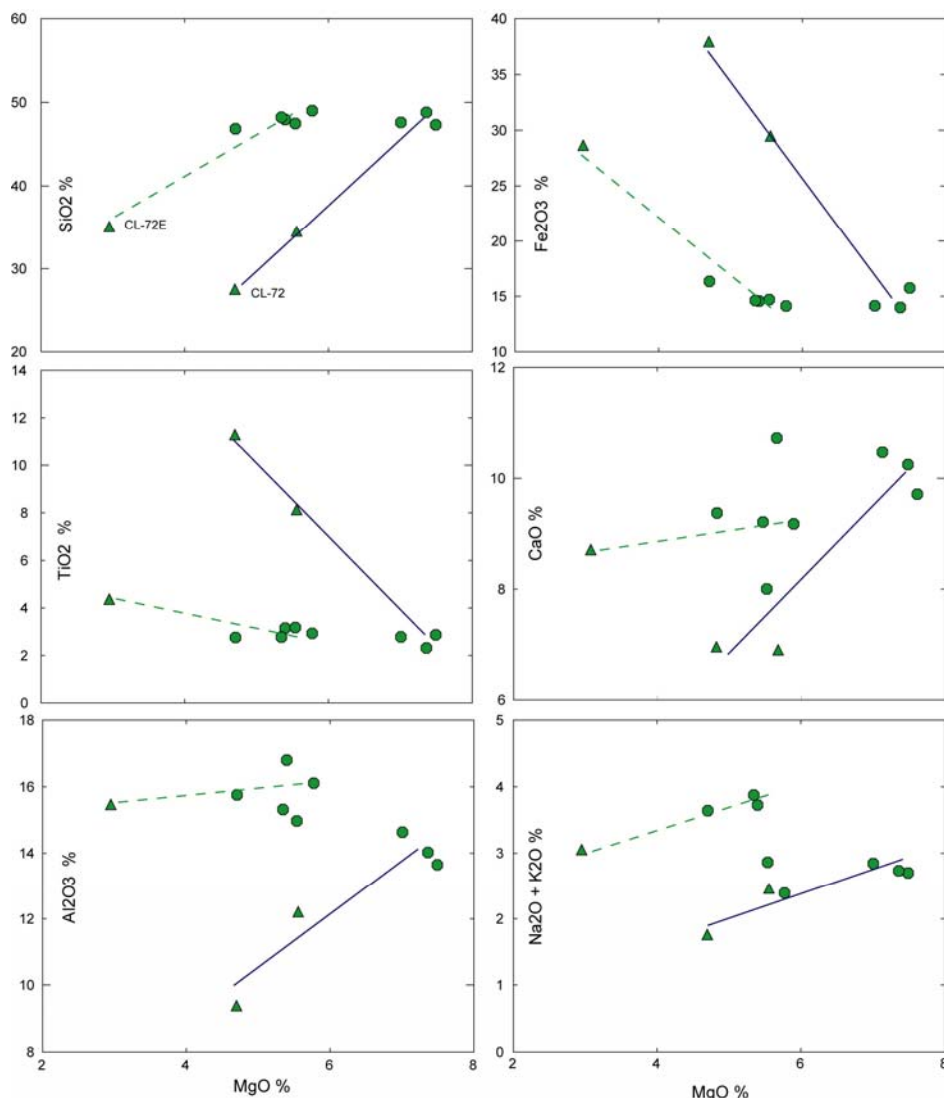


Figura 2.7 — Complexo Máfico de Peixe. Diagramas de variação

parecidos com exceção do MgO que é mais elevado na primeira. Os alinhamentos podem ser explicados como a mistura dos dois líquidos toleíticos com os cumulatos ricos em magnetita em proporções variadas.

Nos dois grupos acima citados, o padrão de distribuição dos elementos terras raras (ETR) são distintos (figs. 2.8-A e B). No conjunto mais magnesiano há um enriquecimento das TR leves, ausência de anomalia de Eu e notável

empobrecimento das TR pesadas. O outro conjunto mais cálcico, ainda mais empobrecido em TR pesadas e mostra uma pequena mas persistente anomalia positiva de Eu, sugerindo a maior presença de plagioclásio nestas amostras. A amostra rica em Fe-Ti, CL-72E, também é mais enriquecida em Eu, Sm e Gd, mostrando a possível presença de apatita, também sugerida pelo teor elevado de P_2O_5 na amostra (1,40%).

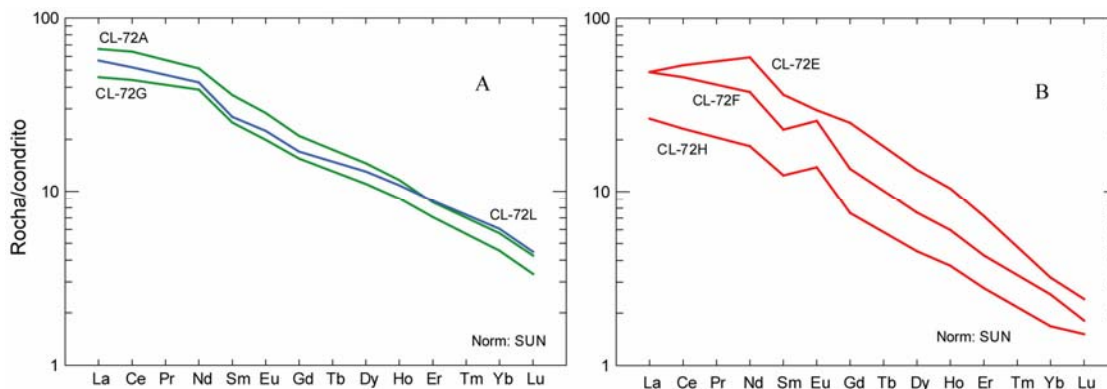


Figura 2.8 — Complexo Máfico do Peixe. Espectros de ETR. A: grupo magnésiano; B: grupo cálcico

Do que foi mostrado pelos elementos maiores e traços e pelas características petrográficas exibidas, pode-se considerar o corpo máfico do Peixe como uma intrusão constituída por rochas toleíticas com tendência alcalina. Os dados químicos disponíveis não permitiram visualizar qualquer diferenciação magmática em função da profundidade. A variação observada sugere a mistura entre líquidos de composição gabróica e fracionados, provavelmente mais primitivos, ricos em Fe-Ti.

Os espectros fortemente fracionados de ETR são incomuns e sugerem que o magma ou magmas se originaram da fusão de uma fonte mantélica onde a granada foi um importante componente residual. Mostram também que o grupo mais cálcico pode ser uma evolução do grupo magnésiano causado pela acumulação de plagioclásio.

2.4.4 — Suíte Alcalina Serra do Meio

Sob esta denominação foi caracterizado um conjunto litológico constituído de granitos alcalinos com grande expressão cartográfica na área. Foram estudados geoquimicamente os representantes de três grandes maciços: Serra do Meio, caracterizado anteriormente por Leite & Fróes (1989); Santa Úrsula e Uberaba (referência a fazenda Uberaba, situada a L do povoado de Peixe). Foram analisadas 19 amostras, sendo 17 de granitóides (quatro de Santa Úrsula, cinco de Uberaba e 10 de Serra do Meio) e duas de enclaves máficos em Santa Úrsula e Uberaba (tabela 2.4).

As amostras têm características químicas e petrográficas típicas dos granitóides do tipo A de outras regiões (comparar com Collins et al., 1982; Whalen et al., 1987, Coleman et al., 1992). Os teores de SiO_2 estão acima de 70%, Al_2O_3 menor que 10% nos granitóides Uberaba e Serra do Meio e CaO muito baixo em Santa Úrsula e Serra do Meio. Todas as amostras são peralcalinas com exceção da CL-18C e CL-88B de Uberaba, que são metaluminosas.

O *trend* alcalino supersaturado está bem caracterizado no diagrama R1-R2 (Batchelar e Bowden, 1988) da figura 2.9. Onde se observa a diferenciação no sentido Santa Úrsula-Serra do Meio Uberaba em meio a um ambiente anorogênico.

As razões K/Rb no Santa Úrsula estão em torno de 450, no Serra do Meio, 300 e no Uberaba entre 200 e 100. Tal caráter compatível, indica evolução magmática normal do conjunto, contudo, considerando-se apenas as amostras do maciço Serra do Meio o seu padrão, incompatível, evidenciando evolução mais complexa (figura 2.10).

O enriquecimento de alguns ele-

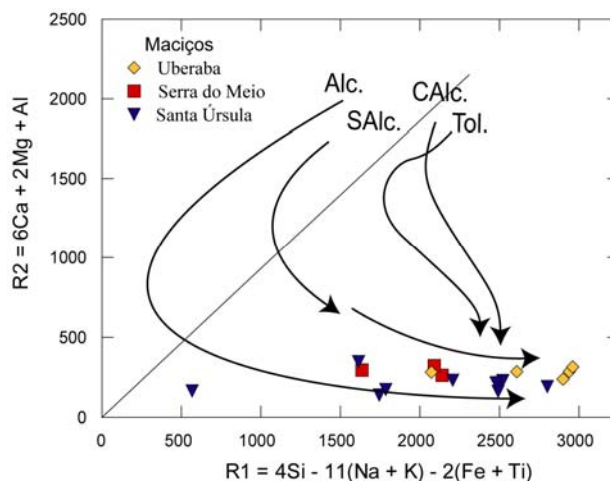


Figura 2.9 — Suíte Alcalina Serra do Meio. Diagrama R1-R2

mentos traços, sobretudo Rb, Nb, Zr e Y, nos maciços Serra do Meio e Uberaba, Zn no Uberaba, está aliado ao empobrecimento da Ba e Sr em todos os maciços.

Os espectros simplificados de elementos terras raras - ETR estão nas figuras 2.11-A (Santa Úrsula), 2.11-B (Uberaba) e 2.11-C (enclaves básicos). Nas figuras estão lançadas também a faixa de variação dos ETR de Serra do Meio.

Na figura 2.11-A observa-se que o somatório dos ETR de Santa Úrsula, menor que em Serra do Meio, com anomalia de Eu menos pronunciada, seguindo uma evolução onde os elementos ora estudados assumem caráter incompatível. A diferenciação tem prosseguimento no maciço Serra do Meio, onde o limite inferior do envelope de variação foi definido pela amostra SM-6 com 70,2% SiO₂ e o superior pela SM-7 com 75,7% SiO₂. A anomalia negativa de Eu, mais acentuada que no Santa Úrsula.

Algumas amostras de Serra do Meio (SM-3, SM-5, SM-8) não ficaram dentro do envelope traçado por apresentarem espectros anormais indicando claramente distúrbios durante a formação ou por ação metassomática. Figueiredo (1985) atribui o enriquecimento em ETR pesados como o que ocorreu com a amostra SM-8, à mobilização causada por metassomatismo.

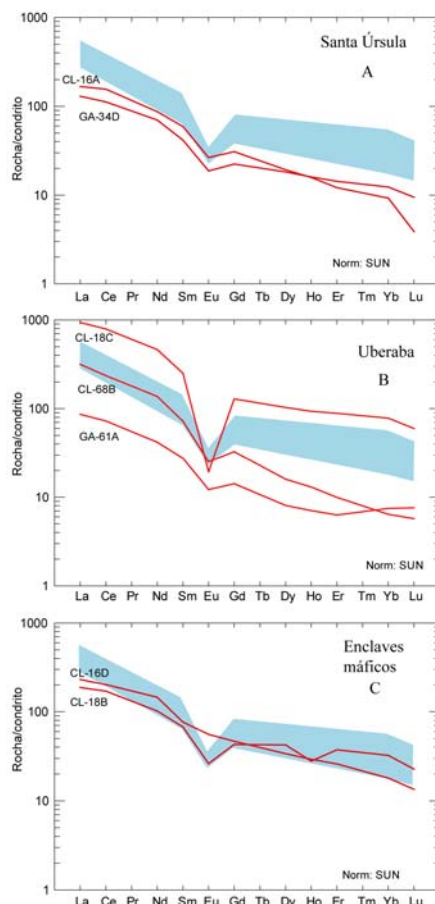


Figura 2.11 — Suíte Alcalina Serra do Meio. Diagramas de ETR. A: Santa Úrsula; B: Uberaba; C: enclaves máficos.

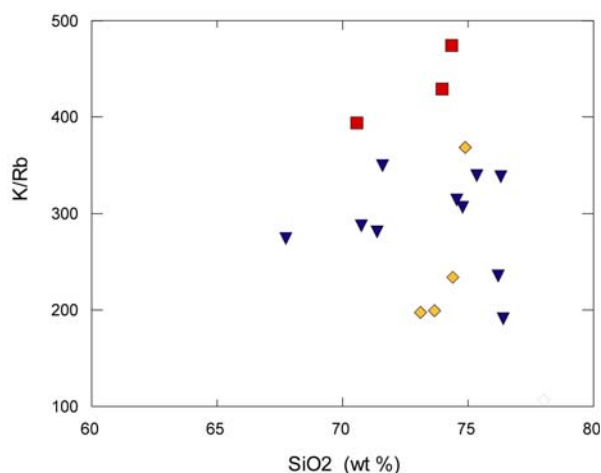


Figura 2.10 — Suíte Alcalina Serra do Meio. Diagrama SiO₂ - K/Rb

No granitóide Uberaba (figura 2.11-B) o padrão de ETR, mais complexo, mostrando espectros semelhantes aos de Santa Úrsula em duas amostras; e um, muito enriquecido e com forte anomalia negativa de Eu (CL-18C). Esta amostra foi uma das únicas metaluminosas, sugerindo forte diferenciação no maciço ou a presença de mais de um tipo litológico.

A presença de teores quase constantes de Eu em todas amostras sugerem um passado comum para os maciços, onde o fracionamento do plagioclásio foi muito importante. Por outro lado os espectros de ETR dos enclaves máficos tem características de basaltos intraplacas normais (figura 2.11-C), porém não fica claro se são ou não representantes menos evoluídos do magmatismo que deu origem aos granitos.

No diagrama normativo Qz-Ab-Or (figura 2.12) alguns *trends* de evolução são observados. Inicialmente a evolução do granito Serra do Meio no sentido SM-6-SM-7 visto nos espectros de ETR fica muito claro no diagrama, indicando um forte enriquecimento normativo de quartzo (de 33 para 42%) aliado a uma crescente queda da alcalinidade indicada pelo teor de acmita normativa que vai de 23% (SM-6) a 1% (SM-7). O trend perpendicular ao mínimo termal quartzo-feldspato sugere diferenciação por cristalização fracionada. Os granitos Uberaba são os mais evoluídos e no gráfico se posicionam ao longo do mínimo termal quartzo-feldspato. Mostram alcalinidade baixa, indicada pelo teor de acmita normativa que chega no máximo a 3%. Tal posicionamento sugere produtos de fusão mínima, melhor que cristalização fracionada.

A posição dos pontos representativos do maciço Santa Úrsula caracteriza-o como o menos evoluído dos três.

Sua alcalinidade, se comparada com o Serra do Meio, muito baixa, com teor de acmita normativa em torno de 5%, sendo ainda o representante mais sódico amostrado.

Os dados obtidos sobre a Suíte Alcalina Serra do Meio, vistos acima sugerem algumas conclusões. A Suíte Alcalina evoluiu inicialmente, a partir da diferenciação de um magma básico toleítico ou alcalino que por fracionamento e acumulação intensa de plagioclásio cálcico (efeito plagioclásio de Bowen, 1947) deu origem a um líquido fortemente empobrecido em CaO, Al₂O₃, Sr, Eu e Ba e rico em Zr, Nb, Rb, Y e álcalis. Este líquido peralcalino evoluiu juntamente com forte assimilação crustal, pois o volume ocupado pelos granitóides é muito grande.

O granito Santa Úrsula aparentemente se originou de um magma onde a acumulação de plagioclásio cálcico foi menos intensa, daí seu caráter alcalino menos acentuado.

O granito Serra do Meio evoluiu de um magma peralcalino que por assimilação crustal e diferenciação (possivelmente cristalização fracionada) evoluiu até líquidos metaluminosos ou pouco alcalinos, semelhantes ao maciço Uberaba.

O granitóide Uberaba mostra características de fusão parcial mínima, compatíveis com o produto híbrido, rico em líquido crustal e pobre em material alcalino.

As razões K/Rb com caráter incompatível, sobretudo nos granitóides Serra do Meio, devem ter sido causadas pela diferenciação tardia de anfibólio (razões K/Rb próximo de 700) enquanto o padrão normal verificado no Uberaba mostra uma evolução mais ligada a presença de feldspato e mica (razões K/Rb inferiores a 200).

Razões K/Rb com comportamento incompatível também podem ser causadas por processos de fusão parcial onde o plagioclásio é importante fase residual juntamente com a hornblenda. Todavia, no presente caso, fusão parcial simples não explica alguns fatos, sobretudo as variações observadas nos ETR.

Finalmente pode-se supor que magmas semelhantes ao que originou o Complexo Máfico do Peixe poderiam evoluir até aos líquidos peralcalinos dos granitóides ora considerados.

PF	1,10	0,66	2,00	3,30	1,20	0,99	0,47	0,90	1,00	0,82	1,09	1,45	0,85	0,91	0,63	0,81	0,39
mg#	17,45	1,59	47,01	47,45	26,06	27,63	15,19	24,78	5,59	7,31	15,69	25,93	19,26	26,28	6,95	13,45	20,74
Cr	3	2	84	54	3				3	3			3	3	2	3	
Ni	1	1	61	48	5				1	1			2	4	1	1	
Co	2	1	43	44	7				2	1			1	5	1	3	
V	5	3	3	208	232				16	5			5	16	5	3	
Cu	4	3	9	5	7				4	3			4	29	4	10	
Pb	4	14	10	10	2				2	4			6	20	4	18	
Zn	4	120	210	260	85				14	12			5	46	5	26	
Rb	120	166	650	642	166	133	231	84	143	89	383	162	123	246	227	246	177
Ba	800	800	210	190	640	719	905	553	980	820	399	1071	830	1880	330	950	1010
Sr	31	23	210	129	361	352	47	414	411	400	77	337	143	720	55	297	135
Ga						26	24	22			35	26					16
Nb	3	69	3	3	3	17	43	8	3	3	32	6	3	16	17	3	22
Zr	193	1500	75	76	304	260	879	146	123	35	312	263	255	286	134	332	351
Y	7	56	5	5	13	44	163	2	5	5	32	4	14	19	50	5	44
Th						7	32	3				23					19
La	18,27		45,20	139,80	103,10	139,80	15,54	14,66	63,19	58,53	259,30	92,55	49,91				
Ce	41,59		30,67	301,30	105,00	301,30	34,87	32,11	140,90	116,10	517,00	150,60	97,64				
Nd	20,49		29,73	135,00	62,50	135,00	10,41	31,32	51,84	36,32	155,40	51,61	34,76				
Sm	5,07		5,06	25,37	8,93	25,37	1,54	2,08	8,30	4,36	21,43	7,01	4,89				
Eu	1,03		0,78	3,49	1,50	3,49	0,56	0,56	0,68	1,00	2,87	0,93	1,06				
Gd	4,64		3,38	21,03	5,90	21,03	1,05	1,31	5,20	2,14	11,02	3,65	3,49				
Dy	5,73		2,31	24,42	5,60	24,42	0,77	0,90	3,83	1,27	7,06	2,13	3,35				
Ho	1,21		0,47	5,01	1,02	5,01	0,14	0,17	0,74	0,26	1,37	0,41	0,67				
Er	3,60		1,35	14,11	2,56	14,11	0,29	0,29	1,78	0,56	3,46	1,05	1,78				
Yb	3,35		0,94	12,09	1,61	12,09	0,23	0,28	1,17	0,46	2,38	0,78	1,49				
Lu	0,43		0,15	1,48	0,21	1,48	0,04	0,05	0,15	0,08	0,29	0,12	0,17				

Obs. 1e 2: ortognaisses; 3 e 4: melanossomas máficos; 5 e 6: melanossomas tonalíticos; 7: melanossoma granítico; 8: gnaiss leucocrático;

11 a 14: granitóides finos; 15 a 17: granitóides grossos.

Tabela 2.1- Dados químicos do Complexo gnáissico-migmatítico

n	1	2	3	4	5	6	7	8
ID	CL-130A	CL-130B	CL-130C	PB1-24	PB1-29	CL-56	CL-109	CL-104A
SiO ₂	49,20	44,30	46,00	59,10	47,20	64,00	75,20	75,50
TiO ₂	2,70	3,10	3,40	1,20	3,90	0,63	0,42	0,31
Al ₂ O ₃	16,50	18,00	18,00	14,60	16,10	12,80	12,30	11,30
Fe ₂ O ₃	13,12	15,49	15,35	11,39	17,33	6,31	3,63	2,70
MnO	0,17	0,18	0,15	0,17	0,20	0,09	0,10	0,10
MgO	4,00	4,20	2,40	3,20	2,50	2,30	0,25	0,70
CaO	4,80	4,80	3,90	3,00	4,80	3,90	0,98	1,40
Na ₂ O	4,60	1,90	3,20	2,30	2,70	2,00	4,30	5,70
K ₂ O	1,20	3,60	4,00	2,70	3,00	2,40	1,70	0,85
P ₂ O ₅	0,59	0,77	0,64	0,27	0,55	0,19	0,08	0,06
H ₂ O	0,40	0,38	0,40			0,50	0,33	0,20
PF	3,20	3,80	3,10			5,60	1,30	1,30
mg#	37,65	34,94	23,65	35,75	22,22	41,92	12,00	33,93
Cr	8	3			36		3	3
Ni	8	5			32		1	1
Co	34	33			14		2	2
V	48	44	32	151	234		5	5
Cu	16	25	22	25	25	37	4	9
Pb	1	1	2	8	9	38	4	10
Zn	114	118	94	67	77	65	71	120
Rb	3	69		66	65	120	58	28
Ba	450	1700		600	1310	420	800	180
Sr	1500	636		230	110	115	59	117
Ga								
Nb	31	45		76	76	3	69	168
Zr	94	275		650	420	247	965	1500
Y	35	25		92	92	37	129	114
Th								
La	76,02				255,80		152,40	
Ce	158,50				594,90		266,90	
Nd	70,42				283,20		157,10	
Sm	12,11				55,76		26,93	
Eu	2,91				7,70		4,43	
Gd	8,40				39,81		18,79	
Dy	7,00				39,86		16,43	
Ho	1,40				7,93		3,16	
Er	3,57				21,25		7,93	
Yb	2,63				16,84		6,38	
Lu	0,31				1,96		0,76	

Obs. 1 a 5:magnetita-clorita-muscovita xisto de Pau de Birro
6 e 7: muscovita-quartzto xisto. 8: granada-muscovita-quartzto xisto
amostras 4 e 5 originais de Leite (1991).

Tabela 2.2 - Dados químicos da Unidade Serra da Boa Esperança

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ID	CL-72	CL-72B	CL-72E	CL-72A	CL-72C	CL-72F	CL-72G	CL-72H	CL-71I	CL-72J	CL-72L
SiO ₂	27,50	34,80	34,50	46,20	47,10	45,80	46,10	46,30	46,90	48,40	48,40
TiO ₂	11,30	8,20	4,30	2,70	3,10	2,70	2,80	3,10	2,70	2,90	2,30
Al ₂ O ₃	9,40	12,30	15,20	14,20	16,50	15,40	13,30	14,60	14,90	15,90	13,90
Fe ₂ O ₃	37,94	29,72	28,16	13,72	14,30	15,97	15,34	14,34	14,22	13,99	13,87
MnO	0,25	0,21	0,21	0,15	0,15	0,17	0,18	0,20	0,19	0,18	0,21
MgO	4,70	5,60	2,90	6,80	5,30	4,60	7,30	5,40	5,20	5,70	7,30
CaO	7,00	7,00	8,60	10,20	7,90	9,20	9,50	10,50	9,00	9,10	10,20
Na ₂ O	1,40	2,00	2,80	2,70	3,50	3,30	2,50	2,50	3,60	2,10	2,30
K ₂ O	0,36	0,48	0,20	0,06	0,16	0,26	0,13	0,29	0,17	0,26	0,41
P ₂ O ₅	0,17	0,45	1,40	0,30	0,20	0,35	0,28	0,28	0,40	0,26	0,25
H ₂ O	0,33	0,23	0,11	0,33	0,27	0,24	0,18	0,14	0,29	0,16	0,17
PF	1,30	0,49	1,44	2,90	2,00	1,76	2,17	2,35	2,46	0,86	0,42
mg#	19,70	27,18	16,94	49,53	42,33	36,32	48,52	42,72	42,00	44,74	51,04
Cr	3	34	24	80	104	135	417	348	180	183	201
Ni	1	17	26	28	30	56	155	143	84	82	84
Co	85	60		32	30						
V	3	1000	260	520	104	280	400	420	380	420	320
Cu	52	48	10	12	3	7	6	6	16	6	18
Pb	2	1	67	1	1	58	60	65	60	62	74
Zn	118	50	240	63	55	150	138	108	123	144	135
Rb	3	3		3							
Ba	90	200			200						
Sr	171	232		423	400						
Ga											
Nb	3	3		3	3						
Zr	39	49		78	10						
Y	5	5		35	5						
Th											
La			15,85	21,16		15,73	14,62	8,46	13,86	18,53	18,53
Ce			45,63	53,72		38,70	37,01	19,49	35,37	44,61	44,61
Nd			36,85	31,31		23,12	23,74	11,28	22,68	26,57	26,57
Sm			7,24	7,08		4,53	4,95	2,46	4,68	5,42	5,42
Eu			2,24	2,12		1,93	1,49	1,04	1,71	1,71	1,71
Gd			6,77	5,61		3,66	4,17	2,02	4,23	4,66	4,66
Dy			4,51	4,84		2,53	3,69	1,51	3,44	4,43	4,43
Ho			0,79	0,87		0,45	0,68	0,28	0,63	0,83	0,83
Er			1,59	1,88		0,94	1,55	0,61	1,40	1,96	1,96
Yb			0,69	1,22		0,55	0,97	0,36	0,88	1,32	1,32
Lu			0,08	0,14		0,06	0,11	0,05	0,11	0,15	0,15

Obs. 1 a 3:cumulado Fe-Ti; 4 a 11: gabro fino

Tabela 2.3 - Dados químicos do Complexo máfico do Peixe

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ID	CL-16A	GA-34D	GA-35B	GA-35A	CL-18C	GA-61	CL-68B	CL-88B	GA-61A	SM-1	SM-2	SM-3	SM-4	SM-5	SM-6	SM-7	SM-8	SM-9	SM-10	CL-16D	CL-18B
SiO ₂	69,40	73,50	73,50	87,00	73,20	73,50	72,00	77,40	74,10	75,80	70,60	67,40	74,30	74,80	70,20	75,70	70,60	75,80	73,90	49,70	50,20
TiO ₂	0,42	0,42	0,42	0,42	0,31	0,52	0,10	0,21	0,42	0,28	0,29	0,21	0,32	0,28	0,36	0,19	0,45	0,23	0,27	3,00	3,40
Al ₂ O ₃	12,30	11,30	11,30	5,20	10,40	7,60	7,40	11,30	7,60	10,40	12,60	7,80	9,20	8,00	6,90	9,40	8,20	10,40	11,50	13,50	14,20
Fe ₂ O ₃	6,09	4,26	3,96	2,67	8,63	10,29	6,07	1,86	9,58	3,98	3,61	11,26	7,04	8,24	12,83	6,24	10,48	4,23	4,18	10,65	13,78
MnO	0,13	0,10	0,12	0,05	0,17	0,21	0,18	0,03	0,19	0,07	0,12	0,22	0,17	0,10	0,05	0,07	0,12	0,09	0,06	0,32	0,15
MgO	0,09	0,03	0,03	0,03	0,07	0,40	0,20	0,03	0,60	0,03	0,22	0,03	0,11	0,04	0,02	0,07	0,02	0,03	0,04	2,00	4,10
CaO	0,42	0,35	0,91	0,12	0,73	1,10	1,10	0,84	0,56	0,10	0,80	0,10	0,40	0,03	0,03	0,03	0,10	0,10	0,03	6,80	3,80
Na ₂ O	5,00	4,60	4,60	2,30	3,50	1,60	4,30	3,20	1,70	3,40	4,60	5,90	3,20	3,50	4,40	2,90	4,60	3,60	3,90	3,80	0,68
K ₂ O	4,60	4,40	4,60	1,10	3,40	4,80	4,80	4,40	5,10	5,30	5,90	6,60	4,80	4,50	4,50	4,60	4,40	5,10	5,30	5,70	7,30
P ₂ O ₅	0,08	0,05	0,04	0,09	0,05	0,05	0,03	0,02	0,03	0,05	0,08	0,03	0,05	0,02	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,92	0,62
H ₂ O	0,30	0,10	0,05	0,30	0,14	0,12	0,20	0,12	0,11											0,09	0,49
PF	0,93	0,46	0,59	0,96	0,47	0,26	0,60	0,32	0,35											3,19	2,30
mg#	2,84	1,38	1,48	2,18	1,58	7,15	6,13	3,10	11,04	1,47	10,77	0,53	3,00	0,95	0,31	2,17	0,38	1,38	1,86	27,11	37,08
Cr	3	3	3	2	3	3	3	3	3												26
Ni	1	1	1	1	1	1	1	6	1												15
Co	1	1	1	1	1	1	2	2													33
V	148	3	3	3	3	3	3	3	3												3
Cu	2	2	1	2	10	5	2	2	4												4
Pb	12	8	6	6	8	14	8	34	22												26
Zn	36	42	40	33	445	425	152	48	340												450
Rb	97	77	89	3	143	200	108	343	181	130	140	200	130	110	130	200	130	180	140	178	550
Ba	540	290	290	200	110	200	190	230	170	65	280	94	480	10	58	58	110	47	71	1829	460
Sr	3	5	14	3	31	3	3	5	3	10	59	10	24	10	10	10	10	10	10	686	44
Ga																				20	
Nb	47	48	48	48	349	255	70	101	161	260	146	200	480	200	160	460	680	174	210	124	99
Zr	563	403	454	240	1500	1500	643	402	1500	1250	440	940	850	1120	440	2390	1700	660	1040	300	252
Y	70	59	53	5	201	240	94	394	208	140	86	180	120	55	80	240	250	67	150	76	19
La	54,03	42,34		308,20		99,93		28,26	185,30	159,20	72,90	287,40	123,70	88,10	178,00	199,00	111,2	156	73,34	59,95	
Ce	132,60	96,03		685,10		196,30		62,53	318,20	185,70	120,20	274,80	175,40	76,70	384,30	265,90	181,7	141,7	168	143,1	
Nd	53,94	43,67		292,20		83,21		26,23	124,90	98,90	52,40	180,00	560,20	66,90	129,30	130,30	73,5	85,7	88,22	62,45	
Sm	11,81	8,36		50,86		14,09		5,57	24,00	18,70	9,40	29,60	87,60	12,60	28,20	28,10	16	17,9	15	13,36	
Eu	2,01	1,43		1,49		1,86		0,94	2,30	1,80	0,80	2,90	8,70	1,70	2,71	3,60	1,6	1,8	4,13	1,96	
Gd	8,39	6,11		35,66		8,68		3,91	18,70	14,60	7,20	16,80	52,40	10,70	22,50	30,30	13,8	15,2	12,42	11,54	
Dy	6,53	6,19		35,45		5,27		2,76	16,40	12,10	4,20	10,10	33,60	10,10	21,60	35,80	16,1	14,9	11,2	14,13	
Ho	1,20	1,22		7,20		0,96		0,54	2,90	2,10	0,60	1,70	5,80	1,70	3,90	2,30	2,9	2,6	2,18	2,09	
Er	2,69	3,18		19,97		2,15		1,41	8,50	6,40	2,00	4,90	15,70	5,10	12,40	19,10	9,6	7,7	5,64	8,2	
Yb	2,00	2,68		17,22		1,36		1,64	6,80	5,40	2,00	5,20	11,20	3,90	11,80	14,20	9,4	6,1	3,83	3,95	
Lu	0,13	0,32		2,02		0,19		0,26	0,80	0,60	0,30	0,70	1,30	0,50	1,40	6,50	1,1	0,7	0,44	0,75	
F										1000	2900	650	1450	59	340	940	1375	1500	390		

Obs. 1a 4: granitóides Santa Úrsula; 5 a 9: granitóides Uberaba; 10 a 19: granitóides Serra do Meio; 20: enclave máfico - Santa Úrsula; 21: enclave máfico Uberaba
As amostras numeradas de 10 a 19 são originais de Leite & Fróes (1989).

Tabela 2.4- Dados químicos da Suite Alcalina Serra do Meio

3. PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA

3.1 — Considerações Gerais

A prospecção geoquímica realizada no Projeto Campo Alegre de Lourdes foi desenvolvida em dois estágios.

1 - Prospecção Regional - Nesta fase foram utilizadas as amostras de sedimento de corrente e de concentrado de minerais pesados coletadas nas calhas das drenagens. A localização das amostras na rede hidrográfica procurou cobrir da forma mais racional possível toda a área do projeto, levando em conta a geologia regional, a presença de coberturas detríticas, muito expressiva na folha, e facilidade de acesso. A conjunção desses fatores teve como consequência uma malha de amostragem bastante irregular ao longo da área prospectada.

A densidade de amostragem média para sedimentos de corrente e concentrado de bateia foi de um pouco mais de 1 amostra/10km². A região SE da folha, onde ocorrem extensas coberturas arenosas, inclusive com a presença de dunas, com raras drenagens e carente de vias de acesso, foi muito pouco amostrada. Já a região NW com potencial metalogenético mais favorável e coberturas detríticas menos espessas e drenagens melhor definidas, foi privilegiada com uma densidade de amostragem mais elevada.

2 - Adensamento de amostragem - Foi executado na 2ª fase do projeto e consistiu da amostragem de sedimento de corrente, concentrado de bateia, solo e rocha em alvos específicos, onde a prospecção regional evidenciou anomalias importantes que mereciam ser melhor caracterizadas. Os trabalhos se concentraram em alvos próximos das localidades de Angico dos Dias, Peixe, Caboclo das Mangueiras, Barra, Pau de Birro e Serra da Boa Esperança. Os resultados serão considerados no item de caracterização das zonas anômalas (3.6).

3.2 — Amostragem

Antes de definir a amostragem de sedimentos de corrente e de concentrado de bateia, necessário fazer algumas considerações sobre o tipo de drenagem predominante na área. A topografia suavemente ondulada associada à presença de solos areno-argilosos provocam o surgimento de drenagens que são denominadas baixões. Estes baixões não apresentam qualquer vestígio de calha por onde possa haver escoamento d'água e são caracterizados por um perfil muito suave que os torna de difícil localização.

Na figura 3.1 está um perfil esquemático típico de um baixão, com sua estrutura característica, representada por dois patamares: um de base, com sedimentos mais antigos (n^{os} 1 e 2 na figura), e outro superior, representado por areias oriundas das bordas mais elevadas (n^o 3 na figura). No centro fica a pouco nítida "calha" de drenagem, em geral com mais de 10m de largura, onde aflora o sedimento mais antigo. Este sedimento já representa um incipiente solo com horizonte A arenoso bem definido e com espessuras em torno de 10 cm (n^o 2 na figura 3.1B) e horizonte C constituído por material síltico-arenoso compacto de natureza hidromórfica.

Sedimento de Corrente: a coleta das 335 amostras de sedimento de corrente (inclusive 31 replicatas) da fase regional e das 87 da segunda fase, foi realizada de modo composto, em perfis perpendiculares à direção da drenagem, coletando-se material fino da provável calha. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e a identificação da estação de amostragem foi feita com tinta a óleo em local notável próximo. Os dados pertinentes de campo foram lançados nas fichas de amostra geoquímica do Sistema Estatístico de Amostragem Geoquímica - SEAG da CPRM.

Concentrado de bateia: foram coletadas 304 amostras de concentrado de bateia, nas mesmas estações amostradas para sedimento de corrente. As amostras com volume inicial de 10 litros, foram de tipo composto, coletadas ao longo de perfis perpendiculares aos baixões, e o material retirado do interface horizonte "A" - horizonte "C" (figura 3.1A). Esta sistemática foi adotada com base no fato de que nos solos normais há um enriquecimento de minerais pesados na base do horizonte A em relação aos demais horizontes e no presente caso, pela visível atuação do processo pedogenético poderia ocorrer o mesmo. O procedimento se mostrou eficiente, tanto pela rapidez da amostragem, quanto pelo contendo de minerais pesados que chegou, em algumas bateias, a ser superior a 200gr após separação com bromoformio.

Na segunda fase do projeto foram coletadas 37 amostras de concentrado, utilizando-se a mesma metodologia acima, todavia, ao contrário do regional não foram coletadas amostras de sedimento de corrente nas mesmas estações.

As equipes de amostragem se encarregaram do bateamento no campo. Os procedimentos de acondicionamento, identificação, registro de dados de campo foram os mesmos utilizados para os sedimentos corrente citados acima.

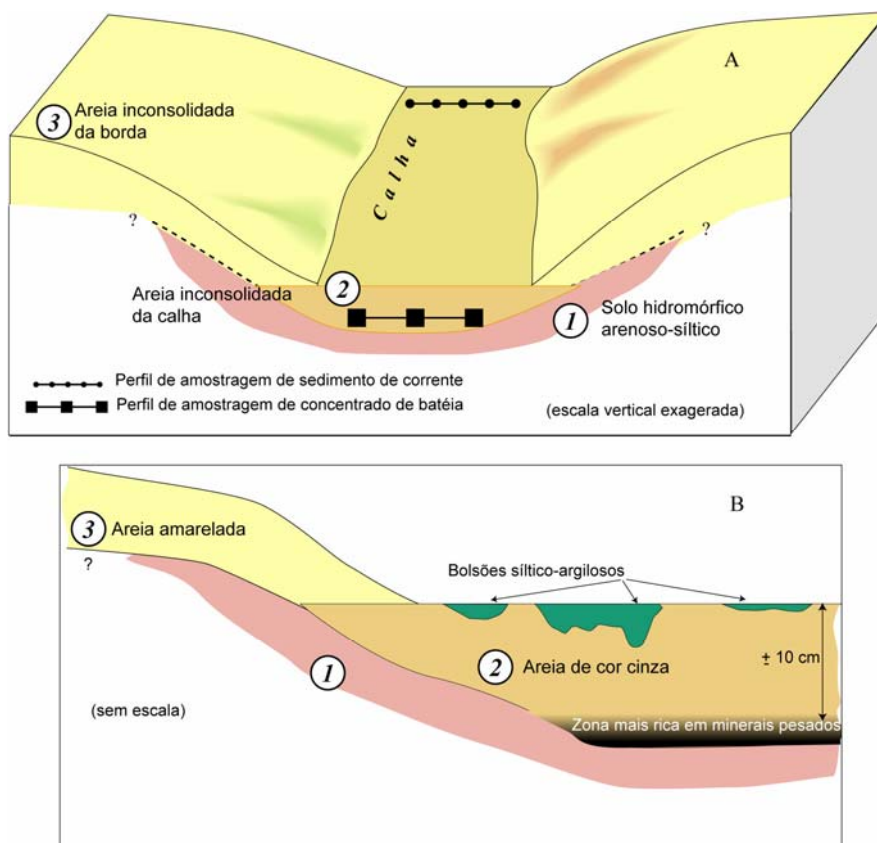


Figura 3.1 — Estrutura geral dos baixões e locais de amostragem

Solo: foram coletadas 15 amostras no horizonte B ou C do solo arenoso característico da região, no alvo Pau de Birro, na segunda fase do projeto.

Rocha: Foram coletadas 15 amostras para prospecção, na segunda fase do projeto.

3.3 — Análise

Preparação das amostras

Sedimento de Corrente e Solo. Secagem em estufa (80 C); - Peneiramento para separar as frações -32, +80 e -80mesh; - Pulverização da fração -80mesh para a fração -150mesh;

Concentrado de bateia. Separação com bromofórmio; quarteamento para análise químicas e mineralométricas.

Rocha. Britagem e pulverização a <150mesh.

Sistemática de análise

Sedimento de corrente

Primeira fase (regional)

- Absorção atômica, abertura com HNO_3 conc. quente: Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Cr, V. Abertura com $\text{HF} + \text{HClO}_4$: Ba e Sr
- Colorimetria, abertura com K_2SO_7 : P
- Espectrometria de emissão quantitativa: La, Nb, Zr, Y

As análises por Absorção atômica e colorimetria foram realizadas nos laboratórios do LAMIN e as análises por espectrografia de emissão nos laboratórios da GEOLAB (divisão de laboratórios da GEOSOL - Geologia e Sondagem Ltda).

Segunda fase (verificação de alvos)

- Absorção atômica, abertura com HNO₃ conc. quente: Cr, Ni, Co, Zn e Mn
- ICP, abertura K₂S₂O₇: P

Estas análises foram realizadas pela GEOLAB.

Concentrado de bateia

Primeira fase (regional)

- Mineralometria semi-quantitativa
- Espectrografia de emissão semi-quantitativa para 30 elementos-padrão: Fe, Mg, Ca, Ti, Mn, Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, La, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sc, Sn, Sr, V, W, Y, Zn, Zr.

As análises mineralométricas foram realizadas na SUREG - Porto Alegre da CPRM pelo petrógrafo Vilson Wildner e as análises para 30 elementos-padrão foram executadas no LAMIN.

Segunda fase

- Absorção atômica, abertura com HNO₃ conc. quente: Ni, Co, Cu, Cr
- ICP, abertura com ácido fosfórico e fluorídrico: Cr

Análises realizadas na GEOLAB

Solo

Segunda fase

- Absorção atômica, abertura com HNO₃ conc. quente: Cr, Ni, Co, Zn e Mn
- Colorimetria, abertura com K₂S₂O₇: P
- ICP, abertura com HF-HClO₄: Ba e Sr

Análises realizadas na GEOLAB

Rocha

Segunda fase

- Análise quantitativa: K₂O e MgO
- Espectrografia de emissão: Rb, Sr e Sn
- Absorção atômica, abertura com HNO₃ conc. quente: Li e Zn
- Colorimetria, abertura Na₂Ca₃-KNO₃-NaCl: W
- Eletrodo de ion específico: F

Análises realizadas na GEOLAB

3.4 — Interpretação dos dados

3.4.1 — Considerações gerais

A interpretação dos dados de sedimento de corrente e concentrado de batéia sempre foi calcada em estudos estatísticos, nos quais se dá grande ênfase a correlação entre os elementos, testes de aderência, testes de variância, etc. Na medida em que os computadores se tornaram mais acessíveis, o tratamento estatístico também ficou mais sofisticado, com uso, por exemplo de superfícies de tendência, análises de agrupamento, regressões, etc.; todavia, o produto de toda esta sofisticação, (apesar de sua beleza evidente), pouco acrescenta ao que já era visível a partir de um tratamento estatístico mais simples, sobretudo com relação à localizações de anomalias com possibilidades de serem significativas, que é o objetivo maior da prospecção geoquímica.

Os testes estatísticos altamente sofisticados só têm grande utilidade quando são aplicados sobre um conjunto de dados caracterizados pelo rigor, tanto na amostragem e na homogeneidade das amostras, quanto na qualidade das análises. Em prospecção geoquímica regional, como no presente caso, embora haja controle quanto à amostragem e análise, não é como evitar que as amostras sejam heterogêneas, pois uma extensa lista de fatores influenciam no conteúdo das mesmas, sejam elas sedimentos de corrente ou concentrados de bateia. São fatores impossíveis de serem controlados, apenas para citar alguns: o teor nas rochas originais, o teor de argila e matéria orgânica das amostras, a variação de pH, o gradiente da drenagem amostrada, etc.

No Projeto Campo Alegre de Lourdes, apesar da boa qualidade das análises laboratoriais efetuadas, o controle dos componentes das amostras e dos fatores que influenciam sua constituição são precários. Neste caso os resultados obtidos, seja através do uso de estatística avançada, seja por metodologia mais simples, serão semelhantes quanto à confiabilidade e indicarão com mais clareza as características mais gerais da área.

Os dados analíticos foram tratados através do sistema estatístico SYSTAT, versão 4.0, ao invés da estatística convencional, foi utilizado a "Análise de Dados Exploratórios (EDA)" onde os parâmetros são baseados nos próprios dados e não em modelos populacionais preestabelecidos (Howarth, 1984 e Kurzl, 1988). Este método é constituído por um conjunto de gráficos que mostram, com base na mediana e nos valores do primeiro e terceiro quartis, de forma clara e compacta, a distribuição de cada elemento estudado. É especialmente útil no tratamento de dados de prospecção geoquímica, já que mostra distribuições onde nem sempre estão presentes amostras anômalas, ao contrário da estatística convencional onde sempre ocorre anomalias mesmo que toda a população amostrada seja de *background*.

O presente trabalho será baseado nos diagramas em caixa (*boxplot*) dos diversos elementos analisados. Nestes diagramas estão presentes os seguintes componentes básicos:

- uma "caixa" que delimita o "espalhamento principal" dos dados que vai do primeiro quartil (*lower hinge*) ao terceiro quartil (*upper hinge*);
- no interior da "caixa" um sinal (cruz, asterisco, etc.) indica a posição da mediana (M);
- duas linhas retas (*whiskers*) unem o primeiro quartil ao valor mais baixo detectado e o segundo quartil ao mais elevado respectivamente;
- o limiar de anomalia ou *threshold*, definido pelo comprimento da caixa ou espalhamento principal multiplicado por 1,5. Este valor é adicionado ao terceiro quartil definindo-se assim o limiar das anomalias positivas, e subtraído do primeiro quartil para definir as anomalias negativas;
- se houver valores anômalos (*outliers*) eles são definidos com asteriscos;
- quando houver necessidade de comparar o mesmo elemento em populações diferentes pode-se acrescentar aos gráficos, marcas que definem o intervalo de confiança da mediana (McGill et al., 1978).

O tratamento acima descrito foi utilizado nos sedimentos de corrente e nos concentrados de minerais pesados. Na figura 3.2 estão os diagramas, onde fica evidente a escassez de valores anômalos para a maioria dos elementos. Para facilitar a interpretação foram também consideradas como alto *background* aquelas amostras de teores mais elevados que perfaziam juntamente com as anomalias aproximadamente 10% do total de análises (30 amostras em média, para cada elemento).

Nos concentrados de bateia analisados por espectrografia para 30 elementos, foram testados apenas os elementos com área importância metalogenética e que tiveram grau de detecção elevado, isto é mais de 50% de valores definidos: Mn, Mg, B, Cu, Cr, La, Nb, Ni, Sn, V e Y. Alguns elementos importantes no contexto da área, como Ti e Zr foram descartados pelo excessivo número de amostras com teores acima do limite superior de detecção do método analítico. A ausência destes elementos foi compensada pela distribuição de Fe e Zr nos sedimentos de corrente e V em concentrado de bateia. Elementos como Ba e B só foram utilizados em apoio à interpretação, quando seus teores foram expressivos. Vale lembrar que o comportamento de Ba nos dois meios amostrados, distinto nos sedimentos, reflete a presença de rochas feldspáticas, e nos concentrados de bateia ele não ocorre, a menos que haja presença de barita; e neste caso os teores são muito expressivos, em geral acima de 700ppm.

A interpretação foi baseada ainda nos dados da análise mineralométrica semi-quantitativa. Estas análises não sofreram qualquer tipo de tratamento estatístico; desta forma a presença de determinado mineral poderia ser considerada importante ou não para a interpretação integrada dos dados.

Os dados geoquímicos favoráveis, aliados à ambiência compatível permitiu a caracterização das zonas anômalas. Os parâmetros utilizados estão relacionados na figura 3.2 bem como na tabela 3.1.

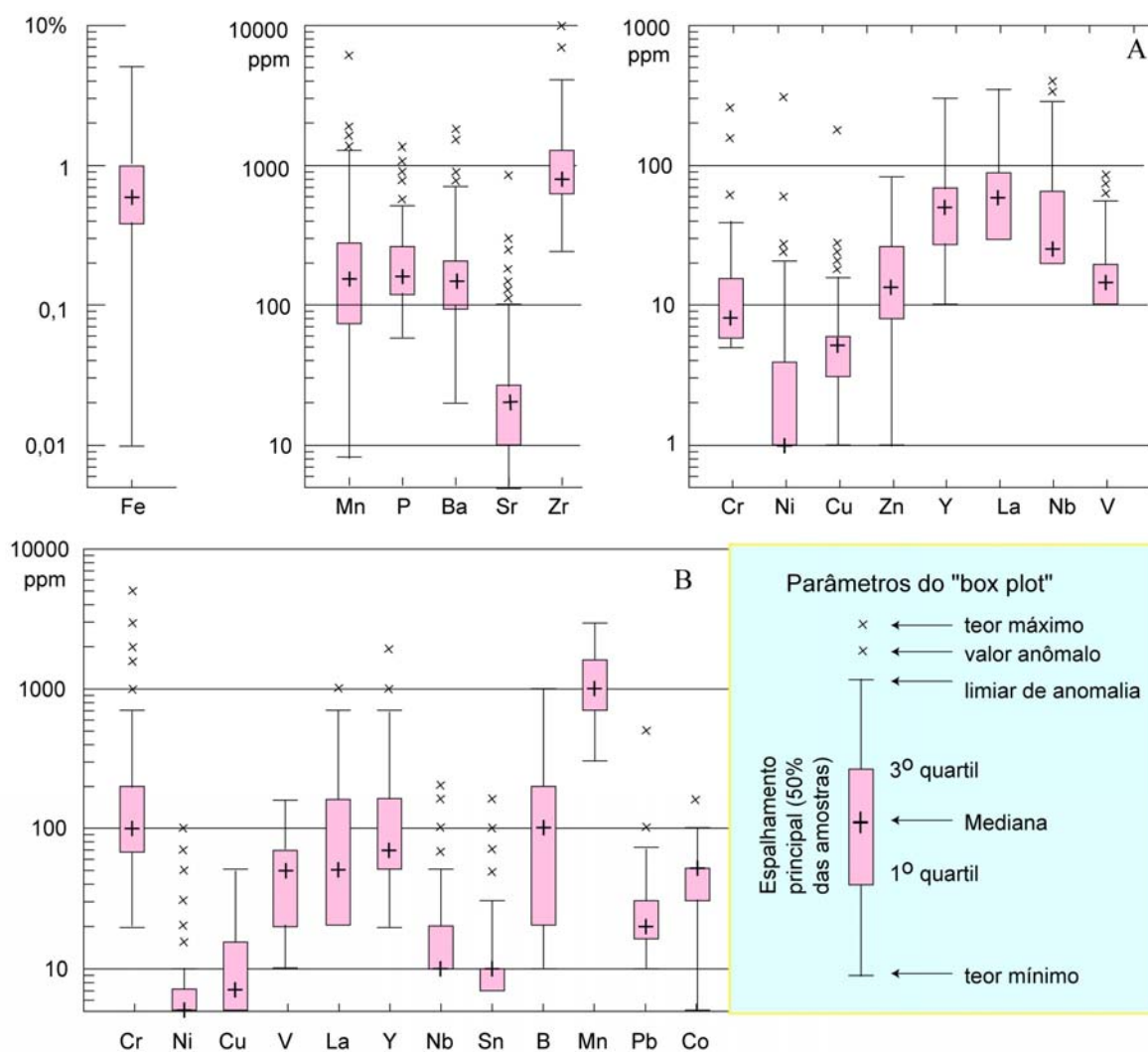


Figura 3.2 — Diagramas de dispersão. A: sedimento de corrente; B: concentrado de batéia

3.4.2 — Controle de erro de amostragem

Para controle de erro de amostragem foram coletadas amostras replicatas de sedimento de corrente em 10% das estações. As amostras denominadas "A" foram coletadas a 50 m a montante das denominadas "B" e os dados de média e desvio padrão, supondo-se distribuição lognormal estão na tabela 3.2.

As médias da maioria dos elementos são muito semelhantes nos dois grupos, com diferenças próximas a 10%. Contudo, Ni, V, P e La tem valores médios significativamente diferentes nas populações A e B. O Ni tem média na população B (2,5ppm), 40% maior que na A (1,5ppm). A variação de Ni, V e La está relacionada aos teores muito baixos ou estão no limite de detecção inferior do método analítico. Nesta situação há uma imprecisão normal de leitura. Quanto ao P, sua variação é normal, causada pelo método analítico empregado.

Os diagramas (*box plot*) comparativos entre os dois conjuntos de amostras (figura 3.3) deixam claro que não há diferença significativa entre as medianas e entre as dispersões dos elementos nos dois grupos (A e B). Apenas Ni, La, V mostram diferenças, evidenciadas pelos intervalos de confiança das medianas claramente discrepantes nas duas populações e mostram também que estes elementos são os que contem os maiores índices de amostras abaixo do limite de detecção. Isto faz com que no gráfico, o valor do primeiro quartil coincida com o valor mínimo.

As observações acima mostram que não há diferença significativa entre as médias e entre os desvios padrões dos elementos nas duas populações que possam vir a ter influência decisiva nos padrões de dispersão dos elementos ao longo da área. Assim foi considerado desnecessário o emprego de análise de variância ou outro método estatístico que medisse as diferenças entre as populações. Portanto, as diferenças de teores causadas por erro de amostragem ou de análise não devem afetar de forma significativa os padrões de dispersão utilizados na interpretação.

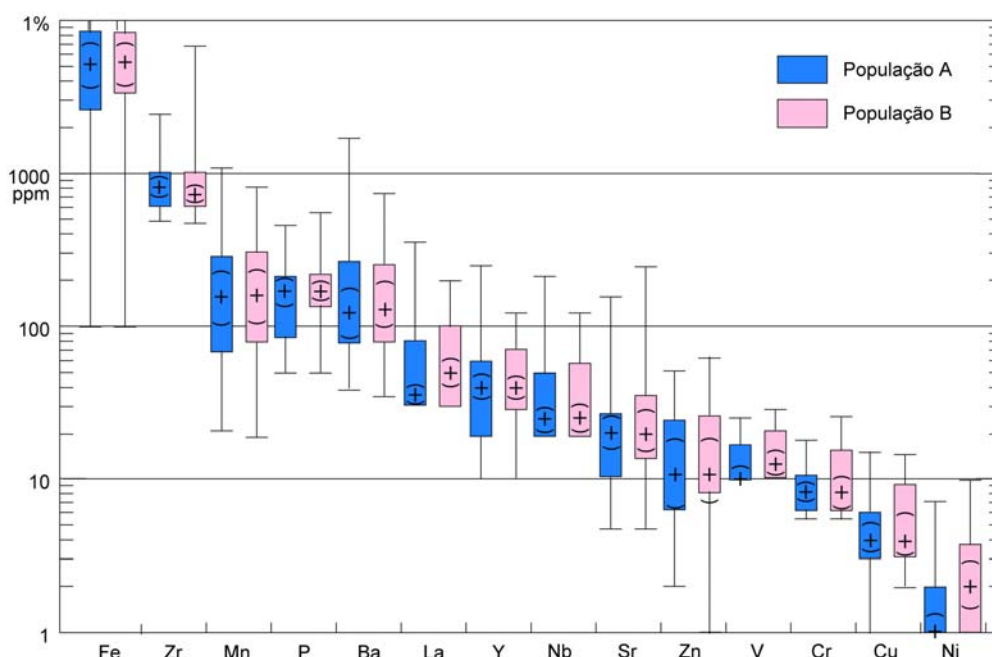


Figura 3.3 — Teste de erro de amostragem. Diagramas comparativos entre as populações A e B

3.5 Características do ambiente secundário

As considerações a seguir estão baseadas no mapa geoquímico das folhas Campo Alegre de Lourdes e Peixe (parcial) na escala 1:100.000. No mapa estão registradas as zonas anômalas bem como as localizações das amostras que lhes deram origem, possíveis trends e lineamentos, bem como estações com valores realçados para um ou mais elementos.

A predominância de solos arenosos e lixiviados, em geral espessos, faz com que os valores absolutos dos elementos dosados nos sedimentos de corrente sejam, em sua maioria, bastante baixos. Apesar disso os dados obtidos na área refletem com bastante precisão as variações litológicas do substrato primário, bem como as anomalias relacionadas aos corpos mineralizados conhecidos em Angico dos Dias e do Complexo Máfico/Ultramáfico de Campo Alegre de Lourdes.

Como as áreas reconhecidamente mineralizadas ficaram bem marcadas, a interpretação do potencial das anomalias detectadas em novos locais, onde não são conhecidas ocorrências minerais, ficou mais segura. Da mesma forma as variações no background foram associadas com mais segurança aos litótipos presentes sob as extensas zonas de cobertura.

Sobre as rochas metassedimentares, predominantes na maior parte do território do projeto, os elementos que ocorrem de forma anômala são: Co, Cu, Pb e Zn na região centro sul; Co, Cu, Ni, Mn, V e Fe na parte norte da área. Os pontos anômalos se espalham por toda área tornando difícil o traçado de qualquer zona de realce. Os teores são um pouco mais elevados que os limiares, ou nem atingem o limite de anomalia, como o caso do Zn (ver o diagrama correspondente na figura 3.2).

O Mn exibe um aparente enriquecimento no sentido do N da área, até junto da seqüência de granitos alcalinos, onde ocorrem os teores mais realçados. Os elementos Fe, Mn, Co, Cu, Ni, etc., com pequena variação de teores, típica de terrenos de natureza pelítica ou metapelítica.

No quadrante SW da Folha Campo Alegre de Lourdes predominam os metassedimentos do Grupo Santo Onofre e gnaisses tonalíticos do embasamento. Sobre estas unidades, marcante o enriquecimento de Mg, Pb e Sn nos concentrados de bateia. Em drenagens sob influência dos gnaisses tonalíticos, freqüente a presença de aegirina nos concentrados de bateia. Este piroxênio provavelmente provém de algum enclave alcalino nos gnaisses. Os teores de Sn refletem proximidade do Grupo Santo Onofre desde o flanco oeste da Serra da Pimenteira até o limite ocidental da folha. Nas drenagens sob influência direta das litologias deste grupo são freqüentes os teores realçados de B, P, Fe, Cu Co e outros de ascendência sedimentar.

Na região sul da Folha Campo Alegre de Lourdes, onde ocorre espessa cobertura detrítica, inclusive com dunas, as poucas amostras de concentrado de bateia contém, com freqüência, valores realçados de Cr, Mg, Pb e aegirina. Esta paragênese pode estar indicando a presença de gnaisses tonalíticos no substrato, pois é semelhante

	Sedimento de corrente		Concentrado de batéia	
	<i>Background elevado</i>	<i>Anomalia</i>	<i>Background elevado</i>	<i>Anomalia</i>
Fe%	1,5	3,8		NT
Mg%		NA	0,2	0,3
Mn	470	1040	2000	-
B		NA	500	-
Ba	320	6980		NT
Co		NA	70	100
Cr	18	42	300	700
Cu	10	16	30	-
La	140	-	500	700
Nb	110	260	50	70
Ni	8	19	10	15
P	333	467		NA
Pb		NA	50	70
Sn		NA	20	30
Sr	50	100		NT
V	24	48	100	-
Y	110	-	300	700
Zn	27	-		NA
Zr	1650	3960		NT

- Obs:
- 1- Limiar de anomalia definido graficamente.
 - 2- Background elevado = valor que limita o conjunto com 10% das amostras de maior teor.
 - 3- NA = não analisado; NT = não tratado estatisticamente.
 - 4- Au, Ag e Ba nos concentrados, considerados anômalos se detectados com valores definidos.

Tabela 3.1 - Limiares de anomalias

Dist. Lognormal	Média		Desvio Padrão		Grau de Detecção	
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
População						
Fe%	0,45	0,47	2,88	3,08	31/31	31/31
Mnppm	148	152	2,36	2,46	31/31	31/31
Ba	132	147	2,36	2,2	31/31	31/31
Cr	9	10	1,37	1,46	28/31	26/31
Cu	4,3	4,8	1,66	1,83	31/31	31/31
La	38	43	2,63	2,38	28/31	21/31
Nb	24	25	2,63	2,44	17/31	29/31
Ni	1,5	2,5	1,92	2,2	23/31	24/31
P	163	188	1,63	1,63	30/31	29/31
Sr	18	20	2,11	2,27	31/31	31/31
V	15	17	1,27	1,36	16/31	17/31
Y	41	38	2,26	2,09	31/31	30/31
Zn	12	12	2,24	2,38	31/31	31/31
Zr	810	833	1,44	1,66	31/31	31/31

Tabela 3.2 - Parâmetros de distribuição das populações A e B

àquela verificada no oeste da folha e, além disso, piroxênios não suportam transportes muito longos. Anomalias de Sn e B em algumas amostras também sugerem uma possível influência do Grupo Santo Onofre. Todavia o Sn pode estar ligado simplesmente à alguma mica estanífera na cobertura, sem nenhuma associação com o substrato.

Na área de ocorrência dos granitos alcalinos, a prospecção geoquímica evidenciou um ambiente secundário cujas características são peculiares. As amostras de sedimento de corrente coletadas em zonas de influência da borda sul dos granitos mostram um enriquecimento de Ba que, característico, permitindo o balizamento de toda a área onde afloram tais rochas.

De forma semelhante ao que ocorre com o Ba na borda sul dos granitos, as drenagens sob influência dos mesmos pelo flanco norte têm os teores dos elementos La, Nb, Y e Zr realçados. Restritos a parte mais ocidental da área na região de Peixe/fazenda Uberaba, também ocorrem valores realçados de Sn e Pb.

Na região de Caboclo dos Mangueiros (oeste da folha Campo Alegre) são notáveis os enriquecimentos nos teores de Cr e Ni tanto nos sedimentos de corrente como concentrado de bateia (até + 5.000ppm Cr). Em Caboclo das Mangueiras ocorre a mais acentuada anomalia de Cr-Ni-Cu da área, pelo menos em parte associada a um corpo máfico/ultramáfico. Como a anomalia tem extensão bem maior que o corpo ultramáfico mapeado, possível que haja outros corpos não aflorantes ou então o mesmo corpo está se prolongando sob a cobertura.

A feição geológica que marcou de forma mais notável o ambiente secundário foi o carbonatito de Angico dos Dias, mineralizado em fosfato. As amostras coletadas nas drenagens sob sua influência são enriquecidas em vários elementos, sendo que os mais característicos são Sr, Ba e P, que ocorrem de forma anômala até a mais de 5km a jusante do corpo mineralizado. Ocorre também anomalias de Cr, Ni, V, Mn, etc., todavia deve-se destacar que Nb, La, Y, que são elementos freqüentemente presentes nos carbonatitos, no presente caso não se destacam do background regional, tanto nos concentrados de bateia quanto nos sedimentos decorrente.

Finalmente, dentro do panorama geral da área, ficou bem caracterizado o Complexo Máfico/Ultramáfico de Campo Alegre de Lourdes, mineralizado em Fe-Ti-V. Os teores mais elevados de V nos concentrados de bateia além de P em algumas de sedimento de corrente delimitam bem os corpos. Todavia o P não apresenta teores anômalos mas sim um background ligeiramente maior que o do restante da área, mas que define bem a área em questão. Um fato interessante, que esta anomalia se prolonga para sul, bem além da área de afloramento do Complexo Máfico/Ultramáfico de Campo Alegre de Lourdes.

3.6. — Zonas anômalas

As áreas consideradas anômalas serão descritas a seguir seguindo uma numeração que não tem qualquer conotação com a possível importância do alvo dentro do contexto regional. Todas as zonas anômalas estão definidas na figura 3.4 sobre fundo geológico simplificado.

Zona 1: P-Sr-Ba

Está localizada na região de Angico dos Dias, cobrindo toda a área de ocorrência do carbonatito, e sua extensão oeste.

Foram detectadas nove estações anômalas para P, Sr e Ba além de outros elementos tanto em sedimento de corrente quanto em concentrado de bateia (até 150ppm Ba e 700ppm Sr). É a única região da área onde Sr e Ba foram detectados em concentrado de bateia.

A anomalia de P-Fe-V-Sr persistente para oeste sugeria que o corpo carbonatítico se estendesse, nesta direção, até o limite da folha. Para verificar tal possibilidade na segunda fase do projeto foi feito um adensamento de amostragem com as seguintes características.

- Amostragem de 40 estações na faixa anômala para sedimento de corrente.
- Análise dos sedimentos de correntes para P, Cr, Ni, Co, Zn e Mn, conforme metodologia descrita no item 3.3.2.

O P foi o elemento mais definitivo na caracterização do alvo. Nas drenagens junto ao corpo mineralizado seus teores atingem o máximo de 1,8% e nas amostras mais afastadas os teores vão caindo até valores da ordem de 300ppm em drenagens que não cortam o carbonatito. Na drenagem situada mais a oeste, junto ao limite da folha, alguns teores mais elevados (1098ppm P) sugerem que fora de folha pode haver elevação maior de teor, e por consequência, a presença de outro carbonatito. O mapa com a distribuição do P pode ser visto junto ao mapa geoquímico integrado.

Zona 2: Cr-Ni-V

Esta zona caracteriza uma faixa anômala de direção NE, que se estende por toda a extensão norte do povoado de Peixe onde ocorre o Complexo Máfico de Peixe, estando a ele associada pelo menos em parte. Foi subdividida em três segmentos em função de suas características e localizações geográficas. O segmento 2A localizado na região de Queimada Grande foi delimitado em função da presença de duas estações de amostragem com valores realçados para Cr, Ni, Zn e V. Estes teores não chegam a constituir anomalia mas definem grosseiramente a área mapeada como Complexo do Peixe.

O segmento 2B recobre o segmento anterior e se prolonga até o Poço da Baixão a norte de Peixe, sendo constituído por oito amostras de concentrado de bateia com realce de V (teores de 100ppm). Recobre toda a área de uma importante anomalia geofísica que delimitou o Complexo Máfico de Peixe em subsuperfície.

O segmento 2C está situado a oeste do povoado do Peixe no mesmo *trend* dos outros dois segmentos. Foi delimitado pela presença de sete amostras de concentrado de bateia com realce de V de até 150ppm (valor mais elevado, detectado na área). Nesta parte da área não há indicação de qualquer corpo máfico.

Zona 3: Zr-La-Nb-Y

A zona 3, definida como uma extensa faixa de direção NE que se prolonga desde o limite oeste da Folha Campo Alegre de Lourdes (Serra do Meio) até o limite da Bahia com o Piauí na região a norte do Complexo Máfico/ultramáfico de Campo Alegre de Lourdes. Caracteristicamente é enriquecida em elementos associados aos granitos alcalinos freqüentes nesta faixa de terreno.

Em função de pequenas variações nos elementos presentes e da sua grande extensão, foi subdividida em cinco segmentos descritos a seguir.

O segmento 3A, caracterizado por anomalias muito acentuadas de Zr, tanto em sedimento de corrente onde foi detectado até 1,1% do metal, quanto em concentrado de bateia onde a análise mineralométrica evidenciou amostras constituídas de 60% de zircão e duas chegaram a conter 85% do mineral. As formações superficiais neste segmento podem conter concentrações importantes deste mineral.

O segmento 3B fica sobre a área de ocorrência do granito alcalino da Fazenda Uberaba. Em 10 amostras de concentrado de bateia ocorre Sn, com teores realçados (no máximo 100ppm) que justificaram a definição do alvo. Está fora do alinhamento normal dos demais segmentos e não apresenta teores anômalos de Zr-La-Nb e Y; todavia, em duas amostras também foram detectados traços de cassiterita e em uma foi detectado Au (20ppm) e também Ag (2ppm) por espectrografia.

Para verificar uma possível especialização do granito Uberaba foi executada uma prospecção complementar na segunda fase do projeto, conforme especificado abaixo.

Foram coletadas 15 amostras de granito nos afloramentos de Lagoa da Cruz (a SW de Peixe) e do açude de Peixe. As amostras foram analisadas para K₂O, MgO, Rb, Sr, Sn, Li, Zn, W e F. Os teores médios observados foram os seguintes: K% = 3,64; Mg% = 0,11; Rb = 126ppm; Sr = 61ppm; Zn = 257ppm e F = 3192ppm. Sn e W tiveram os teores abaixo do limite de detecção do método analítico e Li só foi detectado em quatro amostras (valor máximo 25ppm).

Segundo Govett & Atherden (1988), a presença de determinados elementos pode definir se um granito, especializado ou não. Isto indica qual o potencial do granito conter alguma mineralização, desde que o ambiente de colocação do mesmo também seja conhecido e favorável.

Os granitos mineralizados em Sn segundo os autores acima, tem razões K/Kb e Rb/Sr dentro de faixas de valores muito característicos. No caso dos granitos de Peixe os valores obtidos (média de 311 para K/Rb e 2,53 para Rb/Sr) estão fora do padrão dos granitos especializados e muito próximos das médias crustais. A relação $(Rb \times Li) / (K \times Mg \times Sr)$ apresenta valores sempre acima de 0,001 nos granitos mineralizados estudados por Govett & Atherden (1988), enquanto nos granitos de Peixe o valor médio foi de 0,00005, semelhante à medida crustal.

Os resultados obtidos não favorecem portanto a presença de qualquer mineralização, mostrando que os granitos amostrados são normais.

O segmento 3C está localizado sobre o maciço Uberaba e apresenta um conjunto de oito amostras, todas realçadas para os elementos La-Zr-Nb-Y e em alguns ocorre Pb (até 70ppm) e Sn nos concentrados de bateia. Os concentrados coletados na parte SW do alvo contém até 60% de zircão, sugerindo uma possível extensão do granito Serra do Meio até ali.

O segmento 3D localizado na área do alvo Pitombas do Projeto Peixe-Pau de Birro (Leite 1991) foi definido por oito estações onde os elementos característicos do conjunto anômalo 3 ocorrem com valores anômalos (Zr, 5000ppm numa amostra de sedimento, Nb, 260 também num sedimento, La e Y, 500 e 1000ppm respectivamente em batéia) juntamente com outros elementos como Ba (até 900ppm em sedimento), Mn (1200ppm em sedimento) Fe, Cu e Zn. Provavelmente as amostras estão refletindo a mistura entre elementos associados aos granitos alcalinos (Ba, Nb, Zr, Nb) e elementos característicos dos litótipos metassedimentares presentes (Fe, Mn, Zn, Cu,Pb).

O último segmento, 3E, tem como principal característica geológica a ausência de corpos graníticos alcalinos importantes, contudo os elementos Y-La-Nb-Zr continuam com os teores realçados, inclusive com a detecção de 60% de zircão numa amostra de concentrado e numa outra, traços de pirita.

Zona 4: P-Ba-Sr

Localizada em dois segmentos, um definido por duas drenagens da Serra da Boa Esperança e outro, próximo à localidade de Baixão do Calixto, definida por duas amostras. O pequeno realce evidenciado para P-Ba-Sr levou a suspeita de que pudesse haver algum carbonatito semelhante ao de Angico dos Dias, justificando então o adensamento da amostragem na segunda fase do projeto, com os seguintes resultados.

Foram coletadas 30 amostras de sedimento de corrente, analisadas para Cr, Ni, Co, Zn, Mn e P conforme sistemática descrita no item específico. Os dados tratados não evidenciaram qualquer anomalia mais significativa. Apenas na Serra da Boa Esperança ficou evidenciada uma elevação de teor de P (teores de até 980ppm) que caracterizaram uma faixa de direção N-S e que aparentemente tende a ter valores maiores no sentido N (vide encarte no mapa geoquímico 1:100.000). Esta faixa com teor realçado deve estar indicando a presença de algum litótipo metassedimentar (?) enriquecido em P.

Zona 5: V-(P)-Cr

Extensa zona anômala de direção N-S, que em sua extensão norte baliza a área de ocorrência do Complexo Máfico de Campo Alegre de Lourdes (onde estão as mineralizações de Ti-Fe-V) através de uma discreta porém consistente elevação de teor de V tanto em sedimento de corrente como em concentrado de batéia (até 150 ppm) aliado a uma sutil elevação de P que foi anômalo em duas estações (sedimento de corrente). O prolongamento da anomalia para sul, muito além dos corpos mineralizados conhecidos sugere que possa haver outros corpos não aflorantes naquela direção.

A parte sul da zona 5, denominado 5B mostra enriquecimento de Cr em 10 estações de amostragem. O teor de Cr mais elevado foi de 500ppm num concentrado de batéia. A presença de Cr e também de V e Co, além de P pode ser o reflexo tanto de metassedimentos de natureza pelítica como de corpos de natureza máfica/ultramáfica em subsuperfície.

Zona 6: Cr

Zona anômala definida, por 11 estações de amostragem cujos teores de Cr nos concentrados de batéia foram muito elevados (até mais de 5.000ppm) e em algumas de sedimento de corrente chegou a 3.000ppm. Todavia não foi detectada cromita em nenhum concentrado.

Nesta área, situada no oeste da folha, na localidade de Caboclo dos Mangueiros há um corpo mapeado de rochas ultramáficas, porém a anomalia é bem maior do que tal corpo. Para verificar a consistência desta anomalia foi executado um trabalho de adensamento de amostragem na segunda fase do projeto, cujo resultado será comentado a seguir.

Foram coletadas amostras de concentrado de batéia em 37 estações, sendo as mesmas analisadas para Ni, Co, Cu e Cr. Para verificar a possível fonte do Cr, as amostras foram analisadas utilizando-se duas aberturas: HNO₃ conc. quente e HF+H₃PO₄. O ataque forte tem condições de abrir minerais como a cromita, enquanto o ataque mais fraco não tem. Portanto a relação entre os teores obtidos através das duas aberturas dá uma clara indicação da fonte do elemento; se presente em silicatos primários/secundários ou em cromita.

As amostras mais enriquecidas mostram teores em nível de % de Cr com abertura de ácido fosfórico e da ordem de 500ppm pela abertura com ácido nítrico. A amostra mais enriquecida do alvo mostrou teores de 3.2% (ácido fosfórico) e 430ppm Cr (ácido nítrico) respectivamente sugerindo, portanto, a presença de cromita no concentrado.

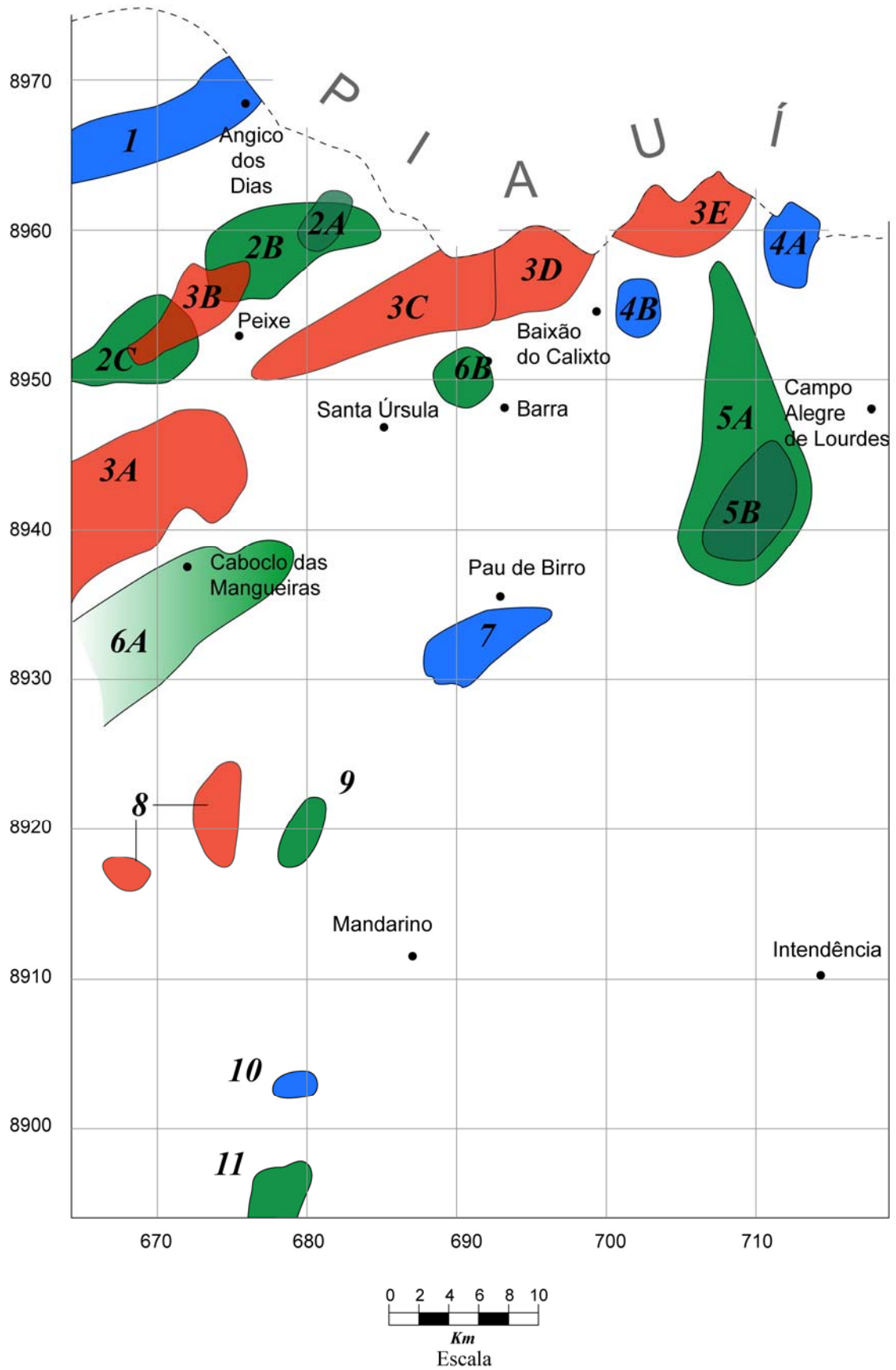


Figura 3.4 — Prospecção geoquímica: zonas anômalas

Ficou caracterizada uma notável anomalia de Cr que se estende para montante das drenagens que cortam o corpo máfico mapeado e também em drenagens que correm para o lado oposto daquele acima citado. Isto sugere que a fonte da anomalia chega até o divisor de águas e ela pode ser de dois tipos: ou uma extensão do corpo ultramáfico

naquela direção, ou então existe algum horizonte da cobertura que contem alguma cromita detrítica que está sendo liberada para as drenagens.

Esta área caracteriza-se como a anomalia mais promissora dentre todas que foram estudadas no âmbito do projeto.

Foram coletadas algumas amostras na localidade de Barra (alvo 6B) para testar um valor anômalo de Cr. Os resultados mostram que a anomalia é muito limitada e fica dentro de uma zona com marcante presença de granitos. Talvez esteja indicando a presença de algum enclave básico/ultrabásico.

Zona 7: Sr-P-Fe-Ba

Área localizada a sul de Pau de Birro que foi definida pela presença de duas amostras de sedimento de corrente em drenagens diferentes, cujos teores de Sr foram realçados (180 e 145ppm respectivamente). Como teores de Sr neste nível só foram detectados na região de Angico dos Dias, o alvo foi definido para verificação da possível presença de carbonatito.

Na segunda fase foi executada amostragem de sedimento de corrente (17 amostras) e solo (15 amostras) analisadas para Cr, Ni, Co, Zn, Mn, P e Cr, Ni, Co, Zn respectivamente. Os resultados analíticos todavia não mostraram qualquer destaque além daquele já definido na fase regional, demonstrando que o local exibe apenas um *background* mais elevado que o regional para os elementos considerados, sobretudo o Ba.

Zona 8: Sn

Pequena área dividida em dois segmentos no canto SW da folha. Foi delimitada apenas para chamar a atenção para a forma com que os teores de Sn realçados (70ppm em batéia) refletem a presença de algum litótipo do Grupo Santo Onofre presente no flanco W da serra do Brejo e SW da serra da Capoeira.

Zona 9: Fe-P-Ni-Cr

Localizada na serra da Pimenteira, no SW da folha Campo Alegre. A associação pouco comum de elementos pode estar refletindo a presença de alguma rocha metassedimentar enriquecida nestes elementos, como também ser o reflexo de alguma atividade hidrotermal sobretudo pela presença de Fe e B em algumas estações.

Em outro local da serra (na zona 11 descrita abaixo) foi detectada presença de pirita em concentrado de batéia. Nada impede que neste local também ocorra sulfeto, embora não tenha sido detectado na batéia.

Zona 10: Fe-Mn-Ba-Cu

Localizada na serra do Brejo a sul da zona 9 descrita acima. Uma única amostra foi anômala para inúmeros elementos, entre os quais Ba que atingiu 1175ppm e Mn, 6.000ppm.

Valem para esta anomalia, em termos de possível origem, as mesmas considerações feitas para a zona 9.

Zona 11: Cr-Ni-(pi)

Localizado no limite sul da folha, sobre a serra do Brejo. Neste local apenas duas estações foram amostradas e uma delas mostrou realce para Ni (50ppm) em concentrado de batéia, juntamente com a presença de pirita (3%). O sulfeto tanto pode indicar alguma atividade hidrotermal na área como também a presença de ambiente redutor no Grupo Santo Onofre, o que pode ser favorável à presença de alguma mineralização.

As razões K/Rb com caráter incompatível, sobretudo nos granitóides Serra do Meio, devem ter sido causadas pela diferenciação tardia de anfibólio (razões K/Rb próximo de 700) enquanto o padrão normal verificado no Uberaba mostra uma evolução mais ligada a presença de feldspato e mica. (razões K/Rb inferiores a 200). Razões K/Rb com comportamento incompatível também podem ser causados por processos de fusão parcial onde o plagioclásio foi, importante fase residual juntamente com a hornblenda. Todavia no presente caso, fusão parcial simples não explica alguns fatos, sobretudo as variações observadas nos ETR.

Finalmente pode-se supor que magmas semelhantes ao que originou o Complexo Máfico do Peixe poderiam evoluir até aos líquidos peralcalinos dos granitóides.

4. BIBLIOGRAFIA

- BARKER, F., ARTH, J.G. — Generation of trondhjemitic-tonalitic liquids and Archean bimodal trondhjemite basalt suites. *Geology*, v.4, p.596-600, 1976.
- BATCHELOR, R.A., BOWDEN, P. — Petrogenetic interpretation of granitoid rocks series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, v.48, p.43-55, 1985.
- BOWEN, N.L. — Phase equilibrium bearing on the origin of the Alkaline rocks. *Am. Journ. Sci*, 243 (A), p.75-89, 1945.
- COLEMAN, R.G., DEBARI, S., PETERMAN, Z. — A-type granite and the Red Sea opening. *Tectonophysics*, 204, p.27-40, 1992.
- COLLINS, W.J., BEAMS, S.D., WHITE, A.J.R., CHAPPELL, B.W. — Nature and origin of A-type granites with particular reference to Southeastern Australia. *Contr. Min. Petrol.*, 80, p.189-200. 1982.
- CONDIE, K.C. — Archean greenstone belts. Elsevier, Amsterdam, 434 p. 1981.
- FIGUEIREDO, M.C.H. — Introdução a geoquímica dos elementos terras raras Bol. IG-USP. Série Científica, 16, p.15-31, 1985.
- GOVETT, G.J.S., ATHERDEN, P.R. — Applications of rock geochemistry to productive plutons and volcanic sequences. *Jour. Geoch. Explor.* v.30, p.223-242, 1988.
- HOWART, R.J. — Statistical applications in geochemical prospecting: a survey of recent developments. *Journ. Geoch. Explor.* v.21, p.41-61, 1984.
- IRVINE, T.N., BARAGAR, W.R.A. — A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. Journ. Earth Sci.* v.8, p.523-548, 1971.
- JESSEN, L.S. — A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. Toronto: Ontario Division of Mine, 1976. 22p. (Miscellaneous Paper, 66).
- KURZL, H. — Exploratory data analysis: recent advances for the interpretation of geochemical data. *Jour. Geoch. Explor.* v.30, p.309-322, 1988.
- LEITE, C.M.M. Projeto Peixe/Pau de Birro. Relatório inédito. CBPM.1991.
- LEITE, C.M.M., FROES, R.J.B.— Características petroquímicas do granito alcalino Serra do Meio (Campo Alegre de Lourdes-Bahia). In Congresso Brasileiro de Geoquímica, II, 1989. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBGq-CPRM/DNPM, 1989. p.157-167.
- MARTIN, H. — Methodes geoquímiques d'étude des socles Archeans; applications aux mecanismes de differentiation croute-manteau. Curso ministrado no IG-UFBA, set. 1988.
- MCGILL, R., TUKEY, J.W., LARSEN, W.A. — Variations of box plots. *The American Statistician*, v.32, nº.1, p.12-16, 1978.
- O'CONNOR, J.T. — A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. *U.S. Geol. Surv. Prof. pap.* 525-B, p. 79-84, 1965.
- SHAW, D.M. — The origin of the Apsley gneiss, Ontario. *Can. J. Earth. Sci.* 9, p.18-35, 1972.
- SHERATON, J.W., BLACK, L.P. — Chemical evolution of granitic rocks in the East Antartic Shield, with particular reference to post-orogenic granites. *Lithos*, 21, p.37-52, 1988.
- WHALEN, J.B., CURRIE, K.L., CHAPPELL, B.W. — A-type granites, geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contr. Min. Petrol.* 95, p.407-419, 1987.