UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

APLICAÇÃO DOS MÉTODOS ESTATÍSTICOS EM
PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE
CORRENTE E ROCHAS NA REGIÃO DE "ISLA PATRULLA",
DISTRITO DE "TREINTA Y TRES", URUGUAI

José Maria Filippini Alba

Orientadora: Profa. Dra. Sônia Maria Barros de Oliveira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

SÃO PAULO
1992

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

APLICAÇÃO DOS MÉTODOS ESTATÍSTICOS EM
PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE
CORRENTE E ROCHAS NA REGIÃO DE "ISLA PATRULLA",
DISTRITO DE "TREINTA Y TRES", URUGUAI

José Maria Filippini Alba

Orientadora: Profa. Dra. Sônia Maria Barros de Oliveira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA

	nome	ass.
Presidente:	<u>Dra. S.M.B.de Oliveira</u>	<u>[assinatura]</u>
Examinadores:	<u>Dr. J.K.Yamamoto</u>	<u>[assinatura]</u>
	<u>Dr. S.B.Suslick</u>	<u>[assinatura]</u>

SÃO PAULO
1992

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**APLICAÇÃO DOS MÉTODOS ESTATÍSTICOS EM PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA DE
SEDIMENTOS DE CORRENTE E ROCHAS NA REGIÃO DE "ISLA PATRULLA", DISTRITO
DE "TREINTA Y TRES", URUGUAI**

José Maria Filippini Alba

Orientadora: Profa. Dra. Sônia Maria Barros de Oliveira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-graduação em Geoquímica e Geotectônica

São Paulo

1992

SUMARIO

RESUMO

ABSTRACT

AGRADECIMENTOS

1. INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

1.2. Apresentação da área de trabalho

1.2.1. Localização e características geográficas

1.2.2. Geologia da área

1.2.2.1. Geologia regional

1.2.2.2. Geologia Local

1.2.3. Antecedentes de pesquisa mineral

1.3. Objetivos

2. METODOLOGIA

2.1. Amostragem

2.2. Análises químicas

2.3. Métodos estatísticos

2.3.1. Considerações prévias (o conceito de "outliers")

2.3.2. Métodos univariados

2.3.2.1. Estudo preliminar

2.3.2.2. Análise de variância

2.3.3. Métodos multivariados

2.3.3.1. Determinação das "outliers"

2.3.3.2. Estudo das relações entre as variáveis

2.3.3.2.1. Análise em Componentes Principais (ACP)

2.3.3.2.2. Análise Fatorial

2.3.3.3. Estudo das relações entre as amostras

2.3.3.3.1. Análise de Agrupamentos

2.3.3.3.2. Análise Discriminante

2.3.4. Mapeamento geoquímico

3. RESULTADOS

3.1. Filões de quartzo

3.1.1. Tratamento univariado

3.1.1.1. Estudo preliminar

3.1.1.2. Leis de distribuição

3.1.1.3. Análise de variância

3.1.1.3.1. Influência da litologia das encaixantes

3.1.1.3.2. Influência da mineralogia dos filões

3.1.1.3.3. Influência da direção dos filões

3.1.1.3.4. Avaliação global da variância

3.1.2. Tratamento multivariado

3.1.2.1. Identificação das "outliers"

3.1.2.2. Estudo das associações entre as variáveis

3.1.2.2.1. Coeficientes de correlação e diagramas de dispersão

3.1.2.2.2. Análise das Componentes Principais (ACP)

3.1.2.2.2.1. Tratamento do total da população

3.1.2.2.2.2. Veios com Au acima de 40 ppb

3.1.2.3. Estudo das associações entre as amostras

3.1.2.3.1. Considerações prévias

3.1.2.3.2. Definição das sub-populações

3.1.2.3.2.1. Veios com Au acima de 40 ppb

3.1.2.3.2.2. População total

- 3.1.3. Caracterização das sub-populações definidas
 - 3.1.3.1. Análise de variância
 - 3.1.3.2. Sub-grupo 1
 - 3.1.3.3. Sub-grupo 2
 - 3.1.3.4. Sub-grupo 3
 - 3.1.3.5. Sub-grupo 4
 - 3.1.3.6. Sub-grupo 5
- 3.1.4. Mapeamento geoquímico
- 3.2. Sedimentos de corrente
 - 3.2.1. Tratamento univariado
 - 3.2.1.1. Estudo preliminar
 - 3.2.1.2. Leis de distribuição
 - 3.2.1.3. Análise de variância
 - 3.2.2. Tratamento multivariado
 - 3.2.2.1. Identificação das "outliers"
 - 3.2.2.2. Estudo das relações entre as variáveis
 - 3.2.2.2.1. Coeficientes de correlação e diagramas de dispersão
 - 3.2.2.2.2. Análise das Componentes Principais e Análise Fatorial
 - 3.2.2.3. Estudo das relações entre as amostras
 - 3.2.2.3.1. Classificação preliminar
 - 3.2.2.3.2. Análise discriminante
 - 3.2.3. Caracterização das sub-populações definidas
 - 3.2.4. Mapeamento geoquímico
- 4. DISCUSSÃO
 - 4.1. Dados analíticos
 - 4.2. Filões de quartzo
 - 4.2.1. O fundo geoquímico
 - 4.2.2. Resposta local
 - 4.3. Sedimentos de corrente
 - 4.3.1. O fundo geoquímico
 - 4.3.2. Resposta local
 - 4.4. Comparação dos resultados de ambos estudos
- 5. CONCLUSÃO
 - 5.1. Aspectos estatísticos
 - 5.2. Aspectos geoquímicos e prospectivos
- BIBLIOGRAFIA
- FIGURAS
- ANEXO I
- ANEXO II

RESUMO

Neste trabalho foram comparados os resultados da análise estatística dos dados de prospecções geoquímicas regionais, baseadas em duas metodologias diferentes: amostragem de filões de quartzo (228 amostras) e de sedimentos de corrente (341 amostras). As análises químicas foram realizadas por espectrometria de emissão plasma para 22 elementos (Fe, Mn, P, Ag, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sn, V, W, Y e Zn) e por absorção atômica para Au (analisado só para as amostras de veios). A área de pesquisa localiza-se em terrenos pré-Cambrianos, no distrito de "Treinta y Tres" (Uruguai) e possui uma extensão aproximada de 250 km².

O estudo estatístico correspondente a cada conjunto de amostras foi realizado separadamente, mediante a aplicação de métodos uni e multivariados, na tentativa de caracterizar o comportamento geoquímico de cada população e diferenciar a resposta regional da local. De maneira acessória procurou-se avaliar a potencialidade dos métodos estatísticos em prospecção geoquímica.

A utilização combinada da análise dos componentes principais, a análise de agrupamentos e da análise discriminante permitiu definir conjuntos de amostras de feições homogêneas, representando o fundo geoquímico, sub-populações específicas ou as amostras marginais ("outliers"). As referidas sub-populações foram caracterizadas pelos teores de fundo, a distribuição espacial e as associações multivariadas, e relacionadas com as unidades geológicas ou seus litotipos, a ocorrência de possíveis mineralizações e outros eventos de caráter regional ou local, ligados aos processos hidrotermais ou supérgenos associados.

Na parte final foram comparados os resultados de ambos os estudos, visando avaliar a informação de um ponto de vista global e procurar fontes comuns de controle do comportamento geoquímico, a nível regional ou local.

ABSTRACT

In this work, two regional geochemical prospecting surveys in Precambrian terrains ("Treinta y Tres" district, Uruguay) were compared. 228 quartz vein samples and 341 drainage sediment samples were considered. The chemical analyses were made by inductively coupled plasma spectrometry for Fe, Mn, P, Ag, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sn, V, W, Y and Zn, and by atomic absorption spectrophotometry for Au (quartz vein samples only).

The geochemical behavior of each population sample was analysed by univariate and multivariate statistical methods. The efficiency of the statistical methods was discussed.

Principal components analysis, Clusters analysis and Discriminant analysis allowed a data set partition into relatively homogeneous domains. Each domain represented the background, specific events or outliers and they were associated to lithological, hidrothermal, environmental or mineralization phenomena.

AGRADECIMENTOS

A Dra. Sônia M. B. de Oliveira, orientadora deste trabalho, pela sua excelente disposição e importante contribuição na procura de otimizar a expressão escrita e conceitual do conteúdo. E também, pelo respaldo oferecido em todo momento.

Ao Dr. Gilberto Amaral e ao Dr. Jorge K. Yamamoto pelas sugestões realizadas em ocasião da prova de qualificação. Em tal sentido, também agradeço ao Relator pela correção e avaliação da versão preliminar da dissertação.

Na DINAMIGE (Uruguai), ao pessoal do "Laboratorio de Espectrometria" e ao pessoal do "Departamento de Minerales Metálicos", em especial à Bach. Ethel Reina, à Ing. Cristina Suárez e ao Bach. Richard Arrighetti, pela sua boa disposição na transferência de informação.

Ao Dr. Klaus Fesefeldt do BGR (Hannover, Alemanha) pelo apoio e confiança oferecidas, assim como pela entrega de informações e bibliografias valiosas para os fins da presente dissertação.

Ao pessoal das bibliotecas do IG-USP e do IME-USP, em especial à "Cida" e à Estela, pelo seu ótimo atendimento e tolerância demonstradas em forma irrestrita.

As autoridades dos governos alemão e uruguaio, pela confiança e compreensão depositadas, mediante a designação de uma bolsa de estudos que permitiu o desenvolvimento desta dissertação.

1 - INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

A prospecção geoquímica é uma disciplina relativamente moderna, que foi fortemente impulsionada pelo aperfeiçoamento dos aparelhos analíticos e pelo crescimento da macro e microcomputação, fundamentalmente na segunda metade do século XX. Isso incentivou o desenvolvimento de numerosos programas de pesquisa de recursos minerais, baseados na análise estatística de dados multielementares. A natureza complexa da informação disponível e, possivelmente, a obtenção de falsos resultados em trabalhos pioneiros, provocaram uma contínua revisão da metodologia aplicada, abrangendo seus diversos aspectos: amostragem, análise, processamento e interpretação. A evolução alcançada pelos métodos estatísticos, em tal sentido, reflete-se na proliferação de procedimentos uni ou multivariados, tentando aprimorar a discriminação entre a resposta geoquímica regional e local, como está registrado nos trabalhos de Miesch (1981), Howarth (1983, 1984) e Kürzl (1988).

No começo da década passada, o Instituto Geológico do Uruguai-IGU (atualmente Direção Nacional de Mineração e Geologia-DINAMIGE) estabeleceu as bases de um convênio, com o Escritório de Pesquisas Geológicas e Mineração da França-BRGM, para que fosse desenvolvido um Programa de Inventário e Avaliação dos Recursos Minerais do País, abrangendo a pesquisa de depósitos de metais preciosos e de base. A fase inicial dos trabalhos constou de um levantamento geológico e geoquímico regional sobre terrenos pré-cambrianos, além de prospecção de detalhe em zonas de antigas minas ou com indícios de mineralizações (IGU-BRGM, 1982). A metodologia aplicada na prospecção geoquímica regional foi a coleta de 1-2 amostras de sedimentos de corrente por km², a análise química da fração fina para 22 elementos e o posterior tratamento estatístico e cartográfico da informação disponível (Spangenberg, 1986).

No ano 1987 a DINAMIGE, assessorada pelo Instituto Federal de Geociências e Recursos Naturais da Alemanha-BGR, iniciou um Programa de Prospecção de Depósitos Auríferos (Fesefeldt, 1988), em uma área de aproximadamente 700 km² que já fora pesquisada pelo Programa IGU-BRGM. Foi realizado um estudo litogeoquímico regional, com amostragem de

filões de quartzo e análise para Au e os mesmos 22 elementos do caso anterior (Vaz et al., 1990).

A área de maior superposição dos levantamentos realizados pelos dois projetos situa-se ao redor de um pequeno povoado denominado "Isla Patrulla", localizado na porção centro-norte da folha 1:50000 do mesmo nome, e cobre cerca de 38% dos 650 km² que constituem a folha. Considerou-se que o reprocessamento estatístico da informação desta área, aplicando novos métodos e fazendo uso de uma interpretação integrada dos resultados obtidos para os filões de quartzo e os sedimentos de corrente, poderia representar uma contribuição válida ao conhecimento das características geoquímicas da região.

1.2. Apresentação da área de trabalho

1.2.1. Localização e características geográficas

A região considerada encontra-se no distrito de "Treinta y Tres", a uma distância de 240 km de Montevideu em direção NE, cobrindo uma área de aproximadamente 250 km², incluídos na folha "Isla Patrulla", como mencionou-se previamente. Um caminho não pavimentado, conhecido como "Ruta 98", comunica por meio da Estrada Nro. 8 o povoado de "Isla Patrulla" com a cidade de "Treinta y Tres", capital do distrito.

Existem duas unidades topograficamente diferentes, uma ocidental praticamente plana, que dá lugar à paisagem típica uruguaia, que são as campinas naturais, e outra oriental, de relevo contrastante, onde alternam-se zonas baixas cobertas por camadas de solos e faixas de rochas aflorantes de direção N-N30.

Não se possuem dados meteorológicos específicos do clima local, porém, à semelhança com o global do território uruguaio, tratar-se-ia de um clima temperado com pelo menos duas estações diferentes, chuvas ao redor dos 1000 mm anuais e uma temperatura variando entre médias de 23 °C em janeiro e 10 °C em junho.

A rede hidrográfica é homogênea e relativamente densa, estando constituída por ramais de afluentes do Rio Olimar que desemboca na Lagoa Merín, na fronteira com o Brasil. Os solos são pouco profundos e pouco evoluídos. A cobertura vegetal é constituída em geral por pastagens e, em menor extensão, por árvores diversas, distinguindo-se

dois tipos de bosques: as plantações artificiais de eucaliptos e pinheiros, e as florestas de arbustos e árvores autóctones, que se concentram nas proximidades dos cursos hídricos.

1.2.2. Geologia da área

1.2.2.1. Geologia regional

Desde a segunda metade da década de 60, a partir das primeiras medidas de datação e levantamentos fotogeológicos, reconhece-se a existência de pelo menos dois ciclos orogênicos pré-cambrianos no Uruguai (Bossi, 1967). Ferrando e Fernandez (1971) melhoraram a expressão espacial e temporal destas unidades, apoiados em trabalhos cartográficos e nos dados geocronológicos de Umpierre e Halpern (1971), discriminando entre o Craton do "Río de la Plata" de 2000 Ma. e o "Zócalo del Este y Sureste" com idade de 670-500 Ma. Este último é uma faixa orogênica móvel, conhecido na atualidade como Cinturão Dom Feliciano e que aflora também no sul do Brasil (Fragoso Cesar, 1980).

Como apresenta-se na Figura 1, a área de pesquisa localiza-se sobre a zona de cisalhamento que separa as duas unidades e que é denominada Falha "Fraile Muerto" (Fesefeldt, 1988).

Segundo o mapa geológico de Preciozzi et al. (1985 e 1988b), o Craton do "Río de la Plata" estaria integrado, fundamentalmente, por gnaisses, granitos e anfibolitos, sugerindo-se diferenças entre as regiões norte-oriental e ocidental. Bossi (1987) confirmaria estas evidências baseado em contrastes nas feições petrográficas das rochas aflorantes. Posteriormente Bossi et al. (1989) indicaram a existência de um enxame de diques máficos de 1500 Ma. na porção ocidental do Craton, que não aparece na porção norte-oriental.

Em relação ao Cinturão Dom Feliciano no Uruguai, suas feições foram descritas por Fragoso Cesar et al. (1987), mostrando algumas diferenças com a Carta Geológica do Uruguai à escala 1:500000 (Preciozzi et al., 1985 e 1988b). Fragoso Cesar et al. (1987) distinguiram três zonas principais:

(i) Zona ocidental: integrada por gnaisses pré-tectônicos, rochas sedimentares e vulcano-sedimentares afetadas por metamorfismo de baixo grau (Grupo Lavalleya), granitóides sin, tardi e pós-tectônicos e sienitos pós-tectônicos.

(ii) Zona central: grandes corpos graníticos sin, tardi e pós-tectônicos, contendo porções de gnaisses do embasamento e metassedimentos e diques riolíticos em forma subordinada.

(iii) Zona oriental: xistos verdes, rochas meta-sedimentares, gnaisses e granitos.

1.2.2.2. Geologia Local

Na **Figura 2** apresenta-se a geologia da Folha "Isla Patrulla" à escala 1:200000, destacando-se a área de pesquisa com um retângulo na porção centro-ocidental. Este mapa foi extraído da "Interpretação Geotectônica Preliminar da Faixa da Série de Minas e Áreas Vizinhas" (**Fesefeldt**, 1988), compilada em função dos esboços geológicos à escala 1:50000. A legenda foi traduzida e sintetizada pelo autor do presente estudo, procurando, dentro do possível, não modificar seu conteúdo. Por exemplo, a tendência atual é substituir a expressão "Série de Minas" por "Grupo Lavalleya" (**Fragoso Cesar et al.**, 1987; **Fragoso Cesar et al.**, 1990; **Masquelin**, 1990), porém respeitou-se o critério dos autores originais.

Segundo **Preciozzi et al.** (1985, 1988 a e b), a Formação Pavas é uma unidade de natureza complexa que agrupa litotipos deformados de feições diversas, representados por uma alternância de rochas máficas, félsicas e intermediárias, assim como bancos de calcários pouco potentes, mas com expressão horizontal. **Fesefeldt** (1988) a relacionou com o embasamento da Série de Minas, em função da semelhança entre os litotipos e o grau do metamorfismo que afetou ambas unidades.

A Formação "Isla Patrulla" foi definida por **Fesefeldt** (1988), em função do trabalho de detalhe de **Vaz et al.** (1985) nas proximidades do povoado do mesmo nome. Trata-se de uma faixa de 1-2 km de largura que se estenderia ao norte e ao sul da folha, integrada fundamentalmente por anfíbolitos e quartzitos, e possivelmente jazendo em forma discordante sobre a Formação Pavas. **Vaz et al.** (1985) destacaram evidências de deformação nas rochas desta faixa e distinguiram dois tipos de anfíbolitos, uns derivados de um protolito ultramáfico rico em Mg, e os outros, produto do metamorfismo de rochas basálticas ou andesíticas. **Fesefeldt** (1988) esclareceu que esta unidade ainda não foi bem caracterizada, e a interpretou como uma seqüência vulcano-sedimentar afetada por metamorfismo de grau médio a alto; este critério também foi adotado por **Vaz et al.** (1990) e **Vaz** (1990).

A Série de Minas (Grupo Lavalleya) estende-se no Uruguai em uma faixa de 5-20 km de largura e 260 km de comprimento, com direção aproximada N 20°E, que surge nas proximidades do "Río de la Plata" e desaparece embaixo da cobertura gondwânica ao Norte, para aflorar novamente no sul do Brasil. A espessura desta seqüência varia entre os 1000 e 2000 metros (Midot, 1984; Preciozzi, 1989a); nela intercalam-se rochas calcárias e clásticas, além de vulcanogênicas ácidas e básicas, todas elas complexamente deformadas. Fragoso Cesar et al. (1987) destacaram o aumento do metamorfismo e a deformação para o leste.

Midot (1984) e Preciozzi (1989a) indicaram dois litotipos associados ao Grupo Lavalleya nas vizinhanças de "Minas", cidade localizada 150 km ao sul de "Treinta y Tres" pela Estrada Nro. 8 (Figura 1): uma seqüência de origem puramente sedimentar e outra de natureza vulcano-sedimentar. Isso contrasta com o que acontece na área de pesquisa, onde ambas as unidades apresentam-se indiferenciadas. Deve-se destacar que as mineralizações de Pb-Cu-(Zn-Mo) mais importantes conhecidas em terrenos uruguaios encontram-se na unidade vulcano-sedimentar (Midot, 1984 e Preciozzi, 1989b). A maioria dos autores (Midot, 1984; Fesefeldt, 1988 e Preciozzi, 1989a) reconheceu um paleo-ambiente marinho de águas pouco profundas, em condições de sedimentação tranqüilas, mencionando também o caráter submarino do vulcanismo.

Em relação às intrusões graníticas, destacam-se os corpos pós-tectônicos de feições semelhantes, que afloram ao oriente da área de pesquisa. O maior deles, denominado Granito do Yermal, possui granulometria grosseira, xenomórfica e isotropa, porém com fácies de borda orientada; sua composição mineralógica seria cálcio-alcálica com 25% de ferromagnesianos (Preciozzi et al., 1988a). Não foram encontradas informações precisas a respeito dos corpos menores.

Com respeito aos filões de quartzo, Vaz (1990) e Vaz et al. (1990) indicaram que aparecem encaixados nas supracrustais ou no embasamento, concentrando-se na zona de falha. O comprimento dos veios geralmente não ultrapassa 100 metros e suas espessuras 2 metros; sua idade estaria relacionada com a tectônica do ciclo orogênico mais moderno.

1.2.3. Antecedentes de pesquisa mineral

Como se mencionou anteriormente, as principais mineralizações de Pb-Cu-(Zn-Mo) e inclusive algumas de Au, estão ligadas ao Grupo Lavalleya (Série de Minas), concentrando-se nas vizinhanças da cidade de "Minas".

Trata-se em geral de explorações antigas, hoje completamente abandonadas. Na área objeto de estudo, não existiam antecedentes de trabalhos prospectivos, até que, como consequência da descoberta de uma pepita de Au na década de 60, Goso e Umpierre (1969) realizaram prospecção geoquímica na região. O principal resultado deste estudo foi que o Cu poderia ser usado como elemento guia do Au.

Posteriormente foi realizada uma prospecção aluvionar, coincidindo grosseiramente com a porção ocidental da área de pesquisa (Pérez, 1984a,b). Foram pesquisados em torno de 90 pontos de amostragem, encontrando-se grãos milimétricos de Au em 60% dos casos. As anomalias distribuíram-se por toda a faixa estudada e em ambos lados da Falha "Fraile Muerto", o que sugeriu serem os filões de quartzo os portadores da mineralização fonte.

Na prospecção geoquímica estratégica da folha "Isla Patrulla" (IGU-BRGM) foram levantadas 1027 amostras de sedimentos de corrente, abrangendo a sua área total, com uma densidade de amostragem oscilando entre 1-3 amostras/km², dependendo do "interesse metalogenético" das formações geológicas (Spangenberg, 1985). A fração inferior a 80 mesh das referidas amostras foi analisada por espectrometria de emissão por plasma para 22 elementos (Fe, Mn, P, Ag, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sn, V, W, Y e Zn). O mencionado pesquisador definiu várias zonas anômalas a partir da análise estatística dos dados, considerando os histogramas e curvas de freqüências acumuladas, mapeamentos geoquímicos diversos e também técnicas multivariadas, como a análise de agrupamentos e a análise fatorial pelo modo R. Parte desses dados será analisada no presente estudo.

Finalmente a prospecção litogeoquímica regional (DINAMIGE-BGR) estendeu-se em uma faixa de largura semelhante à da área de pesquisa, porém abrangendo 4 folhas 1:50000: "Cerro de las Cuentas", "Puntas del Yermal", "Isla Patrulla" e "Treinta y Tres" (Vaz et al., 1990). Foram coletadas 406 amostras de rochas, sendo 93% filões de quartzo, que se distribuíram heterogeneamente com uma densidade de amostragem oscilando entre 0-15 amostras/km². Neste caso foi analisado Au e os 22 elementos mencionados no parágrafo precedente. Não foi realizada uma análise estatística detalhada do total da informação. Uma tentativa nesse sentido, mas envolvendo somente 31 amostras agrupadas na parte sul da folha "Isla Patrulla", sugeriu uma associação Fe-Au-Cu-Co-Mo-Ni (Filippini, 1989). No presente estudo será analisada boa parte da informação levantada. Vaz (1990) e Vaz et al. (1990), a partir da apreciação da informação geoquímica e de relações geológicas, selecionaram alguns filões para detalhamento, destacando-se

duas zonas, uma ao norte do povoado de "Isla Patrulla", e a outra 10 km ao sul sobre a Falha "Fraile Muerto". Os referidos pesquisadores também mencionaram algumas feições relativas aos filões que indicariam uma maior probabilidade da presença de mineralizações auríferas, destacando-se para os fins deste estudo as seguintes:

(i) A nível regional, presença de falhas de cisalhamento de primeira ordem.

(ii) Rochas encaixantes máficas ou ultramáficas, ou a presença destas nas vizinhanças.

(iii) Para os filões encaixados nas formações mais recentes, ocorrência de minerais de **Cu** e **Pb** junto com pirita e óxidos de **Fe**, estes últimos preenchendo fraturas e cavidades.

1.3. Objetivos

A partir das considerações sobre os métodos estatísticos realizadas na seção precedente, surge de maneira espontânea, como um dos objetivos deste trabalho, a avaliação da potencialidade destes procedimentos em relação à prospecção geoquímica. Trata-se de discutir o efeito de tópicos como a transformação dos dados, o ajuste das distribuições etc. sobre os resultados das técnicas ensaiadas, independentemente da sua natureza uni ou multivariada. Porém na tentativa de obter um enfoque atualizado e com máximo aproveitamento da informação disponível, a ênfase será dada nos métodos que utilizam valores e vetores característicos (Análise dos Componentes Principais, Análise Fatorial e Análise Discriminante).

Serão analisadas informações de duas populações amostradas: (i) 341 amostras de sedimentos de corrente correspondentes à prospecção geoquímica estratégica; (ii) 228 amostras de filões de quartzo relacionadas à prospecção litogeoquímica regional. Cada uma das populações será estudada de forma independente, procurando por meio da análise da informação disponível, compreender os fatores que controlam a variância geoquímica, diferenciar o fundo regional do local e discriminar as possíveis subpopulações existentes. Em seguida, a partir da comparação dos resultados de ambos estudos será realizada uma interpretação global da informação, na tentativa de determinar fatores comuns de controle do comportamento geoquímico e, se possível, estabelecer guias prospectivos para futuras pesquisas.

2. METODOLOGIA

2.1. Amostragem

Como foi explicado no capítulo anterior, no presente trabalho foi considerada apenas parte dos dados correspondentes às duas prospeções geoquímicas regionais. Nesta seção foram discutidos aspectos relacionados às técnicas de amostragem e detalhados os critérios utilizados para a seleção da informação.

Na **prospecção de sedimentos** foram coletados materiais aluvionares, coluvionares e eluvionares, segundo 4 modalidades de amostragem (Spangenberg, 1985), que são denominadas e descritas (Spangenberg, 1986) da seguinte forma:

- (i) **Sedimentos em leito vivo**: materiais finos coletados nos leitos de cursos hídricos ativos.
- (ii) **Solos em "flat"**: amostragem nos solos consolidados nos terraços de sedimentação dos cursos, correspondendo a antigos aluviões. Segundo o autor do presente trabalho, uma denominação mais adequada seria "**sedimentos em flat**".
- (iii) **Solos em fundo de depressão**: tipo de amostragem alternativa, quando não existem córregos na região. Trata-se de uma mistura de materiais coluvionares e eluvionares.
- (iv) **Solos verdadeiros**: também amostragem alternativa, indicando material não consolidado produzido "in situ" pelo intemperismo de uma rocha qualquer.

Não se possuem dados muito detalhados sobre a resposta geoquímica dos quatro tipos de amostragem, embora sejam esperadas diferenças significativas, como sugere a comparação de médias efetuada por Spangenberg (1985, p. 15). Granier (1973) menciona as modalidades (i) e (ii) como as mais adequadas para prospeção geoquímica regional de sedimentos fluviais. Na procura de homogeneizar e otimizar a resposta geoquímica das aproximadamente 450 amostras coletadas na área de pesquisa do presente estudo, **escolheram-se as 341 de sedimentos em flat**, descartando-se mais de 100 amostras correspondentes às outras 3 modalidades de amostragem. O mapa de localização das amostras apresenta-se na **Figura 3**. Observe-se que a densidade de amostragem não é completamente uniforme, mudando de 1 amostra/km² no setor sul a 1.6 amostras/km² na porção norte. Em cada local amostrado foram levantadas informações de campo (litologia predominante, proximidade de possíveis contaminações e características de cada amostra),

medida a radiatividade gama total e o pH nos córregos ativos. As duas últimas variáveis mencionadas não serão consideradas neste trabalho. Depois de secas em ambiente aquecido, as amostras foram peneiradas, guardando-se a fração menor a 80 mesh para análise.

Com respeito à **prospecção litogeoquímica**, foram coletadas 279 amostras dentro da área de pesquisa do presente estudo; 33 eram de materiais diversos, incluindo cascalho, anfibolito e quartzito, e foram diretamente descartadas, restando 246 de filões de quartzo. Em 9 dos locais de amostragem resultantes, existia superposição de 2 ou mais amostras, das quais apenas a mais representativa foi considerada. O critério adotado para a "representatividade" foi que a amostra tivesse o maior número possível de variáveis próximas às respectivas médias do sub-conjunto considerado. Por esse critério foram rejeitadas 18 amostras, resultando finalmente **228 amostras de filões de quartzo** que serão as consideradas neste estudo. Na **Figura 4** apresenta-se o mapa de localização para a amostragem de filões de quartzo; observe-se que as amostras distribuem-se em forma heterogênea, concentrando-se na região central (nas proximidades da Falha "Fraile Muerto"), o que provoca variações locais da densidade de amostragem entre 0 e 10 amostras/km². A coleta realizou-se por meio de um corte de uns 20 cm de largura e 5 cm de profundidade, perpendicular à direção do filão, resultando em 5-15 kg de material, dependendo da largura do veio. As amostras foram trituradas e moídas a uma granulometria inferior a 80 mesh previamente à análise (Vaz et al., 1990). No campo registraram-se as feições macroscópicas dos filões amostrados, como largura, direção, textura, litologia das encaixantes, ocorrências de minerais metálicos, grau de fraturamento e oxidação. A informação foi levantada em forma parcial, apenas para 156 filões, não permitindo um tratamento global da população. Duas amostras foram contaminadas com rochas quartzíticas (058 e 080). Em sete ocasiões duvida-se da natureza filonar do material coletado (209, 222, 234, 266, 274, 276 e 355). Nos casos de afloramentos lenticulares, a amostragem efetuou-se em "cruz", segundo direções perpendiculares.

2.2. Análises químicas

Para ambas as populações, as análises por espectrometria de emissão por plasma multielementar (Fe, Mn, P, Ag, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sn, V, W, Y e Zn) foram realizadas no Laboratório da DINAMIGE. O ataque da fração fina das amostras realizou-se em duas etapas: (i) Dissolução por HClO₄ a 140°C. (ii) Adição de mistura de HCl e HF com

aquecimento a 80°C. Com exceção do Fe (total) que foi transformado em percentagem de sesquióxido (Fe_2O_3), o resto dos elementos foi expresso em partes por milhão (ppm).

Na **Tabela 1** apresentam-se os limites de detecção inferiores e superiores, assim como estimativas da precisão dos dados para amostras de solos e sedimentos, no sentido definido por **Howarth** (1983, p. 43-44) e determinadas por dois critérios diferentes. A **Precisão 1** foi calculada em função do desvio padrão das análises de replicatas de material de idêntica procedência devidamente homogeneizado (**Spangenberg**, 1983). Para a **Precisão 2** considerou-se a análise da variância segundo um modelo a dois níveis (**Mello Jr.**, 1981; **Howarth**, 1983, p. 100-102), para 7 amostras duplas de sedimentos em flat coletadas na folha "Isla Patrulla" (duas amostras separadas por 50-100 metros coletadas em um mesmo local de amostragem e tratadas em forma independente). A dispersão entre as médias nos locais amostrados representa a variância geoquímica, e as diferenças entre as amostras duplas permitem avaliar a variância de erro. Os valores da **Precisão 2** correspondem ao semi-intervalo de confiança 95 % expresso como percentagem da média. Os resultados da análise de variância são apresentados na **Tabela 2**. Enquanto que a **Precisão 1** só avalia a reprodutibilidade analítica, a **Precisão 2** também inclui erros de amostragem.

Realizando uma avaliação conjunta dos dados das **Tabelas 1 e 2**, percebe-se que as determinações de Fe, P, B, Ba, Be, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sn, V, Y e Zn possuem boa precisão, com valores da ordem ou inferiores a 35%. No caso do Mn, a não homogeneidade das variâncias insinua uma supervalorização para a **Precisão 2**, razão pela qual o Mn pode ser considerado junto com o grupo principal. A variância residual do Be foi nula, gerando um valor análogo para a estimativa da reprodutibilidade; isto seria consequência de um arredondamento excessivo na forma de expressão do elemento. Ag, As, Cd, Mo, Nb, Sb e W apresentam pelo menos uma estimativa acima de 50%, sugerindo grande imprecisão. Observe-se que estes elementos possuem amplitudes limitadas e extremos superiores menores ou da ordem dos limites inferiores de detecção, para os quais a imprecisão analítica adquire sua maior expressão. Finalmente deve-se destacar que os valores do coeficiente F (**Tabela 2**) com a exceção do Sb, são significativos para um nível de 5%, indicando o predomínio da resposta geoquímica regional em relação à dispersão dos dados pelas diversas componentes do erro. A exatidão dos dados analíticos foi discutida na **seção 4.1**, considerando dados apresentados por **Spangenberg** (1983).

Tabela 1. Parâmetros analíticos das análises multielementares da DINAMIGE. LID e LSD = Limites inferior e superior de detecção; **Precisão 1/2**= estimativas de erros por imprecisão dos dados para amostras de solos e sedimentos. * Dados de natureza diferente (consideram fator tempo).

Elemento	LID	LSD	Precisão 1	Precisão 2
Fe	0,1 %	10 %	19 %	5 %
Mn	10 ppm	2000 ppm	11 %	49 %
P	65 ppm	3250 ppm	8 %	19 %
Ag	0,2 ppm	400 ppm	55 %	
As	20 ppm	1000 ppm	23 %	70 %
B	20 ppm	1000 ppm	26 %	27 %
Ba	10 ppm	1000 ppm	8 %	7 %
Be	1 ppm	20 ppm		0 %
Cd	1 ppm	40 ppm	158 %*	
Co	5 ppm	200 ppm		14 %
Cr	10 ppm	400 ppm	14 %	10 %
Cu	10 ppm	500 ppm	12 %	6 %
Mo	2 ppm	200 ppm		225 %
Nb	5 ppm	100 ppm	24 %*	86 %
Ni	10 ppm	1000 ppm	26 %	4 %
Pb	10 ppm	1000 ppm	15 %	36 %
Sb	10 ppm	1000 ppm		140 %
Sn	20 ppm	1000 ppm		32 %
V	10 ppm	400 ppm	20 %	6 %
W	10 ppm	500 ppm		216 %
Y	5 ppm	200 ppm	12 %	9 %
Zn	10 ppm	500 ppm	10 %	4 %

Tabela 2. Resultados da análise de variância para as amostras duplas. Graus de liberdade intergrupos e residuais = 6 e 7; **F** = Variância interlocalidades/Variância residual; **NSF** = Nível de significação para o coeficiente **F**; **Homg.**= existe ou não homogenidade de variâncias pelo teste de Bartlett a nível de significação de 5%. Amplitudes nulas para Ag e Cd.

Variável	Amplitude	F	NSF	Homg.
FezOs	4- 10	325	0,00	Sim
Mn	371- 4116	16	0,00	Não
P	181- 571	27	0,00	Não
As	0- 18	16	0,00	Sim
B	3- 14	19	0,00	Sim
Ba	318- 912	220	0,00	Sim
Be	1- 4	N	0,00	Sim
Co	6- 55	310	0,00	Sim
Cr	34- 427	839	0,00	Não
Cu	7- 31	289	0,00	Sim
Mo	0- 1	4	0,04	Sim
Nb	0- 9	41	0,00	Sim
Ni	21- 307	6833	0,00	Sim
Pb	2- 21	9	0,00	Sim
Sb	0- 2	2	0,15	Sim
Sn	1- 12	23	0,00	Sim
V	61- 111	104	0,00	Sim
W	0- 5	4	0,05	Sim
Y	9- 30	90	0,00	Sim
Zn	48- 101	230	0,00	Sim

As análises químicas de **Au**, que como já mencionou-se, só foram disponíveis para os filões de quartzo, foram realizadas pelos laboratórios de três instituições: a DINAMIGE (31 amostras), o BGR (106 amostras) e a Companhia de Mineração "San José" (91 amostras). Na **Tabela 3** detalham-se as técnicas e parâmetros analíticos relativos a cada caso.

Sobre a exatidão das análises de **Au**, a informação disponível sintetiza-se na **Tabela 4**. Trata-se das amostras de 5 filões de quartzo que foram analisadas no BGR e na C.M. "San José". Dos resultados expostos infere-se a existência de um erro significativo em pelo menos uma das duas técnicas analíticas. Esse erro não manifestou uma relação direta com os teores determinados, impedindo a correção da informação e evidenciando o caráter semi-quantitativo dos dados para **Au**.

Tabela 3. Detalhe das informações disponíveis para as análises de **Au**.
LID = Limite inferior de detecção em ppb; MISK = metil-isobutil-cetona.

Instituição	Método analítico	Ataque das amostras	LID	Precisão
DINAMIGE	A.A. em forno de grafite	Mistura HCl-HNO ₃ -HF e extração com MISK	5	?
BGR	A.A. por chama	Mistura HCl-HNO ₃ e extração com MISK	20	10 ppb
C.M. "San José"	A.A. por chama	Não informada	40	?

Tabela 4. Comparação das análises de **Au** (ppb) para cinco amostras analisadas no BGR e na C.M. "San José" (CMSJ).

Amostra	Au-BGR	Au-CMSJ	Média	Diferença	
				Absoluta	Relativa
231	190	131	160	59 ppb	37 %
232	340	215	278	125 ppb	45 %
241	120	123	122	3 ppb	2 %
249	2100	1600	1850	500 ppb	27 %
250	320	270	295	50 ppb	17 %

Algumas amostras de filões contaminaram-se durante a moagem, devido à utilização de um disco de aço. **Reina et al.** (1991) compararam resultados analíticos entre amostras processadas em moinhos de ágata e no disco contaminador, indicando diferenças significativas só para **Ni** e **Mn**. Em relação à magnitude do erro, esta varia em função da dureza do material tratado: 350-850 % para o **Ni** e 55-115 % para o **Mn**. Devido à falta de "brancos" durante o processamento das amostras originais, não foi possível estimar com precisão o valor do erro, e corrigir a informação disponível. Assim, o **Ni** foi rejeitado para os filões. O **Mn** foi conservado, pois o erro de contaminação seria semelhante à variação geoquímica.

Os resultados analíticos para as amostras de sedimentos e de filões relacionadas ao presente estudo são apresentados nos **Anexos I e II** respectivamente. Deve-se destacar que, contrastando com as análises de **Au** que são truncadas pelo limite inferior de detecção (5, 20 ou 40 ppb dependendo do caso, ver **Tabela 3**), os dados multielementares reportados pelo Laboratório possuem amplitudes do tipo 0 - 999999. No transcurso deste estudo, tal forma de expressão não foi modificada, nem no caso de considerar teores abaixo do LID (**Tabela 1**). Poder-se-ia questionar esta forma de trabalhar, porém achou-se que um corte pelos LID provocaria um efeito prejudicial nas distribuições geoquímicas, gerando uma deformação excessiva nos seus parâmetros e, conseqüentemente, sobre as estimativas calculadas.

2.3. Métodos estatísticos

2.3.1. Considerações prévias (o conceito de "outliers")

As técnicas estatísticas clássicas foram elaboradas assumindo um determinado tipo de comportamento dos dados tratados, situação nem sempre verificada no domínio aplicado. **Gnanadesikan** (1983) discutiu o referido tópico em relação às diferenças de enfoque existentes entre a **Estatística Matemática** e a **Análise Estatística de Dados**. Destacou o caráter pragmático desta última, que procura sintetizar a informação, tornando evidentes as anomalias e fenômenos imprevistos, em função da natureza intrínseca dos dados e sem assumir seu ajuste a modelos pré-estabelecidos. Esta nova maneira de analisar a informação deu lugar ao surgimento da **Estatística Robusta** (**Huber**, 1981; **Hoaglin et al.**, 1983), disciplina integrada por diversos tópicos, como a estimação robusta (**Gnanadesikan e Kettenring**, 1972), métodos não paramétricos ou de distribuição livre (**Siegel**, 1975), a análise exploratória de dados (**Tukey**, 1977), a representação de pontos em várias dimensões (**Kleiner e Hartigan**, 1981), etc.

Em prospecção geoquímica, os métodos estatísticos são amplamente utilizados, embora existam alguns temas tradicionalmente polêmicos, como a transformação dos dados originais, o ajuste das distribuições, a estimação dos teores de fundo e dos limiares (**Howarth e Earle**, 1979;

Garrett, 1984; Kürzl, 1988). A preocupação por melhorar a análise dos dados e sua interpretação, visando aprimorar a discriminação entre resposta geoquímica regional e local, foi evidenciada pela publicação de numerosos artigos sobre o assunto. Alguns utilizaram critérios univariados (Chork e Govett, 1979; Miesch, 1981; Sinclair, 1991), outros aplicaram métodos multivariados, às vezes complementados por técnicas da estatística robusta (Howarth, 1984; Zhou, 1985; Roquin e Zeegers, 1987; Stanley e Sinclair, 1987; Garret, 1989; Chork, 1990; Alecrim e Royer, 1991a e b) e também introduziram a variografia regional (Wackernagel e Butenuth, 1989; Marcotte e Fox, 1990).

Acompanhando o referido processo de mudança, foi introduzido em prospecção geoquímica um conceito concebido no marco da estatística robusta: o de "outliers" (Howarth, 1983 e 1984). Esse termo encontra-se ligado ao de anomalia geoquímica, embora possua um caráter mais abrangente, [descrevendo amostras inconsistentes com o resto dos dados,] que podem, mas não necessariamente, deformar os resultados dos métodos estatísticos aplicados (Beckman e Cook, 1983; Jolliffe, 1986). A palavra "outliers" já foi traduzida como amostras marginais (Pla, 1986), aberrantes, afastadas ou distantes (Alecrim e Royer, 1991b). No presente estudo preferiu-se usar a denominação original em inglês. Gnanadesikan e Kettenring (1983) mencionaram que a detecção das "outliers" multivariadas é bem mais complexa que no caso univariado, indicando 3 motivos fundamentais: (i) Uma outlier multivariada pode distorcer, não somente as medidas de localização e escala, mas também as de orientação. (ii) As "outliers" monovariadas podem ser definidas como "as amostras nos extremos da distribuição"; esta caracterização não é possível no caso multivariado. (iii) A diversidade de tipos de "outliers" multivariadas existente: um vetor resposta pode falhar devido a um desvio apreciável em uma das suas componentes, ou por uma sucessão de erros moderados em várias delas.

A partir da análise de vários artigos sobre exploração geoquímica na década de oitenta, Garret (1989) mencionou um importante conceito em relação às "outliers" e anomalias geoquímicas, que foi traduzido da seguinte forma:

"Deve-se destacar que a maioria dos pesquisadores identificou o fundo geoquímico ("background") como de importância fundamental. As "outliers" estatísticas e as anomalias geoquímicas são eventos relativamente raros e difíceis de estudar estatisticamente, devido a

seu pequeno número e sua heterogeneidade. É mais fácil definir o comportamento geoquímico do fundo e, então, enfocar aquelas amostras que possuem um comportamento diferente. Estas constituem as anomalias, que devem ser interpretadas em função de ocorrências minerais, litologia ou ambiente geoquímico secundário".

Nas próximas seções serão esboçados os métodos estatísticos aplicados neste estudo. A maioria desses métodos são descritos por Koch e Link (1970), Davis (1986) e Marsal (1987) na sua aplicação em geologia e por Howarth (1983) no caso de prospecção geoquímica. Referências bibliográficas específicas são indicadas nas respectivas seções. Deve-se destacar que, para avaliar a potencialidade dos procedimentos ensaiados, os dados foram usados na sua forma original, ou transformados em logaritmos ou pela raiz quadrada, visando conseguir normalização e homogeneização das distribuições (Hoyle, 1973). Foram também comparados com os resultados dos métodos não paramétricos ou técnicas relacionadas à análise exploratória de dados.

2.3.2. Métodos univariados

2.3.2.1. Estudo preliminar

Na procura de caracterizar as variáveis geoquímicas, foram calculadas diversas estimativas para a população global: amplitude, média, quartis, desvio padrão, momentos de ordem 2, 3 e 4, etc. Posteriormente verificou-se o possível ajuste das distribuições a funções teóricas, como a curva normal ou a log-normal, por meio dos testes χ^2 e Kolgomorov-Smirnov (Davis, 1986; Marsal, 1987), assim como também pelo traçado dos histogramas de freqüências. Os mencionados testes diferem nos seus fundamentos teóricos, sendo o primeiro baseado na estatística clássica e o segundo, na estatística não paramétrica. É sempre útil a comparação dos resultados obtidos por ambas as técnicas. O processamento de dados envolvidos nesta etapa foi realizado com o Programa Statgraphics (STSC, 1987).

Embora de natureza simples, esta fase constitui uma parte importante do tratamento, permitindo conhecer os parâmetros e a forma das distribuições, e resultando crítica para a estimação dos limiares (Miesch, 1981; Sinclair, 1991).

2.3.2.2. Análise de variância

Segundo Seeger (1966), a análise de variância é um método de dividir a variância total em pelo menos duas componentes, que são sintetizadas em outras variâncias. De um ponto de vista mais abrangente, a análise de variância pode ser considerada como uma maneira de estimar variâncias e testar hipóteses sobre elas. Howarth (1983) distinguiu os modelos fixos, que avaliam diferenças entre as médias de várias sub-populações, e os modelos aleatórios, que analisam fontes de erro (seção 2.2.). Koch e Link (1970) descreveram os aspectos intrínsecos de vários modelos, para sua aplicação em geologia. Nesta seção são tratados modelos fixos, classificando as amostras em função de diversos fatores. No caso dos filões de quartzo, estes são o litotipo da rocha encaixante, a idade das formações associadas, sua mineralogia e direção. Os sedimentos de corrente foram diferenciados pela idade do litotipo relacionado à drenagem respectiva. Também analisou-se a influência de vários fatores de forma simultânea (Seeger, 1966), por exemplo, litotipo e mineralogia dos filões, porém não foi possível avaliar a interação entre dois deles, pela existência de grupos vazios.

O programa utilizado foi o Statgraphics (STSC, 1987), que além de proporcionar as estimativas da análise da variância clássica ou teste-F (Seeger, 1966), permite checar a homogeneidade das variâncias, comparar as médias em forma múltipla e realizar gráficos do tipo "box and whisker" (Tukey, 1977). Para a homogeneidade das variâncias escolheu-se o teste de Bartlett e para a comparação múltipla, o Teste de Tukey, ambos descritos por Green e Margerison (1978). Algumas vezes usou-se escala logarítmica ou potencial (raiz quadrada) e, também, ensaiou-se o Teste de distribuição livre de Kruskal-Wallis (Davis, 1986), com fins comparativos.

A análise da variância também pode ser encarada de um ponto de vista multivariado (Tatsuoka, 1971), porém neste trabalho só foi considerado o caso univariado. De qualquer maneira, outros procedimentos aplicados também permitem analisar a variância dos dados em tal sentido.

2.3.3. Métodos multivariados

Deve-se destacar que, embora os métodos multivariados sejam expostos de forma isolada e ordenados em função dos fins do presente estudo, todos eles encontram-se vinculados pela natureza comum de seus princípios básicos, o que será visualizado durante sua aplicação no Capítulo 3. Em relação a seus fundamentos teóricos, para os aspectos estatísticos, preferiram-se textos que formulam o problema de um ponto de vista descritivo, como Tatsuoka (1971), Lebart et al. (1984) e Murtagh e Heck (1987). A parte puramente matemática é abordada por Green (1976), entre outros, ou em capítulos das obras de Harman (1970) ou Jöreskog et al. (1976). Referências relacionadas a cada método em particular são mencionadas nas respectivas seções.

2.3.3.1. Determinação das "outliers"

No desenvolvimento realizado na seção 2.3.1, mencionou-se a natureza complexa das "outliers" multivariadas, devido à sua diversidade e difícil caracterização. Como os métodos multivariados constituem o enfoque principal deste estudo, as "outliers" também foram abordadas deste ponto de vista, sendo descrita nesta seção a metodologia utilizada para sua determinação.

Gnanadesikan e Kettenring (1972) indicam diversas técnicas de detecção das "outliers", com diferentes níveis de sensibilidade, separando-as em dois grupos: (i) **Técnicas de análise interna**, que examina um conjunto de dados sem estrutura primária, por exemplo a análise em componentes principais. (ii) **Técnicas de análise externa**, que trabalha com dados previamente classificados, ou seja, para os quais existe uma estrutura superposta, como na análise discriminante. Howarth (1984) e Chork (1990) descreveram o uso da distância de Mahalanobis em tal sentido, enquanto que a utilização das componentes principais tem sido registrada por vários autores (Jolliffe, 1986; Pla, 1986; Alecrim e Royer, 1991b).

Neste estudo, em uma primeira etapa, as "outliers" foram determinadas pelas estatísticas d_{z1}^2 e d_{s1}^2 (Jolliffe 1986, cap. 10, p. 174-181), e pela análise dos diagramas de dispersão das componentes principais. Essas estatísticas são combinações lineares dos quadrados das "scores" das "últimas componentes principais", divididas (d_{z1}) ou

multiplicadas (ds_1) pelos respectivos desvios padrões. Segundo Jolliffe (1986), dz_1 é mais adequado para detectar as "outliers" não evidenciadas pela análise monovariada, pois hierarquiza a participação das últimas componentes principais, em contraposição com ds_1 . Os diversos autores (Gnanadesikan e Kettenring, 1972; Jolliffe, 1986) discordam na forma de considerar as últimas componentes principais. Neste trabalho consideraram-se aquelas que explicaram uma percentagem de variância inferior ou da ordem da correspondente a uma das variáveis originais.

Ao estudar as relações entre as amostras, as "outliers" definidas pelas componentes principais foram reclassificadas pela análise de agrupamentos ou discriminante, podendo terem sido absorvidas algumas originais e terem surgido outras novas. No decorrer do Capítulo 3, estes aspectos serão esclarecidos.

2.3.3.2. Estudo das relações entre as variáveis

Podem-se distinguir dois tipos de métodos neste sentido:

(i) **Análise da dependência**, que estuda as relações de uma variável, denominada dependente, em função de outras, que são as independentes. Os exemplos típicos são as regressões simples e múltipla.

(ii) **Análise da interdependência**, que estuda as relações de um conjunto de variáveis entre si, considerando todas elas em forma equivalente. São exemplos os coeficientes de correlação, a análise em componentes principais e fatorial em modo R.

No primeiro caso foram usados modelos lineares (Weisberg, 1980), preferindo-se em geral a regressão multivariada. Foi utilizada uma opção do Programa Statgraphics (STSC, 1987), que permite descartar aquelas variáveis que explicam uma baixa percentagem da variância global. Na verdade esses métodos foram utilizados apenas para analisar algumas sub-populações de filões de feições mais homogêneas que a população global.

Os coeficientes de correlação de Pearson (Howarth, 1983; Davis, 1986) foram calculados em diversas escalas, comparando-se com os coeficientes de correlação por postos de Kendall (Siegel, 1975), usando-se em todos os casos o Programa Statgraphics (STSC, 1987). Chapman (1976) indicou que os coeficientes de Pearson são deformados pelos valores extremos ("outliers"). Para evitar este ou outros problemas, foram analisados os diagramas de dispersão das variáveis com coeficientes significativos.

De um ponto de vista geral, a expressão **Análise Fatorial** abrange um grande número de métodos estatísticos multivariados que procuram sintetizar

a informação disponível, mediante a extração dos valores e vetores característicos de uma matriz elaborada em função dos dados originais. Distinguem-se duas modalidades, a **Análise Fatorial pelo modo R (AFR)**, que enfatiza o estudo das relações entre as variáveis, e a **Análise Fatorial pelo modo Q (AFQ)**, orientada a investigar as relações entre as amostras. Considerando n observações (amostras) e p variáveis, estas podem ser ordenadas em uma matriz de n filas e p colunas ($X_{n \times p}$), correspondendo cada fila a uma amostra e cada coluna a uma variável. A **AFR** parte de uma matriz quadrada, simétrica e de dimensão p ($R_{p \times p}$), onde cada elemento está relacionado à variância-covariância das variáveis. A **AFQ** trabalha com uma matriz inicial quadrada, simétrica e de dimensão n ($Q_{n \times n}$), onde cada elemento é um coeficiente de similaridade, função da distância entre dois pontos ou do ângulo entre dois vetores, que representam as amostras no espaço de dimensão p . Esta última modalidade não será considerada para os fins do presente estudo.

A **Análise dos Componentes Principais (ACP)** é um procedimento multivariado que possui pontos comuns com a **AFR**, embora existam diferenças matemáticas e conceituais entre ambos métodos, que são indicadas por diversos autores (Fachel, 1976; Jöreskog et al., 1976; Howarth, 1983; Davis, 1986 e Jolliffe, 1986). Em particular, destaca-se que a **ACP** é um procedimento basicamente matemático, procurando explicar a variância dos dados, enquanto que a **AFR** realiza algumas suposições de tipo estatístico e é orientada para as correlações (Jöreskog et al., 1976). Como a **ACP** e a **AFR** constituíram uma parte importante do tratamento de dados realizado, seus fundamentos teóricos serão descritos em forma mais detalhada nas próximas seções. Os cálculos envolvidos por ambos os métodos, foram realizados em geral pelo Programa Statgraphics (STSC, 1987), sendo utilizado também o Programa GEOQUANT (CPRM, 1990).

2.3.3.2.1. Análise em Componentes Principais (ACP)

Trata-se de uma técnica da análise multivariada, pela qual p variáveis são "transformadas linearmente" em outras p , denominadas "componentes principais", não correlacionadas e ordenadas por suas variâncias em ordem decrescente e de tal forma que a variância total do conjunto inicial é preservada (Fachel, 1976). Por "transformadas linearmente" entende-se que as componentes principais são combinações lineares das variáveis originais (Koch e Link, 1970, Volume I, p. 161-163). A base do cálculo constitui-se na extração dos autovalores e autovetores da

matriz de variância-covariância, o que matematicamente pode-se interpretar como uma transformação do sistema coordenado original por outro que representa melhor a estrutura dos dados.

Lebart et al. (1984, Capítulo 1) mostraram que existem várias maneiras de interpretar a ACP. Na Estatística clássica consideravam as componentes principais como os eixos de um elipsóide derivado de uma distribuição normal multivariada. Na Psicometria integrava-se a ACP junto com as diversas formas de Análise Fatorial. Na atualidade, vigora um ponto de vista diferente: a ACP é aplicada levando em conta que são otimizadas certas características algébricas ou geométricas dos dados, e não é assumida uma distribuição ou modelo estatístico particular. Os referidos autores demonstraram que as componentes principais correspondem aos eixos que minimizam a soma de quadrados das distâncias aos pontos representativos das amostras, no espaço definido pelas variáveis tratadas.

Os autovalores ordenados em forma decrescente representam as variâncias associadas às componentes principais 1 a p, sendo que sua soma reproduz a variância total. Os coeficientes das combinações lineares que expressam as componentes principais em função das variáveis são as "cargas" ou "pesos" e variam entre -1 e 1. Podem ser interpretadas como "coeficientes de correlação" entre as variáveis originais e as componentes principais. Outro termo importante é o de "scores", que são as coordenadas das amostras no novo sistema de eixos. Não existem critérios adequados para medir o grau de significação das cargas ou das componentes principais. Jolliffe (1986) discutiu o assunto e mencionou alguns procedimentos de caráter empírico-subjetivo. De qualquer forma, todas as componentes principais podem ser avaliadas: as primeiras reproduzem a maior parte da variância original e representam em geral fenômenos globais, enquanto que as últimas podem estar ligadas a eventos específicos, de interpretação complicada. Gnanadesikan e Kettenring (1972) indicaram que as primeiras componentes principais são úteis para a detecção das "outliers" que aumentam a variância, covariância ou correlações globais, podendo ser apreciadas pela análise estatística das variáveis originais (traçado de histogramas, gráficos de frequências acumuladas, etc.). Jolliffe (1986) destacou que as últimas componentes principais são eficientes para detectar as "outliers escondidas" (seção 2.3.1.), ou seja não observáveis pela análise univariada.

Howarth (1983), Zhou (1985), Cardoso e Fonseca (1989), Chork (1990), Marcotte e Fox (1990), Vairinho et al. (1990), Alecrim e Royer (1991) e

Oliveira et al. (1991) expõem aplicações da ACP e técnicas relacionadas em exploração geoquímica.

2.3.3.2.2. Análise Fatorial

Contrastando com a ACP, a AFR assume um modelo de feições diferentes para explicar a variabilidade dos dados, ou seja, supõe que a variância de cada uma das p variáveis originais é reproduzida por um conjunto de k variáveis introduzidas pelo método ($k < p$), que são os fatores comuns ou fatores, e uma componente residual, denominada fator único ou específico. Este último termo não está correlacionado aos fatores, e deriva de duas fontes de variação independentes: a parte de variância da variável original não explicada pelos fatores, e a variância de erro, de caráter casual e associada à não reprodutibilidade dos dados. A expressão "fatores" está relacionada às origens da Análise Fatorial, concebida por psicólogos nos começos do século (Harman, 1970; Isnard et al., 1972; Cattell, 1973).

Os parâmetros do método são as **cargas fatoriais** e as "**scores**", todas elas com um significado análogo ao descrito para a ACP, e as **comunalidades**, que representam a variância explicada pelos fatores para uma dada variável e estão relacionadas aos fatores específicos. As cargas e as comunalidades constituem as $p.(k+1)$ incógnitas da equação a resolver. Como existem infinitas soluções, devem-se assumir restrições e aproximações, segundo critérios matemáticos ou geométricos, para garantir a unicidade. Os métodos iniciais, como o dos **Centróides** ou dos **Fatores Principais**, baseavam-se em conceitos de caráter intuitivo (Isnard et al., 1972; Cattell, 1973), sendo algumas vezes criticados pela sua carga de subjetividade. Nos primeiros anos da década de quarenta, Lawley proporcionou um critério estatístico para avaliar a adequação do modelo, a partir de um número pré-fixado de fatores. O teste elaborado baseia-se em um tipo particular de solução fatorial, denominada Estimação por Máxima Verossimilhança (Harman, 1970; Lawley e Maxwell, 1971; Fachel, 1976). Este e o método dos Mínimos Quadrados Generalizado são considerados por Jöreskog et al. (1976) como os de **máxima eficiência de estimação**. A complexidade dos processos de cálculo envolvidos restringiram a aplicação da Análise Fatorial até a década de sessenta, quando foram introduzidos os primeiros programas computacionais adequados (Harman, 1970; Lawley e Maxwell, 1971; Jöreskog et al., 1976). Estes programas trabalham em forma iterativa, ou seja, começam com uma solução aproximada e repetem o procedimento tantas vezes quantas forem necessárias, até conseguir uma diferença inferior a um valor pré-fixado

entre duas soluções consecutivas. **Howarth** (1983) assinalou que os diversos métodos produzem diferentes resultados, dando lugar a dúvidas, pelo menos para aqueles fatores que não se repetem.

De qualquer maneira, a metodologia detalhada no parágrafo precedente representa só a primeira etapa do processamento. A generalidade dos autores recomenda a posterior **rotação dos eixos fatoriais** (**Harman**, 1970; **Lawley e Maxwell**, 1971; **Isnard et al.**, 1972; **Jöreskog et al.**, 1976; **Davis**, 1986). Esta segunda etapa atribui uma **estrutura simples** à matriz das cargas, proporcionando a solução mais adequada, e permitindo uma melhor interpretação dos fatores. O conceito de **estrutura simples** foi desenvolvido por **Thurstone** (**Jöreskog et al.**, 1976, p. 129-130), e significa que a expressão das cargas seja otimizada, no sentido de possuir o maior número possível com valores absolutos extremos, próximos a 0 ou a 1. Entre os métodos de rotação utilizados, distinguem-se os "**ortogonais ou rígidos**", que supõem independência entre os fatores, e os "**obliquos**", que assumem correlações entre os fatores. A denominação tem sua origem no fato de que, de um ponto de vista geométrico, os eixos fatoriais formam ângulos perpendiculares ou diferentes de 90°, em um e outro caso. Neste estudo somente foi considerado o método **Varimax**, que é do primeiro tipo mencionado e está disponível nos programas **Statgraphics** (**STSC**, 1987) e **GEOQUANT** (**CPRM**, 1990); este e outros critérios de rotação são detalhados e discutidos por **Harman** (1970).

De forma análoga que na **ACP**, na **AFR** não existem critérios rápidos e seguros para determinar a significância das cargas e do número de fatores (**k**). Este último constitui um ponto fraco do método, já que **k** é um parâmetro crítico na validade dos resultados obtidos. Os métodos de máxima eficiência de estimativa (**Jöreskog et al.**, 1976) permitem testar se o **k** utilizado foi o adequado, porém seu cálculo é trabalhoso em termos computacionais. Algumas regras empíricas são sintetizadas por **Howarth** (1983), destacando-se o uso dos autovalores (que representam a variância dos fatores), as feições dos fatores e o senso comum do pesquisador.

Nas últimas décadas a Análise Fatorial abrangeu uma diversa gama de disciplinas, incluindo a Geologia (**Isnard et al.**, 1972; **Jöreskog et al.**, 1972 e **Davis**, 1986) e a Prospeção Geoquímica (**Howarth**, 1983; **Fonseca et al.**, 1984; **Arrykul et al.**, 1988; **Pan e Harris**, 1990; **Hansen e Bourezg**, 1990 e **Fonseca et al.**, 1991). No Uruguai, este método foi aplicado de forma sistemática para interpretar a informação correspondente às amostras de sedimentos de corrente, vinculadas ao Programa IGU-BRGM, detalhado na seção 1.1. (**Spangenberg**, 1984 e 1986; **Filippini**, 1991).

2.3.3.3. Estudo das relações entre as amostras

2.3.3.3.1. Análise de Agrupamentos

A **Análise de Agrupamentos** abrange uma variada gama de técnicas multivariadas que classificam os indivíduos de um conjunto sem estrutura definida, segundo sub-grupos mais ou menos homogêneos. Entre os diversos métodos, destacam-se os **Hierárquicos**, que relacionam as amostras por coeficientes de similaridade, e os de **Origem Arbitrária**, que definem os sub-grupos em função de amostras pré-fixadas (Davis, 1986). Neste estudo foram considerados os dois tipos, executados pelo Programa Statgraphics (STSC, 1987), sendo que os últimos mencionados proporcionaram melhores resultados. Tais métodos diferem na forma de expressão dos índices de similaridade ou nos critérios adotados para definir os agrupamentos (Cormack, 1971; Lebart et al., 1984 e Murtagh e Heck, 1987). Exemplos de aplicações da Análise de agrupamentos em prospecção geoquímica são apresentados por Obial e James (1973) e Howarth (1983).

2.3.3.3.2. Análise Discriminante

Este método pode ser usado com dois objetivos: (i) para garantir a adequação de uma classificação; (ii) quando deseja-se atribuir um indivíduo a um sub-grupo, entre vários pré-definidos. Observe-se que, contrastando com a Análise de Agrupamentos, a Análise Discriminante precisa de uma classificação prévia, resultando num excelente complemento da primeira. Em tal sentido, Murtagh e Heck (1987) traçaram um paralelo entre a Análise Discriminante e "aprender com um professor", pois permite corrigir os defeitos da classificação original.

Howarth (1983) indicou que existem diferentes métodos que se distinguem levemente pelo critério de discriminação. O que foi considerado é denominado Análise Discriminante Múltipla, Fatorial ou Canônica, possuindo uma concepção similar à ACP (Murtagh e Heck, 1987). A matriz de covariância é decomposta em duas matrizes, identificadas como B e W. A matriz B é construída em função das covariâncias entre os sub-grupos pré-definidos (componente inter-grupos). A matriz W é elaborada a partir das covariâncias internas de cada grupo. A matriz produto entre B e a inversa de W é maximizada, resultando que os primeiros autovalores e autovetores definem as funções discriminantes. O desconhecimento das funções de

probabilidade das variáveis e a falta de homogeneidade das sub-populações são algumas limitações do método (Sicsú, 1975). Existem testes para avaliar a significação das Funções Discriminantes, que são descritos por Tatsuoka (1971). Os cálculos relacionados foram realizados no Programa Statgraphics (STSC, 1987) que também inclui os referidos testes estatísticos.

Aplicações da Análise Discriminante em geologia são indicadas, por exemplo, por Isnard et al. (1972) e Davis (1986), e em prospecção geoquímica, por Castillo-Muñoz e Howarth (1976), Howarth (1983) e Chork e Govett (1985). Spangenberg (1984) utilizou esta técnica para analisar o comportamento de amostras de material não consolidado, classificadas segundo os diversos litotipos das rochas de procedência, associadas ao "Grupo Lavalleya" (seção 1.2.2.), na região sul do território uruguaio.

2.3.4. Mapeamento geoquímico

Para visualizar a distribuição espacial da resposta geoquímica foram desenhados mapas das variáveis originais ou derivadas do tratamento multivariado, representando os percentis 30%, 50%, 70%, 80%, 90%, 95% e 99%, em função de símbolos diferentes, por meio do Programa GEOQUANT (CPRM, 1990). A utilização de formas de mapeamento mais sofisticadas foi restringida pela falta de "software", e também porque excederia os limites deste trabalho.

3. RESULTADOS

Este capítulo encontra-se dividido em duas partes fundamentais, as seções 3.1. e 3.2., onde foram apresentados os resultados do tratamento estatístico para as amostras de filões de quartzo e dos sedimentos de corrente, respectivamente. Além disso, foram discutidos de forma preliminar os resultados dos métodos estatísticos aplicados, com o fim de avaliar sua potencialidade.

3.1. FILÕES DE QUARTZO

3.1.1. Tratamento univariado

3.1.1.1. Estudo preliminar

As estatísticas descritivas de 18 dos elementos analisados para as 228 amostras de filões de quartzo colocaram-se na Tabela 5. Nb, Cd e Be não foram considerados, por apresentarem conteúdos nulos para mais de 98.5 % da população. O Ni foi rejeitado pelos motivos explicados na seção 2.2. Segundo os valores dos quartis, Zn, Sb, Pb, Sn, V, As, W, Co, Ag, B e Y apresentaram 75-100 % da população abaixo do LID (Tabela 1), motivo pelo qual sua utilização foi restrita. Apesar disso, alguns desses elementos apresentaram intervalos de variação amplos, o que insinuou a existência de anomalias ligadas a mineralizações. As diferenças entre as médias (simples e geométrica) e a mediana, e os valores de assimetria e curtoses, sugeriram distribuições deformadas, assimétricas positivas e leptocúrticas para a maioria dos elementos.

Devido aos problemas relativos às análises de Au, mencionados na seção 2.2., este elemento foi tratado de forma diferente, estimando-se os possíveis mínimo e máximo de cada estatística (Tabela 6). As variáveis Au_{min} e Au_{max} diferiram na forma de considerar os valores inferiores aos limites de detecção, tomando-se como nulos no primeiro caso e como os máximos possíveis no segundo (5, 20 ou 40 ppb). As estimativas da média para Au apresentaram uma ampla variação, não permitindo avaliar o teor de fundo dos filões com uma precisão aceitável.

Tabela 5. Estatísticas para 228 amostras de filões de 18 dos elementos analisados. **FezOs** em %, o resto em ppm. **D.P.**= Desvio padrão; **CV**= Coeficiente de variação; **G**= média geométrica; **Q_{1,2,3}**= Quartis primeiro, segundo e terceiro; **As**= Assimetria e **Cur**= Curtose.

Varv.	Média	D.P.	CV	Amplitude	G	Q ₁	Q ₂	Q ₃	As	Cur
FezOs	2	1	0,8	0-16	2	1	2	2	6	48
Mn	1202	1164	1,0	164-18070	1089	728	1130	1341	14	196
P	69	73	1,1	15-664	54	32	48	79	5	32
Ag	0	2	8,5	0-34	0	0	0	0	13	191
As	6	20	3,3	0-204	0	0	3	6	8	66
B	1	5	6,9	0-69	0	0	0	0	12	170
Ba	21	54	2,6	0-618	9	7	10	19	9	90
Co	4	15	3,8	0-230	1	1	2	4	14	209
Cr	19	21	1,1	1-114	14	9	13	18	3	9
Cu	39	64	1,6	12-764	27	18	22	34	8	75
Mo	2	2	0,9	0-14	0	1	2	3	2	13
Pb	84	1025	12,0	0-15340	2	2	4	6	15	217
Sb	2	2	0,9	0-14	0	0	2	3	2	10
Sn	1	1	2,2	0-9	0	0	0	1	3	15
V	5	9	1,8	0-76	1	1	2	4	5	29
W	14	198	14,0	0-2990	0	0	0	0	15	228
Y	0	1	3,5	0-6	0	0	0	0	5	34
Zn	12	51	4,2	1-740	7	4	6	10	13	186

Tabela 6. Valores extremos para as estatísticas do **Au** (em ppb), envolvendo 228 amostras de filões. A "média corrigida" foi calculada descartando 5 amostras com **Au** acima de 200 ppb (085, 232, 250, 302 e 303).

Estatística	Aumin	Aumax
Média	40	60
Média corrigida	18	38
Média geométrica	0	34
Desvio padrão	225	222
Mínimo	0	5
Máximo	3200	3200
Quartil 1	0	20
Quartil 2	0	40
Quartil 3	40	40
Assimetria	13	13
Curtoses	537	551

3.1.1.2. Leis de distribuição

Na **Tabela 7** incluíram-se os resultados dos ensaios estatísticos χ^2 e Kolgomorov-Smirnov para 12 das variáveis tratadas, considerando as distribuições teóricas caracterizadas nas colunas 2, 3 e 4. Os histogramas para os dados não transformados e a curva da distribuição teórica de melhor ajuste, foram colocados nas **Figuras 5 e 6**. O teste χ^2 foi realizado nas condições dos histogramas sem transformação e considerando mais de 95 % da população para cada variável; em cada caso foram realizados vários cálculos por aproximação, até diminuir o valor de χ^2 tanto quanto fosse possível. Valores dos níveis de significação (**NS1** e **NS2**) superiores a 0,05 indicam um bom ajuste à distribuição teórica, segundo o teste correspondente. Na maioria dos casos as médias e, fundamentalmente, os desvios padrões das curvas teóricas diferiram bastante dos valores empíricos (**Tabela 5**). O comportamento log-normal foi confirmado pelo teste χ^2 para **Ba** e **Zn**, e pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para **Fe**, **P**, **Ba** e **Cr**. O **Mn** demonstrou um melhor ajuste à curva normal. **As**, **Co**, **Pb** e **V** mostraram uma tendência à log-normalidade, evidenciada pelo decréscimo do valor do χ^2 , da estatística K-S e pela forma dos histogramas, embora este resultado não tenha sido verificado pelos ensaios estatísticos. Pelo mesmo motivo, insinuou-se um comportamento normal para o **Mo**. Segundo o histograma da **Figura 6B**, o **Cu** apresentaria um comportamento multimodal.

Na **Figura 7** incluíram-se os histogramas dos elementos não considerados no tratamento anterior. Em relação ao **Au**, foi difícil fazer uma avaliação, devido à heterogeneidade dos dados disponíveis. Porém tanto **A_{min}**, como **A_{max}**, sugerem uma distribuição multimodal. Para o **Ni**, observou-se claramente a presença de pelo menos duas modas, sugerindo uma forte influência de contaminação. Como mencionou-se na seção anterior, **Ag**, **Sb** e **Sn** mostraram possuir grande parte dos seus teores abaixo do **LID**, chamando a atenção a pouca dispersão evidenciada pelos histogramas dos dois últimos. Esta situação repetiu-se para outros traços, como no caso de **B** e **W**.

Tabela 7. Resultados dos testes de ajuste das distribuições para as amostras de filões de quartzo. **Dist.**= distribuição ensaiada (normal ou lognormal); **Média** e **D.P.**= média e desvio padrão da curva teórica, **Chi²**, **G.L.** e **NS1**= estatística, graus de liberdade e nível de significação do teste Chi²; **K-S** e **NS2**= estatística e nível de significação do teste de Kolgomorov-Smirnov.

Variável	Dist.	Média	D.P.	Chi ²	G.L.	NS1	K-S	NS2
Fe ₂ O ₃	Norm.	1,5	0,70	69	3	0,00	0,11	0,01
Fe ₂ O ₃	Logn.	1,8	0,95	16	5	0,01	0,08	0,15
Mn	Norm.	1150	300	4	8	0,89	0,06	0,45
Mn	Logn.	1150	350	16	9	0,07	0,07	0,26
P	Norm.	40	40	180	19	0,00	0,30	0,00
P	Logn.	60	40	29	10	0,00	0,08	0,11
As	Norm.	3	4	258	11	0,00	0,23	0,00
As	Logn.	3	5	75	7	0,00	0,28	0,00
Ba	Norm.	8	8	120	4	0,00	0,23	0,00
Ba	Logn.	15	15	7	6	0,29	0,07	0,19
Co	Norm.	3	2	79	6	0,00	0,25	0,00
Co	Logn.	3,5	3	15	7	0,04	0,21	0,00
Cr	Norm.	13	5	28	2	0,00	0,13	0,00
Cr	Logn.	15	9	32	5	0,00	0,08	0,13
Cu	Norm.	22	10	175	13	0,00	0,18	0,00
Cu	Logn.	25	10	84	7	0,00	0,11	0,01
Mo	Norm.	1,8	1,2	21	14	0,00	0,20	0,00
Mo	Logn.	3	3,1	46	7	0,00	0,26	0,00
Pb	Norm.	3	2	175	6	0,00	0,25	0,00
Pb	Logn.	5	6	26	11	0,01	0,20	0,00
V	Norm.	3	2	197	6	0,00	0,20	0,00
V	Logn.	4	3	90	6	0,00	0,15	0,00
Zn	Norm.	6	4	96	12	0,00	0,18	0,00
Zn	Logn.	8	6	14	14	0,42	0,10	0,01

3.1.1.3. A análise de variância

As amostras foram classificadas segundo quatro variáveis derivadas das informações de campo e do esboço geológico à escala 1:50000 de **Pena et al.** (1982). Estas variáveis foram expressas em números inteiros, cada um deles representando um grupo de amostras de feições semelhantes que ajustaram-se à seguinte descrição:

Nome	Significado	Amostras
CLAXAT	Direção dos filões.	125
MINER	Abundância de minerais de Fe, Mn, Au, Cu ou Pb, por inspeção visual.	157
IDADE	Idade da formação associada à rocha encaixante ou predominante.	210
LIMAP	Litotipo da rocha encaixante ou predominante.	195

As diferenças entre os números de amostras codificadas foram devidas à falta ou à incerteza da informação disponível. Mais detalhes sobre as diferentes qualificações incluíram-se nas respectivas seções. Os resultados dos testes estatísticos apresentaram-se levando em conta a notação descrita na Tabela 8. A análise da variância foi realizada em forma monovariada, considerando cada uma das variáveis antes definidas como um fator controlando o comportamento geoquímico. Na seção 3.1.1.3.4. tentou-se uma avaliação da influência de vários fatores em forma conjunta.

Tabela 8. Notação das tabelas de apresentação dos resultados da análise de variância.

Coluna	Conteúdo
Varv.	Nome da variável tratada.
Trat.	Tipo de tratamento usado para o teste-F; "Ln" significa que os dados foram transformados em logaritmos neperianos e, "<10", que para essa variável usaram-se os teores inferiores a 10 %, ppm ou ppb, segundo o caso.
F	Valores da estatística F (variância inter-grupos dividida pela variância intra-grupos).
NS i	Nível de significação da estatística à esquerda.
Homg.	Indica a existência de homogeneidade de variâncias segundo o Teste de Bartlett para um nível de significação do 5%.
Comparação	Conclusão da comparação múltipla de médias, ordenadas em forma crescente de esquerda a direita, segundo o Testes de Tukey. Uma sucessão de dígitos sem brancos indica igualdade e os parênteses transição.
KW	Estatística do teste de Kruskal-Wallis.
NS2	Nível de significação da estatística KW.

3.1.1.3.1. Influência da litologia das encaixantes

A variável LIMAP foi classificada comparando a informação de campo com o esboço geológico de Pena et al. (1982), dando lugar a sete níveis ou grupos, segundo a codificação a seguir:

Grupo	Litologias associadas	Nro. de casos
1	Anfibolitos e rochas vulcânicas	15
2	Quartzitos	23
3	Xistos cinzas e pretos	29
4	Granitóides e gnaisses	23
5	Complexo Granito-gnáissico	55
6	Calcários e calco-filitos	11
7	Filitos à sericita com intercalações várias	39

Na **Tabela 9** introduziram-se os resultados da análise de variância em função de LIMAP para **Fe₂O₃**, **Mn**, **P**, **As**, **Aumin**, **Aumax**, **Ba**, **Co**, **Cr**, **Cu**, **Mo**, **Pb**, **V** e **Zn**. Para níveis de significação inferiores ou iguais a 0.05, as estatísticas **F** ou **KW** foram destacadas em **negrito**. Neste caso considerou-se válida a hipótese alternativa, o que implica que existe pelo menos uma média de grupo diferente do resto. Os dados da **Tabela 9** indicaram enriquecimento em **Fe₂O₃**, **Mn**, **P**, **Ba**, **Co**, **Pb**, e **V** nos filões associados às litologias metassedimentares de matriz argilosa ou carbonática (grupos 3, 6 e 7). Por outra parte, os grupos 1, 4 e 5 de LIMAP estariam empobrecidos nos mencionados elementos, mostrando em geral pouca diferenciação entre eles. No caso do **As**, os quartzitos possuem uma média significativa, porém a imprecisão dos dados analíticos para este elemento não permitem afirmações categóricas a respeito. **Aumin** e **Aumax** apresentaram uma média altamente significativa para o grupo 7, indicando um enriquecimento em **Au** nos veios associados aos filitos sericíticos. **Cr** possuiu teores elevados para os filões encaixados nos calcários e calco-filitos. **Cu**, **Mo** e **Zn** não estariam afetados pela litologia, pois as estatísticas **F** e **KW** não são significativas, mostrando homogeneidade entre as médias grupais. Poder-se-iam questionar os resultados da análise da variância para **Co**, **Pb** e **V**, em virtude da grande percentagem de amostras com teores abaixo ou próximos ao LID. Porém, deve-se destacar que as diferenças entre as médias grupais são superiores aos intervalos dos valores esperados, estimados em função das precisões da **Tabela 1**.

Em termos gerais, as formações metassedimentares antes citadas relacionaram-se ao Proterozóico superior (grupos 6, 7 e parcialmente 3 de LIMAP) e as unidades de granitóides, gnaisses, anfibolitos e quartzitos (grupos 2, 4 e 5) ao Proterozóico médio-inferior. Isto sugeriu a possibilidade de um controle pela idade das rochas encaixantes ou dominantes no local de amostragem. Então decidiu-se reclassificar as amostras em dois grupos, codificados na variável IDADE. Por um lado os filões ligados às formações do Proterozóico médio-inferior (grupo 1) e, por outro, aqueles associados ao "Grupo Lavalleya", correspondente ao Cambriano-Proterozóico superior (grupo 2). Os resultados da análise da variância incluíram-se na **Tabela 10**. Observe-se que **Fe₂O₃**, **Mn**, **P**, **Ba**, **Cu**, **Pb**, **V** e **Zn** mostraram um enriquecimento nos filões das formações mais novas, já que o teste-**F** e o de Kruskal-Wallis são significativos para um nível de 5% (valores destacados em **negrito**). Para **Au** e **Co** os resultados foram

duvidosos. Cr encontrou-se enriquecido nos filões instalados nas formações mais antigas.

Tabela 9. Resultados da análise de variância para LIMAP (6 graus de liberdade entre grupos e 185-188 graus de liberdade residuais). Para esclarecimentos sobre a notação, ver Tabela 8.

Varv.	Trat.	F	NS 1	Hong.	Comparação	KW	NS 2
FezOs	Ln, <10	5,1	0,00	Sim	512(4) 376	36	0,00
Mn	<2500	5,1	0,00	Sim	542(16) 73	29	0,00
P	Ln, <400	9,5	0,00	Não	542(13) 76	52	0,00
As	Ln, <50	2,4	0,03	Sim	6(15347) 2	14	0,03
Aumin	Ln, <350	11,5	0,00	Sim	16354(2) 7	51	0,00
Aumax	Ln, <350	4,2	0,00	Não	264351 7	34	0,00
Ba	Ln, <200	2,8	0,01	Não	4(65123) 7	21	0,00
Co	Ln, <50	4,1	0,00	Não	15(63) 427	20	0,00
Cr	Ln	6,2	0,00	Não	173524 6	18	0,01
Cu	Ln, <250	1,4	0,21	Não	4257631	12	0,06
Mo	< 10	1,6	0,15	Não	1654327	11	0,08
Pb	Ln, <70	6,5	0,00	Não	452(16) 37	43	0,00
V	Ln, <50	3,5	0,00	Não	45(2136) 7	18	0,01
Zn	Ln, <250	1,9	0,08	Sim	2465173	9	0,17

Tabela 10. Resultados da análise de variância segundo a idade das rochas encaixantes dos filões (1 grau de liberdade entre grupos e 201-209 graus de liberdade residuais). Esclarecimentos sobre o significado das colunas na Tabela 8. A coluna "Comparação" substituiu-se por duas colunas com as medianas dos grupos 1 e 2 (m1 e m2).

Varv.	Trat.	F	NS 1	Hong.	m1	m2	KW	NS 2
FezOs	Ln, <10	39,2	0,00	Sim	1,3	1,9	35	0,00
Mn	<2500	15,3	0,00	Sim	1026	1246	19	0,00
P	Ln, <400	67,7	0,00	Sim	35	77	64	0,00
As	Ln, <50	0,8	0,37	Sim	3	2	0	0,87
Aumin	Ln, <350	3,2	0,08	Sim	0	0	4	0,04
Aumax	Ln, <350	12,7	0,00	Não	40	40	8	0,00
Ba	Ln	13,1	0,00	Sim	9	14	13	0,00
Co	Ln, <50	4,2	0,04	Não	2	3	3	0,11
Cr	Ln, <90	6,2	0,01	Não	13	12	8	0,01
Cu	Ln, <250	9,8	0,00	Sim	20	26	16	0,00
Mo	< 10	0,2	0,69	Não	2	2	0	0,99
Pb	Ln, <70	40,5	0,00	Não	3	5	47	0,00
V	Ln, <50	15,6	0,00	Não	2	3	15	0,00
Zn	Ln, <250	15,6	0,00	Não	6	8	16	0,00

Segundo os resultados obtidos, a idade das rochas encaixantes foi um fator de controle de variância geoquímica dos filões. Como as duas sub-populações definidas encontraram-se bem delimitadas no espaço, ao ocidente e ao oriente da falha "Fraile Muerto", decidiu-se analisar cada sub-população isoladamente, procurando melhorar a resposta dos testes relacionados à análise da variância.

Uma nova análise da variância para LIMAP, considerando as duas sub-populações definidas por IDADE, mostrou baixa significação para os filões encaixados nas rochas mais antigas. Por outra parte, para as rochas do Grupo Lavalleya, os xistos sericíticos (grupo 7) apresentaram um enriquecimento em Ba e Au, e os xistos e filitos (grupos 3 e 7), um empobrecimento em Cr em relação às rochas calcárias. Como os resultados obtidos foram semelhantes aos iniciais para LIMAP, neste caso não foi incluída a tabela correspondente.

3.1.1.3.2. Influência da mineralogia dos filões

Durante a amostragem, em 84 filões foram observados óxidos ou sulfetos de Fe, sendo que em outros 14 filões também foram observados pelo menos um dos seguintes minerais: óxidos ou hidróxidos do Mn, azurita, calcopirita, galena, malaquita ou ouro nativo. Isto permitiu criar a variável MINER, que codifica a abundância relativa dos referidos minerais nas amostras de filões, segundo a tabela abaixo:

Grupo	Minerais associados	Nro. de casos
1	Não foram observados minerais de Cu, Pb, Mn ou Au. Oxidação escassa.	59
2	Filões com óxidos ou sulfetos de Fe em quantidades moderas ou grandes.	84
3	Presença de minerais de Cu, Pb, Mn ou Au, além de óxidos ou sulfetos de Fe.	14

A análise de variância sobre os dados assim classificados foi realizada para cada uma das sub-populações definidas pela variável IDADE. Para os filões ao ocidente da falha "Fraile Muerto", ou seja, associados às formações mais antigas, os resultados obtidos expõem-se na Tabela 11, e para os filões encaixados nas rochas do Grupo Lavalleya, na Tabela 12. A significação dos testes para FezOs nas duas sub-populações analisadas constitui um resultado óbvio, porém necessário para confirmar a validade da classificação realizada visualmente. Os ensaios para As e Mo, em função da

idade das encaixantes, foram não significativos; por isso só foram consideradas nas Tabelas 11 e 12 com fins comparativos. Analisando a informação em forma conjunta, observou-se um crescimento nos valores das estatísticas e no número de variáveis com testes significativos, para os filões associados às formações mais novas, sugerindo um comportamento mais contrastante na variância geoquímica. Os filões encaixados nas rochas mais antigas (Tabela 11) evidenciaram um enriquecimento no conteúdo de P e Ba para as amostras do grupo 2. Os resultados para o Au são contraditórios, pois os testes foram significativos para *Aumin* e não para *Aumax*. No caso dos filões encaixados nas formações mais novas, P, Ba, Cu, V e Zn apresentam um enriquecimento em função da abundância dos óxidos, sulfetos, etc. (Tabela 12), sendo a média do grupo 3 maior que a do grupo 1 e com valores intermediários para a do grupo 2.

Tabela 11. Resultados da análise de variância para MINER, levando em conta os filões encaixados nas formações mais antigas (2 graus de liberdade entre grupos e 70 graus de liberdade residuais); para esclarecimentos, ver a Tabela 8. " $1 < 2$ " implica que a média do grupo 1 é menor a do a do grupo 2, " $1 = 2$ " que existe igualdade entre elas e " $1 > 2$ " que a média do grupo 1 é maior.

Varv.	Trat.	F	NS 1	Hong.	Comparação	KW	NS 2
FezOs	Ln, <10	4,3	0,04	Sim	1 < 2	5,4	0,02
Mn	<2500	1,7	0,20	Sim	1 = 2	1,8	0,17
P	Ln, <400	5,7	0,02	Sim	1 < 2	4,8	0,03
As	Ln, <50	0,2	0,68	Sim	1 = 2	0,0	0,92
Aumin	Ln, <350	4,4	0,04	Sim	1 > 2	3,8	0,05
Aumax	Ln, <350	0,4	0,56	Sim	1 = 2	0,1	0,76
Ba	Ln, <200	4,5	0,04	Não	1 < 2	5,2	0,02
Co	Ln, <50	1,4	0,24	Sim	2 = 1	1,1	0,30
Cr	Ln	0,0	0,85	Sim	2 = 1	0,2	0,67
Cu	Ln, <250	1,0	0,32	Sim	1 = 2	0,9	0,34
Mo	< 10	0,7	0,41	Sim	2 = 1	0,5	0,47
Pb	Ln, <70	1,6	0,20	Não	1 = 2	0,4	0,51
V	Ln, <50	1,5	0,22	Não	2 = 1	0,3	0,59
Zn	Ln, <250	0,2	0,68	Sim	1 = 2	0,2	0,65

Tabela 12. Resultados da análise de variância para MINER levando em conta os filões encaixados nas formações mais novas (2 graus de liberdade entre grupos e 77-82 graus de liberdade residuais); para esclarecimentos ver Tabela 8.

Varv.	Trat.	F	NS 1	Homg.	Comparação	KW	NS 2
FezOs	Ln, <10	6,0	0,00	Não	1(2) 3	12,8	0,00
Mn	<2500	0,9	0,41	Sim	321	1,6	0,45
P	Ln, <400	7,2	0,01	Sim	12 3	13,3	0,00
As	Ln, <50	0,3	0,75	Sim	312	1,8	0,41
Aumin	Ln, <350	2,7	0,07	Sim	321	1,9	0,39
Aumax	Ln, <350	0,6	0,57	Sim	123	1,2	0,54
Ba	Ln, <200	5,0	0,01	Sim	1 23	6,1	0,05
Co	Ln, <50	0,2	0,80	Sim	132	1,0	0,61
Cr	Ln	0,1	0,90	Não	132	0,1	0,94
Cu	Ln, <250	19,5	0,00	Não	12 3	24,0	0,00
Mo	< 10	1,4	0,25	Sim	123	2,6	0,28
Pb	Ln, <70	1,4	0,25	Sim	132	3,7	0,16
V	Ln, <50	7,4	0,00	Sim	1(2) 3	11,0	0,00
Zn	Ln, <250	16,6	0,00	Não	1 2 3	24,8	0,00

3.1.1.3.3. Influência da direção dos filões

Neste caso os filões foram classificados segundo sua direção, na procura de um possível controle estrutural da variância geoquímica. Os dados foram codificados na variável CLAXAT, segundo o critério a seguir:

Grupo	Direções associadas	Nro. de casos
1	Entre N20W e N20E	59
2	Entre N40E e N80E	44
3	Entre N90E e N140E	22

Novamente a análise da variância foi realizada considerando separadamente as duas sub-populações definidas pela idade das encaixantes. Os resultados obtidos colocaram-se nas Tabelas 13 e 14. Nos dois casos, a média de Mn para o grupo 2 resultou significativa em relação às outras. Para os filões encaixados nas formações mais novas, Au e Co mostraram resultados contraditórios. O resto dos elementos não apresentou significação para este fator.

Tabela 13. Resultados da análise de variância para CLAXAT, levando em conta os filões encaixados nas formações mais antigas (2 graus de liberdade entre grupos e 51-53 graus de liberdade residuais); para esclarecimentos ver a Tabela 8.

Varv.	Trat.	F	NS 1	Homg.	Comparação	KW	NS 2
FezOs	Ln, <10	1,3	0,28	Sim	312	1,4	0,51
Mn	<2500	3,2	0,05	Sim	3(1) 2	5,9	0,05
P	Ln, <400	1,2	0,30	Sim	312	2,5	0,28
As	Ln, <50	0,2	0,84	Sim	312	0,2	0,89
Aumin	Ln, <350	2,0	0,15	Sim	132	2,9	0,23
Aumax	Ln, <350	1,6	0,21	Sim	213	1,9	0,39
Ba	Ln, <200	2,2	0,12	Não	132	4,6	0,10
Co	Ln, <50	0,8	0,45	Sim	132	0,4	0,83
Cr	Ln	0,3	0,77	Não	312	1,0	0,61
Cu	Ln, <250	0,5	0,62	Sim	123	0,4	0,83
Mo	< 10	0,5	0,60	Sim	132	0,5	0,77
Pb	Ln, <70	0,1	0,91	Não	132	0,1	0,96
V	Ln, <50	1,4	0,25	Sim	132	1,4	0,49
Zn	Ln, <250	1,1	0,33	Sim	321	2,6	0,27

Tabela 14. Resultados da análise de variância para CLAXAT, levando em conta os filões encaixados nas formações mais novas (2 graus de liberdade entre grupos e 65-68 graus de liberdade residuais); para esclarecimentos ver a Tabela 8.

Varv.	Trat.	F	NS 1	Homg.	Comparação	KW	NS 2
FezOs	Ln, <10	0,0	0,95	Sim	123	0,3	0,86
Mn	<2500	5,5	0,01	Sim	1(3) 2	11,1	0,00
P	Ln, <400	0,0	0,99	Sim	213	0,0	0,98
As	Ln, <50	0,2	0,98	Sim	312	0,8	0,68
Aumin	Ln, <350	4,7	0,01	Sim	1(3) 2	9,2	0,00
Aumax	Ln, <350	1,3	0,29	Sim	312	5,9	0,05
Ba	Ln, <200	0,5	0,61	Sim	213	0,1	0,95
Co	Ln, <50	1,5	0,24	Sim	132	6,1	0,05
Cr	Ln	0,4	0,69	Sim	312	2,0	0,36
Cu	Ln, <250	0,6	0,52	Sim	321	3,4	0,18
Mo	< 10	0,6	0,58	Sim	132	3,6	0,16
Pb	Ln, <70	0,4	0,64	Sim	321	0,5	0,79
V	Ln, <50	1,0	0,37	Sim	312	3,3	0,19
Zn	Ln, <250	1,0	0,38	Sim	321	5,3	0,07

3.1.1.3.4. Avaliação global da variância

Nesta seção tentou-se avaliar o efeito simultâneo de IDADE, MINER e CLAXAT sobre a variância geoquímica dos filões de quartzo. Como existe uma grande superposição entre LIMAP e IDADE, a primeira não foi considerada no tratamento. Não foi possível avaliar as interações entre dois ou mais

fatores, pois a formação de grupos vazios ou com poucos elementos não permitiu calcular as estimativas envolvidas. Os resultados obtidos incluíram-se na Tabela 15.

Observe-se que a variância do **FezOs** é controlada pela mineralogia dos filões, mas a idade das encaixantes teria uma leve participação. **Ba**, **P**, **Cu** e **Zn** acompanham o **FezOs** no seu comportamento, sendo que a variância do **P** é também controlada pela idade. Outros elementos cuja variância é dominada fundamentalmente pela idade das encaixantes são **Cr** e **Pb**. **Aumin** e **Aumax** apresentam resultados contraditórios, não permitindo realizar inferências para o **Au**. **As**, **Mo**, **Co** e **V** não mostraram variações estatisticamente significativas para nenhum dos fatores considerados; estes 4 elementos possuem uma alta percentagem de amostras abaixo do correspondente limite de detecção, o que explicaria em parte a aleatoriedade das suas variâncias. O **Mn** mostrou um comportamento independente, sendo que sua variância estaria controlada por fatores estruturais.

Tabela 15. Resultados da análise da variância multifatorial para os filões de quartzo. Os graus de liberdade são 1 para IDADE, 2 para MINER e CLAXAT, oscilando entre 116-119 para os residuais.

Variável	Tratamento	FIDADE	NS 1	FMINER	NS 2	FCLAXAT	NS 3
FezOs	Ln, <10	3,2	0,08	7,1	0,00	0,4	0,65
Mn	<2500	0,6	0,43	0,4	0,64	5,4	0,01
P	Ln, <400	21,8	0,00	7,9	0,00	0,5	0,59
As	Ln, <50	0,0	0,94	0,3	0,76	0,1	0,92
Aumin	Ln, <350	2,0	0,16	4,2	0,02	6,5	0,00
Aumax	Ln, <350	0,9	0,36	1,1	0,33	0,6	0,54
Ba	Ln, <200	1,9	0,17	6,1	0,00	2,3	0,10
Co	Ln, <50	0,0	0,82	0,2	0,83	2,2	0,12
Cr	Ln	5,5	0,02	0,3	0,73	0,6	0,54
Cu	Ln, <250	0,1	0,76	10,7	0,00	0,2	0,86
Mo	< 10	0,2	0,40	1,6	0,21	1,4	0,24
Pb	Ln, <70	9,7	0,00	1,5	0,23	0,0	0,97
V	Ln, <50	3,2	0,08	2,2	0,12	1,7	0,18
Zn	Ln, <250	2,4	0,12	11,1	0,00	1,1	0,33

3.1.2. Tratamento multivariado

3.1.2.1. Identificação das "outliers"

Neste estudo as "outliers" foram detectadas pela utilização das componentes principais, segundo a metodologia descrita na seção 2.3.3.1. e desenvolvida na seção 3.1.2.2.2.. As variáveis consideradas foram Fe₂O₃, Mn, P, As, Ba, Co, Cr, Cu, Mo, Pb, Sb, V e Zn para o total de 228 amostras. Este procedimento deu lugar a 21 "outliers", indicadas pelos números: 053, 056, 063, 080, 157, 188, 193, 194, 199, 201, 218, 219, 232, 233, 250, 290, 302, 303, 309, 362 e 364. Estas amostras mostraram diferentes características, concordando com o conceito de "outliers" (seção 2.3.1.). Na procura de aprimorar a ordem de apresentação dos métodos multivariados, os diagramas de dispersão das componentes principais foram incluídos nas próximas seções. Nesses diagramas ficou claro que as "outliers" afetaram os resultados dos métodos estatísticos.

Durante o estudo das relações entre as amostras, em particular na aplicação da análise discriminante, as referidas "outliers" foram reclassificadas (seção 3.1.2.3.2.). Nesta etapa surgiram amostras "transicionais", ou seja, amostras cujo comportamento foi incoerente com os sub-grupos definidos, modificando o conjunto das "outliers" mencionado no parágrafo precedente.

3.1.2.2. Estudo das associações entre as variáveis

3.1.2.2.1. Coeficientes de correlação e diagramas de dispersão

Na Tabela 16 introduziram-se os coeficientes de correlação de Pearson para as variáveis originais sem transformação, considerando o total de 228 amostras de filões e as 207 restantes ao descarte das "outliers". Os valores estatisticamente significativos, para um nível de 5%, foram destacados em negrito. No caso da variável Au, para teores abaixo do LID, foram atribuídos teores de 5 ppb para as amostras analisadas na DINAMIGE, e de 10 ppb para as amostras analisadas no BGR ou na "C.M. San José". Observe-se que alguns coeficientes com altos valores para a população total, como por exemplo Mn-Co ou Pb-Au, diminuíram sensivelmente ao serem rejeitadas as "outliers". No caso de trabalhar com logaritmos, as "outliers" não provocaram efeitos tão dramáticos sobre os coeficientes de

Pearson (Tabela 17), pelo fato de que esta transformação diminui a influência das amostras extremas (Chapman, 1976). Ao transformar os dados pela raiz quadrada, sem considerar as "outliers", ou ao utilizar o método não paramétrico de Kendall para estimar os coeficientes de correlação, obtiveram-se resultados semelhantes (Tabela 18).

O efeito dos valores extremos foi incluído na Figura 8. Observe-se como uma amostra, no caso da correlação Mn-Co (diagrama A), e duas para Pb-Au (diagrama C), geraram um falso comportamento linear, conduzindo a um valor alto do coeficiente de correlação, e sugerindo uma associação que desapareceu ao se eliminarem as amostras extremas (diagramas B e D). Nas Figuras 9 a 12 as "outliers" foram rejeitadas, colocando-se os respectivos coeficientes de correlação de Pearson na parte superior dos diagramas. A análise dessas figuras confirmou que, no caso de coeficientes inferiores a 0.3-0.4, embora significativos do ponto de vista estatístico, em geral não existiu um comportamento linear dos diagramas de dispersão. Algumas vezes pareceu haver duas sub-populações, como no caso de Fe₂O₃-Au (Fig. 9A), P-Ba (Fig. 10B), P-V (Fig. 10C), Co-Au (Fig. 11B), Co-Cr (Fig. 11C), As-Au (Fig. 12A), Cu-Zn (Fig. 12C) e Mo-Au (Fig. 12D). Para coeficientes de correlação superiores, os diagramas apresentaram "maior linearidade", confirmando as associações pelo menos para um número considerável de amostras, como nos casos de Fe₂O₃-Mn (Fig. 9C), Fe₂O₃-V (Fig. 9D), P-Fe₂O₃ (Fig. 10A) e Co-V (Fig. 11D).

Na procura de obter coeficientes de correlação concordantes com as associações existentes, seria necessário transformar os dados com funções que destacam o comportamento do fundo geoquímico (como a logarítmica ou a raiz quadrada), eliminar as "outliers" ou usar métodos não paramétricos (como os Coeficientes de Kendall). Comparando os resultados obtidos entre os diferentes métodos, é possível verificar a coerência dos mesmos. A análise dos diagramas de dispersão é necessária para detectar a existência de diferentes sub-populações, deformando as estimativas calculadas. Aspectos concordantes com esta metodologia são mencionados por diversos autores (Hoyle, 1973; Chapman, 1976 e Howarth, 1983).

Tabela 16. Coeficientes de correlação de Pearson para os dados originais, considerando as 228 amostras da população global (triângulo abaixo da diagonal) e para as 207 amostras depois de rejeitar as "outliers" (triângulo acima da diagonal). Os valores significativos a um nível de 5% são destacados em negrito.

	Fe ₂ O ₃	Mn	P	As	Au	Ba	Co	Cr	Cu	Mo	Pb	Sb	V	Zn
Fe ₂ O ₃	1	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	0,6	0,4	0,4	0,4	0,2	0,1	0,6	0,3
Mn	0,1	1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,4	0,0	0,0	0,4	0,2	0,1	0,2	0,0
P	0,7	0,1	1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2
As	0,3	0,0	0,2	1	0,4	0,0	0,3	-0,1	0,1	0,4	0,3	0,1	0,3	0,0
Au	0,2	0,0	0,1	0,0	1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1	0,3	0,0
Ba	0,1	0,6	0,1	0,1	0,0	1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,3	0,2
Co	0,2	1,0	0,2	0,1	0,0	0,6	1	0,2	0,3	0,5	0,1	0,0	0,6	0,0
Cr	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Cu	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,0	1	0,1	0,0	0,0	0,6	0,3
Mo	0,5	0,1	0,3	0,3	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	1	0,0	0,0	0,3	-0,1
Pb	0,1	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	1	0,1	0,1	0,2
Sb	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	1	0,1	0,0
V	0,6	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3	0,5	0,1	0,5	0,3	0,2	0,1	1	0,2
Zn	0,1	0,1	0,0	0,0	0,5	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,4	0,5	0,3	1

Tabela 17. Coeficientes de correlação de Pearson para os dados transformados em logaritmos neperianos, considerando as 228 amostras da população global (triângulo abaixo da diagonal) e para as 207 amostras depois de rejeitar as "outliers" (triângulo acima da diagonal). Os valores significativos a um nível de 5% são destacados em negrito.

	Fe ₂ O ₃	Mn	P	As	Au	Ba	Co	Cr	Cu	Mo	Pb	Sb	V	Zn
Fe ₂ O ₃	1	0,6	0,6	0,2	0,2	0,3	0,6	0,4	0,5	0,2	0,3	0,1	0,5	0,3
Mn	0,5	1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,1	0,0	0,3	0,1	0,1	0,2	0,0
P	0,6	0,4	1	0,0	0,3	0,4	0,3	0,1	0,4	0,0	0,3	0,1	0,5	0,2
As	0,3	0,2	0,1	1	0,2	0,0	0,4	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0	0,2	0,0
Au	0,4	0,3	0,3	0,2	1	0,2	0,4	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0
Ba	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,3	0,2
Co	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	1	0,4	0,3	0,4	0,0	0,0	0,6	0,0
Cr	0,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	1	0,2	0,1	-0,1	-0,1	0,3	-0,1
Cu	0,5	0,1	0,5	0,1	0,3	0,3	0,4	0,2	1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4
Mo	0,3	0,3	0,1	0,4	0,2	0,0	0,4	0,1	0,2	1	-0,1	0,0	0,1	-0,1
Pb	0,3	0,2	0,3	0,0	0,3	0,2	0,1	0,0	0,3	0,0	1	0,1	0,3	0,2
Sb	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,0	0,1	1	0,0	0,0
V	0,6	0,2	0,5	0,2	0,4	0,3	0,6	0,3	0,6	0,2	0,3	0,1	1	0,2
Zn	0,3	0,1	0,3	0,0	0,3	0,3	0,1	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,3	1

Tabela 18. Coeficientes de correlação de Pearson para os dados transformados pela raiz quadrada rejeitando as "outliers" (triângulo abaixo da diagonal) e por postos de Kendall para as 228 amostras da população total (triângulo acima da diagonal). Os valores significativos a um nível de 5% são destacados em negrito.

	FezOs	Mn	P	As	Au	Ba	Co	Cr	Cu	Mo	Pb	Sb	V	Zn
FezOs	1	0,4	0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	0,4	0,5	0,2	0,3	0,1	0,5	0,2
Mn	0,5	1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,0
P	0,5	0,2	1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1	0,4	0,2
As	0,3	0,2	0,1	1	0,2	0,0	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,0	0,2	0,1
Au	0,3	0,3	0,2	0,4	1	0,2	0,4	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0	0,3	0,0
Ba	0,3	0,0	0,3	0,0	0,2	1	0,2	0,0	0,2	0,1	0,2	0,0	0,3	0,2
Co	0,6	0,4	0,3	0,4	0,4	0,2	1	0,4	0,3	0,4	0,1	0,0	0,5	0,0
Cr	0,4	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,1	0,4	1	0,2	0,3	0,0	-0,1	0,3	-0,1
Cu	0,5	0,0	0,4	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	1	0,1	0,3	0,1	0,4	0,3
Mo	0,3	0,4	0,1	0,4	0,3	0,0	0,5	0,1	0,1	1	0,0	0,0	0,2	0,0
Pb	0,3	0,2	0,3	0,2	0,0	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	1	0,1	0,2	0,3
Sb	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	1	0,1	0,0
V	0,6	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	0,1	1	0,2
Zn	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	-0,1	0,3	0,0	0,2	1

3.1.2.2.2. Análise das Componentes Principais (ACP)

3.1.2.2.2.1. Tratamento do total da população

Da mesma forma que no tratamento precedente, utilizaram-se diversas modalidades de transformação na procura de otimizar a resposta do método. Em todos os casos, os dados foram padronizados, por subtração da média e divisão pelo desvio padrão. Porém existiram diferenças no tipo de transformação aplicada e na consideração ou não das "outliers". As diferentes formas de processamento foram distinguidas segundo a notação a seguir:

- S-C = Sem aplicar transformação e considerando-se o total das amostras, inclusive as "outliers".
- S-S = Sem aplicar transformação, mas rejeitando as "outliers".
- L-S = Dados transformados em logaritmos neperianos e "outliers" descartadas.
- R-S = Dados transformados pela raiz quadrada e "outliers" descartadas.

Foram consideradas 13 variáveis, FezOs, Ba, Mn, P, As, Co, Cr, Cu, Mo, Pb, Sb, V e Zn, sendo que As, Mo e Sb não apresentaram uma variância muito adequada. Porém, foram levadas em conta devido a seu interesse do ponto de vista geoquímico. Na Tabela 19 incluíram-se as percentagens de

variância explicadas por cada componente principal segundo o tipo de tratamento indicado. Observe-se que os primeiros 6 componentes explicaram 74-78% da variância total nos quatro casos.

Tabela 19. Variância explicada por cada componente principal, segundo o tipo de tratamento (ver texto a respeito da notação).

CP	S-C	S-S	L-S	R-S
1	27,7	28,2	28,8	30,3
2	14,9	12,5	14,3	13,6
3	13,8	10,0	9,4	9,9
4	7,6	8,3	8,4	8,1
5	7,2	7,9	7,3	7,6
6	6,1	7,2	6,5	6,3
7	5,7	5,9	6,0	5,6
8	5,2	5,4	4,6	4,8
9	4,4	4,5	4,4	3,9
10	3,2	3,4	3,8	3,8
11	2,7	3,1	3,0	2,8
12	1,4	2,1	2,2	1,8
13	0,2	1,4	1,3	1,4

O tratamento do tipo S-C foi o utilizado para identificar as "outliers" (seção 3.2.1.). Nas Figuras 13 e 14 compararam-se os diagramas de dispersão dos pesos das variáveis e os "scores" das amostras, para as componentes principais 1 e 2 (CP1 e CP2), segundo os 4 tipos de transformação mencionados no começo (S-C, S-S, L-S e R-S). Esta sequência repetiu-se para as componentes 3 e 4 (Figuras 15 e 16), 5 e 6 (Figuras 17 e 18), 10 e 11 (Figuras 19 e 20) e para 12 e 13 (Figuras 21 e 22). A análise das Figuras 13A e 14A permitiu explicar as razões pelas quais foi necessário rejeitar as "outliers". Para a CP2, a Figura 13A sugeriu uma associação Ba-Mn-Co, que é consequência de um alto teor de Ba para a outlier 290 (Figura 14A). Uma situação semelhante aconteceu com a associação Pb-Sb-Zn e as "outliers" 302 e 303, para a CP3 (Figuras 15A e 16A). As referidas associações mudaram sua expressão ao descartar as "outliers" (Figuras 13B e 15B).

A comparação dos 4 diagramas da Figura 13 insinuou que os resultados obtidos dependeram do tipo de tratamento aplicado. As transformações não lineares produziram efeitos semelhantes (Figuras 13C e D). Os "scores" das duas primeiras componentes (Figura 14) mostraram homogenização da resposta ao passar do diagrama (A) ao (B) ao (D) ao (C). Esta situação repete-se para as CP3, CP4, CP5 e CP6 (Figuras 15-18). Isto sugere que o

comportamento do fundo geoquímico foi cada vez mais destacado na sequência S-C, S-S, R-S e L-S, sendo a resposta mais insensível no último caso. Em compensação, todo evento ligado a uma "sub-população anômala" foi reduzido ou eliminado. Por exemplo, no tratamento S-C para a CP4, apareceu uma sub-população com forte participação do Cr (Figura 15A), claramente separada do fundo geoquímico (Figura 16A). A referida sub-população foi dissimulada paulatinamente, ao passar do tratamento S-S, ao R-S, ao L-S. As últimas componentes principais em geral não foram consideradas, embora possam possuir um significado coerente (Figuras 19 e 21). Jolliffe (1986) as indicou como as mais afetadas pelas "outliers" escondidas (não evidenciadas pela análise monovariada) e, conseqüentemente, como as mais adequadas na sua detecção. Assim, a desaparecimento das "outliers" mostrada pelos "scores" das 4 últimas componentes para os dados transformados (Figuras 20 e 22) deu validade à metodologia aplicada.

Pelo exposto, deduz-se que o uso da transformação pela raiz quadrada destaca melhor o comportamento do fundo geoquímico, sem insensibilizar a contribuição das sub-populações anômalas, como no caso da transformação pelos logaritmos. Por esse motivo, são apresentados os diagramas de dispersão para as cargas e os "scores" das CP6-CP7 e CP8-CP9 (Figura 23) e os os valores das cargas das variáveis para todas as componentes (Tabela 20), apenas para essa transformação.

Tabela 20. Pesos das componentes principais para os dados sem "outliers" e transformados pela raiz quadrada.

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12	CP13
FezOs	0,4	0,0	0,1	0,2	-0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,2	-0,8
Mn	0,2	0,3	-0,3	0,4	-0,2	0,4	-0,2	-0,1	-0,4	-0,2	-0,2	0,1	0,4
P	0,3	-0,2	-0,1	0,2	0,1	0,0	-0,5	0,5	0,4	-0,3	0,1	-0,2	0,1
As	0,2	0,3	-0,3	-0,5	0,1	-0,3	0,3	0,1	0,0	-0,5	-0,2	0,0	0,1
Ba	0,2	-0,3	0,0	0,0	-0,3	-0,5	-0,4	-0,5	-0,1	-0,1	-0,2	0,0	-0,1
Co	0,4	0,3	0,1	-0,1	0,0	-0,1	0,0	0,0	-0,2	0,2	0,3	-0,8	-0,1
Cr	0,2	0,1	0,6	0,4	-0,1	-0,2	0,4	-0,1	0,3	-0,1	-0,2	0,1	0,3
Cu	0,3	-0,2	0,2	-0,3	0,4	0,2	-0,1	0,0	0,0	0,3	-0,6	-0,1	0,1
Mo	0,2	0,5	-0,1	-0,2	-0,1	0,1	-0,2	-0,3	0,6	0,3	0,0	0,2	0,0
Pb	0,2	-0,3	-0,5	0,1	-0,4	-0,2	0,4	0,3	0,1	0,5	-0,1	0,0	0,1
Sb	0,1	0,0	-0,4	0,4	0,7	-0,2	0,2	-0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
V	0,4	-0,1	0,2	-0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	-0,3	0,2	0,5	0,5	0,3
Zn	0,2	-0,5	-0,1	-0,2	-0,1	0,5	0,3	-0,4	0,2	-0,2	0,3	-0,2	0,2

3.1.2.2.2.2. Veios com Au acima de 40 ppb

Existem dois fatores contraditórios no estudo até o momento desenvolvido: por um lado, o fato de ser uma prospecção orientada para a descoberta de depósitos auríferos e, por outro, a escassa qualidade da informação analítica para Au. Na procura de resolver, ao menos parcialmente, os problemas gerados por essa dicotomia, aplicou-se a ACP sobre aqueles veios com teores de Au acima de 40 ppb. Este teor constitui um valor estratégico, por dois motivos: (i) trata-se do maior limite de detecção entre os três que afetaram as análises químicas para Au, o que assegurou uma variância e confiabilidade adequadas para o referido subconjunto de veios; (ii) é o quartil 3 do Au para a população total, o qual significa que somente 25% dos veios ou menos alcançaram teores superiores, definindo, de forma grosseira, uma sub-população anômala.

Em uma primeira etapa, os dados foram padronizados, mas não foi aplicada transformação, sendo consideradas 14 variáveis, Fe₂O₃, Mn, P, As, Au, Ba, Co, Cr, Cu, Mo, Pb, Sb, V e Zn e 52 amostras de veios de quartzo. As quatro primeiras componentes explicaram 75% da variância global, correspondendo a 29%, 20%, 18% e 8% respectivamente. Na Figura 24 introduziram-se os diagramas de dispersão dos pesos e os "scores" das referidas componentes. Observe-se que as amostras 302 e 303 deformaram novamente os resultados, introduzindo falsas correlações nos dois casos. Por esse motivo, decidiu-se eliminar as amostras mais afastadas, que foram determinadas pela observação dos diagramas de dispersão dos "scores". De qualquer forma, observa-se que a componente 1 sugeriu a existência de duas sub-populações, bastante bem definidas (Figura 24C). Considerando os diagramas de dispersão dos "scores" das 6 primeiras e as 4 últimas componentes principais, foram definidas 8 "outliers", 053, 085, 232, 233, 290, 302, 303 e 362. Nas Figuras 25 e 26 colocaram-se os diagramas de dispersão dos pesos e os "scores" das 8 primeiras componentes principais, depois de rejeitar as amostras acima citadas, transformar pela raiz quadrada e normalizar os dados originais. Estas componentes explicaram 90% da variância global, correspondendo a 39%, 11%, 10%, 8%, 7%, 6%, 5% e 4% para cada uma delas.

3.1.2.3. Estudo das associações entre as amostras

3.1.2.3.1. Considerações prévias

No transcorrer do estudo até o momento realizado, os resultados dos diversos ensaios estatísticos aplicados indicaram a presença de várias sub-populações misturadas. A ACP demonstrou possuir outra propriedade a destacar: sua eficiência na explicação da variância global. No entanto, as associações determinadas não resultaram suficientemente precisas, no sentido que somente foram evidenciadas por sub-grupos de amostras.

Por esse motivo, decidiu-se mudar a orientação do tratamento, procurando determinar as referidas sub-populações, por meio do estudo das relações entre as amostras, para posteriormente caracterizar cada uma delas, pelos seus teores médios e associações geoquímicas. A vantagem desta modificação foi a obtenção de um comportamento mais homogêneo de cada sub-conjunto ao ser processado em forma independente.

Na próxima seção, a análise de agrupamentos e a análise discriminante foram utilizadas conjuntamente, visando classificar os filões em sub-grupos, segundo suas características geoquímicas. A metodologia utilizada funcionou na base da tentativa e erro, e poderia parecer confusa em seus primeiros passos, porém o processo resultou válido na sua expressão total, tendo como objetivo obter uma classificação global das amostras de veios. A partir da classificação pela análise de agrupamentos, aplicou-se a análise discriminante sucessivas vezes para aprimorar a delimitação das sub-populações definidas. Em uma primeira etapa, este procedimento foi executado para as 52 amostras com Au acima de 40 ppb e, posteriormente, considerou-se o total da população.

3.1.2.3.2. Definição das sub-populações

3.1.2.3.2.1. Veios com Au acima de 40 ppb

Como já foi mencionado, a ACP das amostras de filões com Au acima de 40 ppb mostraram uma separação em pelo menos dois sub-conjuntos (Figura 24C). Na tentativa de classificar estas amostras, ensaiaram-se alguns métodos hierárquicos de análise de agrupamentos, sobre um conjunto de 47 filões (as amostras 053, 232, 233, 302 e 303 foram inicialmente rejeitadas por serem "outliers"). As variáveis utilizadas, escolhidas em função dos

resultados da ACP e suas respectivas variâncias, foram FezOs, Ba, Mn, P, Au, Co, Cr, Cu, Mo e V. Estes procedimentos não conseguiram diferenciar as sub-populações antes citadas. Então aplicou-se um método de análise de agrupamentos de origem arbitrária, denominado "Seeded" pelo Programa Statgraphics (STSC, 1987), que distinguiu-se dos anteriores por comparar a informação disponível com a de algumas amostras, fornecidas pelo usuário no início da execução. Para tais fins, foram escolhidas as amostras 231 e 296, que são indicadas na Figura 24C. Este procedimento permitiu classificar os filões em dois sub-grupos, o primeiro com 8 elementos associados à amostra 231 (048, 059, 218, 219, 224, 226, 227 e 250) e o segundo com 37 ligados à amostra 296 (052, 057, 060, 061, 085, 188, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 214, 222, 228, 229, 230, 234, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 248, 251, 252, 253, 287, 288, 290, 291, 292, 293, 295 e 362). Levando em conta esta classificação, os 52 filões com Au acima de 40 ppb foram divididos em três sub-grupos, dois baseados nos anteriores e outro integrado por "outliers" (amostras inicialmente rejeitadas).

Como a análise de variância mostrou pouca significação para Mn e Mo, e um forte controle pelo FezOs para as variâncias de P, Ba e Cu, estes elementos não foram considerados na análise discriminante. O tratamento com FezOs, Au, Co, Cr, e V permitiu reclassificar as amostras segundo se expõe no diagrama de dispersão das funções discriminantes 1 e 2 (FD 1 e 2) na Figura 27A. Os três sub-grupos definidos poderiam ser interpretados como representativos do "fundo" (sub-grupo 2), filões mineralizados (sub-grupo 4) e as "outliers", representando veios ainda mais enriquecidos (sub-grupo 0). A próxima etapa foi classificar estas amostras sem considerar o Au, para posteriormente tentar avaliar a "potencialidade aurífera" dos 176 veios cujo conteúdo em Au não supera o LID. Na Figura 27B incluiu-se a discriminação obtida para os 52 filões com Au > 40 ppb, levando em conta FezOs, Mn, P, Co, Cr, Mo, Pb, V e Zn. O número de variáveis foi aumentado devido a que o Au foi excluído. Observe-se que os 3 sub-grupos foram bem discriminados, o que sugeriu como possível a classificação do total dos veios. Os coeficientes das funções discriminantes, gerados em ambos casos, apresentam-se na Tabela 21.

3.1.2.3.2.2. População total

A partir da classificação anterior, escolheram-se 3 amostras, cada uma delas próxima a seu respectivo centroide, com o objetivo de realizar

uma classificação do total das amostras a partir da análise de agrupamentos pelo critério de origem arbitrária. As amostras 219, 229 e 302 foram seleccionadas como padrões representando os sub-grupos 4, 2 e 0 respectivamente, e indicaram-se nas Figuras 27 A e B. Somente uma amostra foi associada ao sub-grupo 0, 25 ao sub-grupo 4 e as 201 restantes ao sub-grupo 2. Esta classificação não resultou adequada, devido a que a sub-população de fundo continuava apresentando heterogeneidade, decidindo-se então retrabalhar a mesma.

Tabela 21. Coeficientes das funções discriminantes para os 52 filões com $Au > 40$ ppb para os dados não transformados. FD 1 e FD'1 são os coeficientes das funções discriminantes para as variáveis tratadas em cada caso (com e sem Au).

Variável	FD 1	FD 2	FD'1	FD'2
FezOs	0,275	-0,491	0,583	-0,274
Mn			-0,00118	0,00030
P			-0,00276	-0,00122
Au	0,0021	-0,0022		
Co	-0,0050	-0,0183	0,0951	-0,0418
Cr	0,134	0,145	-0,0415	0,203
Mo			0,376	0,0930
Pb			0,00054	0,00002
V	0,0203	0,0798	-0,0467	0,0922
Zn			0,0142	-0,00397
Constante	-3,273	-1,311	-0,681	-3,523

Na seção 3.1.2.2.2.1. mencionou-se a separação em duas sub-populações denotada pela CP4 (Figura 16A). Tal sub-população integrada por aproximadamente 20 amostras foi perfeitamente identificada, tratando-se de um sub-conjunto com teores altos de Cr e nível de fundo de Au . Por isso achou-se interessante realizar uma nova classificação dos dados incluindo esta nova sub-população, identificada como sub-grupo 3. O sub-grupo 0 foi rejeitado, os sub-grupos 2 e 4 mantiveram as estruturas originais, e o resto das amostras foram agrupadas no sub-grupo 1. A análise discriminante dos sub-grupos 1, 2, 3 e 4, a partir de FezOs, Mn, Cr, Mo, Pb, V e Zn, demonstrou uma partição em dois do sub-grupo 3, então criou-se o sub-grupo 5. Os sub-grupos 1, 2, 3, 4 e 5 foram submetidos à análise discriminante sucessivas vezes e reclassificados em cada ocasião. Finalmente obteve-se uma boa definição dos 5 sub-grupos, levando em conta FezOs, Mn, Au, Cr, Pb, V e Zn. Sem a inclusão do Au , a discriminação entre os sub-grupos 1 e 2 não

foi adequada. Somente 11 amostras não foram classificadas, dando lugar ao sub-grupo 0 ("outliers"). Nos diagramas C e D da Figura 27 incluíram-se os resultados para as funções discriminantes mais significativas. Os coeficientes respectivos são expostos na Tabela 22. Observe-se que a discriminação foi boa, embora o sub-grupo 4 mostrasse bastante dispersão, devido a que incluiu várias das "outliers" definidas pela ACP. No desenvolvimento posterior estes 5 subgrupos foram caracterizados pela análise de variância e pelo estudo das associações entre as variáveis.

Tabela 22. Coeficientes das funções discriminantes para o tratamento final, considerando os 5 sub-grupos definidos e 217 amostras de veios.

Variável	FD 1	FD 2
FezOs	0,102	-0,753
Mn	-0,00033	-0,00003
Au	-0,0152	0,0433
Cr	0,197	0,040
Pb	0,00302	-0,00832
V	-0,0651	0,219
Zn	0,00534	-0,0172
Constante	-2,77	-1,49

A classificação final, que será considerada no desenvolvimento posterior, obedece a seguinte descrição:

Sub-grupo	Amostras	Nro. de casos
0	058, 059, 063, 080, 206, 226, 294, 297, 300, 301 e 309.	11
1	Fundo geoquímico, amostras não incluídas nos outros sub-grupos.	125
2	048, 052, 056, 057, 073, 188, 207, 208, 209, 210, 211, 214, 218, 220, 222, 223, 224, 225, 227, 228, 229, 230, 234, 240, 242, 243, 244, 245, 248, 251, 252, 253, 258, 259, 262, 267, 282, 284, 285, 287, 288, 290, 291, 292, 293, 295, 296, 355, 361, 363.	50
3	189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202 e 260.	15
4	053, 060, 061, 085, 219, 231, 232, 233, 241, 250, 302, 303, 362, 364.	14
5	005, 008, 046, 141, 142, 143, 144, 157, 162, 263, 265, 305 e 322.	13

3.1.3. Caracterização das sub-populações definidas

3.1.3.1. Análise de variância

Nesta seção procurou-se determinar se, para uma dada variável, as diferenças entre as médias dos sub-grupos definidos na seção anterior são estatisticamente significativas. Para evitar problemas pela falta de homogeneidade das variâncias, utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Na Tabela 23 são apresentados os resultados do ensaio. Observa-se que, à exceção do Pb e o Sb, as demais variáveis apresentaram significação para um nível de 5%. Os gráficos do tipo "box-and-whisker" auxiliaram na interpretação (Figuras 28 e 29). Uma síntese dos resultados está na Tabela 24.

O Sub-grupo 4 foi o mais enriquecido em quase todos os elementos; em seguida, o Sub-grupo 2 mostrou teores moderados nos mesmos elementos. O Sub-grupo 3 evidenciou características próprias, sugerindo certa vinculação com o Sub-grupo 5, que apareceu como o mais próximo ao comportamento do fundo geoquímico (Figura 27). Observe-se que vários elementos, que não foram considerados na análise discriminante final, apresentaram diferenciação em função dos sub-grupos definidos.

Na procura de caracterizar melhor o comportamento de cada sub-grupo, foram analisadas suas estatísticas básicas e associações geoquímicas.

Tabela 23. Resultados do teste de Kruskal-Wallis. KW= Estatística do teste; NS = nível de significação; R₁ = posto médio do grupo 1.

Variável	KW	NS	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
FezOs	56	0,00	88	115	182	183	123
Mn	20	0,00	97	137	78	126	132
P	44	0,00	90	133	158	169	77
As	20	0,00	100	127	70	151	121
Aumax	88	0,00	89	154	63	200	83
Aumin	154	0,00	80	171	79	197	91
Ba	20	0,00	101	120	107	170	76
Co	74	0,00	79	149	147	177	123
Cr	86	0,00	84	109	210	151	189
Cu	50	0,00	91	108	164	195	130
Mo	23	0,00	96	128	83	153	137
Pb	9	0,07	102	113	99	143	135
Sb	6	0,21	104	109	106	137	132
V	86	0,00	79	146	148	204	107
Zn	12	0,01	111	92	100	158	108

Tabela 24. Síntese dos resultados da análise de variância para os cinco sub-grupos definidos em função dos métodos multivariados. 0 = não existe diferença em relação ao Sub-grupo 1 (representante do fundo); + ou ++ = enriquecimento moderado ou apreciável em relação ao Sub-grupo 1.

Sub-grupo	FezOs	Ba	Mn	P	As	Au	Co	Cr	Cu	Mo	Sb	Pb	V	Zn
2	+	0	+	+	0	+	+	0	0	+	0	0	+	0
3	++	0	0	++	0	0	+	++	+	0	0	0	+	0
4	++	+	+	++	+	++	++	+	++	++	0	0	++	+
5	+	0	+	+	0	0	0	+	+	+	0	0	0	0

3.1.3.2. Sub-grupo 1

Na Tabela 25 estão as estatísticas básicas para as variáveis estudadas. Observe-se que existiu uma redução do intervalo de variação e uma homogenização da variância demonstrada pelos valores do desvio padrão e dos quartis, que também insinuaram maior simetria das distribuições. Isto foi verificado pelos testes Kolgomorov-Smirnov e χ^2 , que indicaram um comportamento normal para Mn e Cr e log-normal para FezOs, Ba, P e Zn.

Na Tabela 26 incluíram-se os coeficientes de correlação de Pearson e por postos de Kendall para o total das amostras do sub-grupo. Os valores estatisticamente significativos para um nível de 5% foram indicados em negrito, sendo sublinhados aqueles valores cujas correlações foram confirmadas pelos diagramas de dispersão. O Co não foi considerado na Tabela 26 devido à sua escassa variabilidade, porém seus diagramas de dispersão sugeriram uma correlação positiva com o FezOs.

Alguns diagramas de dispersão para o FezOs são mostrados na Figura 30. O gráfico A demonstra a existência de uma associação com o P, o diagrama B insinua uma pobre correlação FezOs-Cr, porém manifesta uma diferenciação de comportamento em função das idade das encaixantes. Os diagramas C e D sugerem correlações parciais com Pb e Zn. Outros diagramas são apresentados na Figura 31. O diagrama A evidencia uma boa correlação Mn-Cr, mostrando maior variabilidade para os filões encaixados nas formações mais novas; os gráficos B e C deixam dúvidas a respeito da existência das correlações P-V e P-Zn. O diagrama D constitui um novo exemplo de associação não verificada, embora o coeficiente de Pearson entre V e Zn seja significativo (Tabela 26).

A ACP auxiliou na interpretação das associações geoquímicas. Na Tabela 27 incluíram-se os pesos e as variâncias de cada componente, e nas Figura 32A e B, os diagramas de dispersão dos pesos das 4 primeiras

componentes, que explicaram 65% da variância total. A Figura 32C mostra como a idade das encaixantes afetou o comportamento do fundo geoquímico.

Foi ensaiada uma análise de regressão para FezOs em função de Mn , P , Cr , Cu , Pb , V e Zn ; o programa utilizado permitiu descartar aquelas variáveis cujo coeficiente de Fisher (quociente entre a variância do modelo e a residual) foi inferior a 4. Cr , Cu e Pb foram rejeitados, dando lugar a um modelo que explicou 95% da variância do FezOs e cujos parâmetros são expostos na Tabela 28. Na Figura 32D apresenta-se o gráfico do FezOs estimado pelo modelo contra o observado.

Tabela 25. Estatísticas básicas para as 125 amostras do Sub-grupo 1. D.P.= Desvio padrão e Q_1 = Quartil 1.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	Q_1	Q_2	Q_3
FezOs	0,4	3,4	1,4	0,6	1,1	1,3	1,6
Ba	0	149	14	17	6	9	21
Mn	164	1769	1059	289	891	1092	1237
P	15	177	51	34	29	37	61
Au	5	60	11	7	10	10	10
As	0	13	3	3	0	2	5
Co	0	7	2	1	1	2	2
Cr	1	19	11	4	9	11	14
Cu	13	65	23	10	16	20	27
Mo	0	4	1	1	1	1	2
Pb	0	94	5	10	2	3	5
Sb	0	5	2	1	0	1	3
V	0	9	2	2	1	2	3
Zn	1	48	8	6	4	7	9

Tabela 26. Coeficientes de correlação de Pearson (triângulo acima da diagonal) e por postos de Kendall (triângulo abaixo da diagonal), para as 125 amostras do Sub-grupo 1. Em negrito, os coeficientes significativos a um nível de 5% e cuja correlação foi confirmada pelos diagramas de dispersão.

	FezOs	Mn	P	Ba	Cr	Cu	Pb	V	Zn
FezOs	1	0,52	0,54	0,09	0,24	0,32	0,39	0,59	0,43
Mn	0,53	1	0,19	0,03	0,41	-0,07	0,24	0,06	0,04
P	0,46	0,24	1	0,13	-0,18	0,27	0,30	0,45	0,18
Ba	0,16	0,06	0,23	1	0,00	-0,02	0,39	0,22	0,13
Cr	0,19	0,29	-0,11	-0,01	1	-0,17	-0,10	0,11	-0,07
Cu	0,29	0,06	0,32	0,05	-0,10	1	0,08	0,33	0,24
Pb	0,25	0,13	0,35	0,23	-0,12	0,21	1	0,21	0,29
V	0,38	0,14	0,37	0,25	0,13	0,28	0,27	1	0,40
Zn	0,20	0,00	0,22	0,19	-0,18	0,32	0,24	0,19	1

Tabela 27. Pesos das variáveis para a ACP dos dados transformados pela raiz quadrada e percentagem de variância explicada (VEX) por cada componente, para as amostras do Sub-grupo 1.

Variável	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9
FezOs	0,48	0,26	0,21	-0,11	0,05	-0,06	-0,03	0,01	0,80
Ba	0,25	-0,01	-0,69	0,35	-0,12	0,44	-0,34	-0,02	0,11
Mn	0,22	0,58	0,03	-0,39	0,20	0,19	-0,25	-0,42	-0,38
P	0,42	-0,12	0,02	-0,36	-0,44	-0,19	-0,31	0,54	-0,27
Cr	0,02	0,64	0,11	0,47	-0,10	0,07	0,26	0,50	-0,17
Cu	0,27	-0,32	0,53	0,01	-0,05	0,71	0,13	-0,02	-0,12
Pb	0,38	-0,10	-0,41	-0,28	0,19	0,01	0,74	0,04	-0,11
V	0,40	-0,03	0,10	0,45	-0,39	-0,41	0,13	-0,51	-0,19
Zn	0,33	-0,25	0,08	0,28	0,75	-0,25	-0,28	0,15	-0,18
VEX	35%	18%	12%	10%	8%	6%	5%	3%	2%

Tabela 28. Parâmetros do modelo de regressão do FezOs para as amostras do Sub-grupo 1. F = coeficiente de Fisher; NSF = nível de significação de F.

Variável	Coeficiente	Erro padrão	F	NSF
Mn	$7,7 \times 10^{-4}$	$5,8 \times 10^{-5}$	2240	0,0
P	$4,3 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$	80	0,0
V	$1,2 \times 10^{-1}$	$2,0 \times 10^{-2}$	60	0,0
Zn	$2,0 \times 10^{-2}$	$5,7 \times 10^{-3}$	13	0,0
Modelo	-	-	598	0,0

3.1.3.3. Sub-grupo 2

O tratamento realizado foi semelhante ao precedente, porém considerou-se um maior número de variáveis, pois suas respectivas amplitudes e variâncias assim o permitiram (Tabela 29). Observou-se, em geral, um aumento das amplitudes, médias e quartis em relação ao Sub-grupo 1. Os testes de ajuste das distribuições indicaram comportamento normal para Mn e log-normal para FezOs, Ba, P, Cr, V e Zn.

Os coeficientes de correlação incluíram-se na Tabela 30. Apreciou-se uma mudança nas características das associações em relação ao Sub-grupo 1. Por exemplo, no caso do FezOs, o P não apareceu correlacionado e o Cr sim, como se observa nos diagramas A e B da Figura 33. Outros fatos a destacar foram a correlação fraca Mn-Cr (Figura 33C), a relação antagônica Au-V

(Figura 33D), e as correlações entre Co, Cr e V confirmadas pelos diagramas de dispersão (Figura 34). O diagrama Cu-Zn (Figura 34D) evidenciou a falta de correlação entre os referidos elementos, em oposição ao sugerido pelos valores dos coeficientes de correlação. Novamente foi utilizada a ACP na tentativa de melhorar a interpretação da tabela de correlação. Os dados foram transformados pela raiz quadrada e padronizados. As variáveis consideradas foram FezOs, Mn, P, Au, Ba, Co, Cr, Cu, Pb, V e Zn. Os pesos das variáveis para cada componente e a variância associada em cada caso apresentam-se na Tabela 31.

Finalmente procurou-se confirmar algumas das associações antes citadas por meio da análise de regressão. Na Tabela 32 são mostrados os coeficientes de Fisher e seu grau de significação considerando diferentes modelos. Todos os modelos ensaiados são adequados, pois explicam entre 89% e 95% da variância do FezOs. Porém observa-se que o coeficiente do Au perde significação quando o Mn é agregado ao modelo 01 (modelo 02). Além disso, o Au não mostrou possuir uma boa correlação com o FezOs. Assim, o bom ajuste do modelo 01 seria devido a um efeito compensatório do Au, combinando bem com os valores do Co e o V para reproduzir o conteúdo de FezOs. As diferentes associações são um reflexo do controle do FezOs sobre a variância dos dados, como o demonstra a CP1 (Tabela 31).

Tabela 29. Estatísticas básicas para as 50 amostras do Sub-grupo 2. D.P.= Desvio padrão e Q₁= Quartil 1.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	Q ₁	Q ₂	Q ₃
FezOs	0,8	4,9	1,8	1,0	1,2	1,6	2,0
Mn	649	2182	1262	288	1053	1274	1433
P	24	295	80	57	38	61	94
Au	5	130	48	21	40	50	60
As	0	170	10	27	0	5	8
Ba	2	618	27	86	7	12	21
Co	1	21	4	3	2	3	5
Cr	3	26	13	5	10	13	17
Cu	12	380	45	68	17	22	34
Mo	0	6	2	1	1	2	3
Pb	0	95	6	13	2	4	6
Sb	0	5	2	1	0	2	3
V	0	28	6	6	2	4	8
Zn	2	22	7	5	4	5	9

Tabela 30. Coeficientes de correlação de Pearson (triângulo acima da diagonal) e por postos de Kendall (triângulo abaixo da diagonal), para as 50 amostras do **Sub-grupo 2**. Em negrito, os coeficientes significativos a um nível de 5% e cuja correlação foi confirmada pelos diagramas de dispersão.

	FezOs	Mn	P	As	Au	Ba	Co	Cr	Cu	Pb	V	Zn
FezOs	1	0,6	0,3	0,3	0,1	0,0	0,6	0,5	0,2	0,2	0,7	0,5
Mn	0,5	1	0,2	0,0	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3
P	0,4	0,3	1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,3
As	0,2	0,1	0,1	1	0,1	0,0	0,2	0,1	-0,1	0,1	0,0	0,2
Au	0,0	0,1	0,0	0,0	1	0,0	-0,1	0,0	-0,3	0,0	-0,5	0,0
Ba	0,3	0,3	0,4	0,1	0,0	1	-0,1	-0,2	0,3	0,1	-0,1	0,2
Co	0,7	0,4	0,2	0,3	-0,1	0,2	1	0,6	0,2	0,3	0,5	0,1
Cr	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	-0,1	0,5	1	0,1	0,1	0,3	-0,2
Cu	0,5	0,1	0,4	0,1	-0,2	0,4	0,4	0,2	1	0,0	0,4	0,6
Pb	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,3	0,3	0,1	0,3	1	0,0	0,1
V	0,6	0,2	0,2	0,1	-0,3	0,2	0,5	0,4	0,5	0,2	1	0,4
Zn	0,4	0,2	0,3	0,1	-0,1	0,5	0,3	-0,1	0,4	0,4	0,3	1

Tabela 31. Pesos das variáveis para a ACP dos dados transformados pela raiz quadrada e percentagem de variância explicada (VEX) por cada componente, para as amostras do **Sub-grupo 2**.

Variável	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11
FezOs	0,45	-0,16	0,06	-0,12	-0,15	0,17	0,16	0,34	0,16	0,16	-0,71
Ba	0,16	0,47	0,29	0,19	-0,05	-0,58	0,01	0,50	-0,03	-0,20	0,05
Mn	0,32	-0,11	0,38	-0,07	-0,41	-0,04	-0,64	-0,28	0,26	-0,06	0,12
P	0,24	0,13	0,20	-0,65	0,63	-0,08	-0,16	-0,05	-0,13	0,14	0,04
Au	-0,12	-0,13	-0,66	-0,11	-0,15	0,18	0,51	0,08	0,12	0,27	0,35
Co	0,40	-0,28	-0,04	0,20	-0,13	-0,14	0,02	-0,04	-0,74	0,32	0,17
Cr	0,22	-0,55	0,02	-0,05	0,15	-0,32	0,32	-0,15	0,11	-0,62	0,06
Cu	0,31	0,39	-0,18	0,01	-0,12	-0,28	0,39	-0,59	0,24	0,25	-0,04
Pb	0,22	0,00	0,26	0,68	0,56	0,23	-0,07	-0,13	0,16	0,06	-0,05
V	0,37	-0,07	-0,44	-0,03	0,04	0,13	-0,01	0,40	0,39	0,15	0,56
Zn	0,32	0,41	0,03	-0,07	-0,14	0,57	0,15	-0,06	-0,27	-0,52	0,12
VEX	34%	18%	15%	9%	6%	5%	5%	4%	2%	2%	1%

Tabela 32. Coeficientes de Fisher; nível de significação (em %) para diversos modelos de regressão ensaiados sobre as amostras do **Sub-grupo 2**. Sempre FezOs em função das variáveis cujos coeficientes são colocados.

Modelo	R ²	Modelo	Mn	Au	Co	Cr	V	Zn
01	0,95	304; 0		672; 0	163; 0		76; 0	
02	0,95	186; 0	827; 0	1; 42	39; 0		59; 0	3; 11
03	0,93	136; 0	616; 0		28; 0	2; 12	28; 0	6; 2
04	0,92	201; 0	553; 0		25; 0		26; 0	
05	0,92	152; 0	555; 0		25; 0	2; 14	25; 0	
06	0,92	135; 0	499; 0		13; 0	11; 0		18; 0
07	0,89	129; 0	368; 0		8; 0	10; 0		

3.1.3.4. Sub-grupo 3

Este sub-grupo integrou-se por 15 amostras, o que equivale a 6.5% do total. Uma das suas particularidades foram os altos teores de Fe_2O_3 , P e Cr, como se vê na Tabela 33. Observe-se também que os intervalos de variação, os desvios padrões e os quartis indicaram certa uniformidade para as amostras correspondentes. Os coeficientes de correlação incluíram-se na Tabela 34. O baixo número de amostras do sub-grupo deixou dúvidas com respeito à real existência de algumas correlações, porém aquelas com coeficiente de correlação em negrito são válidas, no mínimo, para o 80% das amostras. Observaram-se algumas associações distintas como Fe_2O_3 -Cu, Ba-Pb e Pb-V, indicando um papel mais ativo do Pb (a correlação P-Pb também foi confirmada). Isto chama a atenção, pois este elemento não evidenciou enriquecimento para este sub-grupo. O baixo número de amostras que integraram este sub-grupo e a falta de precisão dos dados analíticos para vários dos elementos tratados geraram contradições entre os coeficientes de correlação estimados por um e outro método, deixando dúvidas sobre a existência de algumas associações, mesmo depois de efetuada a análise dos diagramas de dispersão. Isto também foi válido para os sub-grupos 4 e 5, que serão considerados nas próximas seções.

Tabela 33. Estatísticas básicas para as 15 amostras do Sub-grupo 3.
D.P.= Desvio padrão e Q_1 = Quartil 1.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	Q_1	Q_2	Q_3
Fe_2O_3	1,5	3,8	2,6	0,5	2,3	2,7	2,9
Mn	809	1233	1014	130	890	1008	1132
P	41	150	80	28	61	75	83
Ba	1	125	18	30	7	9	17
Au	5	30	11	5	10	10	10
As	0	9	2	3	0	0	3
Co	1	13	4	3	3	3	4
Cr	71	114	92	12	81	93	102
Cu	16	84	38	14	34	35	39
Mo	0	7	2	2	0	1	3
Pb	0	16	4	4	2	4	4
Sb	0	7	2	2	1	1	3
V	2	8	4	2	3	4	4
Zn	2	14	6	3	4	6	8

Tabela 34. Coeficientes de correlação de Pearson (triângulo acima da diagonal) e por postos de Kendall (triângulo abaixo da diagonal), para as 15 amostras do **Sub-grupo 3**. Em **negrito**, aqueles valores significativos a um nível de 5% e cuja correlação foi confirmada pelos diagramas de dispersão.

	FezOs	Mn	P	Ba	Co	Cr	Cu	Pb	V	Zn
FezOs	1	0.20	0.32	0.11	0.38	0.41	0.84	0.18	-0.08	-0.19
Mn	0.48	1	-0.09	-0.11	0.05	0.69	-0.14	-0.21	0.11	-0.05
P	0.26	0.00	1	0.32	-0.06	0.00	0.24	0.47	0.05	-0.12
Ba	-0.04	-0.32	0.43	1	-0.02	-0.05	0.07	0.89	0.75	-0.03
Co	0.11	0.28	0.13	0.16	1	0.32	0.64	-0.15	0.18	0.02
Cr	0.51	0.53	0.05	-0.15	0.36	1	0.31	-0.09	0.22	-0.36
Cu	0.70	0.24	0.45	0.03	0.06	0.57	1	0.16	-0.08	-0.11
Pb	0.12	-0.23	0.44	0.38	-0.24	-0.06	0.29	1	0.61	0.12
V	-0.02	0.07	0.01	0.24	0.30	0.23	0.10	0.21	1	-0.13
Zn	-0.27	-0.20	0.07	0.02	0.07	-0.23	-0.21	0.25	-0.10	1

3.1.3.5. Sub-grupo 4

Este sub-grupo foi interpretado como representante de filões "mineralizados", sendo integrado por várias das "outliers" definidas pela ACP. Por tal motivo, mostrou intervalos de variação amplos e desvios padrões significativos (Tabela 35). Os referidos parâmetros manifestaram grande heterogeneidade para as amostras do sub-grupo, fato também demonstrado pela análise discriminante na etapa de classificação. Isto permitiu considerar um maior número de variáveis no cálculo dos coeficientes de correlação, que são apresentados na Tabela 36. Conforme os diagramas de dispersão, as correlações FezOs-As, FezOs-Mo, Mn-Mo, P-As, P-Mo, P-V e Co-Cr verificaram-se parcialmente.

Tabela 35. Estatísticas básicas para as 14 amostras do **Sub-grupo 4**. D.P.= Desvio padrão e Q_1 = Quartil 1.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	Q_1	Q_2	Q_3
FezOs	1,6	15,6	4,3	4,0	2,0	2,6	4,8
Mn	795	18070	2373	4524	998	1264	1403
P	48	664	149	169	57	95	120
Au	10	3200	433	830	60	147	340
As	0	101	17	27	1	8	17
Ba	8	485	60	123	16	25	51
Co	2	230	23	60	3	5	14
Cr	5	40	19	8	13	19	25
Cu	27	764	157	185	76	126	152
Mo	1	14	4	4	1	3	5
Pb	0	15340	1280	4097	3	6	33
Sb	0	14	3	4	1	2	4
V	5	76	27	21	9	22	36
Zn	3	740	84	197	6	12	22

Tabela 36. Coeficientes de correlação de Pearson (triângulo acima da diagonal) e por postos de Kendall (triângulo abaixo da diagonal), para as 14 amostras do Sub-grupo 4. Em negrito, os valores significativos a um nível de 5% e cuja correlação foi confirmada pelos diagramas de dispersão.

	FezOs	Mn	P	As	Au	Ba	Co	Cr	Cu	Mo	Pb	Sb	V	Zn
FezOs	1	-0,1	1,0	0,8	0,0	-0,1	0,0	0,2	-0,1	0,7	-0,1	-0,2	0,4	-0,1
Mn	0,2	1	0,0	-0,1	-0,2	1,0	1,0	0,7	0,1	0,0	-0,1	-0,3	0,4	0,0
P	0,5	0,0	1	0,8	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,6	-0,1	-0,3	0,5	-0,2
As	0,3	0,1	0,1	1	-0,2	-0,1	0,0	0,0	-0,2	0,8	-0,2	-0,3	0,0	-0,2
Au	0,2	-0,1	-0,1	0,2	1	-0,1	-0,2	-0,2	0,0	-0,2	1,0	0,4	0,0	0,4
Ba	0,2	0,2	0,1	0,2	0,0	1	1,0	0,7	0,0	-0,1	0,0	-0,3	0,4	0,0
Co	0,2	0,6	0,1	0,4	-0,1	0,3	1	0,7	0,1	0,0	-0,1	-0,3	0,4	0,0
Cr	0,3	0,4	0,0	0,2	0,2	0,3	0,5	1	-0,4	0,1	-0,3	-0,1	0,4	0,1
Cu	0,2	-0,1	0,6	-0,2	-0,2	0,1	-0,2	-0,1	1	-0,2	0,1	0,0	0,2	0,0
Mo	0,1	0,5	0,0	0,3	0,1	0,1	0,6	0,2	-0,2	1	-0,3	-0,3	-0,1	-0,3
Pb	0,2	0,2	0,2	-0,3	0,3	0,0	0,2	0,1	0,3	0,1	1	0,3	0,0	0,3
Sb	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	0,4	-0,3	-0,4	-0,2	-0,2	-0,1	0,2	1	-0,2	0,9
V	0,3	0,1	0,5	-0,1	-0,1	0,2	0,1	0,2	0,5	-0,1	0,2	-0,2	1	0,0
Zn	0,3	0,1	0,3	-0,2	0,2	0,1	-0,1	0,2	0,4	-0,2	0,5	-0,1	0,4	1

3.1.3.6. Sub-grupo 5

Como verificou-se na análise de variância e na análise discriminante, este sub-grupo possui um comportamento semelhante ao do fundo geoquímico, porém com enriquecimento em Fe, Mn, Cr, Mo e possivelmente Co e Cu. Algumas das suas estatísticas são mostradas na Tabela 37. Novamente calcularam-se os coeficientes de correlação de Pearson e por postos de Kendall, como uma primeira aproximação da existência de associações entre as variáveis (Tabela 38). As associações do Fe com Co e Cr não foram confirmadas pelos diagramas de dispersão, como é indicado na Tabela 38. A correlação FezOs-Mn é característica do fundo geoquímico. A associação Ba-Pb também foi apresentada pelo Sub-grupo 3. Ba-P, Cu-Pb e Cu-Zn constituem correlações típicas deste sub-grupo.

Tabela 37. Estatísticas básicas para as 13 amostras do Sub-grupo 5. D.P.= Desvio padrão e Q_1 = Quartil 1.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	Q_1	Q_2	Q_3
FezOs	0,8	2,3	1,6	0,5	1,5	1,7	2,1
Mn	290	1822	1201	555	881	1407	1662
P	22	59	39	12	30	38	46
Au	5	2	10	4	10	10	10
As	0	13	4	4	2	4	6
Ba	0	25	9	8	3	7	12
Co	1	7	3	2	1	3	4
Cr	19	27	23	3	20	22	26
Cu	15	43	28	8	23	27	31
Mo	0	8	3	2	1	3	3
Pb	2	14	6	3	4	5	6
Sb	0	4	2	1	2	2	3
V	1	4	2	1	2	2	3
Zn	3	16	7	4	4	6	10

Tabela 38. Coeficientes de correlação de Pearson (triângulo acima da diagonal) e por postos de Kendall (triângulo abaixo da diagonal), para as 13 amostras do Sub-grupo 5. Em negrito, os valores significativos a um nível de 5% e cuja correlação foi confirmada pelos diagramas de dispersão.

	FezOs	Mn	P	Ba	Co	Cr	Cu	Pb	Zn
FezOs	1	0,79	-0,05	0,01	0,55	0,40	0,16	0,18	0,02
Mn	0,70	1	-0,32	-0,48	0,43	0,39	-0,24	0,37	0,01
P	-0,07	-0,24	1	0,60	0,09	0,03	0,43	0,23	-0,09
Ba	-0,08	-0,29	0,55	1	-0,19	-0,23	0,55	0,85	0,20
Co	0,42	0,39	-0,06	-0,16	1	0,22	-0,06	0,10	-0,47
Cr	0,31	0,31	0,15	-0,14	0,18	1	0,11	-0,23	0,00
Cu	0,21	0,00	0,32	0,35	0,15	0,18	1	0,56	0,51
Pb	0,03	-0,20	0,14	0,45	0,00	-0,17	0,37	1	0,31
Zn	0,05	0,02	-0,12	0,00	-0,35	-0,04	0,40	0,32	1

3.1.4. Mapeamento geoquímico

A Figura 35 mostra a distribuição espacial do **FezOs** na área de pesquisa, representando 7 intervalos de variação com símbolos diferentes. Os mapas para **Mn** e **Au** expõem-se nas Figuras 36 e 37. A variável CUPBZN da Figura 38 representa a soma dos teores de **Cu**, **Pb** e **Zn**, divididos pelas respectivas medianas (22 ppm para **Cu**, 4 ppm para **Pb** e 6 ppm para **Zn**). No mapa da Figura 39 foram representados os sub-grupos definidos pela análise multivariada dos dados, sendo indicada, nos casos disponíveis, a direção dos filões.

3.2. SEDIMENTOS DE CORRENTE

3.2.1. Tratamento univariado

3.2.1.1. Estudo preliminar

Na Tabela 39 mostram-se as estatísticas básicas de 21 dos elementos analisados para as 341 amostras de sedimentos de corrente coletadas. O Cd não foi considerado, devido a sua estreita amplitude (0-1 ppm) e ao fato de que 98% das amostras possuíam teores nulos. Ag, Be, Mo, Nb, Sb e W mostraram intervalos de variação inexpressivos, com mais de 85% da população próxima ou no extremo inferior de variação. Por tais motivos, as estimativas de simetria e forma das suas distribuições não foram calculadas, e as referidas variáveis não foram levadas em conta para o tratamento estatístico posterior. As, B e Sn mostraram uma alta percentagem de amostras abaixo dos seus LID (Tabela 1), sendo considerados eventualmente e em caráter experimental. O resto dos elementos apresentaram variâncias adequadas, sendo que os valores de assimetria e curtose sugeriram leis de distribuição assimétricas positivas e leptocúrticas, a exceção do Fe_2O_3 que seria platicúrtico.

3.2.1.2. Leis de distribuição

Os resultados dos testes χ^2 e Kolgomorov-Smirnov estão na Tabela 40. Para cada variável, incluíram-se os parâmetros correspondentes à curva teórica de melhor ajuste que foi obtida por repetição do processo sucessivas vezes, até se conseguir a melhor aproximação possível. Observa-se que Fe_2O_3 , Mn, P, Ba e Zn verificaram um comportamento log-normal para ambos testes ensaiados (níveis de significação superiores a 0.05). O B na curva normal e Co, Cu e V no caso da curva log-normal confirmaram normalidade somente para o teste de Kolgomorov-Smirnov. Os histogramas para estas variáveis sugeriram um bom ajuste à curva teórica, sendo que as três últimas mostraram deformação na lateral superior (Figura 40). Pb, Sn e Y não evidenciaram normalidade para nenhum dos testes e seus histogramas insinuaram deformação em ambas laterais (Figura 41). Os histogramas sugeriram comportamento multimodal para As, Cr e Ni (Figura 41). Por tal motivo, para os 3 últimos os testes estatísticos não foram realizados.

Tabela 39. Estatísticas para as 341 amostras de sedimentos de correntes de 18 dos elementos analisados. FezOs em %, o resto em ppm. D.P.= Desvio padrão, CV = coeficiente de variação, Q_{1,2,3} = Quartis primeiro, segundo e terceiro; As = Assimetria e Cur = Curtose.

Variável	Média	D.P.	CV	Amplitude	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Sk	Cur
FezOs	6	2	0,3	2-12	5	6	7	0,7	0,0
Mn	1313	951	0,7	146-7320	758	1110	1130	3	10
P	349	226	0,6	126-2816	236	308	406	7	63
Ag	0	0,1	3,0	0-0,8	0	0	0		
As	7	8	1,1	0-107	3	6	10	6	71
B	10	4	0,4	0-29	7	10	12	1	2
Ba	447	131	0,3	185-1158	358	437	505	1,5	5
Be	2	1	0,4	1-4	1	2	2		
Co	18	12	0,7	3-93	10	14	23	2	5
Cr	127	126	1,0	17-1028	47	77	180	3	11
Cu	35	38	1,0	7-532	22	28	37	9	106
Mo	0	1	4,0	0-11	0	0	0		
Nb	1	2	2,1	0-10	0	0	1		
Ni	65	68	1,0	7-574	25	39	78	3	13
Pb	15	10	0,7	0-87	10	14	17	3	19
Sb	1	1	2,0	0-8	0	0	1		
Sn	7	5	0,7	0-23	4	6	9	0,7	0,4
V	93	37	0,4	45-314	70	82	101	2	8
W	1	2	2,0	0-9	0	0	1		
Y	23	8	0,3	5-87	18	22	26	3	18
Zn	83	26	0,3	32-231	65	81	94	1	5

Tabela 40. Resultados dos testes de ajuste das distribuições para as amostras de sedimentos de corrente. Dist.= tipo de distribuição ensaiada (normal ou lognormal); Média e D.P.= média e desvio padrão da curva teórica ajustada; Chi², G.L. e NS 1= estatística, graus de liberdade e nível de significação do teste Chi²; K-S e NS 2= estatística e nível de significação do teste de Kolgomorov-Smirnov.

Variável	Dist.	Média	D.P.	Chi ²	G.L.	NS 1	K-S	NS 2
FezOs	Logn.	6	2	16	13	0,24	0,03	0,99
Mn	Logn.	1350	950	18	13	0,17	0,05	0,43
P	Logn.	343	150	2	4	0,72	0,05	0,41
Ba	Logn.	446	125	14	7	0,05	0,04	0,99
B	Norm.	10	4	33	15	0,01	0,07	0,09
Co	Logn.	18	12	43	13	0,00	0,05	0,35
Cu	Logn.	30	12	51	8	0,00	0,06	0,18
Pb	Logn.	15	7	112	11	0,00	0,09	0,01
Sn	Logn.	8	7	65	17	0,00	0,10	0,00
V	Logn.	88	25	62	9	0,00	0,06	0,22
Y	Logn.	23	7	34	9	0,00	0,08	0,03
Zn	Logn.	82	25	18	14	0,21	0,06	0,20

3.2.1.3. Análise de variância

Neste caso a análise de variância foi realizada considerando as diferentes idades das rochas de procedência dos sedimentos de corrente, a partir do esboço geológico de Pena et al. (1982) à escala 1:50000. O grupo 1 representou os litotipos situados ao ocidente da Falha "Fraile Muerto", do Proterozóico médio-inferior, e o grupo 2 integrou as rochas do "Grupo Lavalleya" do Cambriano-Proterozóico superior. Na Tabela 41 incluíram-se os resultados obtidos para o teste-F e o não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Segundo os dados da Tabela 41, FezOs, P, B, Pb e Zn estariam enriquecidos nas amostras relacionadas ao Grupo Lavalleya. Em contraposição, as médias de Ba, Co, Cr, Ni, Sn, V e Y foram maiores para as amostras ligadas às formações do Proterozóico médio-inferior. Mn, As e Cu não foram afetados por este fator. Deve-se destacar que as diferenças entre as médias de B e Y foram da ordem ou inferiores aos valores esperados em função da reprodutibilidade dos dados (Tabela 1). Dependendo do valor de precisão considerado, esta situação repetiu-se para FezOs, V e Zn.

Tabela 41. Resultados da análise de variância segundo a idade das rochas de procedência para as amostras de sedimentos de correntes (1 grau de liberdade entre grupos e 302-315 graus de liberdade residuais). Esclarecimentos sobre o significado das colunas na Tabela 8. Nesta tabela, a coluna "Comparação" foi substituída por duas colunas com as médias aritméticas (tratamento sem transformação) ou geométricas (tratamento em logaritmos) dos grupos 1 e 2 (X_1 e X_2).

Variavel	Trat.	F	NS 1	Homg.	X_1	X_2	KW	NS 2
FezOs		5,4	0,02	Sim	5,7	6,3	7	0,01
Mn	Ln	0,8	0,38	Sim	992	1097	2	0,20
P	Ln, <1000	49,5	0,00	Sim	270	365	39	0,00
As	Ln, <50	5,5	0,02	Não	3	5	3	0,09
B	Ln, 20	4,2	0,04	Não	9	10	14	0,00
Ba	Ln	8,2	0,00	Sim	467	425	15	0,00
Co	Ln	60,0	0,00	Sim	18	12	51	0,00
Cr	Ln, <500	315,0	0,00	Não	143	51	170	0,00
Cu	Ln, <200	4,8	0,04	Não	27	31	4	0,06
Ni	Ln, <200	219,0	0,00	Não	66	27	139	0,00
Pb	Ln, <35	16,0	0,00	Não	8	13	21	0,00
Sn	Ln	75,0	0,00	Não	8	3	99	0,00
V	Ln, <200	6,4	0,00	Sim	90	81	5	0,03
Y	Ln, <40	11,4	0,00	Não	22	20	5	0,03
Zn	Ln	13,0	0,00	Sim	74	81	10	0,00

3.2.2. Tratamento multivariado

3.2.2.1. Identificação das "outliers"

Como no caso dos filões, as ""outliers"" foram detectadas pela utilização das estatísticas dz_1^2 e ds_1^2 , calculadas em função das últimas componentes principais (aquelas cuja variância associada é menor que a de uma das variáveis originais), e pela observação dos diagramas de dispersão dos "scores" (seção 2.3.3.1.). As duas sub-populações definidas pela idade da rocha mãe foram tratadas em forma independente. Em ambos os casos, a ACP foi realizada para 12 variáveis (FezOs, Mn, P, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Y e Zn), com os dados transformados e padronizados. Foram rejeitadas 24 amostras localizadas nas proximidades da Falha "Fraile Muerto", devido ao fato de se desconhecer a rocha de procedência. Este sub-grupo de 24 amostras será considerado posteriormente. Parte dos resultados obtidos são expostos nas Tabelas 42 e 43. Para as 154 amostras associadas às formações do Proterozóico médio-inferior foram definidas 20 "outliers", indicadas pelos números: 0188, 0201, 0246, 0257, 0258, 0260, 0287, 0309, 2212, 2236, 2249, 2255, 2285, 2288, 2303, 2307, 2309, 2316, 6230 e 6240. No caso das 163 amostras relacionadas às rochas do "Grupo Lavalleya" foram detectadas 33 "outliers": 0189, 0190, 0192, 0208, 0211, 0218, 0224, 0230, 0235, 0236, 0237, 0238, 0239, 2269, 2272, 2277, 2278, 2319, 2335, 2339, 2345, 2351, 2371, 2380, 2391, 2401, 6211, 6260, 6264, 6265, 6312, 6322 e 8001.

Tabela 42. Pesos das variáveis e variâncias explicadas (VKX) pela ACP utilizada na detecção das "outliers", para as 154 amostras de sedimentos de corrente relacionadas às Formações do Proterozóico médio-inferior.

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12
FezOs	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	-0,3	0,0	0,3	0,6	0,4	-0,1
Mn	0,2	0,3	-0,1	-0,6	0,0	0,2	0,2	-0,4	-0,3	0,2	-0,3	-0,1
P	0,0	0,4	-0,3	0,5	-0,4	-0,2	0,0	-0,5	0,2	-0,1	-0,0	0,0
Ba	-0,1	0,5	-0,3	0,0	-0,3	-0,1	-0,1	0,7	-0,2	0,2	0,0	0,0
Co	0,4	0,2	-0,1	-0,3	0,1	-0,1	-0,2	0,0	0,1	-0,6	0,5	0,0
Cr	0,4	-0,2	-0,3	0,0	0,1	-0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,7
Cu	0,2	0,1	0,6	0,2	-0,1	-0,4	0,0	-0,1	-0,6	0,1	0,2	-0,0
Ni	0,4	-0,2	-0,3	0,0	0,1	-0,3	0,3	0,1	0,0	0,2	0,0	0,7
Pb	-0,2	0,4	0,3	-0,3	0,2	-0,5	0,2	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0
V	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	-0,4	0,1	0,2	-0,2	-0,7	0,1
Y	0,0	0,4	-0,1	0,4	0,7	0,3	0,2	0,0	-0,2	-0,1	0,1	0,0
Zn	0,3	0,1	0,4	0,1	-0,4	0,4	0,6	0,2	0,2	-0,2	0,0	0,0
VKX	38%	19%	12%	10%	6%	5%	3%	2%	2%	1%	1%	0%

Tabela 43. Pesos das variáveis e variâncias explicadas (VEX) da análise em componentes principais utilizada na detecção das "outliers", para as 163 amostras de sedimentos de corrente relacionadas às rochas do "Grupo Lavalleya".

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12
FezOs	0,4	0,0	0,1	0,0	-0,2	-0,1	-0,2	-0,7	0,4	0,1	0,2	0,1
Mn	0,2	-0,5	0,2	0,0	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	-0,6	0,4	-0,2	0,0
P	0,0	-0,2	0,0	-0,9	-0,2	-0,2	-0,2	0,3	0,3	-0,1	0,0	0,0
Ba	0,1	-0,5	0,1	0,4	0,0	-0,2	0,3	0,3	0,6	0,1	0,0	0,0
Co	0,4	-0,1	0,0	0,1	-0,4	0,1	0,1	0,2	-0,2	-0,7	0,2	0,1
Cr	0,3	0,1	-0,6	0,0	0,1	-0,1	-0,1	0,2	0,0	0,2	-0,1	0,7
Cu	0,3	0,3	0,4	-0,1	0,0	0,2	0,1	0,4	0,0	0,4	0,6	0,0
Ni	0,3	0,1	-0,5	0,0	0,1	-0,1	-0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	-0,7
Pb	0,2	-0,4	0,1	0,0	0,3	0,6	-0,6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
V	0,3	0,4	0,3	0,1	-0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	0,0	-0,7	-0,1
Y	0,2	0,0	0,3	0,0	0,6	-0,6	-0,1	0,0	-0,2	-0,2	0,0	0,0
Zn	0,3	-0,2	-0,1	-0,3	0,3	0,3	0,7	-0,2	-0,1	0,0	-0,1	0,0
VEX	32%	19%	14%	9%	7%	6%	4%	3%	2%	2%	1%	0%

3.2.2.2. Estudo das relações entre as variáveis

3.2.2.2.1. Coeficientes de correlação e diagramas de dispersão

Em função das considerações sobre os coeficientes de correlação realizadas na seção 3.1.2.2., foram calculados os coeficientes de Pearson para as 341 amostras de sedimentos, levando em conta os dados na sua expressão original ou transformados em logaritmos (Tabela 44). Vários dos coeficientes foram estatisticamente significativos, sendo que as diferenças entre os valores com e sem transformação foram pequenas, em geral, sugerindo a inexistência de amostras deformando os resultados. De qualquer maneira, concordando com o indicado na seção 3.1., examinaram-se os diagramas de dispersão, na procura de visualizar a distribuição dos dados em duas dimensões. Este procedimento evidenciou comportamentos diferentes para as sub-populações definidas pela idade das rochas de procedência. Para as amostras relacionadas ao Proterozóico médio-inferior confirmaram-se as correlações: FezOs-Co, FezOs-Cu, FezOs-Ni, FezOs-V, FezOs-Zn, Mn-Co, Co-Cr, Co-V, Cr-Ni, Cr-V, Cu-V, Cu-Zn, Ni-V e V-Zn. Somente as correlações: FezOs-Co, Cr-Ni, Co-V, Cu-V, Ba-Mn e Pb-Zn foram confirmadas para as amostras ligadas às rochas do Grupo Lavalleya, sendo que as quatro primeiras foram válidas para a população total. Em ambos os casos, a associação FezOs-Mn foi pobremente definida. Nas Figuras 42 a 47 foram incluídos vários

diagramas, ilustrando as referidas considerações. Observe-se que para as amostras ligadas às rochas do Grupo Lavallega, em vários dos diagramas parece haver pelo menos duas sub-populações.

Tabela 44. Coeficientes de correlação de Pearson para as 341 amostras de sedimentos de corrente considerando os dados na sua expressão original (triângulo acima da diagonal) e usando a transformação logarítmica (triângulo abaixo da diagonal). Os valores significativos a um nível de 5% foram destacados em negrito.

	FezOs	Mn	P	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sn	V	Y	Zn
FezOs	1	0,4	0,1	0,2	0,1	0,0	0,6	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0	0,7	0,2	0,5
Mn	0,5	1	0,1	0,3	0,1	0,4	0,5	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0	0,1	0,1	0,3
P	0,2	0,2	1	0,0	0,0	0,3	0,0	-0,1	0,0	-0,1	0,1	-0,1	-0,1	0,1	0,1
As	0,3	0,3	0,1	1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2
B	0,0	0,1	0,1	0,1	1	0,0	-0,1	-0,1	0,0	-0,1	0,4	0,1	-0,1	0,0	0,2
Ba	0,0	0,4	0,1	0,2	0,0	1	0,2	-0,1	-0,2	0,1	0,3	0,1	-0,2	0,2	0,0
Co	0,6	0,6	0,0	0,2	0,0	0,2	1	0,6	0,2	0,7	-0,1	0,3	0,5	0,1	0,3
Cr	0,3	0,1	-0,2	0,0	-0,1	0,0	0,7	1	0,1	1,0	-0,3	0,6	0,3	0,0	0,2
Cu	0,6	0,2	0,0	0,2	0,1	-0,2	0,4	0,2	1	0,1	0,0	0,0	0,7	0,2	0,4
Ni	0,4	0,1	-0,2	0,1	-0,1	0,0	0,7	1,0	0,3	1	-0,3	0,5	0,3	0,0	0,2
Pb	-0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4	-0,2	-0,4	-0,2	-0,4	1	-0,2	-0,1	0,1	0,2
Sn	-0,1	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,2	0,4	-0,1	0,4	0,2	1	0,1	0,1	0,1
V	0,7	0,2	0,0	0,2	-0,1	0,3	0,6	0,4	0,8	0,4	-0,3	0,0	1	0,3	0,3
Y	0,2	0,2	0,0	0,0	-0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,0	0,0	0,3	1	0,1
Zn	0,6	0,4	0,2	0,3	0,2	0,0	0,4	0,2	0,5	0,3	0,0	0,0	0,4	0,1	1

3.2.2.2.2. Análise das Componentes Principais e Análise Fatorial

Com base nas considerações realizadas na seção 3.1., as "outliers" foram rejeitadas e os dados foram transformados pela raiz quadrada e padronizados previamente a cada tratamento. Em uma primeira etapa, foi realizada a ACP para as 288 amostras de sedimentos restantes ao descarte das "outliers". As variáveis incluídas no tratamento foram: FezOs, Mn, P, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Y e Zn. As variâncias explicadas por cada componente e os pesos das variáveis estão na Tabela 45. Observe-se que as 5 primeiras componentes explicaram 83% da variância total, sendo que, a partir da CP5, cada componente explicou menos que a variância correspondente a uma das variáveis originais. Por tais motivos, realizou-se uma AFR com extração de 5 fatores pelo método dos fatores principais, nas condições mencionadas para a ACP. As cargas, communalidades e variâncias explicadas por cada fator depois de aplicar a rotação pelo critério Varimax apresentam-se na Tabela 46. Observe-se que os 5 fatores distribuíram de forma mais homogênea a variância global, diminuindo significativamente

aquela associada à CP1, e conseguiram explicar 63-97 % da variância associada a cada variável (comunalidades). O fato do fator 5 encontrar-se relacionado, em forma significativa, somente a uma variável (o P), sugeriu que o número de fatores extraídos foi adequado.

Posteriormente, as duas sub-populações definidas pela idade das rochas de procedência dos sedimentos foram tratadas em forma independente. A ACP e a AFR realizaram-se em condições idênticas às antes mencionadas, sendo os resultados expostos nas Tabelas 47 e 48, para as 134 amostras relacionadas as formações do Proterozóico médio-inferior, e nas Tabelas 49 e 50, para as 130 amostras ligadas as rochas do "Grupo Lavallega". Observe-se que os resultados da ACP e da AFR apresentaram diferenças quando foi tratada uma mesma sub-população, com uma distribuição mais uniforme da variância global no segundo caso. Por outro lado, ao comparar os resultados de um dos métodos (ACP ou AFR), para as duas sub-populações, apareceram relações características para cada uma delas.

Tabela 45. Pesos das variáveis e variâncias explicadas por cada CP (VEX), considerando as 288 amostras de sedimentos restantes ao descarte das "outliers".

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12
FezOs	0,8	0,3	0,3	0,1	-0,1	-0,2	0,1	-0,1	-0,4	-0,2	0,1	0,0
Mn	0,4	0,7	-0,1	0,3	0,0	-0,4	0,3	0,0	0,2	0,0	-0,1	0,0
P	-0,1	0,3	0,6	0,4	0,6	0,0	-0,2	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0
Ba	0,0	0,7	-0,6	0,0	0,0	0,1	-0,3	-0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Co	0,9	0,1	-0,3	0,2	0,0	-0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0
Cr	0,8	-0,4	-0,3	0,2	0,1	0,2	-0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,1
Cu	0,7	0,0	0,4	-0,4	0,0	0,0	-0,3	-0,1	0,3	-0,1	0,1	0,0
Ni	0,8	-0,3	-0,3	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,1
Pb	-0,4	0,7	0,0	-0,1	-0,2	0,2	-0,2	0,4	0,0	-0,1	0,0	0,0
V	0,8	-0,1	0,2	-0,3	-0,1	-0,2	-0,3	0,0	-0,1	0,2	-0,2	0,0
Y	0,3	0,3	-0,3	-0,7	0,5	0,1	0,2	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0
Zn	0,6	0,3	0,4	0,0	-0,2	0,5	0,3	-0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
VEX	39%	16%	12%	10%	6%	5%	4%	3%	3%	1%	1%	0%

Tabela 46. Cargas, variâncias explicadas para cada fator (VEX) e communalidades para a AFR depois da rotação Varimax, considerando as 288 amostras de sedimentos restantes ao descarte das "outliers".

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Communalidades
FezOs	0,79	0,21	0,32	-0,01	0,11	79 %
Mn	0,36	0,73	0,13	-0,01	0,16	72 %
P	0,06	0,01	-0,14	0,01	0,97	97 %
Ba	-0,18	0,82	-0,04	0,21	-0,10	76 %
Co	0,43	0,44	0,70	0,03	-0,05	87 %
Cr	0,23	0,01	0,92	0,01	-0,11	91 %
Cu	0,80	-0,17	0,14	0,32	-0,06	80 %
Ni	0,28	0,08	0,91	0,02	-0,08	92 %
Pb	0,00	0,53	-0,68	-0,03	0,01	75 %
V	0,76	-0,10	0,40	0,19	-0,16	81 %
Y	0,14	0,16	0,06	0,94	-0,08	93 %
Zn	0,76	0,17	0,06	-0,10	0,10	63 %
VEX	24%	15%	21%	9%	9%	

Tabela 47. Pesos das variáveis e variâncias explicadas (VEX) para a ACP aplicada sobre as 134 amostras de sedimentos de corrente relacionadas às formações do Proterozóico medio-inferior, restantes ao descarte das "outliers".

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12
FezOs	0,4	0,1	0,0	-0,1	0,0	0,0	-0,3	-0,2	-0,5	-0,5	-0,5	0,0
Mn	0,2	0,4	-0,3	-0,2	0,3	0,5	0,1	-0,2	0,3	0,2	-0,3	-0,1
P	0,1	0,3	0,3	0,9	-0,1	0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ba	-0,1	0,6	-0,3	0,1	-0,2	-0,6	0,3	-0,3	-0,1	0,1	0,0	0,0
Co	0,4	0,2	-0,2	0,0	0,3	0,0	-0,2	0,1	0,0	-0,3	0,8	0,0
Cr	0,4	-0,2	-0,1	0,2	0,1	-0,2	0,4	0,3	0,0	0,0	-0,1	-0,7
Cu	0,4	0,0	0,1	-0,1	-0,4	-0,2	-0,2	0,1	0,7	-0,3	-0,1	0,1
Ni	0,4	-0,1	-0,1	0,1	0,1	-0,1	0,5	0,2	-0,1	0,0	-0,1	0,7
Pb	-0,3	0,4	-0,1	-0,2	0,0	0,0	-0,1	0,8	-0,2	-0,1	-0,2	0,0
V	0,4	0,0	0,1	-0,1	0,1	-0,3	-0,5	0,1	-0,1	0,7	0,0	0,0
Y	0,0	0,3	0,8	-0,3	0,4	-0,1	0,3	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,3	0,2	0,1	-0,3	-0,7	0,4	0,2	0,0	-0,3	0,1	0,2	0,0
VEX	49%	16%	9%	8%	6%	4%	4%	3%	2%	1%	1%	0%

Tabela 48. Cargas, variâncias explicadas para cada fator (VEX) e communalidades para a AFR depois da rotação Varimax. Foram consideradas as 134 amostras de sedimentos de corrente relacionadas às formações do Proterozóico médio-inferior, restantes ao descarte das "outliers".

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Communalidades
FezOs	0,72	-0,27	0,48	0,09	0,12	85 %
Mn	0,81	0,38	0,14	-0,03	0,06	82 %
P	0,09	0,11	0,04	0,97	0,09	96 %
Ba	0,11	0,82	0,05	0,22	-0,07	75 %
Co	0,93	-0,08	0,24	0,09	0,02	94 %
Cr	0,64	-0,58	0,30	0,14	-0,13	88 %
Cu	0,48	-0,29	0,71	0,09	-0,06	82 %
Ni	0,70	-0,52	0,30	0,12	-0,10	87 %
Pb	-0,28	0,80	-0,25	-0,03	0,15	79 %
V	0,66	-0,37	0,46	0,04	0,15	80 %
Y	0,06	0,06	0,09	0,09	0,97	96 %
Zn	0,27	0,01	0,90	0,01	0,06	89 %
VEX	31%	15%	17%	9%	9%	

Tabela 49. Pesos das variáveis e variâncias explicadas (VEX) para a ACP aplicada sobre as 130 amostras de sedimentos de corrente relacionadas às rochas do "Grupo Lavalleya", restantes ao descarte das "outliers".

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12
FezOs	0,4	0,0	0,0	-0,3	-0,2	0,0	0,0	-0,5	0,4	0,4	-0,2	0,0
Mn	0,3	-0,4	-0,1	-0,4	-0,2	0,3	0,1	0,2	-0,4	0,4	0,4	0,0
P	0,0	-0,1	0,5	-0,4	0,3	0,3	-0,5	0,0	0,1	-0,3	0,0	0,0
Ba	0,2	-0,5	-0,3	0,3	-0,1	0,2	-0,3	-0,5	-0,2	-0,3	-0,1	0,0
Co	0,4	-0,2	-0,1	-0,2	-0,3	-0,2	0,2	0,4	0,1	-0,5	-0,4	0,1
Cr	0,3	0,2	0,4	0,4	-0,3	0,0	-0,2	0,1	-0,1	0,1	0,1	0,6
Cu	0,3	0,4	-0,3	-0,1	0,4	0,0	-0,3	0,1	-0,5	0,1	-0,5	-0,1
Ni	0,4	0,1	0,4	0,3	-0,2	0,1	-0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	-0,7
Pb	0,2	-0,4	0,0	0,2	0,5	-0,5	-0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
V	0,3	0,4	-0,3	-0,2	-0,1	-0,3	-0,2	-0,1	0,1	-0,3	0,6	0,0
Y	0,3	0,1	-0,4	0,2	0,3	0,6	0,1	0,2	0,4	0,0	0,1	0,1
Zn	0,3	0,0	0,3	0,0	0,5	-0,1	0,6	-0,3	-0,2	-0,2	0,1	0,1
VEX	34%	16%	14%	9%	7%	6%	4%	3%	3%	2%	1%	1%

Tabela 50. Cargas, variâncias explicadas para cada fator (VEX) e communalidades para a AFR depois da rotação Varimax. Foram consideradas as 130 amostras de sedimentos de corrente relacionadas às rochas do "Grupo Lavalleya", restantes ao descarte das "outliers".

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Communalidades
FezOs	0,72	0,37	0,32	0,01	0,12	78 %
Mn	0,85	-0,01	-0,07	0,29	0,04	82 %
P	0,06	-0,22	0,07	0,02	0,86	80 %
Ba	0,37	-0,18	0,01	0,61	-0,50	79 %
Co	0,81	0,17	0,28	0,18	-0,08	80 %
Cr	0,06	0,13	0,96	-0,04	0,00	94 %
Cu	0,05	0,92	0,09	0,01	0,02	85 %
Ni	0,23	0,11	0,92	0,14	0,08	94 %
Pb	0,21	0,00	0,05	0,82	0,06	72 %
V	0,30	0,80	0,17	-0,26	-0,10	84 %
Y	0,06	0,62	0,11	0,37	-0,32	64 %
Zn	0,15	0,30	0,46	0,47	0,44	75 %
VEX	19%	19%	19%	13%	11%	

3.2.2.3. Estudo das relações entre as amostras

3.2.2.3.1. Classificação preliminar

Em função do tratamento precedente, as amostras puderam ser classificadas segundo 5 sub-populações:

- Sub-população 1: Fundo geoquímico relacionado às formações do Proterozóico médio-inferior (N = 134).
- Sub-população 2: Fundo geoquímico ligado às rochas do "Grupo Lavalleya" (N = 130).
- Sub-população 3: "Outliers" das amostras do Proterozóico médio-inferior (N = 20).
- Sub-população 4: Amostras não classificadas pela idade da rocha mãe, situadas nas proximidades da Falha "Fraile Muerto" (N = 24).
- Sub-população 5: "Outliers" das amostras do "Grupo Lavalleya" (N = 33).

Para não criar confusão com os sub-grupos definidos para as amostras de filões de quartzo, no desenvolvimento posterior, foi utilizado o termo "sub-população" no caso do sedimentos de corrente.

A análise da variância mostrou comportamentos opostos e boa significação para Ni e Pb, sugerindo que o quociente entre eles discriminaria as amostras de um e outro lado da Falha "Fraile muerto". As "outliers" relacionadas ao "Grupo Lavalleya" (Sub-população 5) mostraram

dois padrões de comportamento, considerando os teores de Cu, Pb e V, também sugeridos por Spangenberg (1985) para algumas anomalias geoquímicas. Um sub-conjunto de "outliers" mostrou altos conteúdos de Pb, com Cu e V secundários, e o outro enriquecimento em Cu e V, e empobrecimento em Pb. Estes fatos permitiram elaborar os diagramas da Figura 48. Os diagramas (A) e (B) demonstraram uma boa separação das amostras correspondentes às sub-populações 1 e 2. O diagrama (C) sugeriu semelhança entre as Sub-populações 3 e 4, e heterogeneidade para as amostras da Sub-população 5. Na procura de caracterizar as "outliers", que freqüentemente coincidiram com as anomalias estratégicas (Spangenberg, 1985), decidiu-se retrabalhar as 77 amostras ligadas às Sub-populações 3, 4 e 5, pela aplicação da análise discriminante.

3.2.2.3.2. Análise discriminante

As 77 amostras de sedimentos antes mencionadas foram reclassificadas. As Sub-populações 3 e 4 fundiram-se, dando lugar à Sub-população 4, devida o comportamento demonstrado na Figura 48C. A Sub-população 5 foi dividido em dois, as Sub-populações 5 e 6, em função dos padrões mencionados na seção anterior. Estas amostras foram submetidas à análise discriminante e reclassificadas sucessivas vezes até se conseguir uma boa separação entre as 3 sub-populações. Os coeficientes das funções discriminantes finais (FD 1 e 2), geradas considerando 9 das variáveis originais (FezOs, Ba, Co, Cu, Ni, Pb, V, Y e Zn), estão na Tabela 51. Na Figura 48D é exposto o correspondente diagrama de dispersão.

Tabela 51. Coeficientes das funções discriminantes para as amostras das Sub-populações 4, 5 e 6. Na coluna FD 1 estão os coeficientes das funções discriminantes para as variáveis indicadas.

Variável	FD 1	FD 2
FezOs	0,757	-0,213
Ba	-0,003	0,000
Co	-0,015	-0,007
Cu	0,003	-0,013
Ni	-0,023	0,001
Pb	-0,033	0,097
V	0,001	0,006
Y	0,050	-0,009
Zn	0,022	0,018
Constante	-5,294	-4,857

A classificação final, que foi a considerada no desenvolvimento posterior, foi a seguinte:

Sub-população 0: 0188, 0198, 0224, 0230, 0235, 2236, 2278, 2281, 2283, 2295, 2401, 6211, 6259, 6260 e 6322 (N = 15).

Sub-população 1: Idem anterior (N = 134).

Sub-população 2: Idem anterior (N = 130).

Sub-população 3: Eliminado, não existem amostras associadas.

Sub-população 4: 0186, 0248, 0257, 0258, 0260, 0287, 0309, 2212, 2249, 2255, 2259, 2260, 2267, 2268, 2269, 2276, 2277, 2284, 2285, 2288, 2297, 2303, 2309, 2316, 2371, 6214, 6230, 6233, 6236, 6237, 6240, 6250, 6251, 6252, 6257 e 6264 (N = 36).

Sub-população 5: 0189, 0190, 0192, 0208, 0211, 0218, 2272, 2307, 2317, 2368, 2391 e 6265 (N = 12).

Sub-população 6: 0201, 0236, 0237, 0238, 0239, 0246, 2319, 2335, 2339, 2345, 2351, 2380, 6312 e 8001 (N = 14).

Deve-se esclarecer que a Sub-população 0 está integrada por amostras que não foram bem definidas pela análise discriminante. Estas sub-populações foram analisadas na procura de caracterizar melhor o comportamento geoquímico de cada uma delas.

3.2.3. Caracterização das sub-populações definidas

Nas Tabelas 52-56 apresentaram-se as estatísticas básicas de Fe₂O₃, Mn, P, As, B, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sn, V, Y e Zn para as 5 sub-populações definidas. Observe-se que as estatísticas sugeriram diferenças significativas entre as médias de cada sub-população. Estas diferenças foram confirmadas, em muitos casos, pela análise de variância em função do método não paramétrico de Kruskal-Wallis (Tabela 57). Observe-se que, na referida tabela, praticamente todas as variáveis apresentaram diferenças significativas para pelo menos uma das médias grupais em relação ao resto. Destaca-se: (i) enriquecimento em Ba, Co, Cr, Ni e Sn nas Sub-populações 1 e 4; (ii) enriquecimento em Fe₂O₃, Cu, V, Y e Zn nas Sub-populações 5 e 6, e seus contrastes para Mn, Ba, Co e Pb; (iii) comportamento intermediário

da Sub-população 4 na maioria dos casos. Alguns diagramas do tipo "box-and-whisker", expostos na Figura 49, confirmaram as diferenças entre as médias grupais.

Tabela 52. Estatísticas básicas para as 134 amostras de sedimentos da Sub-população 1. D.P.= Desvio padrão e Q_1 = Quartil 1.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	Q_1	Q_2	Q_3
FezOs	2,4	10,5	5,5	1,9	4,1	5,2	6,5
Mn	261	4116	1157	704	685	1043	1400
P	126	745	280	108	199	260	322
As	0	107	7	11	2	5	10
B	2	19	9	4	7	9	12
Ba	195	797	462	104	396	467	519
Co	4	72	21	12	13	17	26
Cr	31	646	176	120	94	138	219
Cu	10	70	28	11	20	27	34
Ni	16	390	90	71	43	66	113
Pb	0	25	12	5	9	12	15
Sn	0	20	9	4	6	9	12
V	45	183	90	27	71	83	102
Y	12	39	23	4	20	22	25
Zn	32	136	76	21	60	74	89

Tabela 53. Estatísticas básicas para as 130 amostras de sedimentos da Sub-população 2. D.P.= Desvio padrão e Q_1 = Quartil 1.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	Q_1	Q_2	Q_3
FezOs	2,2	10,3	5,7	1,5	4,5	5,6	6,6
Mn	150	3286	1218	658	784	1099	1630
P	157	760	368	127	268	346	443
As	0	25	7	5	4	6	10
B	0	29	12	5	9	11	14
Ba	267	780	426	106	351	397	484
Co	3	31	12	5	9	11	14
Cr	17	199	50	21	40	45	54
Cu	7	99	30	14	21	27	34
Ni	7	104	26	13	20	24	28
Pb	4	44	17	8	12	15	20
Sn	0	14	4	3	3	4	6
V	50	223	82	25	68	76	90
Y	5	38	20	7	16	20	25
Zn	42	158	81	20	69	80	92

Tabela 54. Estatísticas básicas para as 36 amostras de sedimentos da Sub-população 4. D.P.= Desvio padrão e Q₁= Quartil 1.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	Q ₁	Q ₂	Q ₃
Fe ₂ O ₃	3,0	9,2	6,2	1,6	5,0	6,3	6,9
Mn	208	6324	1800	1364	992	1272	2459
P	180	2816	475	562	235	315	428
As	0	30	9	6	5	7	12
B	4	14	9	3	6	9	12
Ba	292	1099	513	192	387	470	617
Co	6	93	28	17	15	25	33
Cr	43	588	204	122	125	184	279
Cu	10	77	33	13	23	30	41
Ni	25	265	99	61	46	88	126
Pb	0	34	16	7	12	16	20
Sn	0	21	9	5	6	8	12
V	59	157	94	23	78	91	109
Y	10	44	25	10	18	22	32
Zn	39	139	84	26	64	82	108

Tabela 55. Estatísticas básicas para as 12 amostras de sedimentos da Sub-população 5. D.P.= Desvio padrão e Q₁= Quartil 1.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	Q ₁	Q ₂	Q ₃
Fe ₂ O ₃	3,0	9,2	6,2	1,6	5,0	6,3	6,9
Mn	626	7320	2890	2234	1146	2152	4826
P	235	612	403	108	348	390	468
As	0	32	10	8	5	11	12
B	5	27	13	6	7	12	16
Ba	316	1158	514	234	345	454	583
Co	10	46	28	12	20	30	36
Cr	33	540	149	155	49	69	207
Cu	26	162	61	39	39	46	69
Ni	16	302	86	82	32	42	127
Pb	10	76	31	18	20	28	40
Sn	1	18	7	5	2	6	8
V	65	237	136	55	87	134	182
Y	14	42	28	7	24	28	30
Zn	81	191	130	38	103	120	159

Tabela 56. Estatísticas básicas para as 36 amostras de sedimentos da Sub-população 6. D.P.= Desvio padrão e Q_1 = Quartil 1.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	Q_1	Q_2	Q_3
FezOs	6,0	11,5	9,4	1,6	8,4	10,0	10,7
Mn	179	1880	1080	469	799	1157	1395
P	169	869	394	194	263	344	497
As	0	12	5	4	2	5	7
B	2	13	8	3	6	8	11
Ba	185	540	316	87	256	305	364
Co	6	46	19	12	11	15	25
Cr	31	229	71	48	53	60	75
Cu	15	532	142	125	71	120	145
Ni	23	111	40	22	29	36	41
Pb	0	28	8	7	4	7	11
Sn	0	13	4	4	0	2	6
V	70	314	180	78	96	194	245
Y	15	87	38	22	23	32	40
Zn	75	187	103	29	87	90	108

Tabela 57. Resultados do teste de Kruskal-Wallis, considerando as sub-populações definidas pela análise estatística de dados. KW= Estatística do teste; NS = nível de significação; R_1 = posto médio do grupo 1.

Variável	KW	NS	R_1	R_2	R_4	R_5	R_6
FezOs	64	0,00	139	157	185	300	294
Mn	17	0,00	150	162	199	242	154
P	44	0,00	123	193	173	227	191
As	9	0,05	156	168	188	208	133
B	22	0,00	145	190	141	200	121
Ba	33	0,00	184	145	191	182	56
Co	86	0,00	192	107	229	246	175
Cr	184	0,00	226	81	241	171	127
Cu	51	0,00	145	153	194	268	295
Ni	165	0,00	220	84	237	198	148
Pb	61	0,00	129	190	194	269	70
Sn	98	0,00	215	109	200	160	91
V	41	0,00	165	136	189	249	268
Y	33	0,00	169	137	176	237	259
Zn	37	0,00	141	163	174	287	240

3.2.4. Mapeamento geoquímico

Os mapas mostrando os intervalos de variação por símbolos diferentes para FezOs, Mn, P, Cu, Ni, Pb e Sn, estão nas Figuras 51-57. Observe-se que a maioria deles sugere uma diferenciação entre as amostras de um e outro lado da Falha "Fraile Muerto". Nas Figuras 58-60 foram mapeados, de maneira análoga, os "scores" das amostras para os Fatores 1, 2 e 3, referentes ao tratamento efetuado sobre as 288 amostras totais depois de rejeitar as "outliers" (Tabela 46). Estes mapas permitiram visualizar a expressão espacial dos fenômenos associados a cada um dos Fatores. Finalmente, na Figura 61 foram representadas as Sub-populações 4, 5 e 6 e algumas "outliers" não classificadas, em função de símbolos diferentes.

4. DISCUSSÃO

4.1. Dados analíticos

O laboratório de análise por espectrometria de emissão plasma da DINAMIG processa, tradicionalmente, amostras de solos e sedimentos (Spangenberg, 1986) e, em consequência, a informação relacionada a limites de detecção, precisão e exatidão sempre foi orientada para esses materiais. A aplicação desta técnica para as amostras de filões de quartzo provocou uma mudança dos intervalos de variação, dando lugar a uma grande porcentagem de amostras com teores abaixo do LID, para diversas variáveis. Este fato tornou-se evidente a partir da comparação dos extremos e dos quartis para as amostras de filões e de sedimentos (Tabelas 5 e 39). De qualquer maneira, as estatísticas básicas dos elementos com um número elevado de teores abaixo do LID sugeriram uma superavaliação destes parâmetros para as amostras de veios (Tabela 5). Por exemplo, no caso do Sn, o total das amostras de veios possui teores abaixo do LID. Sua média e seu desvio padrão são de 1 ppm, ou seja, seria de se esperar que 95% dos teores de Sn se encontrassem no intervalo 0-3 ppm. Como no limite de detecção a concentração é duas vezes o nível de fundo analítico (Howarth, 1983), que seria 2 ppm para o Sn (2 vezes o desvio padrão), esperar-se-ia um LID de 4 ppm. Este valor é notoriamente diferente do apresentado na Tabela 1. Um raciocínio semelhante sugere superavaliação nos LID para As, B, Pb, Sb, V, W, Y e Zn, mas, em geral, as diferenças não são tão contrastantes como no caso do Sn. Em concordância com isto, Arnould (1974) mencionou que para amostras de veios de quartzo existiria um aumento da sensibilidade espectrométrica, devido a que os minerais acessórios seriam reduzidos a uma granulometria inferior à do quartzo durante a trituração, permitindo uma maior excitação.

Na seção 2.2. foram apresentadas 2 estimativas da precisão químico-analítica, calculadas por métodos diferentes: a Precisão 1 que somente avalia a dispersão analítica, e a Precisão 2, que também considera o erro de amostragem. Seria de se esperar que os valores da Precisão 1 fossem inferiores aos da Precisão 2, contrariamente ao que aconteceu para Fe, Ba, Cr, Cu, Ni, V, Y e Zn (Tabela 1). As amostras duplas utilizadas para calcular os valores de Precisão 2 foram processadas de forma idêntica ao resto das amostras de sedimentos da folha "Isla Patrulla". Por outro lado, a Precisão 1 considera replicatas de uma amostra de grande porte, que poderia ter apresentado problemas na sua homogeneização, fato que

explicaria as diferenças mencionadas. Para esses elementos, os erros de reprodutibilidade seriam da ordem do 10% ou menor, em função dos valores da Precisão 2, que constituiriam a estimativa mais adequada. Mn, P e Pb ajustaram-se ao comportamento esperado, sugerindo erros significativos a nível de amostragem. De qualquer maneira, Mn e P mostraram diferenças extremas para uma das amostras duplas, o que provocou valores excessivos para a Precisão 2. Em particular para o Mn, o valor de 49% caiu para 13%, ao se rejeitar a referida amostra dupla. Para Be e Co a precisão foi boa, e para B e Sn aceitável. Ag, As, Cd, Mo, Nb, Sb e W apresentaram valores críticos, pois trabalhou-se com teores da ordem do LID, situação em que seriam de se esperar erros de reprodutibilidade de 100% ou superiores.

As análises realizadas na DINAMIGE e no BRGM mostraram resultados comparáveis para Fe, Mn, Ba, Be, Cr, Ni, V e Zn, e diferenças importantes para P, As, B, Co, Cu, Nb, Pb e Y (Spangenberg, 1983). Isto sugeriu exatidão adequada no primeiro caso e ruim no segundo. Observe-se que, em geral, os elementos que apresentaram boa precisão analítica, também mostraram boa exatidão, e vice-versa. Cu e Y constituíram duas exceções à regra. Para os fins do presente estudo, a precisão analítica constitui um fator crítico, sendo que a exatidão não representaria um aspecto tão fundamental. Resultados significativos para a análise da variância considerando a influência do litotipo das encaixantes ou a abundância de minerais de Fe, Mn, Cu, etc. para os filões, ou a idade da rocha mãe dos sedimentos, sugerem boa reprodutibilidade da informação disponível. Em função do mencionado, poder-se-ia classificar os elementos analisados em três grupos, segundo a qualidade das análises químicas:

Elementos	Precisão	Qualidade das análises
Fe, Mn, P, Ba, Be, Cr, Cu, Ni, V, Y e Zn	< 20 %	Boa
B, Co, Pb e Sn	30-40 %	Aceitável
Ag, As, Cd, Mo, Nb, Sb e W	> 50 %	Ruim

Para o último grupo seria de se esperar uma sensível melhora da precisão ao trabalhar com teores acima dos LID. Como mencionou-se na seção 2.2., as análises para Au possuíram um caráter semi-quantitativo, que foi evidenciado pelo tratamento de dados realizado.

4.2. Filões de quartzo

4.2.1. O fundo geoquímico

O estudo preliminar sugeriu distribuições deformadas e assimétricas para a maior parte dos elementos. Este fato foi confirmado pelos testes χ^2 e Kolgomorov-Smirnov, pois apenas Mn e Ba ajustaram-se às distribuições teóricas propostas em ambos os casos (Tabela 7). Os histogramas das Figuras 5, 6 e 7 mostram deformação na maioria dos casos, o que para As, Cr, Cu, V e Zn sugere certa tendência à plurimodalidade. Devido à irregularidade das distribuições, as médias das diferentes variáveis para a população total (Tabela 5) não constituiriam estimativas adequadas dos teores do fundo geoquímico. Por isso consideraram-se as medianas da população global (228 amostras), pela sua resistência à deformação lateral, e as médias do Sub-grupo 1 (125 amostras), que constitui um conjunto mais homogêneo devido ao descarte das "outliers" e dos sub-grupos representantes de fenômenos específicos. Na Tabela 58 compararam-se dados de abundância obtidos da bibliografia sobre o assunto com as referidas estimativas.

A análise dessa tabela indica diferentes comportamentos para os filões da área de pesquisa:

- (i) Empobrecimento em Fe, Os, P, B, Ag, Ba, Co, Cr, Sn, V, W e Y considerando a abundância na crosta ou nas rochas félsicas.
- (ii) Enriquecimento em Mn, As e Sb em relação à abundância na crosta, nas rochas félsicas ou nos quartzos de granitóides.
- (iii) Para Cu, Pb e Zn, empobrecimento em relação à crosta, e enriquecimento (no caso do Zn levemente), considerando os quartzos de granitóides.
- (iv) Mo mostrou um comportamento indefinido. Para o Au não foi possível realizar inferências, devido à indeterminação no seu teor de fundo.

Shaw (1964) mencionou que os elementos traços podem classificar-se em 3 classes, segundo a posição que ocupam em um dado mineral:

1. Aqueles que substituem átomos reticulares ou de soluções sólidas isomórficas e ordenadas.
2. Os que são adsorvidos pelas superfícies, nas imperfeições estruturais ou nas cavidades da rede cristalina.
3. Os devidos a contaminações de um mineral qualquer (intercrescimento, exsolução, alteração), ou contidos nas bolhas.

Arnould (1974) indicou que o quartzo admite só alguns elementos na sua rede cristalina: Al^{+3} e Ge^{+4} no retículo cristalino, e Al^{+3} , H^{+} e metais alcalinos nos sítios intersticiais. Segundo considerações teóricas de Shaw (1964), ao primeiro grupo agregar-se-iam Ti^{+4} , B^{+3} e Be^{+2} , e ao segundo, os alcalino-terrosos, Mn^{+2} , Pb^{+2} e as TR^{+3} . Considerando os elementos envolvidos no presente estudo, somente Mn^{+2} , B^{+3} , Ba^{+2} , Be^{+2} , Pb^{+2} e Y^{+3} poderiam se encontrar como átomos reticulares ou intersticiais na rede cristalina do quartzo. A presença dos demais elementos explicar-se-ia como resultado de contaminações dos filões por diversas fases mineralógicas. Arnould (1974) realiza considerações semelhantes para a ganga quartzosa do filão de Farges (França).

Tabela 58. Comparação dos valores de abundância na crosta e nas rochas félsicas (Govett, 1983, Apêndices I e II) e em quartzos de granitóides (Wedepohl, 1969-1974), com estimativas das amostras de filões de quartzo correspondentes a este trabalho. As medianas correspondem às 228 amostras de veios da população total e as médias, às 125 amostras do sub-grupo 1. * teor médio em granitos (Rose et al., 1979).

Variável	A. Crosta	A. félsicas	A. Quartzo gran.	Mediana	Média
Fe_2O_3 , %	7,1	3,9		2	1,4
Mn, ppm	900	600		1130	1059
P, ppm	1000	700		48	51
Ag, ppb	70	50	< 50	0	40
As, ppb	2000	250	900	3000	3000
Au, ppb	4	1	2	< 40	2-32
B, ppm	10	15	< 1	0	0,7
Ba, ppm	430	830	112	10	14
Co, ppm	25	5		2	2
Cr, ppm	200	25		13	11
Cu, ppm	60	20	2	22	23
Mo, ppm	2	1		2	1,4
Pb, ppm	16	20	0,1-3	4	5
Sb, ppm	0,2-1	0,3		2	2
Sn, ppm	2,5	3	0,6	0	0,5
V, ppm	150	40		2	2
W, ppm	1	1,5	0,1-2	0	0,4
Y, ppm	30	41*		0	0,1
Zn, ppm	20	20	7	6	8

Nas anotações de campo, foram descritos pirita e óxidos de Fe e Mn associados aos filões do Sub-grupo 1; evidentemente outros minerais, não identificados visualmente, poderiam estar presentes. Os óxidos, em particular pela sua capacidade de adsorver elementos traços (Rose et al., 1979), incrementariam os teores médios de Cu, Pb e Zn. Observe-se que não se possui informação para o conteúdo de P, Co, Cr e V nos quartzos de granitóides. Ag, B, Sn, W e Y ocorreriam na mesma forma que nos quartzos

de granitóides e não existiria um aporte importante dos minerais contaminadores. As e Sb são elementos ligados aos processos hidrotermais, e poderiam estar localizados na pirita ou em bolhas gasosas. O Mo agregar-se-ia aos anteriores. Foster (1991) indica espécies sulfetadas de As e Sb, entre outras, como transportadoras de Au em ambiente hidrotermal. Vários dos elementos mencionados possuem uma parte importante dos seus teores abaixo dos LID, permitindo apenas colocar como sugestões os aspectos descritos. Além disso, deve-se levar em consideração a natureza diferente dos processos envolvidos na gênese do quartzo dos granitóides e dos veios.

Segundo os dados da Tabela 58, o teor de fundo de Au encontrar-se-ia no intervalo 2-32 ppb. A existência de 56% das amostras com teores expressados como < 20 ppb ou < 40 ppb não permitiu uma melhor aproximação para o referido valor. Dados aportados por Wedepohl (1969-1974) e Foster (1991) indicam um enriquecimento em Au para os quartzos de rochas máficas em relação ao dos granitóides. Boyle (1979) menciona teores médios de Au de 0.8, 11, 16, 17 e 65 ppb, para quartzos de diversas regiões no hemisfério norte, sem detalhar as rochas de procedência. Tilling et al. (1973) indicam que os minerais que mais contribuem com o conteúdo total de Au são os silicatos máficos, os óxidos de Fe-Ti e os sulfetos, embora o quartzo e o feldspato, mais empobrecidos, possam contribuir em forma significativa, devido à sua alta abundância modal. A informação disponível não permitiu afirmar se existe um enriquecimento em Au para o teor de fundo dos veios da região de "Isla Patrulla". Porém, os histogramas da Figura 7 sugeriram uma distribuição plurimodal para o Au, com pelo menos duas modas, uma inferior a 30 ppb e a outra em redor de 50 ppb.

A análise da variância segundo o litotipo das rochas encaixantes, variável LIMAP, permitiu apreciar o controle pela idade das encaixantes, discriminando os filões segundo sua localização ao oriente ou ao ocidente da Falha "Fraile Muerto". Os filões encaixados nas rochas do "Grupo Lavalleya" estão empobrecidos em Cr e enriquecidos em Fe₂O₃, Mn, P, Ba, Cu, Pb, V e Zn em relação aos ligados às formações do Proterozóico médio-inferior (Tabela 10). Com exceção do Mn e o Cr, as diferenças entre as medianas de cada grupo foram significativas, ainda considerando o valor mais alto de erro de reprodutibilidade (Tabela 1). Levando em conta somente as 125 amostras do Sub-grupo 1, definido pela análise estatística dos dados, a análise de variância para Cr e Mn foi significativa. A diferença entre as medianas para o Cr foi expressiva em relação ao erro por imprecisão analítica, confirmando o resultado obtido inicialmente. Observe-se que vários elementos apresentaram o mesmo comportamento que o Fe. Como a

variável Fe_2O_3 representou o Fe total expresso como sesquióxido (seção 2.2.), seria de se esperar um controle da variância geoquímica em função do conteúdo dos minerais de Fe (hematita, goethita, pirita etc.). Tal comportamento foi confirmado pela análise da variância segundo MINER (seção 3.1.1.3.2.). Fe_2O_3 , P e Ba mostraram um enriquecimento para as amostras com teores moderados ou abundantes de óxidos ou sulfetos de Fe, Au nativo e minerais de Cu ou Pb, quando as sub-populações ao ocidente e ao oriente da Falha "Fraile Muerto" foram tratadas separadamente. No caso dos veios encaixados no "Grupo Lavalleya", agregaram-se Cu, V e Zn ao Fe_2O_3 , P e Ba. Observe-se que Fe_2O_3 , P, Ba, Cu e Zn também mostraram significação para MINER ao se realizar a análise da variância global (Tabela 15).

A análise de variância para CLAXAT mostrou um enriquecimento em Mn para os filões com direção $\text{N}40^\circ\text{E}$ - $\text{N}80^\circ\text{E}$, considerando as duas sub-populações a cada lado da Falha "Fraile Muerto" em forma independente. Nos filões relacionados às rochas do "Grupo Lavalleya", os resultados para Au e Co foram contraditórios. No caso do Au, a situação reiterou-se para IDADE, MINER e a análise global devido à indeterminação introduzida por 56 % das amostras com teores abaixo de 20 ou 40 ppb. Para o Co, o diagrama de dispersão Mn-Co sugeriu uma correlação positiva para as amostras do grupo 2 de CLAXAT, o que confirmaria um enriquecimento no referido elemento, em concordância com o teste de Kruskal-Wallis (Tabela 14).

Ainda rejeitando as "outliers", os diagramas de dispersão ressaltaram a heterogeneidade demonstrada pelas estatísticas descritivas e os histogramas de frequências (Figuras 10B, 10D e 11C). De qualquer maneira, foram verificadas várias correlações a nível de fundo, como por exemplo: Fe_2O_3 -Mn (Figura 9C), Fe_2O_3 -V (Figura 9D), Fe_2O_3 -Co (Figura 11A) e Co-V (Figura 11D). A análise dos coeficientes de correlação e dos diagramas de dispersão do Sub-grupo 1 permitiram uma melhor apreciação das associações do fundo geoquímico (Figuras 30 e 31). Para as amostras ligadas às formações do Proterozóico médio-inferior existe uma nítida associação Fe-Mn-Cr (Figuras 30B e 31A). Para as amostras de veios encaixados nas rochas do "Grupo Lavalleya", os diagramas de dispersão mostraram correlações, ao menos parciais, entre a maior parte dos elementos, dando lugar a uma correlação múltipla Fe-Mn-P-Ba-Co-Cr-Cu-Pb-V-Zn (Figuras 30 e 31). Estas associações explicaram o controle dos minerais de Fe sobre a variância geoquímica, como fora demonstrado pela análise da variância. Observou-se que o conteúdo de Fe total é bem reproduzido pelo modelo de regressão linear múltipla em função de Mn, P, V e Zn para as 125 amostras do Sub-grupo 1. (Figura 32D).

A ACP permitiu analisar com maior detalhe as associações entre as diferentes variáveis para o comportamento de fundo. No Capítulo 3 foi demonstrada a necessidade de eliminar as "outliers". Por outro lado, a utilização da transformação logarítmica destaca o comportamento do fundo geoquímico (Chapman, 1976). Isso também é válido para uma transformação potencial de expoente inferior à unidade, como a raiz quadrada (Howarth e Earle, 1979). Por esse motivo, a ACP segundo os tratamentos L-S e R-S (seção 3.1.2.2.2.) seria adequada para analisar o comportamento do fundo geoquímico, assim como o tratamento das 125 amostras do Sub-grupo 1, definido pela análise estatística dos dados. Observe-se que os diagramas (C) e (D) das Figuras 13 a 22 mostram claras semelhanças para os tratamentos L-S e R-S.

A CP1 (Figura 13D), que explicou 30% da variância global, mostrou uma associação Fe-Zn-Co-V-Cu-P , sugerindo um controle pelos minerais de Fe. Devido aos valores intermediários das suas cargas, Mn, As, Ba, Cr, Mo, Pb e Zn estariam parcialmente relacionados aos minerais do Fe. Para o sub-grupo 1, a CP1 (Figura 32A) explicou 35% da variância global, ajustando-se à interpretação precedente. As "scores" dessa componente mostraram uma clara discriminação entre as amostras correspondentes aos veios encaixados a um e outro lado da Falha "Fraile Muerto" (Figura 32C). Isto sugeriu que esta associação caracteriza os veios localizados na parte oriental da área de pesquisa.

A CP2 para a população total (Figura 13D), que explicou 14% da variância global, mostrou a associação Mo-As-Mn-Co-(Cr) em oposição a Zn-Ba-Pb-Cu-P , sugerindo que cada associação está relacionada a fases mineralógicas diferentes. A presença de As e Mo na primeira associação sugeriria uma ligação com processos hipotermiais, e a segunda uma relação com processos epi ou mesotermiais (Evans, 1987). Para o sub-grupo 1, a CP2 mostrou características análogas, a associação Mn-Cr-(Fe) em oposição a Cu-Zn-(P)-(Pb) (Figura 32A). Observe-se que Fe, Mn, Co e Cr são elementos associados a rochas máfico-ultramáficas. Este tipo de rocha ocorre em ambos os lados da Falha "Fraile Muerto", porém fundamentalmente do lado ocidental, associado às formações "Pavas" e "Isla Patrulla" (Vaz et al., 1985). Se soluções hidrotermais atravessaram estas rochas, poderiam ter se contaminado com os referidos elementos. Isto sugere a ocorrência de uma fase rica em Cr, possivelmente um espinélio cromífero, característico de rochas máfico-ultramáficas (Ineson, 1989), que explicaria a associação Cr-Fe-Mn , o enriquecimento em Cr e empobrecimento em Fe para os veios relacionados às formações do Proterozóico médio-inferior. Porém essa

hipótese não foi confirmada pela superposição com o esboço geológico 1:50000 (Pena et al., 1982), pela distribuição espacial irregular da amostragem realizada e talvez, pela falta de detalhamento em relação às referidas formações.

Para o tratamento R-S, a CP3 sugeriu um comportamento independente do Cr em relação ao resto dos elementos (Figura 15D). Isto seria consequência de certa deformação dos resultados, provocada por uma sub-população de amostras com um comportamento particular, o que é demonstrado pelas "scores" (Figura 16D). Uma situação semelhante pareceu ocorrer para a CP4. De qualquer maneira será realizada uma interpretação considerando as amostras do Sub-grupo 1.

A CP3, que explicou 12 % da variância global, mostrou a associação Cu-(Fe) em oposição a Ba-Pb (Figura 32B). A primeira associação sugeriu a ocorrência de minerais de Cu, associado ou não ao Fe (calcopirita?, malaquita?). Nesses filões existiria empobrecimento de uma fase mineralógica com Ba e Pb correlacionados. O caso contrário, empobrecimento nos minerais de Cu e enriquecimento na espécie associada a Ba e Pb, também seria possível.

No caso da CP4, que explicou 12 % da variância global, o diagrama de dispersão (Figura 32B) mostrou uma associação Ba-Cr-V-Zn em oposição à Mn-P-Pb-(Fe). Como mencionou-se antes, as amostras de filões encaixados nas formações do Proterozóico médio-inferior mostraram uma nítida associação Cr-Mn-Fe. Dado que Cr evidenciou um comportamento oposto ao Mn e o Fe, para a CP4, seria de esperar que esta componente estivesse caracterizando um processo ligado aos veios encaixados nas rochas do "Grupo Lavalleya". A associação Ba-Cr-V-Zn estaria relacionada a encaixantes intermediárias ou máficas, e a associação Mn-P-Pb-(Fe) sugeriria a ocorrência de óxidos de Mn. A análise da variância (Tabela 9) evidenciou um enriquecimento em Mn, P e Pb nos xistos escuros e sericíticos. Preciozzi et al. (1988a) indicaram a existência de minerais grafitosos associados aos xistos escuros (minerais de Mn?) e intercalações de rochas verdes nos xistos sericíticos. Estes fatos parecem estar vinculados com as associações apresentadas pela CP4.

Observe-se que as 4 primeiras componentes explicaram 62 % da variância total, para o tratamento R-S (Tabela 19), e 75 % para o Sub-grupo 1 (Tabela 27). Devido a isto o resto das componentes não será interpretado, pois seguramente representa fenômenos específicos, relacionados a sub-populações determinadas, e não ao fundo geoquímico.

O comportamento do fundo geoquímico dos filões estaria caracterizado pela ocorrência de grãos e microgrãos de diversas fases minerais, devido

aos processos hidrotermais associados ou à interação das soluções quentes com as encaixantes. As amostras dos veios encaixados de um e de outro lado da Falha "Fraile Muerto" apresentaram teores de fundo e associações diferentes, que caracterizariam a ocorrência de fases mineralógicas distintas em um e outro caso. Nos filões encaixados nas formações do Proterozóico médio-inferior existiria um espinélio cromífero (magnetita cromífera?, cromita?), possivelmente relacionado a rochas máfico-ultramáficas, sendo que outros minerais de Fe ocorreriam em quantidades inferiores. Para os veios encaixados nas rochas do "Grupo Lavalleya", o conteúdo dos elementos traços estaria controlado, fundamentalmente, pela ocorrência de sulfetos e óxidos de Fe ou outros minerais (blenda, calcopirita, galena, malaquita, etc.). Observe-se que tal comportamento ajusta-se a um modelo de zonalidade vertical para depósitos hidrotermais, segundo a descrição de Evans (1987). A ausência de uma descrição detalhada da composição mineralógica dos veios não permite aprofundar as relações entre os minerais e os elementos analisados.

4.2.2. Resposta local

Um resultado importante da análise da variância, foi a indicação do enriquecimento em Au dos filitos a sericita com intercalações várias, grupo 7 de LIMAP, em relação aos veios encaixados em outras rochas (Tabela 9). Observe-se que Fe, Mn, P, Ba, Co, Pb e V também estiveram enriquecidos para os filões encaixados neste grupo. Preciozzi et al. (1988a) mencionaram filitos verdes cloríticos associados a este litotipo. Boyle (1979) indicou que o Au tende a se concentrar nas facies metamórficas de baixo grau, inclusive xisto verde. Segundo as informações de campo, a maior parte dos filões associados a este litotipo está encaixada em rochas verdes. Estes fatos sugeriram a associação do Au com elementos femáfilos, ou seja, enriquecidos nas rochas máficas (Shaw, 1964). Vaz et al. (1989) e Vaz (1990) indicaram um enriquecimento em Au dos veios encaixados em rochas máfico-ultramáficas, ou com a sua presença no contexto geológico imediato. Filippini (1989) mencionou a associação do Au a elementos femáfilos e calcófilos, a partir da análise estatística dos dados correspondentes a 31 amostras de filões agrupadas na porção centro-sul da área de pesquisa.

Na seção anterior, foram discutidos diversos aspectos do Sub-grupo 1, considerado como representante do fundo geoquímico. Os outros sub-grupos pareceram caracterizar fenômenos locais, devido à sua distribuição espacial (Figura 39), e no caso dos Sub-grupos 3, 4 e 5, estarem restritos a

pequenas áreas. Pode ser discutida a metodologia utilizada na definição dos mesmos, porém é inegável a validade da classificação final, em função das feições particulares para cada sub-grupo, demonstrada pela análise da variância e pelo estudo das associações em cada um deles (seção 3.1.3.).

Os sub-grupos 2 e 4, enriquecidos em Au, estariam relacionados, como foi indicado pela análise de variância. O Sub-grupo 2 mostrou teores moderados para as mesmas variáveis enriquecidas no Sub-grupo 4 (Tabela 24). Os diagramas "box and whisker" ajudaram a visualizar esses aspectos (Figuras 28 e 29). Observe-se que, às vezes, pareceu existir certa zonalidade lateral; as amostras do Sub-grupo 2 dispuseram-se em torno das do Sub-grupo 4 (Figura 39). Também existiria uma continuidade dos filões, considerando sua direção. Várias das amostras do Sub-grupo 4 foram definidas como "outliers" pelo tratamento com as componentes principais (seção 3.1.2.1.), incluindo os filões selecionados por Vaz et al. (1990). Por esse motivo, as amostras do Sub-grupo 4 foram interpretadas como anomalias de primeira ordem ou veios "mineralizados", e as do Sub-grupo 2 como anomalias de segunda ordem.

Antes de analisar as associações dos Sub-grupos 2 e 4, foi considerada a ACP dos filões com Au acima de 40 ppb (seção 3.1.2.2.2.2). A CP1 e a CP2, que explicaram 39 % e 11 % da variância total, não mostraram um comportamento definido para o Au (Figura 25A). Segundo a CP1, o Au estaria relacionado aos óxidos e sulfetos de Fe, representados pela associação Fe-Co-Cr-V e o resto dos traços em maior ou menor grau. A CP2 mostrou duas associações opostas, As-Pb-Sb e Cr-Cu, sem evidenciar tendências no caso do Au. Para a CP3, o Au apareceu vinculado ao Mo (Figura 25B), sugerindo uma associação com elementos calcófilos (As, Co, Cu e Mo) ou femáfilos (Co, Cr, Cu e V). A CP3 e a CP4 explicaram 10 % e 8 % da variância total, sendo que o Au não está associado à CP4. Observe-se que o papel diferente dos elementos femáfilos e calcófilos para a CP1 e CP3 parece caracterizar por um lado a contribuição dos óxidos de Fe e, por outro, a dos sulfetos de Fe e outros elementos. As componentes 5, 6 e 7 explicaram 7 %, 6 % e 5 % da variância global, destacando-se a correlação As-Au mostrada pela CP6 e a associação Au-Cu-Pb-Zn sugerida pela CP7 (Figuras 25C e 25D). As "scores" das 8 primeiras componentes não sugeriram a individualização de grupos de amostras que poderiam deformar os resultados. Isso era de se esperar, pois foram rejeitadas as amostras extremas.

As correlações para o Sub-grupo 2 evidenciaram, novamente, um controle dos minerais de Fe e de Mn sobre a variância de Co, Cr, V e Zn e

parcialmente o P (Tabela 30 e Figuras 33A-C). Parece haver correlação negativa do Au com o V (Figura 33D) e com o Cu, esta última não confirmada pelo diagrama de dispersão. A associação Co-Cr-V-(Cu) sugeriu a presença de encaixantes com ferromagnesianos (Figuras 34A-C). No diagrama (D) da Figura 34, observa-se uma boa correlação Cu-Zn para algumas amostras. Em relação à ACP, foram interpretadas as 4 primeiras componentes, que explicaram 76% da variância total, 34%, 18%, 15% e 9%, respectivamente (Tabela 31). A CP1 mostrou um comportamento independente do Au em relação ao resto dos elementos, como sugeriram os coeficientes de correlação. A CP2 mostrou uma associação Ba-Cu-Zn em oposição à Cr-Co-(Fe-Mn-Au), o que foi interpretado como Au relacionado a veios encaixados em rochas máficas ou xistos verdes e, possivelmente, ocorrendo em óxidos de Fe-Mn. Deve-se destacar que 22 das amostras do grupo 7 de LIMAP estiveram incluídas no Sub-grupo 2 (ver começo desta seção). A CP3 mostrou uma associação Au-Mn-P-Ba-Pb em oposição a Cu-V, que sugeriu a ocorrência de Au em óxidos de Mn. A CP4 mostrou uma oposição entre P e Pb.

Os coeficientes de correlação e os diagramas de dispersão para o Sub-grupo 4 sugeriram a associação Au-As-Co-Cr-Mo-(Fe)-(Mn)-(P)-(V), insinuando uma ligação do Au com sulfetos e óxidos. No último caso a associação seria devida aos veios encaixados em rochas máficas ou xistos verdes. Isto concordou com o mencionado por Vaz (1990), em relação à maior probabilidade de se encontrarem, neste contexto, mineralizações auríferas em rochas máfico-ultramáficas (seção 1.2.3.).

O tratamento realizado para os veios com Au acima de 40 ppb e para os Sub-grupos 2 e 4 resultou concordante em muitos aspectos. O Au ocorreria associado a diversas espécies minerais: quartzo, óxidos de Fe, sulfetos e possivelmente óxidos de Mn. A contribuição dos óxidos de Mn foi evidenciada por componentes com pouca variância associada, e seria de menor importância. A distribuição espacial de alguns elementos confirmaria o mencionado. Observe-se que nas zonas anômalas em Au (Figura 37) ocorrem anomalias de Fe, Mn e Cu+Pb+Zn (Figuras 35, 36 e 38), porém a superposição é relativa. Também existiria um controle litológico por rochas máfico-ultramáficas ou xistos verdes.

A análise de variância mostrou um enriquecimento significativo em Fe, P e Cr, e moderado em Co, Cu e V, para o Sub-grupo 3, em comparação com o fundo geoquímico. Observe-se que são todos elementos femáfilos, o que sugere uma relação com encaixantes máficas. A associação Fe-Mn-Cr verificou-se pelos coeficientes de correlação (Tabela 34) e diagramas de dispersão. Além de algumas correlações entre os elementos mencionados,

devem-se destacar Ba-Pb e Ba-P. A maioria das amostras deste sub-grupo encontra-se em uma área reduzida em redor da Falha "Fraile Muerto". Esta zona possui feições geológicas complexas, reunindo diversos litotipos, inclusive um corpo granítico de pequenas dimensões, que não foi considerado no mapa da Figura 2. O comportamento geoquímico destas amostras estaria relacionado à presença de rochas máficas, portadoras de um espinélio cromífero, como já foi sugerido pelas amostras de veios representando o fundo geoquímico e encaixadas nas formações do Proterozóico médio-inferior (seção 4.2.1.).

Como fora evidenciado pela análise discriminante, o Sub-grupo 5 mostrou uma estreita semelhança com o fundo geoquímico (Sub-grupo 1). Porém a análise de variância sugeriu um comportamento similar ao do Sub-grupo 3, devido ao enriquecimento moderado em quase todos os mesmos elementos. No entanto a distribuição espacial de ambos os sub-grupos descarta uma relação entre eles. Suas feições particulares foram uma correlação nítida Fe-Mn, associação Cu-Pb-Zn, enriquecimento moderado em Fe, Mn, Mo e Cr e teores de fundo para o resto dos elementos. Observando-se em detalhe os teores brutos, parecem existir dois tipos de comportamento para as amostras deste sub-grupo: as amostras 005, 008, 046, 305 e 322 (Tipo I), e as amostras 141, 142, 143, 144, 157, 162, 263 e 265 (Tipo II), caracterizados pelo quadro a seguir:

	Comportamento Tipo I		Comportamento Tipo II	
	Média	Amplitude	Média	Amplitude
FezOs, %	1,3	0,8- 2,1	1,9	1,6- 2,3
Mn, ppm	599	290 -1082	1578	1333 -1822
Cr, ppm	22	20 - 23	23	19 - 27
Cu, ppm	30	15 - 43	25	19 - 34
Mo, ppm	1	0 - 3	3,6	1 - 8

Houve diferenças significativas para FezOs, Mn, Cu e Mo, em comparação com o erro de reprodutibilidade (Tabela 1). Os intervalos de variação deixam dúvidas para o FezOs e o Cu, e confirmam as diferenças para Mn e Mo. Observe-se a uniformidade dos teores de Cr para ambos os sub-grupos de amostras. A amostra 009, próxima à amostra 008, poderia ser incluída no comportamento Tipo I.

Vários autores indicaram zonalidade vertical e lateral para os depósitos filonares (Ovchinnikov e Grigoryan, 1978; Boyle, 1979 e 1982;

Evans, 1987). No caso da zonalidade lateral, Boyle (1979 e 1982) sugeriu um modelo ideal que, em forma grosseira, seria condensado em 3 zonas:

(i) Zona central: evidenciada pelos elementos indicadores Ag, As, Au, Cu, Mo, Sb, Sn, W etc., com valores altos para a relação Au/Ag (em depósitos auríferos).

(ii) Zona média: caracterizada pela ocorrência de sulfetos de Pb-Zn, dando lugar à associação Ag-Cd-Pb-Zn-S. Outros elementos associados são As, Cu, Sb, etc., que predominariam nas laterais desta zona. A relação Au/Ag é intermediária.

(iii) Zona afastada: caracterizada por As, Hg e Sb; podem estar associados Ag, Au, Cu, Pb e Zn. A relação Au/Ag é baixa.

Neste modelo, Si, Fe, Ca, Mg, Mn e S são indicados como elementos persistentes em quase todo o halo de dispersão. Considerando dados do NE da Ásia, as profundidades dos depósitos variariam no intervalo 0,5-3 km (Boyle, 1979).

Govett (1983), tendo analisado vários casos, concluiu que, em depósitos filonares, a dispersão lateral a nível local é pequena (10-20m), indicando um decaimento logarítmico do sinal. Porém a resposta litoquímica regional pode ser importante (> 6km), quando existe uma vinculação com intrusões ígneas ou alteração hidrotermal a grande escala. Se tal relação não é evidente, recomenda a amostragem de material preenchendo fraturas ou de veios, pelo fato da dispersão poder ser bem restrita (100-200 metros).

Na porção centro-norte da área de pesquisa, a distribuição espacial das amostras dos Sub-grupos 2, 4 e 5 sugeriu a existência de padrões de zonalidade, segundo o que foi descrito nos parágrafos precedentes (Figura 39). A zona central estaria representada pelas amostras 048, 052, 053, 056-061, a maioria delas incluídas nos Sub-grupos 2 ou 4, que mostraram a associação Fe-As-Au-Cu-(Mn)-(Mo)-(Zn) e cuja relação Au/Ag possui um valor superior a 1000. A zona média seria evidenciada pelas amostras do Sub-grupo 5, com enriquecimento lateral de Cu caracterizado pelas amostras de comportamento tipo I. A associação Cu-Pb-Zn e algumas amostras com valores de As relativamente altos (7-13 ppm) sugerem a ocorrência de pequenas quantidades de sulfetos. Neste caso não foi possível estimar o valor da relação Au/Ag devido a que a maior parte das amostras apresenta Au abaixo do LID. Aproximadamente 2,5 km localizam-se as amostras 302 e 303, cuja relação Au/Ag possui os valores 94 e 117 (zona afastada?). A amostra 085 com 0 ppm de Ag e 376 ppb de Au, e o teor de 2990 ppb de W para a amostra 303 não encaixam no referido modelo. Como as amostras foram coletadas em superfície, estariam representando diferentes níveis em função do padrão de

zonalidade vertical. A falta de informação sobre a topografia da área não permite uma avaliação neste sentido.

Do ponto de vista genético, Vaz et al. (1990) sugeriram que, na região de "Isla Patrulla", o Au foi lixiviado por soluções aquosas quentes associadas a processos tardi-metamórficos, sendo depositado no ambiente geológico favorável gerado pela zona de cisalhamento. Nogueira (1990) fez considerações semelhantes para as mineralizações filoneanas auríferas de Piririca, Vale do Ribeira, SP.

A distribuição espacial das amostras relacionadas aos Sub-grupos 2, 3, 4 e 5 sugeriram uma vinculação com a zona de cisalhamento. O Au apareceu ligado a diferentes fases mineralógicas (sulfetos, óxidos e quartzo), na análise das associações dos Sub-grupos 2 e 4. Ambos os fatos seriam concordantes com o modelo genético mencionado no parágrafo precedente.

4.3. Sedimentos de corrente

4.3.1. O fundo geoquímico

FezOs, Mn, P, Ba e Zn confirmaram possuir comportamento log-normal para os testes χ^2 e Kolgomorov-Smirnov. Para estes elementos as diferenças entre as médias e os desvios padrões, reais (Tabela 39) e teóricos (Tabela 40), são pequenas. Os histogramas e/ou o teste Kolgomorov-Smirnov evidenciaram um ajuste relativo ao comportamento normal para o B, e ao log-normal para Co, Cu, V e Y (Figuras 40 e 41). Os histogramas para As, Cr, Ni, Pb e Sn mostraram deformação, sugerindo a existência de mais de uma sub-população.

Na Tabela 59 compararam-se as médias para a população total (341 amostras) e para as 2 sub-populações de um e de outro lado da Falha "Fraile Muerto" (134 e 130 amostras), com dados bibliográficos para xistos (Govett, 1983) e solos não cultivados (Rose et al., 1978). As Sub-populações 1 e 2 representaram o fundo geoquímico das amostras de sedimentos relacionadas às formações do Proterozóico médio-inferior e às rochas do "Grupo Lavalleya", respectivamente. Em ambos os casos, rejeitaram-se as amostras para as quais não foi possível determinar a rocha de procedência (proximas à Falha "Fraile Muerto") e as "outliers".

Observe-se que FezOs, Mn, Cu, V e Zn possuíram médias gerais superiores às das Sub-populações 1 e 2 (Tabela 59). Isto implica um enriquecimento das "outliers" nos elementos envolvidos. As vezes a média geral situa-se em um valor intermediário entre as médias das Sub-populações

1 e 2 (P, B, Ba, Co, Cr, Ni, Pb e Sn); nestes casos, houve um enriquecimento a nível de fundo para uma das sub-populações.

A comparação com os dados bibliográficos mostrou diferenças importantes entre os teores dos sedimentos de corrente da área de pesquisa, os xistos e os solos. Porém, uma interpretação destes fatos resultou difícil, devido à existência de diversas fontes de variação, como os processos de gênese dos materiais envolvidos em cada caso, a geologia regional, as condições climáticas, etc.

Tabela 59. Comparação dos teores médios representativos do fundo geoquímico para a população total (X_{geral} , 341 amostras) e as Sub-populações 1 (X_1 , 134 amostras) e 2 (X_2 , 130 amostras), com dados bibliográficos de abundâncias para xistos (Govett, 1983) e solos não cultivados (Rose et al., 1978).

Variável	X_{geral}	X_1	X_2	Xistos	Solos
Fe ₂ O ₃ , %	6	5,5	5,7	4,7	3,0
Mn, ppm	1313	1157	1218	670	320
P, ppm	349	280	368	700	300
Ag, ppm	0,1			0,1	
As, ppm	7	7	7	6,6	7,5
B, ppm	10	9	12	100	29
Ba, ppm	447	462	426	800	300
Be, ppm	2			3	0,5
Co, ppm	18	21	12	20	10
Cr, ppm	127	176	50	100	43
Cu, ppm	35	28	30	57	15
Mo, ppm	0			2	2,5
Nb, ppm	1			20	17
Ni, ppm	65	90	26	95	17
Pb, ppm	15	12	17	20	17
Sb, ppm	1			2	2
Sn, ppm	7	9	4	10	10
V, ppm	93	90	82	130	57
W, ppm	1			2	1
Y, ppm	23	23	20		27
Zn, ppm	83	76	81	80	36

A análise de variância, considerando a unidade das rochas de procedência, demonstrou um enriquecimento em Ba, Co, Cr, Ni, Sn, V e Y e empobrecimento em Fe₂O₃, P, B, Pb e Zn para as amostras relacionadas às formações do Proterozóico médio-inferior (Tabela 41). Mn, As e Cu não mostraram enriquecimento para nenhuma das sub-populações, como é sugerido pelos valores de X_1 e X_2 da Tabela 59. A análise de variância foi realizada considerando as "outliers". Observe-se que ao rejeitar estas amostras, a diferença entre as médias das Sub-populações 1 e 2 para Fe₂O₃ (Tabela 59)

não foi significativa em comparação com os erros de reprodutibilidade (Tabela 1). Para B, Pb, V e Zn, a diferença entre as médias (Tabela 41) foi da ordem ou inferior ao erro de reprodutibilidade, dependendo do valor da precisão escolhido. De qualquer maneira, os mapas de distribuição espacial das diversas variáveis (Figuras 51-58) concordaram com os resultados da análise da variância. Os resultados para a Sub-população 1 sugeriram uma associação entre elementos felsífilos (Ba, Sn e Y) e femáfilos (Co, Cr e Ni), segundo a definição de Shaw (1964), concordando com a existência de uma alternância de rochas félsicas e máficas, como fora descrito por Preciozzi et al. (1985, 1988 a e b) para a Formação "Pavas" (seção 1.2.2.2.). Pb e Zn são elementos calcófilos e estariam ligados aos sulfetos associados às rochas vulcano-sedimentares do "Grupo Lavalleya", encontrando-se enriquecidos na Sub-população 2. Fe, Mn e Cu (e inclusive Zn) possuem caráter calcófilo e femáfilo, o que explicaria seu comportamento intermediário.

A análise dos coeficientes de correlação (Tabela 44) e dos diagramas de dispersão (Figuras 42-47) foi realizada levando em conta os comportamentos diferentes das Sub-populações 1 e 2. Somente as correlações Fe-Os-Co, Cr-Ni, Co-V e Cu-V foram confirmadas para o total da população. O resto das correlações confirmadas possui uma melhor expressão para a Sub-população 1, como é mostrado pelos diagramas de dispersão em um e outro caso (Figuras 42, 44 e 46). Observe-se que, para as amostras ligadas ao "Grupo Lavalleya", vários histogramas sugeriram a existência de pelo menos 2 sub-populações (Figuras 43, 45 e 47). As correlações positivas para a Sub-população 1 foram entre os elementos máficos, Fe, Mn, Co, Cr, Cu, Ni, V e Zn (seção 3.2.2.2.1.).

Roquin e Zeegers (1987) indicaram 3 associações fundamentais, a nível de fundo, na prospecção geoquímica regional de sedimentos e solos em diferentes áreas da França:

(i) Uma associação entre a maior parte dos elementos, que os referidos autores interpretaram como um efeito de diluição, devido à mistura, em proporções variáveis, de minerais contendo a maioria dos traços, com uma fase silicática estéril.

(ii) A associação Fe-Cr-Ni-V-(Cu)-(Zn), que representaria a abundância de minerais ferromagnesianos em granitóides.

(iii) A associação Fe-Mn-Co-Cu-Ni-Zn-P-(B) devida a processos secundários de sorção e coprecipitação de traços em óxidos e hidróxidos.

A ACP para as 288 amostras restantes ao descarte das "outliers" acumulou 39 % da variância global na CP1 (Tabela 45). Esta componente

mostrou uma associação entre os elementos femáfilos Fe, Co, Cr, Cu, Ni, V e Zn, com Mn e Y levemente relacionados, e Pb em oposição, o que sugere uma combinação dos efeitos (ii) e (iii) citados nos parágrafos precedentes.

A CP2 mostrou uma associação Mn-Ba-Pb-(Fe)-(P)-(Y)-(Zn) em oposição a Cr-Ni, que representaria uma diferenciação entre os sedimentos de corrente associados a rochas intermediárias e félsicas por um lado, e a rochas máficas por outro. Essa interpretação baseou-se em dados de Govett (1983), que mostraram que elementos femáfilos (Cr, Co, Ni e parcialmente Fe) são mais abundantes na seguinte seqüência: ultramáficas > máficas > intermediárias > félsicas. O resto dos femáfilos não apresenta uma discriminação tão notória; por exemplo, Cu, V e Zn estão mais enriquecidos nas rochas máficas e intermediárias que nas ultramáficas.

O resto das componentes resultou difícil de interpretar. Spangenberg (1985) obteve bons resultados para a AFR com rotação Varimax para o total das amostras correspondentes à prospeção estratégica da folha "Isla Patrulla". Em particular, conseguiu uma separação das associações representativas dos minerais ferromagnesianos, Co-Cr-Ni-(Fe), e dos processos de sorção de traços pelos óxidos e hidróxidos, Fe-Mn-Co-Cu-V-Zn-(Ni). Estas associações são características dos sedimentos de corrente no pré-Cambriano uruguaio, como foi sugerido por um trabalho agrupando as amostras das prospeções estratégicas de 4 folhas (Filippini, 1981). Por esse motivo decidiu-se aplicar a AFR com rotação Varimax sobre as 288 amostras de sedimentos restantes ao descarte das "outliers" (Tabela 46).

As associações sugeridas pelo Fator 1, Fe-Mn-Co-(Cr)-Cu-(Ni)-V-Zn, e pelo Fator 3, Co-Cr-V-(Fe) em oposição a Pb, ajustaram-se à interpretação anterior. Por outro lado, estes 2 fatores explicaram 45% da variância total (Tabela 46), concordando grosseiramente com os 39% explicados pela CP1 (Tabela 45). O Fator 2 apresentou a associação Mn-Ba-Co-Pb com Fe e Zn levemente ligados, sugerindo uma associação com óxidos e hidróxidos de Mn. Deve-se destacar que os primeiros 3 fatores explicaram 60% da variância global, apresentando associações mais facilmente interpretáveis que para a ACP. A distribuição espacial do Fator 1 (Figura 58) sugeriu uma vinculação com a zona de cisalhamento e as rochas do "Grupo Lavalleya". O Fator 2 (Figura 59) apresentou "scores" altos nas proximidades da Falha "Fraile Muerto", e baixos, em uma faixa de 2,5 km de largura e direção aproximada NE, que atravessa a zona oriental. O Fator 3 (Figura 60) confirmou o caráter máfico-ultramáfico das rochas da "Formação Isla Patrulla", e sugere a existência de rochas de feições semelhantes na Formação Pavas, concordando com a descrição de Preciozzi et al. (1985, 1988 a e b).

Observe-se que os Fatores 2 e 3 indicaram uma zonalidade oposta para as amostras relacionadas às rochas do "Grupo Lavalleya". A superposição com o esboço geológico à escala 1:50000 (Pena et al., 1982) sugere a caracterização de litotipos sedimentares e rochas vulcânicas básicas, respectivamente, associados à esta Unidade. Os processos relacionados aos Fatores 1 e 2 são de caráter supérgeno, porém podem apresentar uma ligação com a rocha mãe. Isto explicar-se-ia por migração química em condições de precipitação favoráveis em ambientes próximos, ou por migração mecânica.

A análise das associações entre as variáveis para as Sub-populações 1 e 2 permitiu compreender melhor o comportamento do fundo geoquímico, devido à maior homogeneidade das referidas sub-populações. No caso das amostras de sedimentos relacionadas às formações do Proterozóico médio-inferior (Sub-população 1), a CP1 (Tabela 47) mostrou uma associação Fe-(Mn)-Co-Cr-Cu-Ni-V-Zn, em oposição a Pb-(Ba), que representaria comportamentos opostos para as amostras com rocha mãe máfica, e para as relacionadas às rochas félsicas. O Fator 1 mostrou resultados análogos (Tabela 48). A CP2 (Tabela 47) evidenciou uma associação Mn-P-Ba-Pb-Y-(Co)-(Zn) em oposição a Cr-(Ni), que sugere a presença de óxidos de Mn nas áreas sem ocorrência de rochas máficas. Associações análogas foram expostas pelo Fator 2 (Tabela 48), porém destacando o caráter oposto dos femáfilos. Observe-se que o fato de o Fe e Co vincularem-se a ambas as fases, geraria valores intermediários para suas cargas. A CP3 (Tabela 47) apresentou uma correlação Y-P que poderia sugerir a ocorrência de minerais do grupo da monazita. Como a variância explicada pela CP3 e pelas demais componentes foi baixa, as correspondentes associações estariam representando fenômenos locais. O Fator 3 (Tabela 48) mostrou a associação Fe-Cu-V-Zn-(Cr)-(Ni), caracterizando os processos de sorção sobre óxidos de Fe.

Para as amostras relacionadas ao "Grupo Lavalleya" (Sub-população 2), a CP1 sugere uma associação entre os elementos femáfilos e Y, com Ba e Pb levemente vinculados, o que parece representar os processos de sorção de traços por óxidos de Fe e Mn (Tabela 49). A CP2 mostrou a associação Mn-Ba-Pb em oposição a Cu-V-(Cr), sugerindo uma diferenciação entre litotipos sedimentares e rochas vulcânicas básicas, como foi mencionado para a AFR da população total. A associação P-Cr-Ni-Zn em oposição a Ba-Cu-V-Y apresentada pela CP3 resultou difícil de interpretar. A associação P-Cr-Ni-Zn sugeriria a formação de fosfatos supérgenos. A CP4 e as componentes restantes não foram interpretadas. Novamente a AFR apresentou associações cuja interpretação pareceu mais evidente (Tabela 50). O Fator 1, Fe-Mn-Ba-Co-(V), e o Fator 2, Fe-Cu-V-Y-(Zn), caracterizaram os processos de sorção

sobre óxidos de Fe e Mn e sobre óxidos de Fe. A ocorrência de rochas de caráter máfico (rochas vulcânicas básicas) foi representada pelo Fator 3, Cr-Ni-Zn-(Fe)-(Co). O Fator 4, Ba-Pb-Y-Zn-(Mn), pareceu evidenciar a formação de carbonatos, existindo possivelmente uma associação com os calcários do "Grupo Lavalleya". A associação P-Zn, evidenciada pelo Fator 5, sugere a formação de fosfatos supergênicos.

4.3.2. Resposta local

Nesta seção são discutidas as características das Sub-populações 4, 5 e 6, em função de suas estatísticas descritivas (Tabela 54, 55 e 56), a análise da variância (Tabela 57) e diagramas "box-and-whisker" (Figuras 49 e 50). Estas sub-populações foram definidas a partir das 53 "outliers" originais (seção 3.2.2.1.) e das 24 amostras não classificadas pela idade da rocha de procedência devido à sua proximidade com a Falha "Fraile Muerto". As 77 amostras foram reprocessadas pela análise discriminante, segundo detalha-se na seção 3.2.2.3.2., dando lugar às referidas sub-populações.

A distribuição espacial das amostras da Sub-população 4 (Figura 61) sugeriu uma vinculação com a "Formação Pavas", e principalmente com a "Formação Isla Patrulla" e com a zona de cisalhamento. O enriquecimento em Co, Cr e Ni e os teores intermediários em Fe, Mn, Cu, V e Zn (Tabela 57 e Figuras 49 e 50) sugeriram uma ligação com as rochas máficas ou ultramáficas que ocorrem em ambas as formações (Vaz et al., 1985; Preciozzi et al., 1988a). Observe-se que os teores de fundo da Sub-população 4 foram semelhantes aos da Sub-população 1 para Ba, Sn e Y, e aos da Sub-população 2 para Pb (Tabelas 52, 53, 54 e 57; Figuras 49 e 50). A existência de teores da ordem ou superiores aos da sub-população representado ao fundo geoquímico mais enriquecida, para elementos felsífilos e femáfilos, seria explicada pela mistura de materiais na zona de cisalhamento.

As amostras das Sub-populações 5 e 6 superpõem-se com a maioria das anomalias geoquímicas Cu-Pb-Zn definidas por Spangenberg (1985). Ambas as sub-populações encontram-se fundamentalmente ligadas às rochas do "Grupo Lavalleya" (Figura 61) e estão enriquecidas em Fe, Cu, V e Zn. Porém existe um claro enriquecimento em Mn, B, Ba, Co e Pb para as amostras da Sub-população 5. Isto sugere uma vinculação com processos de sorção sobre óxidos de Fe-Mn. A Sub-população 6 estaria relacionada aos processos de sorção de elementos traços pelos óxidos de Fe. A superposição da informação geoquímica com o esboço geológico à escala 1:50000 (Pena et al., 1982)

ligaria as amostras da Sub-população 5 com os xistos escuros e os calcários, sendo que as amostras da Sub-população 6 estariam associadas a xistos diversos e às rochas vulcânicas básicas, concordando com a zonalidade demonstrada pelos Fatores 2 e 3 para a população total (Figuras 59 e 60).

4.4. Comparação dos resultados de ambos estudos

A comparação dos resultados para as amostras de filões de quartzo e dos sedimentos de corrente resulta de interesse segundo dois pontos de vista diferentes. Do ponto de vista teórico e à escala global, comparam-se comportamentos geoquímicos de distinta natureza: hidrotermais e supérgenos. Perelman (1967) afirmou que, embora diferentes, são processos governados pelas leis que controlam o comportamento dos elementos em solução aquosa. Por outro lado, considerando o domínio aplicado, a comparação de métodos litoquímicos e hidroquímicos de prospecção, segundo a classificação de Boyle (1984), permite avaliar o alcance e a eficiência relativas das duas técnicas. Estes métodos foram descritos por numerosos autores (Granier, 1973; Rose et al., 1979; Govett, 1983 e Boyle, 1984).

Arrykul et al. (1988) realizaram um estudo semelhante para mineralizações de Sn em veios, com amostragem de sedimentos de corrente e de rochas. Uma comparação rigorosa resulta difícil, pois os referidos pesquisadores trabalharam a nível local, em um contexto geológico diferente, com amostragem das encaixantes e não dos veios mineralizados. Além disso, os elementos analisados coincidem parcialmente com os considerados no presente estudo. Entretanto, vale a pena destacar algumas de suas conclusões: as anomalias em ambos os meios refletiram, em intensidade e extensão, a ocorrência das mineralizações de Sn; com amostragem e interpretação otimizadas, os sedimentos de corrente seriam a técnica mais eficiente; ambas as metodologias indicaram os efeitos de alteração "tipo greisen"; a associação F-Rb-Li caracterizou a mineralização nos dois casos.

No presente estudo, a comparação das estatísticas básicas (Tabelas 5 e 39) mostrou um enriquecimento na maior parte dos elementos para as amostras de sedimentos de corrente. Estas também possuíram intervalos de variação mais restritos, o que sugeriu maior homogenização pela influência dos processos intempéricos. Isto foi confirmado pelo estudo das distribuições, que mostraram um melhor ajuste aos comportamentos normal e log-normal para os sedimentos. Na Tabela 60 comparam-se os coeficientes de

variação, CV, os extremos divididos pelas respectivas médias, ER, e a amplitude interquartis expressa como percentagem da mediana, $(Q_3 - Q_1)/Q_2$, para as amostras de filões e de sedimentos. Devido à forma de cálculo, estes parâmetros permitiram uma comparação direta das estatísticas envolvidas.

Segundo os dados da Tabela 60, Mo, Ni e Sb apresentaram intervalos de variação mais restritos para os filões. As estimativas de Mn e Cr deixaram dúvidas, porém em função do intervalo interquartis agregar-se-iam aos anteriores. Para o resto dos elementos, as estimativas da Tabela 60 sugerem maior uniformidade das distribuições para as amostras de sedimentos. O Mo é o único elemento claramente enriquecido nos filões, o que o liga com os processos puramente hidrotermais. O fato de que 50% dos teores do Mo encontraram-se acima do LID melhorou a precisão da sua determinação para os filões. O Ni e o Mn foram parcialmente contaminados na etapa de moagem, o que justificaria maior uniformidade das suas distribuições para os filões. O Sb apresentou problemas na sua determinação analítica, sendo que no caso dos sedimentos a dispersão seria maior.

Tabela 60. Comparação dos coeficientes de variação (CV), extremos relativos (ER) e amplitudes interquartis expressas como percentagem da mediana, entre as amostras de filões e sedimentos. $Q_{1,2,3}$ = quartis primeiro, segundo e terceiro.

Varv.	Filões de quartzo			Sedimentos de corrente		
	CV	ER	$(Q_3 - Q_1)/Q_2$	CV	ER	$(Q_3 - Q_1)/Q_2$
Fe ₂ O ₃	78%	0,2- 9	82%	33%	0,4- 2	49%
Mn	97%	0,1- 15	54%	72%	0,1- 6	73%
P	106%	0,2- 10	98%	65%	0,4- 8	55%
As	333%	0,0- 34	200%	108%	0,0-14	117%
B	686%	0,0- 99		42%	0,0- 3	50%
Ba	257%	0,0- 29	120%	29%	0,4- 3	34%
Co	375%	0,0- 58	150%	67%	0,2- 5	93%
Cr	110%	0,1- 6	69%	99%	0,1- 8	147%
Cu	164%	0,3- 20	73%	103%	0,2-15	54%
Mo	94%	0,0- 8	100%	400%	0,0-55	
Ni	70%	0,0- 4	110%	105%	0,1- 9	136%
Pb	1200%	0,0-183	88%	67%	0,0- 6	50%
Sb	94%	0,0- 8	150%	200%	0,0-11	
Sn	217%	0,0- 15		67%	0,0- 3	83%
V	180%	0,0- 15	150%	40%	0,5- 3	62%
W	1400%	0,0-213		200%	0,0-11	
Y	350%	0,0- 30		35%	0,2- 4	36%
Zn	425%	0,1- 62	100%	31%	0,4- 3	36%

Em relação ao fundo geoquímico, ambos os conjuntos de dados apresentaram comportamentos característicos para as amostras localizadas de um e de outro lado da Falha "Fraile Muerto". Os elementos enriquecidos em cada sub-população não coincidem para as amostras de filões e de sedimentos de corrente. As associações entre os elementos também foram diferentes, sugerindo, para os filões, a ocorrência de diversas fases mineralógicas, possivelmente relacionadas a processos hidrotermais ligados à história geológica da região e sem evidenciar uma clara vinculação com o litotipo das encaixantes. Para os sedimentos de corrente, os teores de fundo e as associações geoquímicas para as Sub-populações 1 e 2 parecem mostrar uma relação direta ou indireta com os litotipos das rochas de procedência. A distribuição espacial das diversas variáveis, mapeadas em um e outro caso, pareceu confirmar a afirmação anterior (Figuras 35-38 e 51-60). Observe-se que, para as amostras de filões, existiria uma associação com a zona de cisalhamento (Figuras 35-38). A melhor expressão deste fenômeno localiza-se na porção centro-sul da área de pesquisa. Ao superpor os mapas correspondentes à localização das famílias de amostras definidas pela análise discriminante para os filões e os sedimentos (Figuras 39 e 61), vê-se uma grande concentração de amostras correspondentes aos Sub-grupos 2, 3 e 4 (filões) e à Sub-população 4 (sedimentos), nas proximidades do limite orogênico. O Sub-grupo 3 e a Sub-população 4 estariam associadas à ocorrência de rochas máfico-ultramáficas. O Sub-grupo 2 mostrou algumas associações que sugeriram um controle pelas encaixantes. Estes fatos indicam que, para as amostras de filões, o controle pelas encaixantes seria de caráter local e relacionado à zona de cisalhamento (fluxo térmico maior?).

Do ponto de vista da resposta local, a comparação dos mapas das Figuras 39 e 61 sugere um caráter mais abrangente da prospecção em sedimentos de corrente. Neste sentido, deve-se levar em consideração o caráter mais restrito da amostragem de filões. As amostras de sedimentos das Sub-populações 4, 5 e 6 mostraram superposição boa com a maioria das zonas anômalas indicadas pelos Sub-grupos 2 e 4 dos filões. Casos de superposição ótima foram mostrados pelas amostras 302 e 303 de filões, com ocorrência de galena e outros sulfetos, que foram evidenciadas por várias amostras de sedimentos da Sub-população 5, enriquecidas em Pb, Zn e Cu. As amostras 362, 363 e 364 de filões, com ocorrência de pirita e minerais de Cu, também superpuseram-se a várias amostras de sedimentos da Sub-população 6, enriquecida em Cu e Zn, e empobrecida em Pb. Um exemplo de superposição ruim, o é constituído pelas amostras 053, 060 e 061 de filões, enriquecidas

em Au e Cu, e que foram indicadas apenas pela "outlier" 0188 de sedimentos, definida pela ACP, e não classificada pela análise discriminante.

A amostra 0201 (Sub-população 6) pareceu indicar uma ocorrência de Au ao Norte do povoado de "Isla Patrulla", que não fora detectada pela análise estatística dos dados da prospecção estratégica (Spangenberg, 1985). Porém, de um ponto de vista geral, não se observaram amostras de sedimentos com comportamentos característicos que indicaram a ocorrência de mineralizações auríferas. A prospecção em sedimentos resultou eficiente quando as anomalias de Au nos veios estiveram associadas às encaixantes com ferromagnesianos e à ocorrência de sulfetos ou óxidos, como foi mencionado no parágrafo precedente.

5. CONCLUSÃO

5.1. Aspectos estatísticos

A avaliação da potencialidade dos métodos estatísticos foi incluída como um dos objetivos do presente estudo. Como no Capítulo 4 este assunto não foi abordado, são aqui incluídas algumas considerações de caráter conclusivo a esse respeito.

Os testes de ajuste das distribuições apresentaram, às vezes, resultados contraditórios. Isto se explica pela maior sensibilidade do teste χ^2 à deformação lateral. De qualquer maneira, a comparação dos resultados de ambos os testes e a análise dos histogramas de frequências pelo menos indicaram as tendências de comportamento existentes.

A média aritmética, o desvio padrão, a variância, os coeficientes de simetria e de curtose, e os resultados dos testes-F para a análise de variância, todos eles de natureza univariada, foram afetados pelos valores extremos ou pela irregularidade das distribuições. Este problema foi resolvido pelo descarte de amostras, pela transformação dos dados ou pela utilização dos testes não paramétricos. A comparação dos resultados entre pelo menos alguns desses métodos pode facilitar a interpretação final. Para os coeficientes de correlação de Pearson são válidas as mesmas considerações, porém, ainda assim, é necessário confirmar a existência de um padrão de comportamento linear a partir da observação do diagrama de dispersão, sem o qual a significação da estimativa pode ser falsa.

As "outliers" multivariadas, definidas pelas componentes principais, resultaram eficientes na detecção das amostras de filões com ocorrências de minerais de metais de base ou preciosos, das anomalias de sedimentos de corrente definidas pela prospecção estratégica (Spangenberg, 1985) ou de amostras com comportamento particular. A eliminação das referidas "outliers" permitiu melhorar a resposta da ACP ou da AFR, porém, ainda assim, foram visualizados sub-grupos de amostras com comportamento característico, ao se observarem os diagramas de dispersão das "scores". A integração desta metodologia com a análise de agrupamentos com a análise discriminante permitiu classificar as amostras em sub-grupos ou sub-populações de feições geoquímicas semelhantes, diferenciando o comportamento do fundo da resposta local, relacionada a aspectos litológicos, possíveis mineralizações, etc.

Os resultados obtidos sugeriram que os métodos estatísticos podem ser eficientes na análise da informação geoquímica, porém deve ser realizada

uma análise minuciosa dos dados envolvidos. Isto é, as estimativas calculadas e os resultados dos testes ou métodos estatísticos aplicados devem ser confirmados pela observação dos histogramas, dos diagramas de dispersão, gráficos "box and whisker" ou outras técnicas ligadas à análise exploratória de dados ou à estatística robusta. Em particular, os métodos gráficos, que consideram 2 ou mais dimensões, seriam eficientes na definição da sub-população do fundo e das amostras associadas a fenômenos específicos. Estes métodos, associados as técnicas multivariadas, permitiram definir conjuntos de amostras de comportamento mais homogêneo, atribuindo maior validade à resposta dos ensaios estatísticos aplicados.

5.2. Aspectos geoquímicos e prospectivos

As amostras de filões mostraram grande heterogeneidade nas distribuições dos elementos analisados. Em parte, isto explicou-se pela ocorrência de grãos e microgrãos de diversas fases mineralógicas contaminando o quartzo dos veios, e controlando a variância geoquímica dos traços. A distribuição espacial dos teores brutos e dos sub-grupos de amostras associadas sugeriu um controle da zona de cisalhamento, em função de um ambiente mais favorável para a deposição de soluções hidrotermais. As amostras de um e outro lado da Falha "Fraile Muerto" mostraram comportamentos característicos. As amostras de veios encaixados nas formações do Proterozóico médio-inferior distinguiram-se pelo enriquecimento em Cr e pela associação positiva Fe-Mn-Cr. As amostras relacionadas às rochas do "Grupo Lavalleya" caracterizaram-se pelo enriquecimento em Fe, Mn, P, Ba, Cu, Pb, V e Zn e pela associação múltipla Fe-Mn-P-Ba-Co-Cr-Cu-Pb-V-Zn, devida ao controle dos óxidos e sulfetos de Fe sobre a variância geoquímica dos elementos traços.

A nível local, os filões apresentaram certa zonalidade lateral evidenciada pelas amostras dos Sub-grupos 2, 4 e 5, que incluíram as anomalias principais de metais de base ou preciosos. Isto ressaltaria o interesse metalogênico dos setores centro-sul e centro-norte, onde o referido fenômeno mostrou sua melhor expressão.

O Au não demonstrou nenhuma associação geoquímica característica, nem parece estar relacionado a alguma espécie mineral específica. A análise dos dados sugeriu um caráter local da associação do Au com elementos femáfilos ou calcófilos, indicando sua provável ocorrência no quartzo, nos sulfetos, nos óxidos de Fe e possivelmente, também nos óxidos de Mn. Um controle litológico por encaixantes máfico-ultramáficas ou xistos verdes seria

possível, porém o estudo realizado não permitiu compreender a natureza do mesmo. Assim, não existiria nenhum elemento indicador claramente associado, tornando imprescindível a análise de Au, para sua prospecção eficiente. Neste sentido, deve-se destacar que o alto limite inferior de detecção para a maioria das amostras analisadas impossibilitou uma melhor definição dos teores de fundo do Au e de suas associações.

As amostras de sedimentos de corrente mostraram um comportamento mais homogêneo. A escala regional, a variância geoquímica foi controlada pela ocorrência de minerais ferromagnesianos nas rochas de procedência e pelos processos de sorção de elementos traços em óxidos de Fe e Mn. Também existiu uma diferenciação de comportamentos para as amostras localizadas de um e de outro lado do limite orogênico. As amostras do lado ocidental mostraram enriquecimento em Ba, Co, Cr, Ni, Sn, V e Y, e associação dos elementos femáfilos (Fe, Mn, Co, Cr, Cu, Ni, V e Zn), devido a um forte controle da variância geoquímica pela ocorrência de ferromagnesianos nas rochas de procedência. As amostras do lado oriental caracterizaram-se pelo enriquecimento em Fe, P, B, Pb e Zn, e associações Fe-Co-Cu-V e Cr-Ni. Os diagramas de dispersão sugeriram a existência de pelo menos duas sub-populações em diversos casos. O controle da variância geoquímica repartiu-se entre os fatores relacionados a ocorrência de ferromagnesianos e os processos de sorção.

A nível local, as amostras de sedimentos pareceram indicar uma ligação com as feições das rochas de procedência. As sub-populações anômalas explicaram-se pela sua vinculação com determinados litotipos ou pela ocorrência de possíveis mineralizações. Esta última consideração é baseada na boa superposição, em geral, entre as anomalias definidas para as amostras de filões e as de sedimentos de corrente.

Ambos os conjuntos de amostras, filões e sedimentos, mostraram teores de fundo e associações características para as sub-populações localizadas de um e de outro lado da Falha "Fraile Muerto". Para os veios, o controle pelas encaixantes não foi claro, e se existir, limitar-se-ia à zona de cisalhamento. No caso dos sedimentos de corrente, a vinculação com os litotipos associados foi mais evidente. De qualquer maneira, a melhor expressão de superposição teve lugar a nível local, nas zonas de ocorrência de possíveis mineralizações. Neste sentido, uma amostragem mais regular e abrangente para os filões de quartzo, em particular nas regiões distantes da zona de cisalhamento, haveria otimizado a comparação com o esboço geológico e a prospecção em sedimentos de corrente, possibilitando uma melhor interpretação da informação disponível.

BIBLIOGRAFIA

- Alecrim, J. e Royer, J. (1991a). "A detecção das outliers na análise dos componentes principais (ACP) e sua aplicação ao tratamento de dados em prospecção". In: 3ro. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUIMICA E 1ro. CONGRESSO DE GEOQUIMICA DOS PAISES DE LINGUA PORTUGUESA. São Paulo, 1991. Resumos, v. 2, p. 447-451.
- Alecrim, J. e Royer, J. (1991b). "As 'outliers' nas distribuições monovariáveis: uma técnica para o tratamento de dados em prospecção geoquímica". In: 3ro. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUIMICA E 1ro. CONGRESSO DE GEOQUIMICA DOS PAISES DE LINGUA PORTUGUESA. São Paulo, 1991. Resumos, v. 2, p. 468-473.
- Arnould, M. (1974). "Les éléments en traces de la gangue quartzreuse du filon de Fargues (Corrèze, Massif central français) et leur apport à la connaissance géochimique et minéralogique de celui-ci". Bulletin du BRGM (2da. série), seção 2, nro. 2, p. 215-225.
- Arrykul, S., Drake, M., Dunlop, A. e Govett, G. (1988). "A comparison of drainage sediment and rock-geochemical surveys for sheeted vein tin mineralization near Emmaville, N.S.W., Australia". Journal of Geochemical Exploration, 30: 123-144.
- Beckman, R. e Cook, R. (1983). "Outlier.....s". Technometrics, 25 (2): 119-145.
- Bossi, J. (1987). "Evidencias geológicas sobre la posible existencia de un núcleo cratónico de más de 2000 m.a. en el noroeste de Uruguay". In: III SIMPOSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Curitiba. 1987. Atas, v. 2, p. 821-832.
- Bossi, J., Campal, M., Garat, I., Piffeyro, D. e Gómez-Rifas, C. (1989). "First integrated photogeological map of the Precambrian dyke swarm of Uruguay: some geological inferences". Boletim IG-USP, 20: 57-60.
- Boyle, R. (1979). THE GEOCHEMISTRY OF GOLD AND ITS DEPOSITS. Ottawa, Geological Survey of Canada. 584 p. (Geological Survey of Canada Bulletin 280).
- Boyle, R. (1982). "Geochemical methods for the discovery of blind mineral deposits (Part 2)". CIM Bulletin, 75 (845): 113-132.
- Boyle, R. (1984). "The prospect for geochemical exploration - Predictable advances and new approaches". Journal of Geochemical Exploration, 21: 1-18.
- Castillo-Muñoz, R. e Howarth, R. (1976). "Application of the empirical discriminant function to regional geochemical data from the United Kingdom". Geological Society American Bulletin, 87: 1567-1581.
- Cardoso, J. e Fonseca, E. (1989). "Variabilidade vertical dos elementos maiores e vestigiais no contexto geológico do índice mineralizado do Salgadinho (Baixo-Alentejo). Uma aplicação da análise em componentes principais". Geociências (Revista da Universidade de Aveiro), 4 (1): 17-26.
- Cattell, R. (1973). THE SCIENTIFIC USE OF FACTOR ANALYSIS (In behavioral and life sciences). New York, Plenum Press. 618p.
- Chapman, R. (1976). "Limitations of correlation and regression analysis in geochemical exploration". Transactions of the American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, seção B, 85: B279-B283.
- Chork, C. (1990). "Unmasking multivariate anomalous observations in exploration geochemical data from sheeted-vein tin mineralization near Emmaville, N.S.W., Australia". Journal of Geochemical Exploration, 37: 205-223.

- Chork, C. e Govett, G. (1979). "Interpretation of geochemical soil surveys by block averaging". *Journal of Geochemical Exploration*, 11: 53-71.
- Cormack, R. (1971). "A review of classification". *Journal of the Royal Statistical Society (Series A)*, 134: 321-367.
- CPRM (1990). GEOQUANT. MANUAL DO USUARIO. Versão 3.0. Rio de Janeiro, Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. 173p.
- Davis, J. (1986). STATISTICS AND DATA ANALYSIS IN GEOLOGY. 2da. ed. New York, John Wiley & Sons, Inc. 645p.
- Evans, A. (1987). AN INTRODUCTION TO ORE GEOLOGY. 2da. ed. Oxford, Blackwell Scientific Publications. 358p.
- Fachel, J. (1976). ANALISE FATORIAL. São Paulo. 82p. (Tese de Mestrado. Instituto de Matemática e Estatística - USP).
- Ferrando, L. e Fernandez, A. (1971). "Esquema tectónico-cronoestratigráfico del Predevoniano del Uruguay". In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Porto Alegre, 1971. *Anais*, v. 1, p. 199-210.
- Fesefeldt, K. (1988). ASESORAMIENTO YACIMIENTOLOGICO A LA DINAMIGE. Hannover, BGR. 186p. (Cooperación técnica com la R.O.U., Proyecto Nro. 842024.2. Misión Geofísica Alemana.).
- Filippini, J. (1989). TRATAMIENTO ESTADISTICO Y CARTOGRAFICO DE UNA PROSPECCION LITOGEOQUIMICA EN LOS ALREDEDORES DEL ARROYO DE LAS TAMBERAS. Montevideu, DINAMIGE, 12p. (Relatório inédito).
- Filippini, J. (1991). "Aplicação da análise fatorial em prospecção geoquímica: amostragem de sedimentos de corrente em terrenos pré-Cambrianos do Uruguai". In: 3ro. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUIMICA E 1ro. CONGRESSO DE GEOQUIMICA DOS PAISES DE LINGUA PORTUGUESA. São Paulo, 1991. *Resumos*, v. 2, p. 546-550.
- Fonseca, E., Gonçalves, L., Araújo, J., Da Silva, E. e Cardoso, J. (1991). "Cartografia geoquímica de oligoelementos em sedimentos de linhas de água na região de Fornos de Algodres. Uma aplicação da análise fatorial e da técnica de filtragem linear". *Geociências (Revista da Universidade de Aveiro)*, 6 (1,2): 161-171.
- Fonseca, E., Viegas, L., Lima, L. e Soares, J. (1984). "Uma aplicação da análise fatorial em prospecção geoquímica (Minas da Mata da Rainha-Penamacor). *Comunicações do Serviço Geológico do Portugal*, 70 (1): 73-82.
- Foster, R., Ed. (1991). GOLD METALLOGENY AND EXPLORATION. Glasgow, Blackie & Son Ltd. 432p.
- Fragoso Cesar, A. (1980). O cratón do Rio de la Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-riograndense. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Camboriú, 1980. *Anais*, v. 5, p. 2879-2892.
- Fragoso Cesar, A., Machado, R. e Gomez Rifas, C. (1987). "Observações sobre o Cinturão Dom Feliciano no Escudo uruguaio e correlações com o Escudo do Rio Grande do Sul". In: III SIMPOSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Curitiba, 1987. *Atas*, v. 2, p. 791-809.
- Fragoso Cesar, A., Machado, R., Monteiro, R. e Sallet, R. (1990). "Nappes e estruturas correlatas do Cinturão Dom Feliciano no escudo uruguaio-sul-riograndense: uma introdução ao problema". *Acta Geologica Leopoldensia*, XIII (30): 75-92.
- Garret, R. (1984). "Workshop 5: Thresholds and anomaly interpretation". *Journal of Geochemical Exploration*, 21: 137-142.
- Garret, R. (1989). "The chi-square plot: a tool for multivariate outlier recognition". *Journal of Geochemical Exploration*, 32: 319-341.
- Gnanadesikan, R. (1983). "Introduction". Capítulo 1, p. 1-7. In: Gnanadesikan, R. (Ed.). STATISTICAL DATA ANALYSIS. Providence, American

- Mathematical Society. 141p. (Proceedings of Symposia in Applied Mathematics, v. 28).
- Gnanadesikan, R. e Kettenring, R. (1972). "Robust estimates, residuals and outliers detection with multiresponse data". *Biometrics*, 28: 81-124.
- Goso, H. & Umpierre, M. (1969). TRABAJOS REALIZADOS EN ISLA PATRULLA, DFTO. DE TREINTA Y TRES. Montevideo, IGU - Facultad de Química. 22p. (Relatório inédito).
- Govett, G. (1983). ROCK GEOCHEMISTRY IN MINERAL EXPLORATION. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company. 461p. (Handbook of Exploration Geochemistry, Volume 3).
- Granier, G. (1973). INTRODUCTION A LA PROSPECTION GEOCHIMIQUE DES GITES METALLIFERES. Paris, Masson et Cie. Editeurs. 143p.
- Green, P. (1976). MATHEMATICAL TOOLS FOR APPLIED MULTIVARIATE ANALYSIS. New York, Academic Press. 376p. (with contributions from Carroll, J.).
- Green, J. & Margerison, D. (1978). STATISTICAL TREATMENT OF EXPERIMENTAL DATA. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company. 382p.
- Hanssen, E. e Bourezg, M. (1990). "Geology and geochemistry of gossans and ironstones in carbonate and alumino-silicate environments in northeastern Algeria". *Journal of Geochemical Exploration*, 38: 323-349.
- Harman, H. (1970). MODERN FACTOR ANALYSIS. 2da. ed. Chicago, The University of Chicago Press. 472p.
- Hoaglin, D., Mosteller, F. e Tukey, J. (1983). UNDERSTANDING ROBUST AND EXPLORATORY DATA ANALYSIS. New York, John Wiley & Sons, Inc. 447p.
- Howarth, R. (1983). STATISTICS AND DATA ANALYSIS IN GEOCHEMICAL PROSPECTING. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company. 437p. (Handbook of Exploration Geochemistry, Volume 2).
- Howarth, R. (1984). "Statistical applications in geochemical prospecting: A survey of recent developments". *Journal of Geochemical Exploration*, 21: 41-61.
- Howarth, R. e Earle, S. (1979). "Application of a generalized power transformation to geochemical data". *Mathematical Geology*, 11 (1): 45-62.
- Hoyle, M. (1973). "Transformations - An introduction and a bibliography". *International Statistical Review*, 41 (2): 203-223.
- Huber, P. (1981). ROBUST STATISTICS. New York, John Wiley & Sons, Inc. 308p.
- IGU-BRGM (1982). INVENTARIO MINERO DEL URUGUAY. PRIMERA FASE. INFORME FINAL. Orléans, BRGM. 83p.
- Ineson, P. (1989). INTRODUCTION TO PRACTICAL ORE MICROSCOPY. Singapore, Longman Scientific & Technical. 181p.
- Isnard, P., Mallet, J., Zazes, P. e Sattran, V. (1972). "Corrélation géologiques. Méthodes statistiques de traitement des données". Capítulo 9, p. 437-536. In: Laffitte, P. TRAITE D'INFORMATIQUE GEOLOGIQUE. Paris, Masson et Cie. 624p.
- Jolliffe, I. (1986). PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS. New York, Springer-Verlag. 271p.
- Jöreskog, K., Klován, J. e Reymant, R. (1976). GEOLOGICAL FACTOR ANALYSIS. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company. 177p.
- Kleiner, B. e Hartigan, J. (1981). "Representing points in many dimensions by trees and castles". *Journal of the American Statistical Association*, 76 (374): 260-269.
- Koch, G. e Link, R. (1970). STATISTICAL ANALYSIS OF GEOLOGICAL DATA. New York, John Wiley & Sons, Inc. 2 volumes.

- Kürzl, H. (1988). "Exploratory data analysis: recent advances for the interpretation of geochemical data". *Journal of Geochemical Exploration*, 30: 309-322.
- Lawley, D. e Maxwell, A. (1971). *FACTOR ANALYSIS AS A STATISTICAL METHOD*. London, Butterworth & Co. Ltd. 153p.
- Lebart, L., Morineau, A. e Warwick, K. (1984). *MULTIVARIATE DESCRIPTIVE STATISTICAL ANALYSIS*. New York, John Wiley & Sons, Inc. 231p.
- Masquelin, H. (1990). "Análisis estructural de las zonas de cizalla en las migmatitas de Punta del Este". *Acta Geológica Leopoldensia*, XIII (30): 139-158.
- Marcotte, D. e Fox, J. (1990). "The Schefferville area: multivariate analysis and variography used to enhance interpretation of lake sediment geochemical data". *Journal of Geochemical Exploration*, 38: 247-263.
- Marsal, D. (1987). *STATISTICS FOR GEOSCIENTISTS*. Oxford, Pergamon Press. 176p.
- Melo Jr., G. (1981). "Avaliação de erros de amostragem e de análise em prospecção geoquímica através da análise hierárquica de variância". In: X SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE. Recife, 1981. Atas, p. 249-261.
- Midot, D. (1984). *ETUDE GEOLOGIQUE ET DIAGNOSTIC METALLOGENIQUE POUR L'EXPLORATION DU SECTEUR DE MINAS (URUGUAY)*. Paris, 175p. (Tese de Doutor 3ro. Ciclo - Université Pierre et Marie Curie).
- Miesch, A. (1981). "Estimation of the geochemical threshold and its statistical significance". *Journal of Geochemical Exploration*, 16: 49-76.
- Murtagh, F. e Heck, A. (1987). *MULTIVARIATE DATA ANALYSIS*. Dordrecht, D. Reidel Publishing Company. 210p.
- Nogueira, S. (1990). *ESTUDO DAS MINERALIZAÇÕES FILONEANAS AURIFERAS DO DEPOSITO DE PIRIRICA, VALE DO RIBEIRA, SP. São Paulo, 91p.* (Tese de Mestrado. Instituto de Geociências - USP).
- Obial, R. (1970). "Cluster analysis as an aid in the interpretation of multi-element geochemical data". *Transactions of the American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers*, seção B, 78 (765): B175-B180.
- Oliveira, N., Oliveira, S. e Borges, O. (1991). "Caracterização mineralógica e geoquímica dos gossans auríferos da região de Luziânia, GO". In: 3ro. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUIMICA E 1ro. CONGRESSO DE GEOQUIMICA DOS PAISES DE LINGUA PORTUGUESA". São Paulo, 1991. *Resumos*, v. 2, p. 554-558.
- Ovchinnikov, L. e Grigoryan, S. (1978). "Geochemical prospecting for ore deposits". *International Geology Review*, 20 (12): 1413-1425.
- Pan, G. e Harris, D. (1990). "Quantitative analysis of anomalous sources and geochemical signatures in the Walker Lake quadrangle of Nevada and California". *Journal of Geochemical Exploration*, 38: 299-321.
- Pena, S., Arrighetti, R. e Preciozzi, F. (1982). *ESBOZO GEOLOGICO DEL FOTOPLANO ISLA PATRULLA. ESCALA 1:50000. Montevideu, DINAMIGE. 1 mapa.*
- Perelman, A. (1967). *GEOCHEMISTRY OF EPIGENESIS*. New York, Plenum Press. 266p.
- Pérez, M. (1984a). *INVENTARIO MINERO. PROSPECCION ALUVIONAR EN LA ZONA SUR DE ISLA PATRULLA. Montevideu, DINAMIGE, 7p.* (Relatório inédito).
- Pérez, M. (1984b). *INVENTARIO MINERO. PROSPECCION ALUVIONAR EN LA ZONA CENTRAL DE ISLA PATRULLA. Montevideu, DINAMIGE, 6p.* (Relatório inédito).
- Pla, L. (1986). *ANALISIS MULTIVARIADO: METODO DE COMPONENTES PRINCIPALES*. Washington, OEA-Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. 94p.

- Preciozzi, F. (1989a). "Litoestratigrafia de la secuencia volcano-sedimentaria del Grupo Lavalleya (Ciclo Brasileiro); Región Minas-Pan de Azúcar, Uruguay". *Contribuciones a la geología del Uruguay*, nro. 2. Montevideo, DINAMIGE. 10p.
- Preciozzi, F. (1989b). "Características metalogénicas de la secuencia volcano-sedimentaria del Grupo Lavalleya (Ciclo Brasileiro); Región Minas-Pan de Azúcar, Uruguay". *Contribuciones a la geología del Uruguay*, nro. 3. Montevideo, DINAMIGE. 15p.
- Preciozzi, F., Pena, S. & Arrighetti, R. (1988a). CARTA GEOLOGICA DEL URUGUAY ESCALA 1:100000. MEMORIA EXPLICATIVA DEL FOTOPLANO ISLA PATRULLA (E-19). Montevideo, DINAMIGE-Facultad de Agronomía-Facultad de Humanidades y Ciencias. 15p., 1 mapa.
- Preciozzi, F., Spoturno, J., Heinzen, W. e Rossi, P. (1985). CARTA GEOLOGICA DEL URUGUAY ESCALA 1:500000. Montevideo, DINAMIGE. 1 mapa.
- Preciozzi, F., Spoturno, J., Heinzen, W. e Rossi, P. (1988b). MEMORIA EXPLICATIVA DE LA CARTA GEOLOGICA DEL URUGUAY A LA ESCALA 1:500000. Montevideo, DINAMIGE. 92p.
- Reina, K., Busna, A. e Huertas, R. (1991). ESTUDIO SOBRE CONTAMINACION DURANTE LA MOLIENDA DE ROCAS PARA ANALISIS MULTIELEMENTO. Montevideo, DINAMIGE. 8p. (Relatório inédito).
- Roquin, C. e Zeegers, H. (1987). "Improving anomaly selection by statistical estimation of background variations in regional geochemical prospecting". *Journal of Geochemical Exploration*, 29: 295-316.
- Rose, A., Hawkes, H. e Webb, J. (1979). GEOCHEMISTRY IN MINERAL EXPLORATION. London, Academic Press. 657p.
- Seeger, P. (1966). VARIANCE ANALYSIS OF COMPLETE DESIGNS. Uppsala, Univ. Uppsala. 225p.
- Shaw, D. (1964). INTERPRETATION GEOCHIMIQUE DES ELEMENTS EN TRACES DANS LES ROCHES CRISTALINES. Paris, Masson et Cie. 237p.
- Sicsú, A. (1975). ANALISE DISCRIMINANTE. São Paulo, 107p. (Tese de Mestrado. Instituto de Matemática e Estatística - USP).
- Siegel, S. (1975). ESTATISTICA NAO PARAMETRICA. São Paulo, Mc Graw Hill, Inc. 350p.
- Sinclair, A. (1991). "A fundamental approach to threshold estimation in exploration geochemistry: probability plots revisited". *Journal of Geochemical Exploration*, 41: 1-22.
- Spangenberg, J. (1983). ESTUDIO DA LA PRECISION DE LOS DATOS GEOQUIMICOS MULTIELEMENTO DEL INVENTARIO MINERO DEL URUGUAY. PERIODO JUNIO 1980 - JUNIO 1983. Montevideo, DINAMIGE. 48p. (Relatório inédito).
- Spangenberg, J. (1984). METODOS DE TRATAMIENTO E INTERPRETACION DE DATOS GEOQUIMICOS MULTIELEMENTOS EN PROSPECCION MINERA. UN ESTUDIO. Montevideo, 165p. (Trabalho de Graduação. Facultad de Química - Universidad de la República).
- Spangenberg, J. (1985). INVENTARIO MINERO DEL URUGUAY. RESULTADOS DE LA PROSPECCION GEOQUIMICA DEL FOTOPLANO ISLA PATRULLA. Montevideo, DINAMIGE, 94p. (Relatório inédito).
- Spangenberg, J. (1986). "Métodos de exploración geoquímica empleados en el Inventario Minero Nacional". *Boletín DINAMIGE*, nro. 39, p. 35-104.
- Stanley, C. e Sinclair, A. (1987). "Anomaly recognition for multi-element geochemical data - A background characterization approach". *Journal of Geochemical Exploration*, 29: 333-353.
- STSC (1987). STATGRAPHICS: USER'S GUIDE. Maryland, Statistical Graphics Corporation, Inc. 2 volumes.
- Tatsuoka, M. (1971). MULTIVARIATE ANALYSIS TECHNIQUES FOR EDUCATIONAL AND PSYCHOLOGICAL RESEARCH. New York, John Wiley & Sons, Inc. 310p.

- Tilling, R., Gottfried, D. e Rowe, J. (1973). "Gold abundance in igneous rocks: Bearing on gold mineralization". *Economic Geology*, 68: 168-186.
- Tukey, J. (1977). *EXPLORATORY DATA ANALYSIS*. Reading, Addison-Wesley Publishing Company. 688p.
- Umpierre, M. e Halpern, M. (1971). "Edades Sr-Rb en rocas cristalinas del sur de la R.O.U.". *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 26 (2): 133-151.
- Vairinho, M., Fonseca, E. e Pereira, H. (1990). "Discrimination of gossans using principal components analysis of standardized data". *Journal of Geochemical Exploration*, 38: 375-394.
- Vaz, N. (1990). "Resultados de una prospección general por oro en la región de Isla Patrulla. Dpto. de Treinta y Tres". In: 1er. CONGRESO URUGUAYO DE GEOLOGIA, Montevideo, 1990. *Resúmenes ampliados*, tomo II, p. 127-131.
- Vaz, N., Arrighetti, R. e Adelhardt, W. (1990). *PROSPECCION POR ORO EN LAS RESERVAS MINERAS XXI-A1 Y XXI-A2*. Montevideo, DINAMIGE. 44p. (Relatório inédito).
- Vaz, N., Pirelli, H. e Oyhantcabal, P. (1985). *GEOLOGIA A ESCALA 1:10.000 DE LOS ALREDEDORES DE ISLA PATRULLA*. Montevideo, DINAMIGE. 49p. (Relatório inédito).
- Wackernagel, H. e Butenuth, C. (1989). "Caractérisation d'anomalies géochimiques par la géostatistique multivariable". *Journal of Geochemical Exploration*, 32: 437-444.
- Wedepohl, K. (1969-1974). *HANDBOOK OF GEOCHEMISTRY*. Volume II. Berlin, Springer Verlag. 4 partes.
- Weisberg, S. (1980). *APPLIED LINEAR REGRESSION*. New York, John Wiley & Sons, Inc. 283p.
- Zhou, D. (1985). "Adjustment of geochemical background by robust multivariate statistics". *Journal of Geochemical Exploration*, 24: 207-222.

FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da folha "Isla Patrulla" e detalhe da área de pesquisa. 1. Fanerozóico. 2. Cambriano- Proterozóico superior. 3. Proterozóico médio-inferior. 4. Folha "Isla Patrulla" e área de pesquisa (retângulo interior).

Figura 2. Geologia da folha "Isla Patrulla" e a área de pesquisa (retângulo interior) à escala 1:200.000 (Fesefeldt, 1968).

1. Cobertura sedimentar	Fanerozóico
2. Granitóides pós, tardi e sin-tec-tônicos.	Proterozóico superior
3. Série de Minas: seqüência vulcano-sedimentar de baixo grau.	
4. Formação Isla Patrulla: seqüência vulcano-sedimentar, metamorfismo de grau médio a alto.	Proterozóico médio-inferior
5. Granitóides pós, tardi e sin-tec-tônicos.	
6. Formação Pavas: granito-gnaisses e anfibolitos.	
7. Gnaisses e granitos.	
8. Rochas máficas e ultramáficas de idade não determinada.	
9. Falhas/milonitos	

Figura 3. Mapa de localização das amostras de sedimentos de corrente.

Figura 5. Histogramas e curvas teóricas de melhor ajuste para as amostras de filões de quartzo.

Figura 6. Histogramas e curvas teóricas de melhor ajuste para as amostras de filões de quartzo.

Figura 7. Histogramas de freqüências para as amostras de filões de quartzo: (A) Au, variável Au_{min}; (B) Au, variável Au_{max}; (C) Ag; (D) Ni; (E) Sb e (F) Sn.

(A) Total das amostras de veios

(B) Sem outliers, 207 veios

(C) Total das amostras de veios

(X 1000)

(D) Sem outliers, 207 veios

Figura 8. Diagramas de dispersão mostrando a influência das "outliers" para os filões de quartzo. (A) **Mn-Co**, 228 amostras; (B) **Mn-Co**, sem as outliers, 207 amostras; (C) **Pb-Au**, 228 amostras e (D) **Pb-Au**, sem as outliers, 207 amostras.

(A) $\rho = 0.24$

(B) $\rho = 0.36$

(C) $\rho = 0.46$

(X 1000)

(D) $\rho = 0.65$

Figura 9. Diagramas de dispersão para os filões de quartzo depois de rejeitar as 21 "outliers" definidas pela ACP (207 amostras). ρ = Coeficiente de Pearson. (A) Fe_2O_3 -Au; (B) Fe_2O_3 -Cu; (C) Fe_2O_3 -Mn e (D) Fe_2O_3 -V.

(A) $\rho = 0.44$

(B) $\rho = 0.22$

(C) $\rho = 0.21$

(D) $\rho = 0.32$

(X 1000)

Figura 10. Diagramas de dispersão para os filões de quartzo depois de rejeitar as 21 "outliers" definidas pela ACP (207 amostras). ρ = Coeficiente de Pearson. (A) P-Fe₂O₃; (B) P-Ba; (C) P-Mn e (D) P-V.

(A) $r = 0.63$

(B) $r = 0.34$

(C) $r = 0.25$

(D) $r = 0.62$

Figura 11. Diagramas de dispersão para os filões de quartzo depois de rejeitar as 21 "outliers" definidas pela ACP (207 amostras). r = Coeficiente de Pearson. (A) Co-Fe₂O₃; (B) Co-Au; (C) Co-Cr e (D) Co-V.

(A) $\theta = 0.41$ (B) $\theta = 0.58$ (C) $\theta = 0.27$ (D) $\theta = 0.38$

Figura 12. Diagramas de dispersão para os filões de quartzo depois de rejeitar as 21 "outliers" definidas pela ACP (207 amostras). θ = Coeficiente de Pearson. (A) As-Au; (B) Cu-V; (C) Cu-Zn e (D) Mo-Au.

(A) Dados sem modificar, 228 veios

(B) Dados sem modificar, 207 veios

(C) Logaritmos neperianos, 207 veios

(D) Raiz quadrada, 207 veios

Figura 13. Pesos das componentes principais 1 e 2 segundo os diversos tratamentos ensaiados para as amostras de filões. (A) S-C; (B) S-S; (C) L-S e (D) R-S.

(A) Dados sem modificar, 228 veios

(B) Dados sem modificar, 287 veios

(C) Logaritmos neperianos, 287 veios

(D) Raiz quadrada, 287 veios

Figura 14. "Scores" das componentes principais 1 e 2 segundo os diversos tratamentos ensaiados para as amostras de filões.
(A) S-C; (B) S-S; (C) L-S e (D) R-S.

(A) Dados sem modificar, 228 veios

(B) Dados sem modificar, 287 veios

(C) Logaritmos neperianos, 287 veios

(D) Raiz quadrada, 287 veios

Figura 15. Pesos das componentes principais 3 e 4 segundo os diversos tratamentos ensaiados para as amostras de filões. (A) S-C; (B) S-S; (C) L-S e (D) R-S.

(A) Dados sem modificar, 228 veios

(B) Dados sem modificar, 287 veios

(C) Logaritmos neperianos, 287 veios

(D) Raiz quadrada, 287 veios

Figura 16. "Scores" das componentes principais 3 e 4 segundo os diversos tratamentos ensaiados para as amostras de filões.
(A) S-C; (B) S-S; (C) L-S e (D) R-S.

(A) Dados sem modificar, 228 veios

(B) Dados sem modificar, 287 veios

(C) Logaritmos neperianos, 287 veios

(D) Raiz quadrada, 287 veios

Figura 17. Pesos das componentes principais 5 e 6 segundo os diversos tratamentos ensaiados para as amostras de filões. (A) S-C; (B) S-S; (C) L-S e (D) R-S.

(A) Dados sem modificar, 228 veios

(B) Dados sem modificar, 207 veios

(C) Logaritmos neperianos, 207 veios

(D) Raiz quadrada, 207 veios

Figura 18. "Scores" das componentes principais 5 e 6 segundo os diversos tratamentos ensaiados para as amostras de filões.
(A) S-C; (B) S-S; (C) L-S e (D) R-S.

(A) Dados sem modificar, 228 veios

(B) Dados sem modificar, 207 veios

(C) Logaritmos neperianos, 207 veios

(D) Raiz quadrada, 207 veios

Figura 19. Pesos das componentes principais 10 e 11 segundo os diversos tratamentos ensaiados para as amostras de filões.
(A) S-C; (B) S-S; (C) L-S e (D) R-S.

(A) Dados sem modificar, 228 veios

(B) Dados sem modificar, 287 veios

(C) Logaritmos neperianos, 287 veios

(D) Raiz quadrada, 287 veios

Figura 20. "Scores" das componentes principais 10 e 11 segundo os diversos tratamentos ensaiados para as amostras de filões.
(A) S-C; (B) S-S; (C) L-S e (D) R-S.

(A) Dados sem modificar, 228 veios

(B) Dados sem modificar, 207 veios

(C) Logaritmos neperianos, 207 veios

(D) Raiz quadrada, 207 veios

Figura 21. Pesos das componentes principais 12 e 13 segundo os diversos tratamentos ensaiados para as amostras de filões.
(A) S-C; (B) S-S; (C) L-S e (D) R-S.

(A) Dados sem modificar, 228 veios

(B) Dados sem modificar, 287 veios

(C) Logaritmos neperianos, 287 veios

(D) Raiz quadrada, 287 veios

Figura 22. "Scores" das componentes principais 12 e 13 segundo os diversos tratamentos ensaiados para as amostras de filões.
(A) S-C; (B) S-S; (C) L-S e (D) R-S.

Figura 23. Pesos e "scores" das componentes principais 6, 7, 8 e 9 segundo o tratamento R-S para as amostras de filões.

(C) Raiz quadrada, 207 veios

(H) Raiz quadrada, 207 veios

(D) Raiz quadrada, 207 veios

(B) Raiz quadrada, 207 veios

(A) Au > 40 ppb, 52 veios

(B) Au > 40 ppb, 52 veios

(C) Au > 40 ppb, 52 veios

(D) Au > 40 ppb, 52 veios

Figura 24. Pesos e "scores" das componentes principais 1, 2, 3 e 4 para as 52 amostras de filões com Au > 40 ppb. As variáveis originais não foram transformadas.

(A) Au > 40 ppb, 44 veios

(B) Au > 40 ppb, 44 veios

(C) Au > 40 ppb, 44 veios

(D) Au > 40 ppb, 44 veios

Figura 25. Pesos das componentes principais 1-8 para as amostras de filões com Au > 40 ppb e os dados transformados pela raiz quadrada. Foram descartadas 8 amostras.

(A) Au > 40 ppb, 44 veios

(B) Au > 40 ppb, 44 veios

(C) Au > 40 ppb, 44 veios

(D) Au > 40 ppb, 44 veios

Figura 26. "Scores" das componentes principais 1-8 para as amostras de filões com Au > 40 ppb e os dados transformados pela raiz quadrada. Foram descartadas 8 amostras.

Figura 27. Diagramas de dispersão das funções discriminantes 1 e 2 (FD 1 e 2) para as amostras de filões, considerando: (A) Au > 40 ppb e FezOs, Au, Co, Cr e V. (B) Au > 40 ppb e FezOs, Mn, P, Co, Cr, Mo, Pb, V e Zn. (C-D) Total da população e FezOs, Mn, Au, Cr, Pb, V e Zn.

Figura 28. Gráficos "box and whisker" para os sub-grupos de amostras de filões definidos pela análise discriminante. Linhas transversais= Quartis. Extremos linhas verticais= Mínimo ou máximo. Retângulos menores= Amostras > $1.5(Q_3 - Q_1)$.

Figura 29. Gráficos "box and whisker" para os sub-grupos de amostras de filões definidos pela análise discriminante. Linhas transversais= Quartis. Extremos linhas verticais= Mínimo ou máximo. Retângulos menores= Amostras > 1.5($Q_3 - Q_1$).

Figura 30. Diagramas de dispersão para as 125 amostras de filões do Sub-grupo 1. Os números indicam a Unidade geológica associada (1= Proterozóico médio-inferior; 2= "Grupo Lavalaje").

Figura 31. Diagramas de dispersão para as 125 amostras de filões do Sub-grupo 1. Os números indicam a Unidade geológica associada (1= Proterozóico médio-inferior; 2= "Grupo Lavalleya").

(A) ACP: Dados transformados pela Vx

(B) ACP: Dados transformados pela Vx

(C) ACP: Dados transformados pela Vx

(D) Regressao multivariada

Figura 32. Gráficos relacionados à ACP e à análise de regressão para as 125 amostras de filões do Sub-grupo 1. Os números indicam a Unidade geológica associada (1= Proterozóico médio-inferior; 2= "Grupo Lavalleja").

Figura 33. Diagramas de dispersão para as 50 amostras de filões do Sub-grupo 2.

Figura 34. Diagramas de dispersão para as 50 amostras de filões do Sub-grupo 2.

55

35

9

22

NORTE ==> 35 - 55
 COORDENADAS CRESCENDO PARA NORTE
 LESTE ==> 9 - 22
 COORDENADAS CRESCENDO PARA LESTE

VARIAVEL : Fe2O3

LEGENDA

- ≥ 5.94
- 3.67 TO 5.94
- ◆ 2.85 TO 3.67
- 2.26 TO 2.85
- × 1.49 TO 2.26
- 1.22 TO 1.49
- < 1.22

2 km

Principais limites geológicos

Figura 35. Distribuição espacial dos teores de Fe_2O_3 (%) para as amostras de filões de quartzo.

NORTE ==> 35 - 55
 COORDENADAS CRESCENDO PARA NORTE
 LESTE ==> 9 - 22
 COORDENADAS CRESCENDO PARA LESTE

VARIAVEL : Mn

LEGENDA

- ≥ 1769
- 1606 TO 1769
- ◆ 1497.5 TO 1606
- 1376 TO 1497.5
- × 1123 TO 1376
- 969 TO 1123
- < 969

2 km

--- Principais limites geológicos

Figura 36. Distribuição espacial dos teores de Mn (ppm) para as amostras de filões de quartzo.

55

35

9

22

NORTE ==> 35 - 55
 COORDENADAS CRESCENDO PARA NORTE
 LESTE ==> 9 - 22
 COORDENADAS CRESCENDO PARA LESTE

VARIAVEL : Au

LEGENDA

- >= 376
- 120 TO 376
- ◆ 60 TO 120
- 50 TO 60
- × 10 TO 50
- < 10

2 km

Principais limites geológicos

Figura 37. Distribuição espacial dos teores de Au (ppb) para as amostras de filões de quartzo.

NORTE ==> 35 - 55
 COORDENADAS CRESCENDO PARA NORTE
 LESTE ==> 9 - 22
 COORDENADAS CRESCENDO PARA LESTE

VARIAVEL : CUPBZN

LEGENDA

■ ≥ 38.59
 ■ 13.5 TO 38.59
 ◆ 7.9 TO 13.5
 ■ 5.4 TO 7.9
 × 3.4 TO 5.4
 . 2.7 TO 3.4
 < 2.7

2 km

Principais limites geológicos

Figura 38. Distribuição espacial do teores de Cu+Pb+Zn divididos pelas suas respectivas medianas para as amostras de filões de quartzo.

Figura 39. Distribuição espacial dos sub-grupos de amostras de filões de quartzo definidos pela análise discriminante. . = Sub-grupo 1; ★ = Sub-grupo 2; • = Sub-grupo 3; ★ = Sub-grupo 4; ○ = Sub-grupo 5 e * = "outliers" não classificadas. / = Direção filões.

Figura 40. Histogramas e curvas teóricas de melhor ajuste para as amostras de sedimentos de corrente.

Figura 41. Histogramas e curvas teóricas de melhor ajuste para as amostras de sedimentos de corrente.

Figura 42. Diagramas de dispersão para as 154 amostras de sedimentos de corrente relacionadas às formações do Proterozóico médio-inferior.

Figura 43. Diagramas de dispersão para as 163 amostras de sedimentos de corrente relacionadas às rochas do "Grupo Lavalleja".

Figura 44. Diagramas de dispersão para as 154 amostras de sedimentos de corrente relacionadas às formações do Proterozóico médio-inferior.

Figura 45. Diagramas de dispersão para as 163 amostras de sedimentos de corrente relacionadas às rochas do "Grupo Lavallega".

Figura 46. Diagramas de dispersão para as 154 amostras de sedimentos de corrente relacionadas às formações do Proterozóico médio-inferior.

Figura 47. Diagramas de dispersão para as 163 amostras de sedimentos de corrente relacionadas às rochas do "Grupo Lavalleya".

Figura 48. Diagramas de dispersão relacionados à classificação e à discriminação das amostras de sedimentos. Os números indicam as diferentes sub-populações.

Figura 49. Gráficos "box and whisker" para as sub-populações de amostras de sedimentos definidas por análise discriminante. Linhas transversais= Quartis. Extremos linhas verticais= Mínimo ou máximo. Retângulos menores= Amostras $>1.5(Q_3 - Q_1)$.

Figura 50. Gráficos "box and whisker" para as sub-populações de amostras de sedimentos definidas por análise discriminante. Linhas transversais= Quartis. Extremos linhas verticais= Mínimo ou máximo. Retângulos menores= Amostras $>1.5(Q_3 - Q_1)$.

NORTE ==> 35 - 55
 COORDENADAS CRESCENDO PARA NORTE
 LESTE ==> 9 - 22
 COORDENADAS CRESCENDO PARA LESTE

VARIAVEL : Fe2O3

LEGENDA

- ≥ 11.02
- 9.83 TO 11.02
- ◆ 8.92 TO 9.83
- 7.63 TO 8.92
- × 5.67 TO 7.63
- 4.73 TO 5.67
- < 4.73

2 km

Principais limites geológicos

Figura 51. Distribuição espacial dos teores de Fe_2O_3 (%) para as amostras de sedimentos de corrente.

NORTE ==> 35 - 55
 COORDENADAS CRESCENDO PARA NORTE
 LESTE ==> 9 - 22
 COORDENADAS CRESCENDO PARA LESTE

VARIAVEL : Mn

LEGENDA

- >= 5240
- 2870 TO 5240
- ◆ 2300 TO 2870
- 1771 TO 2300
- × 1114 TO 1771
- 823 TO 1114
- < 823

2 km

Principais limites geológicos

Figura 52. Distribuição espacial dos teores de Mn (ppm) para as amostras de sedimentos de corrente.

Figura 53. Distribuição espacial dos teores de P (ppm) para as amostras de sedimentos de corrente.

55

35

9

22

NORTE ==> 35 - 55
 COORDENADAS CRESCENDO PARA NORTE
 LESTE ==> 9 - 22
 COORDENADAS CRESCENDO PARA LESTE

VARIAVEL : Cu

LEGENDA

- ≥ 145
- 72 TO 145
- ◆ 51 TO 72
- 40 TO 51
- × 29 TO 40
- 23 TO 29
- < 23

2 km

Principais limites geológicos

Figura 54. Distribuição espacial dos teores de Cu (ppm) para as amostras de sedimentos de corrente.

9

22

NORTE ==> 35 - 55

COORDENADAS CRESCENDO PARA NORTE

LESTE ==> 9 - 22

COORDENADAS CRESCENDO PARA LESTE

VARIÁVEL : Ni

LEGENDA

- ≥ 336
- 183 TO 336
- ◆ 143 TO 183
- 95 TO 143
- × 40 TO 95
- 26 TO 40
- < 26

2 km

Principais limites geológicos

Figura 55. Distribuição espacial dos teores de Ni (ppm) para as amostras de sedimentos de corrente.

NORTE ==> 35 - 55
 COORDENADAS CRESCENDO PARA NORTE
 LESTE ==> 9 - 22
 COORDENADAS CRESCENDO PARA LESTE

VARIAVEL : Pb

LEGENDA

■	>= 42
■	30 TO 42
◆	23 TO 30
■	19 TO 23
×	14 TO 19
.	11 TO 14
.	< 11

2 km

Principais limites geológicos

Figura 56. Distribuição espacial dos teores de Pb (ppm) para as amostras de sedimentos de corrente.

55

35

9

22

NORTE ==> 35 - 55

COORDENADAS CRESCENDO PARA NORTE

LESTE ==> 9 - 22

COORDENADAS CRESCENDO PARA LESTE

VARIÁVEL : Sn

LEGENDA

- ≥ 19
- 15 TO 19
- ◆ 13 TO 15
- 11 TO 13
- × 6 TO 11
- 4 TO 6
- < 4

2 km

Principais limites geológicos

Figura 57. Distribuição espacial dos teores de Sn (ppm) para as amostras de sedimentos de corrente.

NORTE ==> 35 - 55
 COORDENADAS CRESCENDO PARA NORTE
 LESTE ==> 9 - 22
 COORDENADAS CRESCENDO PARA LESTE

VARIAVEL : VX 1

LEGENDA

- ≥ 2.64
- 1.73 TO 2.64
- ◆ 1.38 TO 1.73
- .68 TO 1.38
- × -.06 TO .68
- -.52 TO -.06
- $< -.52$

2 km

--- Principais limites geológicos

Figura 58. Distribuição espacial do Fator 1 (Fe-Mn-Co-Cu-V-Zn) para 288 amostras de sedimentos (sem "outliers").

NORTE ==> 35 - 55
 COORDENADAS CRESCENDO PARA NORTE
 LESTE ==> 9 - 22
 COORDENADAS CRESCENDO PARA LESTE

VARIAVEL : VX 2

LEGENDA

- ≥ 2.35
- 1.72 TO 2.35
- ◆ 1.3 TO 1.72
- .76 TO 1.3
- x -.02 TO .76
- -.53 TO -.02
- $< -.53$

2 km

--- Principais limites geológicos

Figura 59. Distribuição espacial do Fator 2 (Mn-Ba-Co-Pb) para 288 amostras de sedimentos (sem "outliers").

55

35

9

22

NORTE ==> 35 - 55
 COORDENADAS CRESCENDO PARA NORTE
 LESTE ==> 9 - 22
 COORDENADAS CRESCENDO PARA LESTE

VARIAVEL : VX 3

LEGENDA

- ≥ 3.24
- 1.94 TO 3.24
- ◆ 1.24 TO 1.94
- .61 TO 1.24
- × -.22 TO .61
- -.59 TO -.22
- $< -.59$

2 km

Principais limites geológicos

Figura 60. Distribuição espacial do Fator 3 (Cr-Ni-Co-V-Fe vs. Pb) para 288 amostras de sedimentos (sem "outliers").

Figura 61. Distribuição espacial das sub-populações de amostras de sedimentos definidas pela análise discriminante. . = Fundo geoquímico; O = Sub-população 4; * = Sub-população 5; ★ = Sub-população 6 e "outliers" não classificadas.

ANEXO I

RESULTADOS ANALITICOS PARA AS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS DE CORRENTE

Amostra	Fe2O3	Mn	P	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sn	V	Y	Zn
0179	8.5	1037	297	15	11	230	34	544	45	270	0	14	114	19	103
0180	10.5	1337	349	12	9	211	42	387	54	240	0	7	173	27	92
0181	9.5	837	236	3	9	195	48	333	42	173	0	8	177	22	86
0182	5.1	1110	196	7	8	503	13	67	21	31	12	2	74	24	61
0183	8.2	1201	347	18	10	686	23	99	33	48	19	6	109	32	96
0184	7.5	1388	411	14	9	401	23	159	36	72	14	6	105	28	60
0185	7.8	982	328	15	10	301	43	594	41	340	4	18	126	24	74
0186	6.8	1496	306	17	9	473	23	185	27	112	9	8	91	26	79
0187	7.9	1870	262	0	11	413	51	540	45	346	9	19	133	23	89
0188	8.9	906	287	0	11	242	43	1028	40	574	0	12	127	17	64
0189	8.7	1135	407	1	19	323	21	75	162	43	41	1	205	33	103
0190	9.5	626	352	3	16	323	25	63	106	37	26	3	237	42	90
0192	11.3	2490	344	12	5	548	46	209	72	107	38	6	197	28	185
0194	7.1	1771	387	5	17	369	14	62	26	32	18	3	72	22	98
0195	8.0	1621	493	11	15	440	9	50	21	26	8	6	80	25	86
0198	8.4	1778	341	13	13	470	20	126	22	63	16	5	93	26	86
0200	6.4	583	420	15	11	598	16	89	27	42	12	6	76	20	84
0201	11.5	799	292	6	12	314	13	77	71	47	0	3	160	29	108
0202	6.9	1170	168	5	14	420	20	204	30	95	8	8	102	21	113
0203	10.1	1489	319	15	18	330	49	646	37	390	2	20	129	26	74
0204	10.1	2036	264	9	29	394	13	40	35	23	25	6	105	30	89
0205	6.2	2174	515	5	21	412	13	43	33	26	20	6	76	16	76
0206	5.8	758	373	25	23	601	8	47	71	25	33	7	110	38	74
0207	10.3	2161	359	15	28	407	14	51	52	32	30	7	100	25	122
0208	8.8	4208	612	11	27	680	18	46	41	30	43	8	88	24	113
0209	4.9	934	523	4	23	441	7	68	22	25	17	7	71	12	58
0210	4.6	1259	538	9	28	474	8	84	38	46	22	7	64	34	87
0211	7.3	2202	389	15	17	434	12	55	40	31	76	7	79	31	120
0212	5.1	1422	391	1	16	457	10	57	30	23	41	3	63	25	94
0213	5.4	1216	517	9	16	448	18	55	26	39	37	0	57	20	111
0214	7.5	2034	568	17	11	491	11	48	45	28	44	5	86	22	123
0215	5.2	3286	651	2	8	533	11	33	22	14	11	3	53	20	79
0216	6.3	2005	592	0	6	384	10	44	19	22	13	4	65	15	90
0217	5.6	1568	448	5	15	514	12	53	26	24	38	1	60	26	94
0218	10.6	5736	479	0	7	368	10	33	26	16	34	2	65	19	81
0219	5.2	1351	295	7	10	453	3	35	36	20	8	5	68	17	77
0220	7.1	1927	357	15	11	421	13	39	39	30	30	4	79	24	100
0221	5.1	1568	321	7	5	437	13	80	30	41	13	5	68	23	89
0222	5.6	1114	444	6	11	383	11	41	19	23	19	6	71	13	69
0223	5.8	1331	617	13	10	319	13	44	17	27	16	4	67	12	86
0224	6.4	1890	442	20	19	478	11	69	39	39	87	5	70	45	231
0225	4.1	977	251	4	6	421	14	49	20	22	15	3	69	18	58
0228	4.1	586	268	4	19	502	9	76	25	35	20	10	64	34	74
0229	4.3	1156	416	2	17	374	9	42	19	19	16	0	54	20	53
0230	8.4	5240	412	22	18	873	23	60	32	44	87	0	74	35	80
0231	4.5	668	443	0	10	322	5	45	27	20	15	4	50	26	95
0232	8.4	1648	377	4	8	367	21	194	38	104	14	1	91	26	122
0234	6.6	1216	316	5	12	388	18	41	25	18	15	0	63	12	82
0235	5.8	1222	835	0	10	279	15	39	31	25	13	1	59	16	115
0236	7.8	1474	860	0	9	286	24	53	66	36	8	0	96	23	130
0237	10.2	930	366	6	13	323	11	40	95	23	4	2	81	34	90
0238	10.7	1466	231	10	9	270	23	80	144	41	8	1	245	27	87
0239	8.5	892	497	7	11	297	9	58	131	35	3	5	202	45	99
0240	6.8	2203	445	14	13	484	12	38	29	23	33	4	72	22	75
0244	5.5	936	554	7	16	399	11	59	37	29	17	6	94	16	670

Amostra	Fe ₂ O ₃	Mn	P	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sn	V	Y	Zn
0245	4.1	827	312	6	13	357	10	39	23	20	16	10	69	14	57
0246	11.0	1395	249	3	11	256	46	229	532	111	28	8	248	23	187
0248	4.8	662	236	0	12	406	9	44	46	26	16	6	119	19	82
0249	4.4	801	274	2	16	388	13	56	28	25	21	14	88	12	55
0250	4.5	823	247	1	17	408	9	60	28	27	16	11	93	15	57
0253	4.9	517	340	10	8	519	7	68	20	23	9	1	82	18	59
0254	8.7	1893	298	33	6	356	37	288	35	137	0	5	111	21	108
0256	8.4	1686	419	11	6	532	45	359	46	191	3	9	125	22	86
0257	6.3	1527	2454	4	6	1017	27	141	22	98	13	6	89	38	94
0258	6.8	1246	2816	8	4	1099	26	123	22	70	12	6	95	41	82
0260	8.3	2470	412	7	5	478	55	308	32	151	2	2	91	21	90
0261	6.9	1311	362	6	10	434	23	273	37	138	8	10	110	21	96
0262	9.5	1455	225	13	11	386	34	256	62	127	5	9	183	27	136
0263	7.4	636	245	7	7	324	26	382	43	165	6	11	135	18	99
0264	8.0	1525	377	1	9	548	34	291	57	185	2	12	130	25	114
0265	9.8	1592	439	14	10	637	45	306	47	155	5	13	159	21	88
0266	9.2	1648	196	8	7	575	45	410	61	213	3	20	158	20	71
0267	6.4	1959	149	23	8	676	47	237	34	146	19	13	136	19	87
0268	5.2	1131	153	7	7	618	18	140	27	78	17	15	98	23	92
0269	5.3	1177	604	8	11	573	21	145	23	77	13	12	85	20	98
0272	4.6	1201	302	9	6	480	15	72	18	39	14	9	66	21	78
0273	4.2	638	237	3	9	466	9	53	16	24	13	8	66	20	60
0274	4.0	553	436	0	9	480	8	55	15	25	15	8	62	12	89
0275	5.3	445	287	5	7	357	12	155	27	68	12	7	87	22	99
0276	6.8	1359	322	4	8	291	16	119	26	56	12	6	81	34	132
0277	6.3	891	325	13	5	437	18	174	32	80	17	11	99	20	87
0278	5.0	899	322	1	4	471	23	87	24	41	13	6	92	22	58
0279	3.3	271	308	5	12	438	9	133	21	50	15	9	77	26	58
0280	6.6	1714	198	9	7	570	30	106	23	53	18	3	87	25	91
0281	5.7	427	162	10	6	468	16	144	18	64	14	8	83	21	63
0284	5.4	652	303	10	4	472	15	142	24	66	12	4	77	22	65
0285	4.4	863	278	6	7	433	15	85	26	49	9	2	67	22	68
0286	5.3	610	340	4	6	418	17	141	18	67	11	4	65	20	75
0287	7.2	2448	180	6	8	617	46	350	27	167	17	21	111	43	69
0290	4.9	1001	248	8	8	410	15	119	26	59	15	9	78	26	65
0291	4.5	769	260	8	8	560	16	190	24	103	10	13	78	25	79
0294	4.8	1032	583	9	10	650	11	185	26	109	11	13	68	26	98
0295	6.1	621	296	5	10	490	17	175	20	74	11	12	95	32	78
0297	6.6	1184	431	1	8	449	23	174	19	92	11	11	91	34	82
0298	6.1	1529	292	1	10	488	23	181	24	105	12	11	76	26	101
0304	5.7	3116	298	23	14	551	25	191	35	124	15	6	87	20	120
0305	4.7	590	145	1	16	449	10	171	40	96	8	10	67	23	121
0306	3.4	426	184	7	11	459	8	74	12	28	20	8	74	23	42
0307	5.8	1740	186	11	18	610	24	77	18	43	18	10	79	22	65
0308	3.9	1072	262	10	17	369	18	116	19	47	14	9	82	15	53
0309	8.2	3818	546	14	5	752	93	246	28	125	18	6	141	23	67
0310	6.2	2244	300	107	14	574	29	269	34	129	8	12	125	19	84
0312	3.8	269	246	2	15	237	8	204	36	81	6	14	96	22	98
0315	7.8	1067	224	5	7	325	29	157	35	75	16	11	153	32	92
0316	5.9	537	334	4	15	374	16	115	21	48	13	13	107	23	60
0317	6.5	1450	198	3	19	598	39	131	28	73	25	12	95	23	86
0318	5.4	1048	161	15	4	362	15	111	29	56	9	6	74	22	76
0319	5.6	900	199	7	7	367	18	169	36	79	12	6	94	24	100
0320	8.4	787	221	13	15	383	20	184	21	106	5	11	84	23	83
0321	7.6	1844	232	10	15	484	21	93	30	62	12	13	84	27	87

Amostra	Fe2O3	Mn	P	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sn	V	Y	Zn
0322	3.7	1058	227	3	10	504	9	60	26	29	14	8	57	29	66
0323	4.1	743	143	0	5	520	12	112	24	56	16	7	89	26	72
0324	5.7	1839	252	11	14	477	22	123	33	74	14	13	79	25	103
0325	5.6	2374	268	6	10	505	28	85	16	54	14	7	74	23	67
2212	4.7	208	322	0	4	407	6	267	10	116	19	12	92	39	47
2220	5.3	396	145	7	15	405	13	88	29	43	15	9	90	22	83
2221	5.2	1149	247	1	11	392	14	61	28	30	12	5	80	24	73
2222	5.7	1510	208	3	13	476	24	143	29	60	15	9	114	25	90
2223	4.2	1128	224	0	10	466	22	106	26	58	18	12	79	30	56
2224	4.3	1902	165	0	11	487	15	98	20	54	16	13	82	20	59
2227	4.7	522	236	5	15	351	12	259	29	162	4	19	105	22	92
2228	4.1	1433	195	0	12	451	16	53	20	32	17	5	67	22	58
2229	3.9	587	291	11	11	550	14	116	19	38	15	16	62	18	54
2231	3.2	1039	372	0	12	509	13	98	19	52	14	13	54	25	59
2232	5.1	1964	258	7	19	485	24	129	29	73	16	12	84	22	85
2233	5.9	1304	189	11	12	456	22	222	39	96	12	19	101	20	80
2234	7.3	3904	524	26	12	770	46	189	40	130	20	17	118	39	120
2235	4.3	600	590	5	8	637	9	128	28	59	13	9	73	26	91
2236	6.5	877	264	0	7	228	33	694	30	297	0	23	105	20	68
2237	10.1	2870	248	8	6	475	52	307	42	167	10	9	128	22	104
2238	4.8	549	321	1	11	362	14	296	27	161	8	19	69	19	83
2239	5.8	582	212	6	9	399	12	76	40	29	9	6	100	25	62
2243	3.8	560	337	4	10	388	11	159	18	79	13	8	65	23	65
2244	4.6	685	157	4	12	517	9	124	27	54	11	11	65	24	89
2245	4.6	1294	219	2	11	444	19	116	31	57	12	6	82	20	94
2246	5.3	1024	286	5	10	464	14	113	25	49	5	7	86	24	72
2247	4.4	764	295	2	7	497	13	134	20	66	6	12	68	26	59
2248	5.2	1542	184	7	16	444	26	197	28	88	6	11	88	20	83
2249	9.2	2368	296	9	10	468	32	442	47	183	14	13	135	23	109
2250	4.8	853	155	5	14	478	13	132	25	62	16	8	89	21	71
2251	4.0	797	219	3	12	435	17	77	19	42	22	10	71	18	53
2252	3.4	268	199	7	9	414	7	109	16	45	10	13	84	19	43
2253	2.5	391	261	3	9	514	7	51	17	24	17	11	59	20	34
2254	4.0	1079	318	4	13	391	17	156	28	77	10	12	83	17	77
2255	6.3	1106	453	2	12	324	34	292	36	132	27	15	91	13	108
2256	4.0	1209	171	5	13	404	19	136	31	62	8	12	76	21	72
2257	5.3	1053	745	31	17	587	41	247	44	91	17	17	93	17	60
2259	6.0	998	355	30	8	412	15	204	27	82	12	3	90	17	109
2260	4.6	1335	492	7	10	349	25	129	20	40	11	5	76	16	64
2261	7.3	1241	503	5	4	413	23	295	48	143	12	7	117	23	106
2263	5.0	741	265	9	5	577	18	259	23	149	13	9	87	24	81
2264	6.9	2059	193	7	6	336	42	596	29	336	1	15	111	18	70
2265	7.4	1758	589	20	6	396	38	192	29	113	15	5	113	28	84
2266	5.5	1028	192	3	5	370	22	219	25	124	9	2	93	20	63
2267	3.9	598	291	3	12	514	10	76	30	27	18	10	70	27	53
2268	5.3	987	266	5	8	306	15	136	27	45	6	2	98	19	63
2269	4.8	1286	460	7	12	426	24	184	55	89	11	16	81	21	139
2272	8.3	7320	535	13	12	1158	27	52	42	42	26	8	86	30	191
2273	6.2	2470	219	15	15	746	18	55	26	27	21	8	87	22	74
2274	8.3	1979	327	23	9	503	14	75	22	40	12	3	63	19	115
2276	7.0	1214	220	17	10	397	27	314	44	128	10	14	110	19	128
2277	6.8	2640	195	7	7	300	25	244	32	121	12	9	80	18	111
2278	6.8	471	236	5	11	407	12	126	28	49	14	6	62	26	139
2280	6.7	1944	361	10	15	477	15	60	27	34	15	2	76	22	84
2281	5.8	1337	299	3	14	454	13	59	25	29	15	5	81	18	89

Amostra	Fe ₂ O ₃	Mn	P	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sn	V	Y	Zn
2282	4.8	771	277	1	9	425	14	163	32	66	11	18	78	22	90
2283	3.6	887	432	6	9	356	7	46	28	24	9	0	62	15	58
2284	5.1	1769	421	14	12	499	38	117	38	57	20	3	67	27	59
2285	3.0	595	273	2	9	522	14	127	30	41	16	13	69	44	39
2286	5.5	1273	466	0	12	695	22	133	38	54	19	9	90	25	61
2287	7.4	1202	417	0	8	543	25	73	37	32	14	6	119	29	67
2288	6.4	641	360	8	13	516	19	193	51	82	23	14	121	36	57
2289	3.7	1307	334	0	9	477	27	83	17	35	17	7	62	23	44
2291	3.3	854	221	0	11	537	13	112	25	40	15	12	74	30	66
2292	3.8	688	391	7	11	482	14	109	20	36	18	13	79	28	44
2294	2.8	1252	299	8	10	520	12	60	17	26	14	9	45	22	53
2295	8.1	1299	205	12	13	340	24	288	43	138	4	8	110	21	100
2296	5.3	2300	274	12	12	425	23	105	24	51	13	5	78	19	84
2297	8.3	1951	201	14	13	639	57	255	30	113	19	7	117	17	83
2298	9.8	4116	469	17	14	469	55	404	30	307	7	10	109	24	80
2301	9.8	691	295	8	6	578	33	273	31	130	3	4	117	17	69
2302	4.6	1310	405	5	10	517	19	166	28	89	13	12	80	31	82
2303	5.6	2720	199	0	11	651	49	137	42	72	23	11	101	43	81
2304	5.8	1400	254	6	11	565	29	200	36	96	13	15	104	34	84
2307	11.7	1477	458	32	12	475	43	205	51	147	11	9	115	28	103
2309	8.8	679	336	6	13	324	27	326	77	265	0	16	157	28	108
2310	7.1	1135	254	8	9	364	26	277	39	129	1	8	116	20	61
2311	7.5	488	126	0	10	308	37	420	70	242	0	14	135	22	122
2313	5.8	3516	292	10	7	479	37	134	22	67	17	7	87	16	75
2315	4.4	1921	239	14	10	539	18	69	22	34	16	9	76	20	91
2316	6.2	5080	309	11	11	617	30	87	22	53	20	8	80	23	87
2317	11.9	782	235	8	14	316	38	540	63	302	10	18	168	14	183
2318	7.7	1506	247	0	13	572	15	54	10	30	5	1	90	22	60
2319	7.6	1270	562	0	10	540	7	36	15	23	4	13	74	83	85
2320	6.1	2036	342	2	14	479	13	55	26	30	12	0	63	28	98
2321	8.7	936	320	5	0	482	13	42	13	18	9	4	70	27	69
2323	5.2	1961	232	7	5	711	15	42	21	23	17	4	71	21	55
2325	4.9	1043	291	8	9	334	10	44	23	19	11	0	78	14	63
2326	5.8	881	237	14	6	294	12	48	36	29	14	2	91	22	59
2327	4.8	438	313	1	12	461	10	61	40	33	18	7	107	21	107
2328	4.5	784	346	4	7	275	8	40	31	17	11	0	79	17	65
2329	3.4	814	640	1	9	298	8	36	21	14	12	3	57	9	62
2330	4.5	482	330	3	16	388	7	50	38	26	10	6	84	17	59
2331	4.6	446	219	0	11	347	8	43	26	19	14	4	77	16	46
2332	3.7	183	286	2	12	319	4	49	26	21	11	7	68	10	71
2333	4.7	461	366	6	14	367	7	50	35	19	14	4	72	11	55
2334	4.0	361	263	1	12	392	3	41	30	18	7	3	67	13	52
2335	10.6	1373	340	5	5	225	29	73	129	34	14	3	263	26	75
2336	6.0	307	352	6	16	351	7	61	33	27	6	9	76	8	75
2339	8.7	553	349	7	7	364	6	55	72	24	11	11	154	87	78
2340	4.6	150	289	3	8	348	4	40	17	18	13	6	78	19	57
2345	11.0	1880	169	2	7	393	38	31	212	29	6	0	314	23	91
2350	6.9	530	245	1	9	275	10	31	75	13	14	1	93	25	87
2351	6.0	474	291	2	6	185	16	61	212	37	8	6	231	38	108
2368	8.4	1157	254	12	6	426	34	342	38	147	20	13	145	27	135
2369	7.4	1119	424	6	12	462	18	158	46	82	13	9	84	26	158
2370	5.9	2608	291	7	13	536	22	39	19	24	20	2	67	22	64
2371	6.6	6324	867	11	14	634	32	43	42	31	34	10	59	42	73
2372	5.5	970	402	6	19	355	12	63	26	24	13	8	88	7	87
2373	4.5	539	195	5	16	467	14	59	32	35	15	7	84	22	116

Amostra	Fe ₂ O ₃	Mn	P	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sn	V	Y	Zn
2374	7.0	2301	313	15	14	384	17	51	27	27	24	4	89	14	71
2375	5.4	2337	366	13	10	409	10	49	27	27	15	5	76	15	69
2377	6.0	911	209	9	15	497	12	48	23	18	17	7	89	35	54
2379	7.8	925	287	11	3	302	13	60	99	31	6	3	223	29	69
2380	8.4	179	358	3	8	370	12	67	58	39	0	0	70	15	89
2383	2.8	782	241	11	6	355	6	64	18	21	9	6	68	16	50
2384	8.0	788	311	16	4	313	8	69	71	24	12	3	182	30	73
2386	6.7	1120	376	5	7	325	13	51	57	27	7	3	143	24	89
2389	5.2	1589	414	5	8	381	18	41	25	25	15	5	94	18	80
2390	7.4	2184	257	3	10	319	17	42	40	20	8	1	122	22	70
2391	8.5	5444	378	7	11	619	34	41	66	32	19	6	130	30	132
2392	5.4	1216	416	16	9	403	7	34	27	15	9	3	76	19	56
2393	5.6	648	495	7	11	294	9	44	12	21	14	4	69	9	79
2394	5.0	1549	312	6	9	313	12	40	29	17	4	1	92	20	71
2395	3.2	317	336	4	18	390	3	50	25	21	12	7	76	21	91
2397	5.7	977	760	4	10	279	13	40	10	26	14	6	68	17	74
2398	5.1	822	546	5	11	318	8	39	7	21	14	5	62	9	82
2400	4.9	862	630	2	10	308	7	35	7	14	13	3	55	5	87
2401	4.9	1012	922	5	12	370	7	44	16	28	13	5	65	13	98
2402	5.5	989	468	6	12	318	10	45	16	26	14	3	77	12	89
2403	5.7	988	513	10	19	376	11	53	53	22	12	6	100	12	100
2404	7.6	1717	189	12	11	362	24	53	60	26	16	3	117	37	95
2405	4.2	1124	332	4	10	391	8	46	30	21	8	3	81	25	90
2406	6.6	2492	406	9	11	492	23	47	34	22	13	1	126	24	87
6207	4.9	1054	186	0	2	325	25	301	24	150	6	8	94	17	50
6209	3.0	720	164	0	6	419	8	94	11	28	11	7	57	31	34
6210	4.2	1115	281	2	7	283	13	93	19	41	11	0	66	20	68
6211	10.0	485	234	5	5	326	18	238	31	146	8	7	143	15	83
6214	4.5	1148	269	6	7	455	12	80	22	37	17	4	69	21	74
6215	3.8	1058	229	2	8	539	16	101	20	43	16	5	64	18	69
6218	4.3	813	340	6	8	471	9	192	31	75	9	6	79	18	71
6219	4.1	965	260	10	8	438	18	182	33	76	16	12	79	21	71
6220	4.3	1137	186	2	12	534	14	132	30	65	13	8	64	20	102
6221	4.0	927	216	2	3	469	17	113	15	59	9	4	74	18	45
6222	3.9	726	132	2	4	344	13	275	14	156	8	3	57	16	51
6223	5.2	652	132	0	9	440	11	160	32	76	9	10	71	19	72
6225	4.0	1285	271	2	6	470	14	87	20	43	15	4	66	22	77
6226	3.0	653	313	0	6	322	5	43	18	19	13	4	68	30	47
6227	3.5	301	314	5	6	547	8	43	16	18	15	4	70	28	44
6229	3.8	487	416	4	4	481	16	186	28	70	15	9	81	24	52
6230	3.6	444	342	7	6	363	6	55	17	25	22	9	61	40	42
6232	5.2	845	181	4	6	456	15	137	25	56	16	4	85	22	61
6233	6.7	3436	232	8	8	597	41	193	41	121	20	7	101	24	110
6234	4.6	878	291	0	8	389	17	268	39	80	10	8	90	19	76
6235	4.6	527	184	0	6	316	12	298	23	119	9	13	80	19	55
6236	6.0	1089	181	21	6	396	20	588	41	182	7	14	108	18	118
6237	3.8	423	1042	2	13	405	12	171	40	34	15	8	81	10	55
6238	9.6	3712	254	1	5	797	72	338	54	173	12	6	137	22	127
6239	2.4	278	168	0	6	355	4	50	13	20	9	3	46	18	32
6240	5.9	4016	180	5	7	292	38	133	16	100	20	0	69	21	57
6241	3.4	773	180	0	5	514	9	82	16	40	12	3	62	22	45
6242	3.4	526	234	3	8	492	5	82	21	33	12	8	59	24	64
6244	2.6	261	285	2	4	705	7	50	10	19	15	7	47	16	44
6245	5.0	1405	243	9	7	440	29	113	29	50	18	12	89	24	58
6248	2.6	848	333	13	5	507	5	31	15	16	15	7	46	16	49

Amostra	Fe2O3	Mn	P	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sn	V	Y	Zn
6250	5.5	2792	325	17	6	789	15	79	24	47	21	9	63	27	96
6251	5.9	1124	270	5	11	559	16	191	31	87	19	6	93	16	94
6252	8.6	1258	329	9	11	379	25	372	47	173	15	10	110	16	130
6254	9.3	1218	391	5	9	516	18	40	21	28	19	1	84	20	82
6255	8.3	2431	420	1	14	563	22	77	29	64	25	5	101	25	92
6256	6.6	2004	355	9	13	526	16	70	25	38	21	2	74	20	105
6257	6.6	1874	435	8	6	774	23	146	21	66	24	6	84	17	87
6259	5.7	791	540	10	11	511	12	53	20	31	12	3	88	22	98
6260	11.2	1514	399	6	9	439	21	107	29	91	9	3	109	29	104
6261	6.6	1129	371	2	11	441	17	80	21	56	13	1	91	19	77
6262	9.4	1040	294	4	12	439	18	98	26	74	32	3	116	22	119
6264	9.1	1012	234	15	8	301	30	374	34	252	15	5	107	18	91
6265	10.5	2103	390	11	7	498	32	122	31	92	30	1	138	24	119
6268	5.7	876	224	7	6	355	11	83	43	48	29	10	97	18	100
6269	4.5	1238	157	1	7	500	11	44	23	18	18	6	68	17	77
6272	2.6	487	207	9	10	370	7	38	12	19	14	8	64	15	65
6274	6.6	2255	202	17	16	586	31	41	35	29	42	4	113	19	122
6275	4.6	1024	319	15	12	369	10	38	15	23	17	5	73	20	56
6276	5.2	963	481	8	13	352	12	50	30	33	24	7	92	25	105
6278	4.5	861	418	6	13	369	12	43	26	33	18	9	71	25	106
6288	4.1	413	239	1	12	397	4	35	29	16	20	6	82	23	85
6289	4.1	530	386	0	13	424	5	34	16	14	13	4	62	17	54
6293	9.0	1349	196	12	15	453	27	43	38	24	25	4	108	18	76
6294	5.0	1161	298	2	11	468	11	35	30	17	26	4	88	22	104
6297	7.6	490	665	11	11	398	14	105	21	53	26	4	84	17	78
6298	5.7	1271	443	12	10	500	12	35	21	21	21	3	74	21	85
6300	4.2	1084	456	6	9	315	9	35	21	21	9	7	55	20	87
6302	4.1	1040	613	6	11	333	11	41	46	26	11	5	82	36	102
6303	4.6	561	626	1	11	347	9	46	14	25	14	5	60	10	86
6304	3.6	991	233	1	6	740	9	17	10	7	23	3	50	17	44
6305	4.4	371	315	6	9	397	4	48	25	22	5	4	71	31	69
6308	5.2	241	613	5	20	367	3	49	18	17	13	6	73	8	70
6311	7.5	1206	450	5	5	319	12	62	47	24	9	0	149	26	77
6312	9.8	1390	263	7	2	350	25	57	112	34	12	0	195	37	89
6313	7.8	1630	346	9	4	345	21	55	85	28	13	0	170	33	78
6314	2.2	312	201	10	9	317	7	31	18	11	12	0	55	21	42
6315	3.8	995	237	5	7	438	6	28	19	11	13	0	60	23	55
6317	4.5	887	242	2	13	344	9	32	19	19	13	6	63	27	80
6318	4.0	1023	208	5	7	780	13	26	20	15	25	3	65	23	60
6322	2.7	146	193	0	3	255	3	28	10	10	11	3	54	17	34
6337	3.5	349	189	5	8	381	8	47	31	22	15	0	86	25	87
6339	5.1	522	313	0	6	435	7	48	36	20	7	1	70	28	55
6340	5.0	366	233	5	7	299	6	37	23	16	14	0	68	15	93
6341	5.7	621	239	10	17	387	15	50	27	22	20	7	96	18	106
6343	6.0	1918	326	19	13	566	18	38	32	20	36	5	90	22	126
6382	6.5	414	250	2	5	337	12	49	60	24	10	9	132	26	81
6383	5.7	1253	387	9	13	688	12	35	30	21	28	2	77	22	94
6384	6.6	1728	362	13	11	585	15	44	35	27	22	3	89	23	98
6387	6.4	1002	293	9	10	517	10	50	29	26	16	6	90	23	84
6391	6.5	1197	249	12	12	489	14	51	34	26	17	0	96	19	77
6392	4.1	376	593	3	8	274	9	45	25	27	12	8	71	14	83
6393	6.0	1267	219	7	9	690	7	45	24	23	17	6	71	28	87
6395	6.1	743	543	5	8	390	9	45	22	25	12	8	63	11	94
6397	6.0	898	415	9	7	267	10	40	44	20	5	5	92	32	80
6398	4.1	1282	362	13	9	299	9	40	26	18	11	8	70	23	81

Amostra	Fe ₂ O ₃	Mn	P	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sn	V	Y	Zn
8001	10.2	1044	696	12	6	256	14	75	145	44	6	0	194	40	129
8002	4.7	599	476	4	10	358	10	49	35	34	15	5	65	23	87
8003	6.1	1751	419	12	11	554	9	40	31	25	15	7	76	26	77
8004	8.0	2960	328	16	8	446	14	37	32	26	19	3	79	19	94
8005	6.2	1817	559	8	10	509	12	46	31	32	20	6	88	20	91
8006	6.5	2392	192	12	8	575	19	39	19	24	15	2	88	18	55
8007	4.3	906	312	6	9	457	9	36	24	21	15	4	75	19	74
8008	6.1	1496	369	8	8	486	10	42	29	28	19	4	78	20	85
8009	4.7	1942	394	4	11	530	9	35	33	23	13	6	57	18	70
8010	5.2	2771	587	7	10	478	18	38	26	26	21	6	56	22	68
8027	4.0	1497	281	15	12	468	9	35	33	15	23	4	73	14	51

Nota: Fe₂O₃ em % e o resto dos elementos em ppm. Ag, Be, Cd, Mo, Nb, Sb e W não foram incluídos pois apresentaram intervalos de variação restritos, com grande percentagem de amostras com teores nulos.

ANEXO II

RESULTADOS ANALITICOS PARA AS AMOSTRAS DE FILOS DE QUARTZO

Amostra	FezOs	Mn	P	As	Au	Ba	Co	Cr	Cu	Mo	Pb	Sb	Sn	V	Zn
005	1.5	336	59	2	7	24	5	23	31	3	11	0	0	3	4
008	0.8	405	52	1	6	12	1	23	40	0	4	3	9	2	11
009	0.5	164	35	0	<5	3	0	7	22	0	2	1	3	2	6
010	1.8	571	67	0	<5	40	1	11	41	1	3	0	1	8	16
045	0.9	255	36	6	<5	9	1	13	40	2	3	0	2	4	8
046	0.8	290	30	7	<5	3	1	21	23	1	4	0	1	4	5
048	3.4	1385	251	13	62	11	6	25	73	3	4	2	0	7	4
052	1.9	993	93	4	63	10	4	18	35	3	1	0	0	11	3
053	10.0	999	360	15	110	34	5	26	149	1	3	2	0	76	12
056	1.8	649	94	170	27	13	4	16	28	1	0	2	0	7	8
057	3.3	1071	123	7	76	24	3	20	82	2	1	0	0	8	6
058	2.7	1104	107	2	40	24	7	30	140	2	3	1	0	11	5
059	3.4	902	119	2	48	118	10	36	115	2	1	1	0	17	21
060	2.5	857	95	17	148	18	4	19	82	1	0	0	0	8	6
061	1.6	930	57	47	146	53	5	15	33	5	3	3	0	9	4
062	1.3	1181	40	2	<5	55	2	16	15	2	3	0	0	7	6
063	1.7	1310	396	5	<5	20	5	31	19	3	2	1	0	12	10
064	1.8	1394	67	4	<5	7	3	18	23	2	4	2	0	2	7
065	1.6	1307	60	2	<5	2	2	17	17	2	1	0	0	2	3
066	1.2	1062	37	1	<5	3	2	12	15	2	2	1	0	0	4
068	1.3	1110	34	4	<5	10	2	15	16	3	3	3	1	2	2
071	1.3	894	28	0	<5	18	2	11	26	2	1	4	0	4	4
073	1.9	1255	57	5	<5	8	3	17	25	2	2	4	1	11	4
075	1.2	974	66	0	<5	10	2	14	20	1	3	2	0	3	3
076	1.1	877	32	7	<5	8	2	12	14	1	3	3	0	1	3
077	1.5	1202	21	5	<5	7	3	16	16	3	2	3	1	1	2
078	1.2	963	34	4	<5	4	2	12	15	2	5	3	0	1	1
080	2.6	1073	61	204	35	127	16	60	115	5	9	3	0	27	15
081	1.2	946	32	4	<5	4	2	12	16	2	3	2	1	1	4
084	1.2	1007	37	0	<5	24	2	12	15	3	1	3	1	1	2
085	2.0	1468	50	13	376	22	4	25	27	3	3	6	0	8	8
135	0.9	824	25	0	<40	9	1	11	18	2	2	0	0	1	7
136	0.9	906	34	0	<40	28	2	12	17	3	3	1	3	1	4
137	1.2	1147	33	3	<40	7	2	17	21	2	3	0	0	2	10
138	1.1	969	26	3	<40	4	2	14	18	1	2	2	0	1	8
139	1.4	1315	35	2	<40	5	3	18	24	2	3	3	0	2	5
140	1.4	1213	28	2	<40	59	2	18	20	2	6	1	0	2	6
141	1.7	1418	26	1	<40	7	3	20	24	3	4	2	0	2	5
142	1.8	1525	23	0	<40	1	3	26	27	3	6	4	0	2	10
143	2.1	1725	38	8	<40	0	4	27	31	4	2	2	0	1	10
144	2.3	1822	35	4	<40	7	4	26	29	3	5	3	0	2	6
145	1.3	1179	32	5	<40	9	3	17	21	2	6	3	0	0	6
147	1.0	946	20	1	<40	10	2	13	13	2	2	0	0	1	3
148	1.2	1177	27	3	<40	11	2	12	16	3	3	0	0	0	3
149	1.3	1257	24	4	<40	18	4	15	19	2	4	0	0	2	10
150	1.1	1031	29	1	<40	10	2	14	15	1	4	0	0	1	5
151	0.8	685	24	0	<40	15	2	9	16	1	1	0	0	1	10
152	0.7	679	27	3	<40	8	1	8	14	2	3	0	0	0	5
153	0.8	727	30	8	<40	5	2	12	16	2	4	1	0	2	5
154	1.1	941	15	6	<40	6	1	18	18	2	4	0	0	2	6
155	0.9	768	22	5	<40	14	2	11	17	1	3	3	0	1	6
156	1.1	778	39	6	<40	13	2	12	27	0	4	0	0	2	8
157	1.6	1333	22	13	<40	2	6	19	21	8	5	3	1	2	6
158	1.1	921	24	0	<40	4	1	13	15	2	4	2	0	1	7

Amostra	FezOs	Mn	P	As	Au	Ba	Co	Cr	Cu	Mo	Pb	Sb	Sn	V	Zn
159	0.8	650	20	8	<40	5	1	11	15	2	0	0	0	1	8
160	1.0	849	27	4	<40	0	4	12	16	1	4	1	0	1	5
161	1.6	1424	29	0	<40	4	1	16	23	1	5	1	4	2	5
162	1.6	1407	40	3	<40	13	1	20	27	1	7	4	2	2	16
163	1.2	1230	27	0	<40	5	0	14	16	0	3	1	3	0	4
164	1.6	1522	40	1	<40	18	1	18	19	1	0	0	2	2	18
165	1.1	1000	32	0	<40	15	0	11	15	0	3	1	3	1	8
166	1.2	1183	31	0	<40	4	0	16	16	1	3	1	4	1	7
167	0.8	799	25	0	<40	8	0	9	15	0	2	2	1	0	6
168	0.9	781	31	0	<40	46	0	9	13	0	3	1	0	0	8
169	0.7	668	24	3	<40	10	2	9	25	1	3	0	2	2	7
170	0.9	759	36	4	<40	27	1	10	13	1	3	0	0	1	8
171	0.9	775	20	3	<40	4	1	9	65	1	1	0	1	1	8
172	1.0	926	39	0	<40	15	2	12	19	1	5	0	0	2	11
173	0.8	793	39	1	<40	149	1	9	17	0	6	0	2	1	6
174	0.7	653	23	0	<40	33	1	7	16	0	2	1	0	1	6
175	1.1	977	32	0	<40	24	2	11	13	1	5	0	1	2	16
176	0.8	734	25	0	<40	0	1	9	31	1	4	1	0	1	14
177	0.7	701	24	7	<40	3	1	9	26	2	5	2	1	0	8
178	1.2	1122	41	2	<20	9	2	13	16	2	0	2	1	0	8
179	1.1	1073	31	6	<20	6	2	14	17	3	0	1	0	0	6
182	1.7	743	49	4	<20	6	6	13	62	3	1	1	0	7	10
183	1.0	955	26	3	<20	10	2	12	15	2	0	1	0	0	4
184	1.6	1421	34	7	<20	9	3	18	19	4	0	2	0	1	11
185	1.1	1055	34	2	<20	7	2	14	17	2	3	0	0	1	9
186	1.6	1373	50	2	<20	14	3	18	20	3	4	1	0	2	6
187	1.8	1458	100	0	<20	40	3	18	34	3	4	1	1	4	8
188	1.9	1452	78	0	60	23	5	20	287	4	9	0	0	4	15
189	2.2	875	77	2	<20	17	3	71	32	1	4	0	1	3	8
190	2.4	890	127	0	<20	17	3	79	36	1	8	1	1	4	9
191	2.0	809	58	0	<20	7	1	81	34	1	4	1	2	2	10
192	2.8	1233	79	0	<20	8	4	93	35	4	3	1	2	3	14
193	3.0	1158	78	5	<20	9	4	105	39	7	5	1	4	4	8
194	3.0	1139	61	9	<20	1	1	114	43	3	4	0	6	4	3
195	2.6	1109	74	0	<20	7	5	100	37	4	2	2	1	4	7
196	2.3	889	75	0	<20	14	3	85	34	0	4	4	0	5	5
197	2.8	1008	107	4	<20	125	3	93	39	0	16	7	0	8	6
198	2.6	911	57	0	<40	8	3	74	32	0	3	1	0	4	8
199	3.8	923	83	0	<40	18	13	103	84	0	4	2	0	4	6
200	2.8	1132	63	0	<40	5	3	90	35	0	1	0	0	3	2
201	2.9	1061	150	0	<40	10	3	101	40	0	3	3	0	3	2
202	2.7	946	74	2	30	16	3	89	34	0	2	3	0	3	4
206	1.8	1512	41	6	40	5	4	3	20	2	2	2	0	4	9
207	0.9	876	38	5	60	5	2	8	17	2	3	3	0	2	3
208	0.9	867	24	12	60	2	1	9	14	2	1	1	0	1	2
209	1.1	1020	27	4	50	4	2	11	15	2	1	0	0	2	3
210	1.0	964	28	4	60	7	2	9	12	2	0	2	0	1	3
211	0.8	691	26	8	50	7	2	7	15	1	2	1	0	3	5
212	2.1	1159	41	0	50	12	2	13	17	0	7	1	0	4	48
213	3.1	1421	119	0	<40	16	3	14	37	0	7	0	0	4	7
214	1.6	1574	34	0	50	3	2	16	17	0	4	0	0	2	3
215	1.6	1427	40	0	<40	8	1	13	18	0	5	1	0	3	4
216	1.3	1142	80	0	<40	6	1	10	15	0	6	0	0	2	4
218	4.5	2182	87	90	130	40	8	13	26	2	13	1	0	5	18

Amostra	FezOs	Mn	P	As	Au	Ba	Co	Cr	Cu	Mo	Pb	Sb	Sn	V	Zn
219	2.0	1026	59	0	60	12	6	17	81	4	5	4	0	30	3
220	1.4	1101	50	6	<40	13	5	17	68	0	6	2	0	8	5
221	1.2	1242	32	5	<40	6	2	14	20	1	3	4	0	1	3
222	1.4	1304	35	6	50	12	3	15	18	2	3	0	0	7	4
223	1.6	1438	133	9	40	24	3	18	18	3	6	1	0	4	6
224	2.9	1383	69	38	50	11	10	20	24	3	95	3	0	7	5
225	1.7	1421	115	5	40	16	5	17	18	3	3	2	0	4	4
226	2.2	1500	53	8	50	14	4	33	27	3	5	0	0	7	7
227	4.9	1611	53	19	60	7	7	23	23	6	5	1	0	23	6
228	1.5	1433	134	0	60	8	3	14	22	2	3	0	0	3	6
229	1.4	1360	144	0	60	13	3	12	16	3	3	0	0	3	5
230	1.3	1292	63	0	60	11	3	13	18	1	3	0	0	2	4
231	4.8	1512	85	8	190	53	14	27	76	6	7	2	0	17	13
232	15.6	1403	664	101	340	28	27	20	134	14	15	1	0	36	22
233	3.0	18070	174	6	60	485	230	40	215	3	77	0	8	60	126
234	1.2	1309	34	0	60	14	4	15	17	3	1	0	0	0	4
240	1.9	1364	295	5	60	24	3	13	23	4	4	3	0	4	11
241	2.0	1302	48	5	120	20	7	13	30	3	4	2	0	5	6
242	1.6	1488	197	11	70	10	3	16	17	5	4	3	1	3	5
243	2.4	1498	46	11	60	26	5	16	20	3	8	3	1	4	10
244	1.4	1347	49	0	60	9	3	15	19	2	8	4	0	3	2
245	2.7	1757	88	3	50	57	5	15	21	3	6	3	1	12	8
246	3.3	1336	71	11	60	18	7	13	39	2	22	4	0	4	18
248	1.6	1254	95	1	60	20	3	13	26	2	7	0	0	4	7
250	6.0	1340	108	22	320	16	14	19	135	9	33	3	0	11	11
251	1.6	1341	30	2	50	8	4	15	16	2	4	1	0	3	9
252	1.2	1115	66	0	50	14	2	15	23	3	8	4	4	3	7
253	1.1	1148	39	0	60	11	2	13	21	0	6	3	3	3	5
254	3.4	1328	125	2	<20	19	7	13	38	2	13	0	0	6	13
255	1.7	1342	88	1	30	20	3	14	20	4	7	4	1	3	7
256	1.1	1110	70	0	<20	29	2	11	18	0	5	4	1	3	4
257	1.2	1160	150	0	20	28	2	11	18	0	6	5	2	2	5
258	1.0	880	32	0	30	4	3	16	17	0	5	3	0	11	5
259	1.2	971	65	0	20	7	3	11	26	0	4	2	1	13	5
260	1.5	1125	41	3	<20	9	7	102	16	1	0	2	0	6	6
261	1.8	1365	46	4	<20	27	4	17	36	3	2	1	1	3	3
262	3.6	1734	73	9	20	19	21	26	67	5	4	2	0	19	4
263	2.2	1662	57	4	20	8	7	22	34	3	5	2	0	4	4
265	1.9	1732	38	4	<20	7	4	27	19	4	3	2	0	3	4
266	2.8	1638	141	3	<20	5	4	18	18	3	3	5	0	2	2
267	2.1	1633	56	8	30	5	6	19	26	3	5	2	0	13	3
268	1.6	1590	30	6	20	6	3	19	20	3	4	3	2	2	2
269	1.4	1384	37	7	<20	11	2	15	19	3	1	1	1	2	4
270	1.8	1769	40	4	<20	6	3	18	21	2	3	3	0	1	3
271	1.4	1276	29	5	<40	4	3	1	13	1	4	5	1	2	6
274	1.1	1056	27	0	<20	6	2	10	16	2	3	0	1	1	4
275	1.2	1092	27	1	<20	2	2	11	19	2	1	1	0	1	7
276	1.5	1132	34	5	<20	2	2	15	22	2	2	2	0	3	3
277	1.3	1017	34	5	<20	4	2	12	20	2	3	3	2	3	10
278	1.6	1019	32	5	<20	24	3	14	30	2	1	2	0	3	3
279	1.0	1020	56	6	<20	23	2	11	22	2	5	0	0	1	4
280	1.1	1146	29	2	20	9	2	12	15	2	2	0	2	1	4
281	3.2	947	103	6	20	7	2	16	31	1	3	0	0	6	15
282	2.0	1238	45	5	30	5	8	18	35	1	3	0	0	9	6

Amostra	FezOs	Mn	P	As	Au	Ba	Co	Cr	Cu	Mo	Pb	Sb	Sn	V	Zn
283	1.1	1153	29	5	30	2	2	11	21	1	4	0	0	1	5
284	1.3	1053	38	6	40	6	4	9	20	1	9	0	0	2	7
285	1.8	1121	49	7	40	14	7	12	61	3	6	0	0	6	8
286	1.3	1279	27	7	30	8	3	12	19	2	3	0	0	2	5
287	1.1	923	38	7	50	21	2	10	29	5	18	5	3	8	8
288	0.9	936	47	0	50	7	2	10	14	2	2	2	0	2	3
289	2.0	1606	60	13	<40	11	4	9	37	3	6	3	0	3	11
290	1.5	1395	89	4	50	618	3	5	183	2	18	4	3	2	11
291	2.0	1507	93	7	50	26	4	8	24	1	4	3	0	5	20
292	1.1	1104	171	7	50	36	2	5	34	1	5	3	0	2	8
293	1.0	1240	59	8	50	13	2	7	12	2	2	1	0	2	4
294	3.8	1696	69	7	40	16	8	6	30	5	10	3	0	4	4
295	1.2	1235	38	6	45	11	2	11	18	0	2	2	1	3	4
296	1.0	1191	45	0	50	14	1	3	17	0	0	3	0	1	3
297	1.1	1130	33	2	40	9	4	45	14	0	2	0	1	3	5
298	2.0	832	91	7	<40	19	2	10	48	2	7	3	0	3	10
299	3.2	783	78	7	<40	20	2	15	25	0	5	0	0	9	31
300	1.4	1575	73	6	20	10	2	6	19	1	7	0	2	3	5
301	1.2	1533	99	4	20	17	2	6	23	0	9	0	2	2	5
302	2.6	998	51	1	993	8	3	21	117	1	2420	14	2	23	740
303	3.7	795	114	0	3200	51	2	11	207	1	15340	6	0	29	202
304	2.6	1130	73	5	<40	32	1	15	22	1	46	0	0	6	9
305	2.1	881	41	6	<40	25	1	21	43	0	14	2	4	3	12
306	1.5	757	32	2	<40	4	0	8	31	1	3	2	0	0	9
307	1.8	1044	37	2	<40	6	1	12	20	1	6	0	0	1	6
308	2.7	1158	72	6	<40	7	2	11	41	1	5	1	0	1	9
309	5.1	1157	601	10	<40	23	6	11	51	1	4	4	0	6	14
314	2.2	1102	91	11	<40	27	1	8	34	2	19	2	0	5	16
315	2.5	1701	99	1	<40	82	1	8	22	2	94	1	0	3	20
316	2.1	1236	61	0	<40	13	1	9	33	2	26	0	1	1	11
317	1.4	1110	120	3	<40	12	1	8	30	0	13	3	4	1	9
321	1.0	957	32	0	<40	3	0	9	20	0	4	4	0	1	6
322	1.3	1082	46	2	<40	7	1	20	15	1	3	3	0	2	3
323	1.5	1242	46	2	<40	6	1	9	28	1	3	4	0	3	8
324	1.5	1225	58	5	<40	10	1	10	20	0	3	2	0	1	10
325	0.9	794	32	0	<40	2	0	5	23	0	2	5	1	0	4
326	1.3	1175	39	1	<40	17	1	8	22	2	2	1	0	0	6
327	1.3	1104	40	0	<40	15	1	8	38	1	7	2	0	0	15
328	1.1	982	59	3	<40	10	0	6	19	1	4	3	0	0	5
329	1.4	1237	51	0	<40	8	1	8	15	0	2	1	0	0	4
330	1.3	1182	43	6	<40	8	1	9	31	0	4	5	0	1	17
331	1.9	1358	60	2	<40	25	2	8	19	2	14	3	0	3	11
332	1.8	1324	103	7	<40	8	2	8	23	1	12	0	0	1	13
333	1.4	1232	52	4	<40	7	1	9	45	1	1	4	0	1	11
335	1.4	1340	51	8	<20	6	2	5	20	0	2	4	0	3	8
341	1.8	1130	76	6	<40	15	1	7	30	0	5	2	0	1	9
342	1.2	925	24	0	<40	9	1	6	30	1	2	2	0	0	7
343	0.9	474	152	0	<40	13	1	5	22	0	10	3	0	2	8
346	1.2	1490	83	2	<20	7	2	6	39	1	7	3	1	1	8
347	0.6	675	41	8	<40	4	1	3	22	0	4	2	0	2	5
348	0.4	345	35	0	<40	4	0	3	20	0	3	4	0	2	4
350	1.1	908	89	3	<40	7	0	5	49	3	4	2	2	2	7
353	1.9	1151	43	2	<40	13	2	8	14	1	3	5	0	2	9
354	1.8	1147	176	5	<40	19	2	7	18	2	9	3	0	8	5

Amostra	FezOs	Mn	P	As	Au	Ba	Co	Cr	Cu	Mo	Pb	Sb	Sn	V	Zn
355	4.3	1024	126	2	<40	29	5	10	118	2	6	2	0	28	22
356	1.2	675	41	4	<40	21	1	5	53	0	6	4	1	4	10
358	2.0	518	124	1	<40	15	2	5	26	0	10	3	0	3	8
359	3.0	1377	108	0	<40	18	2	8	31	1	7	2	0	7	15
360	1.9	1410	67	9	<40	18	1	9	20	1	6	2	0	6	14
361	1.9	1536	140	0	<20	19	3	6	96	2	6	4	0	13	12
362	1.7	1252	120	0	50	8	2	5	764	2	6	3	1	21	14
363	2.3	1420	90	4	<20	22	5	6	380	2	3	2	0	21	19
364	2.7	1277	95	7	<40	31	3	13	152	2	3	1	1	49	16
365	1.3	891	177	1	<40	8	1	5	30	2	2	3	2	2	9
366	1.4	1073	45	5	<40	7	1	6	31	1	4	3	0	1	8
367	1.5	1078	67	0	<40	6	2	7	21	2	2	2	0	1	9

Nota: FezOs em %, Au em ppb e o resto dos elementos em ppm. Os teores de Ag, B, Be, Cd, Nb, W e Y não foram incluídos pois apresentaram uma grande percentagem de valores nulos. Os teores de Ni também não foram incluídos devido aos problemas de contaminação mencionados no texto.