

JOSÉ JOÃO LELIS LEAL DE SOUZA

OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE PRODUTOS DA OXIDAÇÃO DE SULFETOS,
HIDROGEOQUÍMICA E MINERALOGIA DE SEDIMENTOS NA PENÍNSULA KELLER,
ANTÁRTICA

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Solos e Nutrição de
Plantas, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2010

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

S729o
2010

Souza, José João Lelis Leal de, 1986-
Ocorrência e distribuição de produtos da oxidação de
sulfetos, hidrogeoquímica e mineralogia de sedimentos na
Península Keller, Antártica / José João Lelis Leal de Souza.
- Viçosa, MG, 2010.
ix, 92f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Walter Antônio Pereira Abrahão.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Drenagem ácida de minas. 2. Geoquímica ambiental.
3. Mineralogia. 4. Península Keller. I. Universidade Federal
de Viçosa. II.Título.

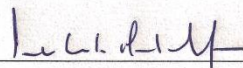
CDD 22.ed. 628.16832

JOSÉ JOÃO LELIS LEAL DE SOUZA

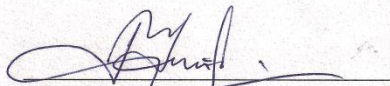
OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE PRODUTOS DA OXIDAÇÃO DE
SULFETOS, HIDROGEOQUÍMICA E MINERALOGIA DE SEDIMENTOS NA
PENÍNSULA KELLER, ANTARTICA

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Solos e Nutrição de
Plantas, para obtenção do título de
Magister Science.

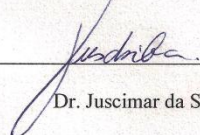
APROVADA: 12 de fevereiro de 2010.



Prof. Carlos Ernesto G. R. Schaefer
(Co-orientador)



Prof. Jaime Wilson Vargas de Mello
(Co-orientador)



Dr. Juscimar da Silva



Dr. Felipe Nogueira Bello Simas



Prof. Walter Antônio Pereira Abrahão
(Orientador)

Aos meus pais e irmãos.

AGRADECIMENTOS

Ao povo brasileiro, que através da Força Aérea Brasileira, MCT, MMA e Marinha do Brasil, permitiu a execução deste trabalho.

Aos colegas pesquisadores, alpinistas, e ao Grupo Base da Estação Antártica Comandante Ferraz, que tanto ajudaram a execução dos trabalhos e tornaram mais divertido o convívio.

Ao Departamento de Solos, que através de sua estrutura permitiu a realização das análises.

Aos professores do Departamento de Solos, em especial ao Prof. Victor Hugo, Prof. Liovando Costa, Prof. Maurício Fontes e Prof. Hugo Ruiz, que trabalharam para a minha formação.

Ao Prof. Walter Abrahão, pela amizade e confiança conquistadas.

Ao Prof. Carlos Schaefer, pelo crédito e confiança ao longo dos trabalhos. Principalmente pela oportunidade do trabalho, e sugestões que melhoraram em muito o trabalho.

Ao Prof. Jaime Mello, pela confiança depositada e pelas sugestões que viabilizaram muitas atividades.

Ao meu pai, Antônio de Souza, pelas suas brincadeiras, paciência e amor. À minha mãe, Sueli Lelis de Souza, pelo apoio incondicional, carinho e amor. Aos dois pela força para chegar a este ponto e, pelos incentivos para ir mais além.

Aos meus irmãos, Matheus e Victor, pela forte amizade e brincadeiras ao longo da vida. (*Danadinhos!!!*)

À Tia Márcia e a João Bosco, por representarem um porto seguro para mim em Viçosa e, pelos maravilhosos e peraltas primos que eles deram origem (*Ô moço!!!*)

À amizade do grupo da seita: Joelcio, Patrício, Lucas, Bárbarah, Nádia, Denilce, Roberto e Rose, a qual o tempo e distância só reforçou os laços. (*Só o s* salva e o a* purifica! Não necessariamente nessa ordem!!!*)

Às amizades feitas durante a capacitação, tornando menos penoso o curso.

Aos amigos do Laboratório de Geoquímica, em especial à Juscimar, Evaldo, Renato, Karol, e Geraldo Robésio, pelas discussões sempre tão proveitosas e brincadeiras.

Aos estagiários, Agnes, Davi e Ana Maria, pela ajuda, esforço e interesse ao longo das atividades.

BIOGRAFIA

JOSÉ JOÃO LELIS LEAL DE SOUZA, filho de Antônio de Souza e Sueli Lelis Leal de Souza, nasceu em 27 de maio de 1986, no Município de Visconde do Rio Branco – MG.

No ano de 2004 matriculou-se no curso de graduação em Geografia na Universidade Federal de Viçosa, tornando-se Bacharel em Geografia em julho de 2008.

Em agosto de 2008, iniciou a modalidade de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa. Nos meses de fevereiro e março de 2009, participou da XXVII Operação Antártica Brasileira para atividades referentes à sua dissertação.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO GERAL	
CAPÍTULO 2	3
OXIDAÇÃO DE SULFETOS E MINERALOGIA DE SEDIMENTOS DE CORRENTE NA PENÍNSULA KELLER, ANTÁRTICA MARÍTIMA	
CAPÍTULO 3	28
HIDROGEOQUÍMICA DE ÁREAS SULFATADAS NA PENÍNSULA KELLER, ANTÁRTICA MARÍTIMA	
APÊNDICE	66

RESUMO

SOUZA, José João Lelis Leal de. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010. **Ocorrência e distribuição de produtos da oxidação de sulfetos, hidrogeoquímica e mineralogia de sedimentos na Península Keller, Antártica.** Orientador: Walter Antônio Pereira Abrahão. Co-orientadores: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer e Jaime Wilson Vargas de Mello.

Localizada na Baía do Almirantado, Ilha Rei George, a Península Keller possui uma área de aproximadamente seis quilômetros quadrados e registra a presença de basaltos, tufos vulcânicos, basaltos-andesítos e andesitos em sua base geológica. As duas últimas apresentam veios de sulfetos de mineralização tardia, revelando um potencial natural de geração da drenagem ácida. Com o objetivo de analisar a presença e influência do processo de drenagem ácida sobre a disponibilidade de metais nas águas lançadas ao mar na Península Keller, foram coletadas, durante os meses de fevereiro e março de 2009, amostras de água em diversos pontos dos cursos d'água até o mar, sobre diferentes litologias e bacias de contribuição. Também foram coletadas amostras do sedimento de corrente dos canais. As amostras de água foram acidificadas e filtradas em membrana de ésteres celulose de porosidade 0,45 μm . Foram dosados os seguintes elementos por Espectrofotometria de Emissão Óptica em Plasma Induzido: Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, S, Mn, Mo, Ni, Pb, S, Ti, V, Zn. Cloreto, brometo, fluoreto, e sulfato foram analisados em Cromatógrafo de Troca Iônica. As condições químicas das amostras de água revelaram valores de pH próximos da neutralidade mesmo em locais muito próximos dos depósitos sulfetados e, em alguns locais, mesmo sobre esses. Registrou-se que as bacias de contribuição dividem-se entre: a) fortemente afetadas pela oxidação de sulfetos; b) moderadamente afetadas pela oxidação de sulfetos, e; c) não afetadas pela oxidação de sulfetos. As concentrações dos íons em solução foram sempre maiores nas bacias afetadas por sulfetos, indicando um avanço do processo de intemperismo químico nessas áreas. Foram observados quatro depósitos de sulfetos não relatados anteriormente em registros geológicos da Península Keller. Os depósitos encontram-se sempre associados às falhas geológicas. Dentre os minerais secundários presentes, dominaram as espécies da família da jarosita, com destaque para a Schwertmanita, e outros minerais de baixa cristalinidade. A presença de minerais de baixa cristalinidade, com elevada capacidade de adsorção, encontrados também nas praias e terraços

marinhos, sugere que grande porção da concentração iônica nas águas acidificadas não está efetivamente disponível nas condições ambientais de pH registradas em campo. Ademais, ainda que os minerais secundários constatados sejam de elevada instabilidade, não foram observados formas mais cristalinas de óxidos e óxihidróxidos de Ferro. Devido às condições químicas de pH encontradas em campo sugere-se que o termo drenagem ácida não é adequado a este estudo de caso. O processo que ocorre na Península Keller é a geração pontual de águas ácidas, influenciadas pela dinâmica de oxidação de sulfetos, sua granulometria e espécies minerais associados, e contra a neutralização por silicatos e carbonatos, bem como, diluição da acidez pelo degelo.

ABSTRACT

SOUZA, José João Lelis Leal de. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2010. **Ocorrence and distribution of sulfides' oxidation products, hydrogeochemical and mineralogy of sediments in Keller Peninsula, Maritime.** Advisor: Walter Antonio Pereira Abrahão. Co-advisors: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer and Jaime Wilson Vargas de Mello.

Located on Admiralty Bay, King George Island, Keller Peninsula has an area of approximately six square kilometers and there are records of presence of basalt, volcanic tuff, basalt-andesite and andesite in the geologic base. The latter two show veins of sulfides of late mineralization have high levels of sulfides, which shows a natural potential generation of acid rock drainage. In order to analyze the presence and influence of the acid rock drainage process on the availability of metals in water discharged into the sea in the Keller Peninsula, water samples at various points in watercourse to the sea, were collected during the months of February and March 2009, on different lithologies and drainage basin. Sediment samples were also collected from the bottom of the waterways. The water samples were acidified and filtered on cellulose ester membrane of porosity 0.45 μm . Were determined the following elements by Spectrophotometry of Optical Emission in Induzed Plasma: Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Mo, Ni, Pb, S, Ti, V, Zn. The chemical conditions of water samples showed pH values close to neutrality even in close proximity of sulfide deposits and in some places, even on these. It was observed that the drainage basin are divided between: a) basins strongly affected by sulfides oxidation; b) basins affected by sulfides oxidation and c) basins not affected by sulfides oxidation. It was also found that concentrations of ions in solution were always higher in the watershed affected by sulfides indicating a breakthrough in the chemical weathering process in these areas. Four sulfide deposits not previously reported in geological manuscripts were recorded and it was observed that these are always associated with geological faults. Among the secondary minerals dominated the species of the jarosite, as well as the Schwertmannite and other low crystallinity minerals. The presence of low crystallinity minerals, with high adsorption capacity minerals, founded too in beaches and marine terraces, suggests that a large portion of the concentration recorded in the waterways is not actually available in the pH environmental conditions recorded at the time of samples collection. Moreover, although the secondary minerals observed are of high instability it was not observed more crystalline forms of oxides

and Iron oxyhydroxides. Due to the chemical conditions of pH of the samples recorded at the time of collection it is suggested that the term *acid rock drainage* is not suitable for this case. The process that occurs in the Keller Peninsula is the occasional generation of acidic waters influenced by the dynamics oxidation of sulfides, its soil gradation and mineral species, and against neutralization by melting and consumption of acidity by carbonates and silicates.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

A Antártica é caracterizada como um ecossistema de baixo intemperismo químicos das rochas e minerais. Por sua vez, na Antártica Marítima as temperaturas positivas durante os meses de novembro e março proporcionam o degelo, e com a presença de água líquida em quantidade, a dissolução dos minerais.

Aliado às temperaturas mais elevadas, a ornitogênese e oxidação de sulfetos têm sido apontados como fatores marcantes na pedogênese e aprofundamento dos solos na Antártica Marítima (Simas *et al.*, 2006; Simas *et al.*, 2008). Em especial, a presença de sulfetos garante a aceleração do intemperismo químico através de sua exposição ao oxigênio ou ar, desencadeando reações de oxidação e acidificação do meio (Bigham *et al.*, 1998). Como consequência, rochas e outros minerais não sulfetados são dissolvidos pelo regime ácido instalado, precipitando em formas secundárias. Sulfatos, óxidos e oxihidróxidos também são formados.

A condição de pH ácido também favorece a manutenção de elevadas concentrações de íons em solução, assim como sua mobilidade. Em suma, a presença de sulfetos, o pH ácido, a presença de sulfatos e a elevada atividade iônica em solução é tratada na literatura pelo termo de ‘drenagem ácida’, referência a ‘lavagem’ ou lixiviação de metais propiciada pelo baixo pH. Quando o processo ocorre pela exposição natural de

sulfetos, é denominado por '*acid rock drainage*', e quando surge como fruto de atividades humanas '*acid mine drainage*' (Bigham *et al.*, 1998).

O objetivo deste trabalho foi estudar em detalhe a influência da oxidação de sulfetos na hidrogeoquímica dos canais de degelo da Península Keller, assim como na assembléia mineralógica formada nos sedimentos carreados por esses. Para tanto, foram realizados diversos procedimentos visando:

- Delimitar as bacias de contribuição da Península Keller;
- Delimitar as áreas afetadas pela oxidação de sulfetos;
- Identificar a mineralogia nos sedimentos de canais afetados e não afetados pela oxidação de sulfetos;
- Analisar as concentrações de cátions e ânions em solução nos canais de degelo;
- Mensurar a vazão nos principais canais, para então calcular o conteúdo iônico despejado no mar.

CAPÍTULO 2

OXIDAÇÃO DE SULFETOS E MINERALOGIA DE SEDIMENTOS DE CORRENTE NA PENÍNSULA KELLER, ANTÁRTICA MARÍTIMA

RESUMO

A Antártica é caracterizada pelo incipiente grau de intemperismo químico. Estudos exploratórios documentaram e mapearam veios de sulfetos na Ilha Rei George, Antártica Marítima, os quais podem favorecer o intemperismo químico pela formação de uma reação fortemente ácida. Esse processo é devido a oxidação de sulfetos, e é conhecido como drenagem ácida (DAM). Recentemente, foi observado na Península Keller a presença de solos sulfatados. Este artigo apresenta a mineralogia de sedimentos em canais de degelo da Península Keller. Cinquenta e quatro amostras foram coletadas in todos os canais de água formados pelo degelo, durante os meses de Fevereiro e Março de 2009. As frações granulométricas das amostras de sedimentos foram separadas por densidade, e tratamentos químicos foram realizados na fração argila para análise por DRX e EIV. Adicionalmente às análises mineralógicas, concentrações de Fe, K, e S em amostras de água foram analisadas por ICP-OES, após os tratamentos adequados. Um diagrama de estabilidade pH-Eh com pirita e alguns dos produtos da drenagem ácida foi construído para as condições Antárticas. Elevadas concentrações de sulfato solúvel foi relacionado a oxidação da pirita, mas os canais de degelo não foram ácido. Os elevados valores de pH encontrados nos canais foram atribuídos ao efeito tampão de silicatos de Ca e Mg nos sedimentos. DRX e EIV registraram a

schwermannita como mineral dominante, seguido pela jarosita potássica e ferridrita. Minerais secundários como a clorita, esmectita, e illita interstratificada como mica foram observados nos sedimentos, confirmando o baixo grau e intemperismo químico. Minerais de baixa cristalinidade não foram encontrados, tais como a alofana e hisingerita. A dominância da schwermannita entre os produtos da oxidação de sulfetos na Península Keller, demonstra que as condições antárticas de temperatura e concentração iônica são favoráveis a sua precipitação e estabilidade, em comparação à formas mais cristalinas.

Palavras-chave: Argilominerais; Antártica Marítima; Schwermannita; Oxidação de sulfetos; Minerais de baixa cristalinidade.

**SULFIDE OXIDATION AND MINERALOGY OF SURFACE
SEDIMENTS IN KELLER PENINSULA, MARITIME
ANTARCTICA**

ABSTRACT

Antarctica is characterized as a low degree of chemical weathering environment. Exploratory studies documented and mapped veins of sulfides in King George Island, Maritime Antarctica, which may enhance chemical weathering by the formation of strong acid reaction. Such process is due to sulfide oxidation, and is known as acid rock drainage (ARD). Recently, ARD was confirmed in Keller Peninsula by the presence of sulfate-affected soils. This article presents the mineralogy of sediments in water channels from Keller Peninsula. Fifty four samples were collected in all water channels composed by the melting of ice, during summer months from February to March 2009. Granulometric fractions of the sediment samples were separated by density, and chemical treatments were carried out in the clay fraction for XRD and FTIR analyses. Complement to mineralogical analyzes, concentrations of Fe, K and S in water samples were analyzed by ICP-OES, after the proper treatments. An Eh-pH stability diagram for pyrite and some products of acid rock drainage was constructed for Antarctic conditions, using mean concentrations of Fe^{3+} , K^+ and SO_4^{2-} founded in sulfide-affected catchments. High concentrations of soluble sulfate were related to oxidation of pyrite, but water channels were not acidic. High pH's in water channels were attributed to buffering effect of Ca and Mg-silicates in sediments. XRD and FTIR techniques

registered schwertmannite, as a dominant mineralogical phase, followed by K-jarosite and ferrihydrite. Secondary silicate minerals as chlorite, smectite, and mica-illite were observed in sediments, confirming low chemical weathering degree. Also, poorly crystalline minerals as allophane and hisingerite were detected. The dominance of schwertmannite among the products of sulfide-oxidation in Keller Peninsula, demonstrates that Antarctic temperatures and ionic concentration are favorable to formation and stability of this poorly crystalline mineral, rather than well crystallized phases.

Key-words: Clay-sized minerals, Maritime Antarctica, Schwertmannite, Sulfide-oxidation, X-ray Amorphous Minerals.

INTRODUÇÃO

Drenagem ácida é um processo de grande ocorrência nos ambientes tropicais e temperados. Neste processo, minerais sulfetados em contato com o oxigênio e água são oxidados, liberando grandes quantidades de acidez e elevadas concentrações de sais solúveis na água. Adicionalmente, a acidez favorece a dissolução de outros minerais, e aumenta a atividade de metais e metalóides em solução. Este processo pode ocorrer devido a natural exposição de sulfetos, sendo assim chamada de ‘*acid rock drainage*’ em inglês, ou através da exposição de sulfetos por atividades antrópicas, denominado como ‘*acid mine drainage*’ (Bigham *et al.*, 1996).

Pouco é sabido sobre a drenagem ácida em temperaturas abaixo de zero. Uma compilação realizada por Elberling (2004) mostrou que a difusão de oxigênio em pilhas de rejeitos congeladas diminui entre 10 e 70% quando estas se encontram saturadas por água, comparadas a pilhas de rejeitos não congelados. De acordo com este autor, baixas temperaturas no *permafrost* inibem a geração de águas ácidas e reduz o movimento dos contaminantes. Entretanto, Elberling *et al.* (2000) identificou *Thiobacillus ferrooxidans* em pilhas alcalinas do Ártico canadense, confirmando a hipótese de oxidação de sulfetos em condições de temperatura abaixo do 0 °C, devido a diminuição do ponto de congelamento em águas de elevada concentração iônica. Elberling e Langdahl (1998) registraram pH ácido e alta concentração de metais em canais da Groelândia, especialmente de Fe e Pb. Evidências adicionais da drenagem ácida no Ártico foram documentadas em minas de Nunavut-Groelândia (Meldrum *et al.*, 2001), Nanisivik-Groelândia (Elberling, 2005), e Yukon Territory of Canada (Lacelle *et al.*, 2007).

Em relação a Antártica, estudos sobre drenagem ácida são escassos. As pesquisas exploratórias de Hawkes (1961) e Smellie *et al.* (1984) documentaram e mapearam

veios de sulfetos em andesitos na Ilha Rei George, Antártica Marítima. Ocorrência de pirita rica em Cu, bem como sulfatos, como jarosita potássica e natrojarosita, foram recentemente confirmadas em Criosolos sulfatos da Península Keller (Simas *et al.* 2006).

A natureza dos minerais de argila reflete as condições químicas da drenagem ácida. De acordo com Bigham *et al.* (1996), somente a valores de pH abaixo de 2.6 e concentrações de sulfato acima de 3.000 mg/ L a jarosita pode ser formada. Valores de pH entre 2.8 a 4.5 e elevadas concentrações de sulfato favorecem a formação de minerais de baixa cristalinidade, como a schwertmannita. Valores de pH superiores a 6.5, a concentração iônica é baixa e a precipitação de ferridrita e goethita ocorre. O objetivo do presente estudo foi identificar a mineralogia de canais de degelo associados com a mineralização de sulfetos na Península Keller.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem

A Península Keller é localizada na Baía do Almirantado (62°03'40' '– 62°5'40' ' S and 58°23'30''– 58°24'30'' W), Ilha Rei George, parte do Arquipélago das Shetlands do Sul, na Antártica Marítima (Figura 1). A geologia é uma sequência vulcânica que inclui basaltos, tufos vulcânicos, andesitos e basalto-andesitos (Hawkes, 1961), numa área de aproximadamente 6 km².

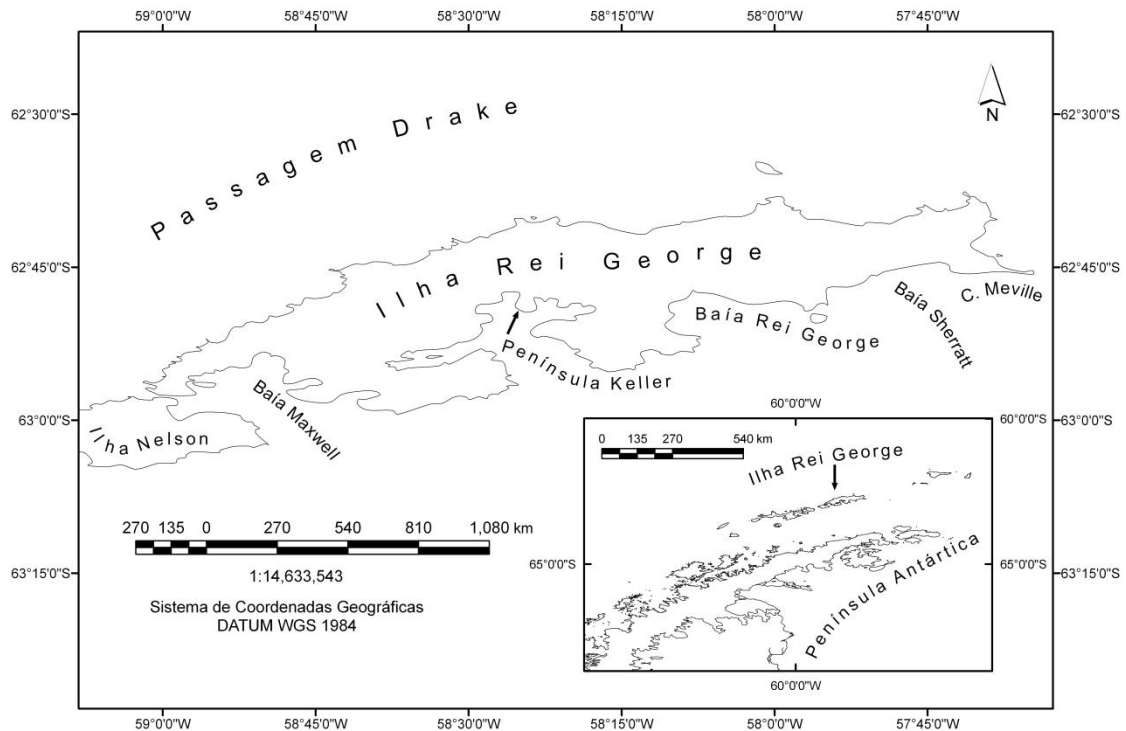


Figura 1. Mapa de localização da Península Keller na Ilha Rei George.

Dados climáticos registram uma temperatura média do ar entre $-6.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ em julho a $+2.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ em fevereiro, e respectivamente de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ na camada superficial do solo (20 cm) (INPE, 2009). A precipitação média é 367 mm, e temperaturas positivas são registradas somente entre os meses de novembro e março, quando o degelo produz água líquida. Durante o verão, grande parte da área é exposta pelo degelo.

Amostragem foi realizada durante um excepcional degelo entre Fevereiro e Março de 2009, em áreas sulfatadas previamente identificadas (Simas *et al.*, 2006). Cinquenta e quatro amostras de sedimentos foram coletadas, representando os canais de água, em diferentes altitudes e substratos geológicos (Figura 2). As bacias de drenagem foram delimitadas e mapeadas de acordo com o modelo digital de elevação da Península Keller (Francelino, 2004), e refinadas durante o trabalho de campo. Amostras de água também foram coletadas ao longo dos canais de degelo, com frascos de polietileno.

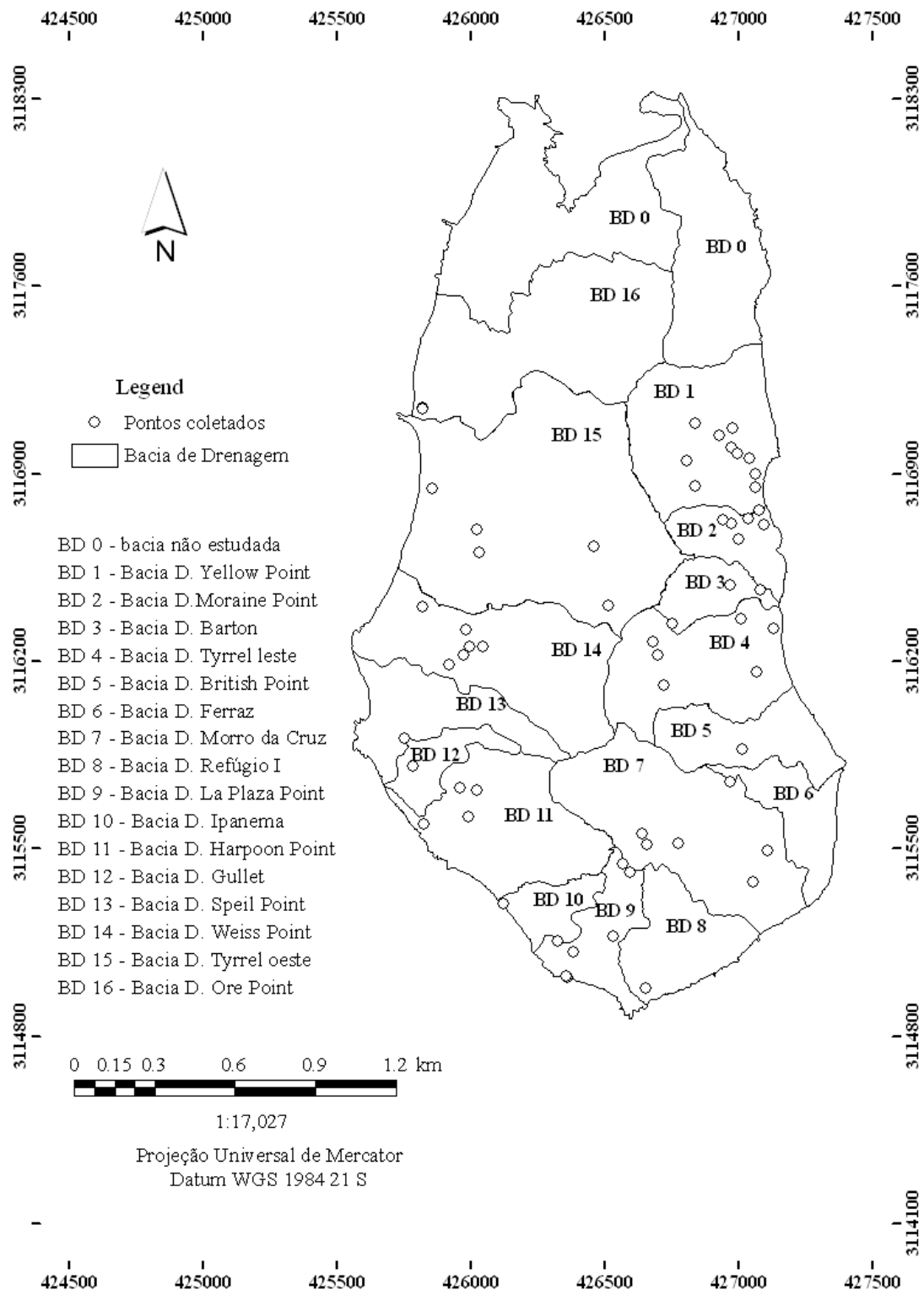


Figura 2. Pontos de coleta nas bacias de drenagem da Península Keller.

Temperatura, Eh e Ph da água foi mensurado em campo usando um pH-metro portátil Digimed DM2. No laboratório, as amostra de água foram filtradas com uma membrana HÁ de éster-celulose (0,45 µm de tamanho de poro) e acidificadas com HNO₃ redestilado 50 % (v: v). Concentrações de Fe e K foram dosadas em amostras acidificadas por um ICP-OES Perkin Elmer Optima-3300 DV após devido armazenamento. S foi analisado por ICP-OES em amostras de água não acidificadas.

Amostras de sedimento foram agitadas por 16 horas com água deionizada, e a fração areia foi separada por peneiramento. As frações silte e argila foram separadas por centrifugação usando solução de Na₂CO₃ ajustada a PH 9,5 como dispersante químico (Jackson, 2005).

Difração de Raios-X e Espectroscopia de Infravermelho

Valores de difração foram obtidos de lâminas de argila orientadas, variando entre 5 ° e 70 °2θ, com radiação CoKα, com um intervalo de 0,02 °2θ e tempo de contagem de 2 s por etapa.

A intensidade dos Raios-X foi obtida da fração argila sem tratamento e após saturação com Mg, satuação com K, aquecimento a 350 °C, e concentração de óxidos de Fe com NaOH 5,0 mol/ L. Amostras não peneiradas foram separadas por densidade com bromofórmio e as frações leve e pesada também foram analisadas. Valores de DRX foram interpretados de acordo com o Comitê de Dados e Serviço de Difração (PCODFWIN, 1999).

Espectros de infravermelho foram obtidos usando a técnica KBr na fração argila. Um espectrômetro Perkin Elmer 1.000 FTIR equipado com uma fonte global, splitter KBr e

detetor MCT foi utilizado. Espectros foram derivados de 16 scans co-adicionados numa transmissão entre 400 e 4.000 cm^{-1} , com uma resolução espectral de 4 cm^{-1} . Os valores do espectro de infravermelho foram interpretados de acordo com Beutelspacher e Van der Marel (1976).

Cálculos termodinâmicos

As constantes de equilíbrio e campos de estabilidade foram calculados para as condições antárticas, de acordo com os valores de dados termodinâmicos de Faure (1991), Baron e Palmer (1996), e Majzlan *et al.* (2004), com auxílio da equação de van't Hoff (Faure, 1991). Valores médios de pH, Eh, temperatura e concentrações de Fe, SO_4^{2-} , e K^+ em solução foram consideradas para todas as bacias de drenagem nas quais a oxidação de sulfetos foi observada. A especiação de Fe^{2+} e Fe^{3+} foi estimada pelo software MINTEQA2 (Allison *et al.*, 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de 18 bacias de drenagem foi reportado na Península Keller, porém apenas 16 foram amostradas neste estudo. Baseado em análises químicas da água, as bacias de drenagem foram classificadas em dois tipos: (1) afetadas por sulfetos e (2) não afetadas pela oxidação de sulfetos (Tabela 1).

Tabela 1. Características gerais das bacias de drenagem em estudo.

Bacia	pH da água (m±s.d.)	SO ₄ ²⁻ (mg/ L) (m±s.d.)	Influência de sulfetos
1	6.7±1.07	205.26±255.68	Registrada
2	7.3±0.14	579.67±183.65	Registrada
3	7.6±0.12	71.41±29.04	Não registrada
4	7.49±0.19	37.12±24.78	Não registrada
5	7.32±0	35.12± 0.00	Não registrada
6	7.23±0.06	61.36±47.90	Não registrada
7	6.7±1.14	348.41±409.94	Registrada
8	7.24±0.45	157.97±47.66	Registrada
9	6.2±1.49	371.07±448.68	Registrada
10	-	-	-
11	5.25±1.71	664.47±499.43	Registrada
12	7.1±0.21	19.74±2.23	Não registrada
13	7.7±0.5	5.76±5.14	Não registrada
14	7.0±1.07	236.39±189.19	Registrada
15	6.7±1.42	266.58±89.04	Registrada
16	7.3±0.2	68.94±106.76	Não registrada

* Sem amostra de água

Bacias de drenagem 1, 2, 7, 8, 11, 14 e 15 são afetadas pela oxidação de sulfetos, como pode ser evidenciado pelos elevados valores de concentração de sulfato em solução (variando entre 157 a 579 mg/ L). Entre as bacias não afetadas, a concentração de sulfato solúvel não ultrapassou 71 mg/ L, registrando também pouca variação (Tabela 1).

O pH não permitiu o agrupamento das bacias de drenagem, uma vez que a alcalinidade das rochas locais favoreceram a manutenção de valores neutros de pH da água, mesmo nas áreas afetadas por sulfetos. Como relatado por Banks *et al.* (2002) em um estudo em Khakassv, na Sibéria, elevadas concentrações de sulfato indicaram a oxidação da pirita, mas valores alcalinos de pH demonstraram que a acidez foi neutralizada por carbonatos, ou silicatos ricos em Mg associados a rochas basálticas.

Duas mineralizações de sulfetos não reportadas foram detectadas na costa oeste da Península Keller, contabilizando sete grandes manchas de andesitos piritizados aflorantes.

Análises de DRX

Entre os minerais densos, registrou-se a da pirita pelos picos de 0,27 nm (200), 0,24 nm (210), e 0,22 nm (211), da albita (0,32 nm, 0,38 nm, 0,64 nm e 0,37 nm) e clorita (1,4 nm, 0,15 nm, 0,7 nm, 0,47 nm e 0,35 nm) (Figura 3). Partículas finas de quartzo (0,33 nm, 0,43 nm, 0,18 nm e 0,15 nm) e gipsium (0,76 nm, 0,31 nm e 0,43 nm) foram registradas nesta fração devido ao carreamento por arraste com partículas mais densas. Adicionalmente, pirita rica em Cu foi também registrada em solos ácidos da Península Keller por Simas *et al.* (2006).

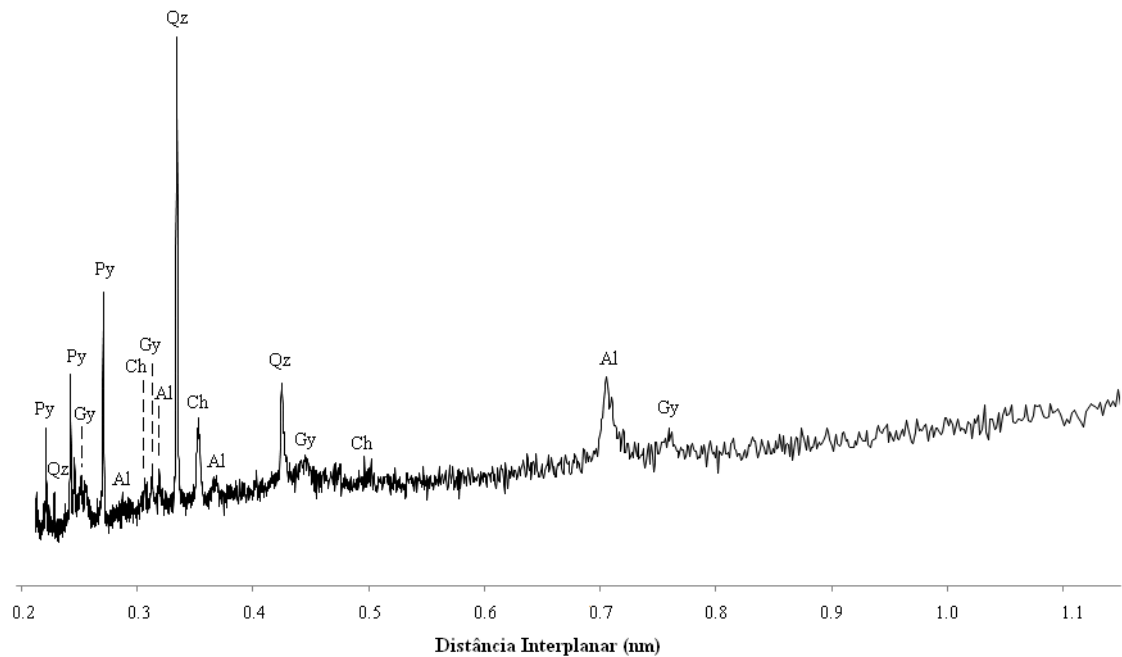


Figura 3. DRX da fração densa na BD 1.

Al – Albita; Ch – Clorita; Gy – Gypsum; Py – Pirita; Qz – Quartzo.

Na fração argila, adicionalmente as espécies minerais reportadas por Simas *et al.* (2006) em Criosolos da Península Keller, foi observada a presença de clorita pelos picos em 1,48 nm (001), 0,71 nm (002), e 0,44 nm (003), os quais não foram afetados pela saturação por K e aquecimento. Silicatos tais como piroxênio (0,31 nm e 0,28 nm) e illita interstratificada com mica (0,99 nm e 0,46 nm) foram detectadas na fração argila, ilustrando um incipiente grau de intemperismo químico.

Sedimentos das bacias de drenagem afetadas por sulfetos demonstraram dominância de picos da schwertmannita (0,32 nm, 0,30 nm, e 0,18 nm) entre os produtos da oxidação de sulfetos, em comparação a jarosita potássica e ferridrita (Figura 4). Simas *et al.* (2006) reportou a presença de jarosita, ferridrita e óxidos de Fe de baixa cristalinidade, mas não identificou schwertmannita, entretanto esses autores analisaram apenas solos sulfatados.

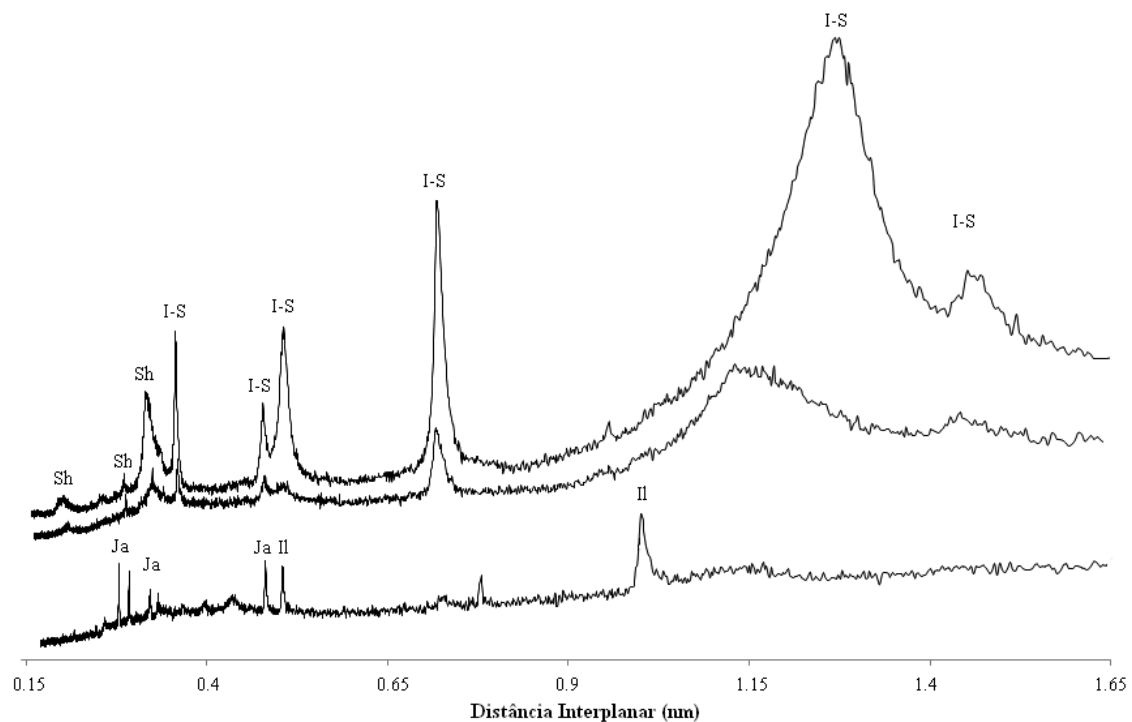


Figura 4. DRX da fração argila em BD1.

Il – Illita; I-S – Illita interstratificada com esmectita; Ja – Jarosita; Sh – Schwertmannita

Como registrado por Simas *et al.* (2006), illita interstratificada com esmectita e outros fislossilicatos possuem uma ocorrência generalizada na Península Keller. Amostras na BD 1 mostram picos de schwertmannita, a qual aparentemente é convertida em jarosita em áreas mais próximas do mar. A presença de ferridrita não foi comum em todas as amostras, mas foi detectada na BD 11 (Figura 5).

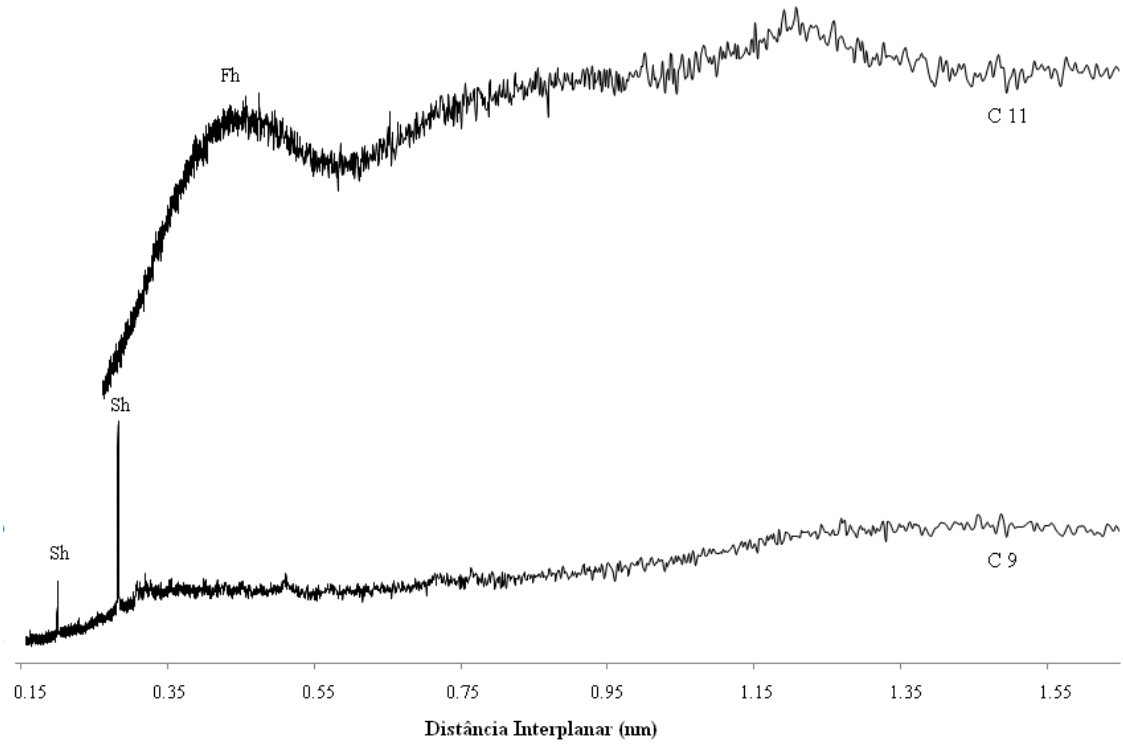


Figura 5. DRX da fração argila nas BD 11 E BD 9.

Fh – Ferridrita; Sh – Schwertmannita

Em áreas não afetadas pela oxidação de sulfetos, a mineralogia foi dominada por silicatos, tais como a clorita, esmectita e piroxênios (Figura 6); nessas, ferridrita, schwertmannita ou jarosita não foram detectadas.

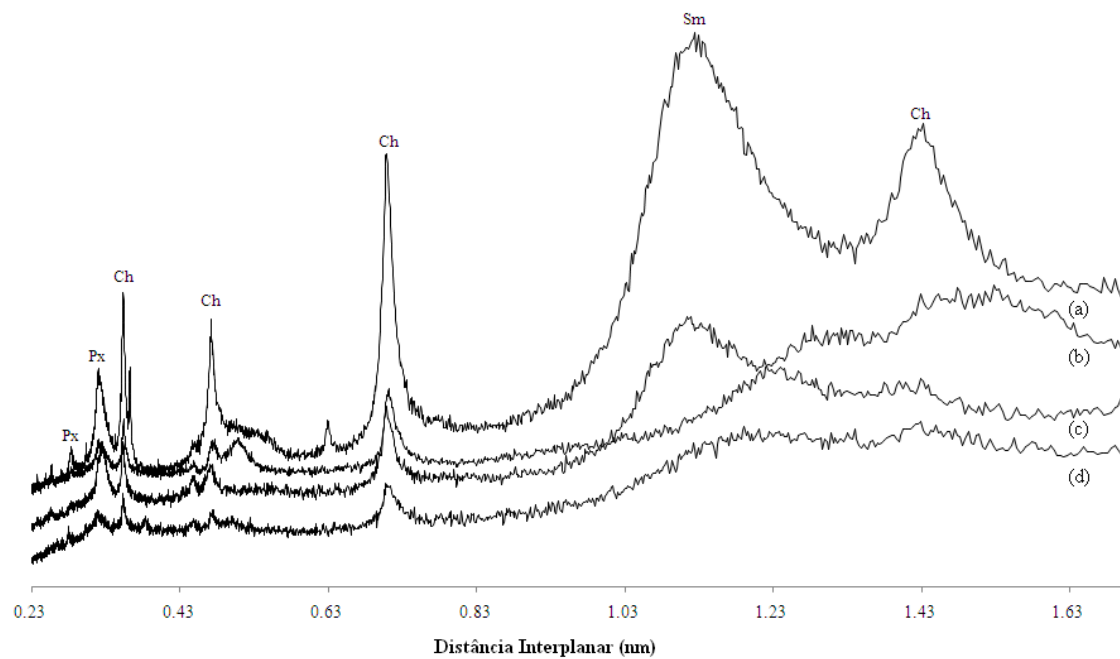


Figura 6. DRX da fração argila (a) tratada com NaOH 5,0 mol/ L, (b) saturação com Mg, (c) saturação com K, e (d) argila sem tratamento na BD 12.

Ch – Clorita; Px – Piroxênio; Sm – Esmectita

Analises em Espectro Infravermelho

Espectros em Infravermelho confirmaram as espécies minerais identificadas pelos DRX. Schwertmannita mostrou bandas de absorção em 1190, 1020, 920, 700 e 630 cm^{-1} (Figura 7), de acordo com os resultados obtidos por Boily *et al.* (2010).

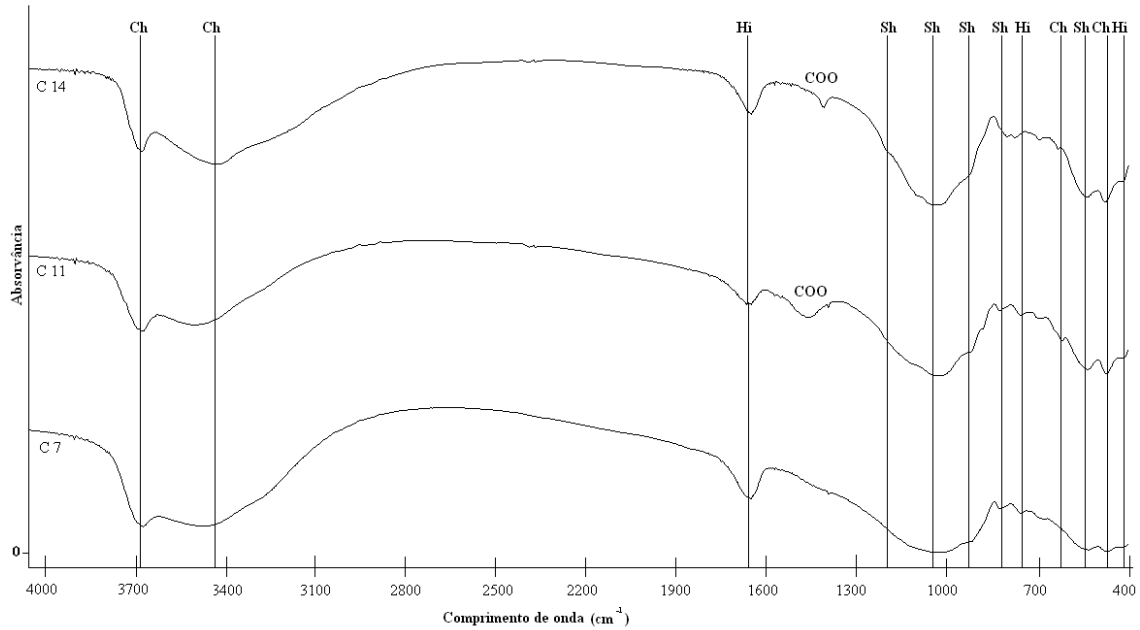


Figura 7. Espectro em infravermelho da fração argila da BD 7, BD 11, e BD 14.

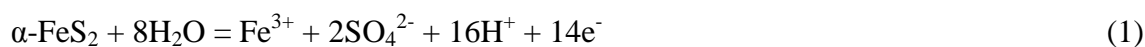
Ch – Clorita; Hi – Hisingerita; Sh – Schwertmannita

Clorita foi também identificada pela absorção em 3624, 3464, 750, 529, e 471 cm^{-1} (Figura 7). Os espectros em infravermelho da alofana sugeriram duas espécies químicas diferentes, uma com Al e Fe em sua estrutura (1636, 1020, 806, 668, 416 cm^{-1}), e outra com apenas Al estrutural (1640, 1025, 878, 848, 688 cm^{-1}).

Além dos minerais também identificados pela DRX, os dados de espectros em infravermelho registraram a presença de hisingerita (1636, 1004, 822, 684, 540 cm^{-1}), em ambas bacias afetadas e não afetadas pela oxidação de sulfetos. O pico de absorção em 1300 cm^{-1} foi relacionado ao Na_2CO_3 usado como dispersante químico.

Dados termodinâmicos das espécies minerais

De acordo com Faure (1991), as constantes de equilíbrio (K°) de oxidação da pirita (1) e precipitação da goethita (2) são $10^{-86.62}$ e $10^{-0.02}$ em 298.15 K.



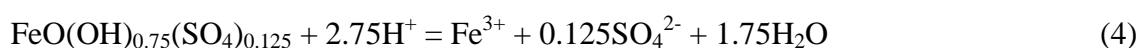
Extrapolando os valores das constantes de equilíbrio para 274.25 K, que corresponde a temperatura média do solo à profundidade de 0,2 m na Península Keller (INPE, 2009), o valor de $10^{-109.01}$ e $10^{-1.4}$ é obtido para aquelas reações.

Campo de estabilidade da jarosita foi derivado da reação



com constante de equilíbrio igual a 10^{-11} em 298.15 K e $10^{-10.3}$ em 274.25 K (Baron e Palmer, 1996).

Adotando as reações de dissolução da schwertmannita (4) e ferridrita (5)



o $\log K^\circ$ é 1,2 e 3,4, respectivamente (Majzlan *et al.*, 2004). Extrapolando esses valores de acordo com as temperaturas antárticas, eles aumentam para $10^{1.7}$ e $10^{4.2}$, respectivamente.

Essas reações de dissolução foram combinadas para construir um diagrama Eh-pH com alguns dos produtos observados pela oxidação de sulfetos, e pirita (Figura 8).

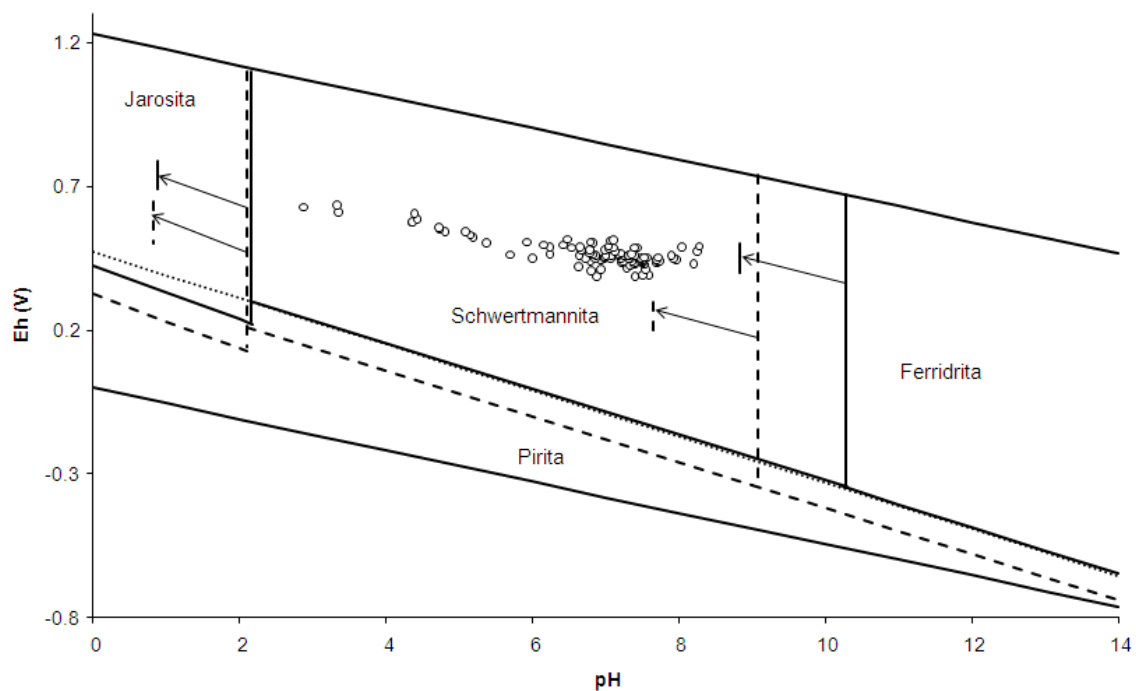


Figura 8. Amostras de água nas bacias de drenagem afetadas pela oxidação de sulfetos (pontos) no Eh-pH diagrama para o sistema Fe-S-K-O-H em 298.15 K (linha tracejada) e 274.25 K (linha sólida), assumindo atividades de $10^{-9,43}$ para Fe^{3+} dissolvido, $10^{-1,64}$ para Fe^{2+} dissolvido, $10^{0,57}$ para SO_4^{2-} dissolvido, e $10^{-1,22}$ para K^+ dissolvido. Linha pontilhada representa o campo de estabilidade da goethita em 275,15 K. Linhas deslocadas representam concentrações de Bigham *et al.* (1996) de $10^{-3,36}$ para Fe^{3+} dissolvido, $10^{-2,32}$ para SO_4^{2-} e $10^{-3,78}$ para K^+ dissolvido.

Um significativo incremento no limite entre schwertmannita e jarosita foi notado nas condições de temperatura e concentração iônica encontradas na área em estudo, quando comparada aos valores reportados na literatura (Baron and Palmer, 1996; Bigham *et al.*, 1996; Fukushi *et al.*, 2003; Majzlan *et al.*, 2004).

O campo de estabilidade da goethita próximo aos campos da schwertmanita e da ferridrita, em relação à pirita, sugere que a conversão de minerais de baixa cristalinidade para espécies melhor cristalizadas não é termodinamicamente favorável. Embora a

schwermannita seja considerada como um mineral metaestável na drenagem ácida (Schwertmann e Taylor, 1989), o diagrama sugere um extenso campo de estabilidade para este mineral sob as condições climáticas e de concentração iônica da área estudada. Elevadas concentrações de Fe^{3+} e SO_4^{2-} em amostras de água corroboram com a abundância deste mineral nas amostras de sedimentos.

A estabilidade da schwermannita é também favorecida pela presença do *permafrost* e reduzida lixiviação. Durante o congelamento no inverno, o gradiente termal induz a água a se movimentar em profundidade até a frente de congelamento (Marion, 1995). O congelamento da água durante esse percurso causa a exclusão de solutos, e sua precipitação. No verão, o degelo assegura a solubilização dos sais precipitados, mas com limitada lixiviação devido a presença do *permafrost*.

Jönsson *et al.* (2005) demonstrou que a conversão de schwermannita para goethita is altamente dependente da temperatura e pH. Em um experimento de laboratório, a conversão de schwermannita sintética para goethita em 25 °C e pH 9,0 foi completa após 187 dias. Sob a mesma temperatura e pH 6,0, a conversão foi duas vezes mais rápida. De acordo com o diagrama de equilíbrio (Figura 8), a conservação da amostra a 4 °C, garantiu que a schwermannita fosse conservada durante todo o experimento (Jönsson *et al.*, 2005).

Como observado por Fukushi *et al.* (2003), a alcalinização de águas ácidas (Tabela 1) restringe a presença da jarosita potássica aos locais de influência direta por exposição de sulfetos, enquanto a schwermannita ocorre extensivamente nos canais afetados pela oxidação desses minerais.

O diagrama ilustra que a influência da temperatura foi maior que da concentração iônica no campo dos minerais de baixa cristalinidade em condições de pH alcalino (Figura 8).

Kumpulainen *et al.* (2007) reportou a importância da temperatura na estabilidade de minerais de baixa cristalinidade. Em amostras de água e de sedimentos em canais afetados pela oxidação de sulfetos na Finlândia, Kumpulainen *et al.* (2007) demonstrou alterações mineralógicas e geoquímicas nos precipitados ao longo de diferentes estações. De acordo com esses autores, o degelo induz a formação de schwertmannita durante a primavera, a qual é convertida a goethita pelas elevadas temperaturas do verão. Adicionalmente a essas transformações, um leve decréscimo de pH e de concentração de Fe foi observado, enquanto as concentrações de sulfato e K dissolvidos mantiveram-se constantes.

Todas as espécies minerais registradas têm uma importância no equilíbrio iônico em solução. Em especial, os minerais que possuem cargas dependentes de pH com elevada superfície específica sugerem investigações futuras na dinâmica da lixiviação de íons em solução.

CONCLUSÃO

Na Península Keller, entre as 18 bacias de drenagem delimitadas e mapeadas, 8 foram classificadas como afetadas pela oxidação de sulfetos. Nessas áreas, minerais secundários derivados da oxidação de sulfetos foram detectados, assim como minerais silicatados e óxidos de Fe de baixa cristalinidade.

A dominância de minerais de baixa cristalinidade em amostras de sedimentos sulfatados evidenciam o incipiente grau de intemperismo. Outros minerais formados pela oxidação de sulfetos, como a jarosita possuem limitada ocorrência.

A presença da jarosita potássica e ferridrita nos canais de degelo, associada com schwertmannita, indica que esses minerais são estáveis sob as condições de oxidação de sulfetos nessa região da Antártica, como mostrado pelo diagrama de estabilidade.

A presença da schwertmannita, supostamente metaestável, em sedimentos da Antártica demonstra que temperaturas abaixo de zero e elevadas concentrações iônicas favorecem a sua formação e estabilidade na Antártica Marítima.

Uma forte alcalinização do pH das águas foi detectado, mesmo nas bacias de drenagem afetadas pela oxidação de sulfetos, sendo essa atribuída a dissolução de silicatos de Ca e Ca-Mg.

REFERÊNCIAS

Albuquerque, M.R. (2005) Geoquímica de solos na Península Keller, Ilha Rei George, Antártica, como subsídio ao monitoramento ambiental. Ph.D. thesis, Univ. Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, 149pp.

Allison J. D., Brown D. S., and Novo-Gradac K. J. (1991) MINTEQA2/PRODEF2, a geochemical assessment model for environmental systems: Version 3.0 user's manual. *United States Environmental Protection Agency Report No. EPA/600/3-9//02/*. U.S. Govt. Printing Office.

Banks D., Parnachev, V. P., Frengstad, B., Holden, W., Vedernikov, A. A., Karnachuk, O. V. (2002) Alkaline mine drainage from metal sulphide and coal mines: examples from Svalbard and Siberia. Pp. 287-296 in: *Mine water hydrogeology and geochemistry* (P.L. Younger and N.S. Robin, editors). Special Publications, **198**. The Geological Society of London, London.

Baron, D. and Palmer, C.D. (1996) Solubility of jarosite at 4-35 °C. *Geochimica et cosmochimica acta*, **60**, 185-195.

Beutelspacher, H. and Van der Marel, H.W. (1976) *Atlas of Infrared Spectroscopy of Clay Minerals and their Admixtures*. Elsevier, New York, 396 pp.

Bigham, J.M., Schwertmann, U., Traina, S.J., Winland, R.L. and Wolf, M. (1996) Schwertmannite and the chemical modeling of iron in acid sulfate waters. *Geochimica et Cosmochimica acta*, **60**, 2111-2121.

Boily, J.-F., Gassman, P.L., Peretyazhko, T., Szanyi, J. and Zachara, J. M. (2010) FTIR spectral components of schwertmannite. *Environmental science and technology*, **44**, 1185-1190.

Elberling, B. (2004) Disposal of mine tailing in continuous *permafrost* areas: Environmental aspects and future control strategies. In: Kimble, J.M. *Cryosols*. Springer, New York, p. 677-698.

Elberling, B. (2005) Temperature and oxygen control on pyrite oxidation in frozen mine tailings. *Cold Regions Science and Technology*, **41**, 121–133.

Elberling, B. and Langdahl, B.R. (1998) Natural heavy-metal release by sulfide oxidation in the High Arctic. *Canadian Geotechnical Journal*, **35**, 895–901.

Elberling, B., Schippers, A. and Sand, W. (2000) Bacterial and chemical oxidation of pyritic mine tailings at low temperatures. *Journal of Contaminant Hydrology*, **41**, 225-238.

Faure, G. (1991) *Principles and applications of inorganic geochemistry*. MacMillan Publishing Company, New York, 625 pp.

Francelino, M.R. (2004) Geoprocessamento aplicado ao monitoramento ambiental da Antártica Marítima: solos, geomorfologia e cobertura vegetal da Península Keller. Ph.D. thesis, Univ. Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, 102pp.

Fukushi, K., Sasaki, M., Sato, T., Yanase, N., Amano, H. and Ikeda, H. (2003) A natural attenuation of arsenic in drainage from an abandoned arsenic mine dump. *Applied Geochemistry*, **18**, 1267-1278.

Hawkes, D.D. (1961) *The geology of the South Shetland Islands* I. The petrology of King George Island. Falkland Islands Dependencies Survey, London, 28 pp.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Monitoramento ambiental da Antártica. Available: <<http://www.cepet.inpe.br/antartica>>. Accessed: 05 jun. 2009.

Jackson, M.L. (2005) *Soil Chemical Analysis: Advanced Course*. Madison: University of Wisconsin - Madison Libraries, 930 pp.

Jönsson, J., Persson, P., Sjöberg, S. and Lövgren, L. (2005) Schwertmannite precipitated from acid mine drainage: phase transformation, sulfate release and surface properties. *Applied Geochemistry*, **20**, 179-191.

Kumplainen, S., Carlson, L. and Räisänen, M.L. (2007) Seasonal variations of ochreous precipitates in mine effluents in Finland. *Applied Geochemistry*, **22**, 760-777.

Lacelle, D., Doucet, A., Clark, I.D. and Lauriol, B. (2007) Acid drainage generation and seasonal recycling in disturbed *permafrost* near Eagle Plains, northern Yukon Territory, Canada. *Chemical Geology*, **243**, 157-177.

Majzlan, J., Navrotsky, A. and Schwertmann, U. (2004) Thermodynamics of iron oxides: Part III. Enthalpies of formation and stability of ferrihydrite ($\sim\text{Fe}(\text{OH})_3$),

schwertmannite ($\sim\text{FeO}(\text{OH})_{3/4}(\text{SO}_4)_{1/8}$), and $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$. *Geochimica et cosmochimica acta*, **68**, 1049-1059.

Marion, G.M. (1995) Freeze-thaw processes and soil chemistry. *Cold Regions Research and Engineering Laboratory*, **special report**, 1-28.

Meldrum, J.L., Jamieson, H.E. and Dyke, L.D. (2001) Oxidation of mine tailings from Rankin Inlet, Nunavut, at sub-zero temperatures. *Canadian Geotechnical Journal*, **38**, 957–966.

PCPDFWIN, 1999. The Powder Diffraction File, Joint Committee for Powder Diffraction Studies (JCPDS). International Centre for Diffraction Data (ICDD), Newtown Square, PA, USA.

Simas F.N., Schaefer, C.E.R.G., Melo, V.F., Guerra, M.B.B., Saunder, M and Gilkes, R.J. (2006) Clay-sized minerals in *permafrost*-affected soils (Cryosols) from King George Island, Antarctica. *Clays and clay minerals*, **54**, 723-738.

Smellie, J.L., Pankhurst, R.J., Thomson, M.R.A. and Davies, R.E.S. (1984) The geology of the South Shetland Islands: VI . Stratigraphy, Geochemistry and Evolution. *British Antarctica Survey Reports*, **87**, 83 pp.

CAPÍTULO 3

HIDROGEOQUÍMICA DE ÁREAS SULFATADAS NA PENÍNSULA KELLER, ANTÁRTICA MARÍTIMA

RESUMO

Situada na Ilha Rei George, a Península Keller está sob um regime climático típico da Antártica Marítima, com maiores temperaturas e precipitação que as registradas no continente antártico. Ainda assim, o intemperismo químico é pouco pronunciado, em comparação às regiões de clima temperado e tropical. Estudos exploratórios identificaram na geologia Península Keller rochas basálticas, basalto-andesíticas, tufos vulcânicos e andesitos piritizados. Por sua vez, a presença de sulfetos na matriz geologia da Península ofereceria uma aceleração do processo de intemperismo, fato confirmado em estudos pedológicos recentes. Este estudo objetivou averiguar o background geoquímico dos canais d'água e água do mar na Península Keller, Antártica Marítima, comparando a descarga de íons entre os canais afetados pela oxidação de sulfetos e os não afetados. Para tanto, amostras de água foram analisadas em um Espectrofotômetro de Emissão Ótica acoplado a Plasma Induzido e Cromatógrafo de Troca Iônica, após os devidos tratamentos, para determinação de 21 elementos. Previamente, foram delimitadas as bacias de drenagem com auxílio do modelo digital de elevação e GPS. Foram identificadas 18 bacias, sendo 8 destas afetadas pela oxidação de sulfetos, ainda que o pH em solução registre-se próximo da neutralidade. A baixa lixiviação de íons pode ser confirmada pela elevada concentração iônica, tanto nas

bacias afetadas quanto as não afetadas por sulfetos, sendo maior entre as primeiras. As razões molares $\text{HCO}_3^- / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ e Na / Cl indicaram ausência de rochas carbonáticas e limitada influência de spray marinho sobre a composição química dos canais. As razões molares envolvendo Ca, Mg e Sr indicam mesma fonte desses elementos em solução, e origem da dissolução de silicatos. Embora as concentrações iônicas decresçam conforme altitude e proximidade do mar, o conteúdo iônico despejado ao mar nos deltas é elevado.

Palavras-chave: Hidrogeoquímica; Drenagem Ácida; Antártica Marítima; Intemperismo químico.

HYDROGEOCHEMISTRY OF SULFATED AREAS IN KELLER PENÍNSULA, MARITIME ANTARCTICA

ABSTRACT

Localized in King George Island, Keller Península is beside a typical Maritime Antarctica climatic regime, with higher temperatures and precipitation than registered in Continental Antarctica. Despite these conditions, the weathering is low, comparing to temperate or tropical regions. Exploratory studies identified geology as basalt, basalt-andesitic, ashes, and pyritized andesites. The presence of sulfides in Keller Peninsula offers velocity to weathering process, as confirmed by recent pedological studies. This study objectified ascertain the geochemistry background in water channels and sea water in Keller Peninsula, Maritime Antarctica, comparing the content of ions in discharge between the channels affected by sulfide oxidation and the non affected. Water samples were analyzed by ICP-OES and Ionic Changer Chromatographer, after the proper treatments, to determination of 21 elements. Previously, were delimited and mapped the catchments by elevation digital model and GPS. Were delimited 18 catchments, have been are 8 of those affected by sulfide oxidation, else the pH is circumneutral. The low leacheting was confirmed by the high ionic concentration, both in affected and nof affected catchments, bigger in the first. The molar ratio $\text{HCO}_3^-/(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ and Na/Cl indicated absent of carbonate rocks and limited influence of marine spray. The molar ration involving Ca, Mg and Sr indicated the same of these

elements, and silicate origin. Although the ionic concentrations decreased according to altitude and proximity of to sea, the ionic content was high, especially among sulfide-affected catchments.

Key-words: Hydrogeochemistry; Acid Rock Drainage; Maritime Antarctica;

Weathering.

INTRODUÇÃO

As contínuas temperaturas abaixo de zero submetem o continente Antártico à cobertura de gelo através de todo o ano. A Antártica Marítima é uma região de menor extremo climático, localizado no extremo noroeste da Península Antártica, com maior temperatura e precipitação que em qualquer outro lugar na Antártica, acarretando camadas ativas no solo mais profundas, cobertura vegetal na superfície, e o intemperismo químico das rochas (Campbell e Claridge, 1987; Blume *et al.*, 2004). Estas condições climáticas também resultam numa maior quantidade de ecossistemas aquáticos com o degelo do verão.

Simas *et al.* (2008) identificaram solos profundos, relativas altas quantidades de partículas finas (silte + argila), e minerais em um incomum estágio de intemperismo na Ilha Rei George, fortemente associados com os solos ornitogênicos ou presença de sulfetos de Ferro.

A acidez presente em solos ornitogênicos em solos é derivada da decomposição do guano (Tatur *et al.*, 1997). Por outro lado, a exposição de sulfetos à atmosfera e água permite sua oxidação, e produção de acidez. Quando esse processo ocorre devido a exposição natural de sulfetos, é denominado de *acid rock drainage* (Bigham *et al.*, 1996).

Ratas pesquisas investigam a concentração iônica em canais de água ou lagos no clima polar. Uma compilação de estudos realizada por Elberling e Langdahl (1998) mostrou valores de pH abaixo de 2,0 e alta concentração de sulfato e íons metálicos em solução na camada ativa em Citronen Fjor, Groelândia. Na mesma área, os autores registram pH alcalinos e concentração iônica abaixo de 1,0 mg/ L em águas não afetadas pela drenagem ácida.

O objetivo do presente estudo foi averiguar o background geoquímico dos canais d'água e água do mar na Península Keller, Antártica Marítima, comparando a descarga de íons entre os canais afetados pela oxidação de sulfetos e os não afetados.

MATERIAL E MÉTODOS

A Península Keller é localizada na Ilha Rei George (59 ° 06 ' - 57 ° 36 ' W e 61 ° 48 ' - 62 ° 15 ' S), parte do Arquipélago das Shetlands do Sul, Antártica Marítima. A geologia é dominada por basaltos, basalto-andesitos, e andesitos piritizados, todos do Jurássico tardio (Hawkes, 1961). A deglaciação na Ilha Rei George ocorreu aproximadamente a 6.000 anos, e o ótimo climático ocorreu entre 4.000 e 3.000 anos (Björk *et al.*, 1991; Yoon *et al.*, 2000).

A temperatura média do ar varia entre -6,4 °C em Julho a +2,3 °C em Fevereiro, e a precipitação anual é de 367 mm (INPE, 2009). Temperaturas positivas são registradas entre os meses de novembro e março, quando o degelo produz água líquida.

Amostragem

Com um modelo digital de elevação da Península Keller (Francelino, 2004) as bacias de drenagem foram identificadas e mapeadas, através da ferramenta *Watershed Delineation* do software *ArcGis 9.2*®. Durante o trabalho de campo, a delimitação foi refinada com um GPS. Os nomes das bacias de drenagem não são oficiais, e seguem, quando possível, a toponímia dos lugares.

Centrose e treze (113) amostras de água no mar e em canais de degelo foram armazenadas em frascos de polietileno entre Fevereiro e Março (Figure 1). Amostragem de água foi executada desde o ponto de degelo até o deságue no mar. Temperatura, Eh, e pH da água foram mensurados em campo por um pHmetro portátil Digimed DM-2. As amostras foram mantidas a 4 °C até a execução das análises.

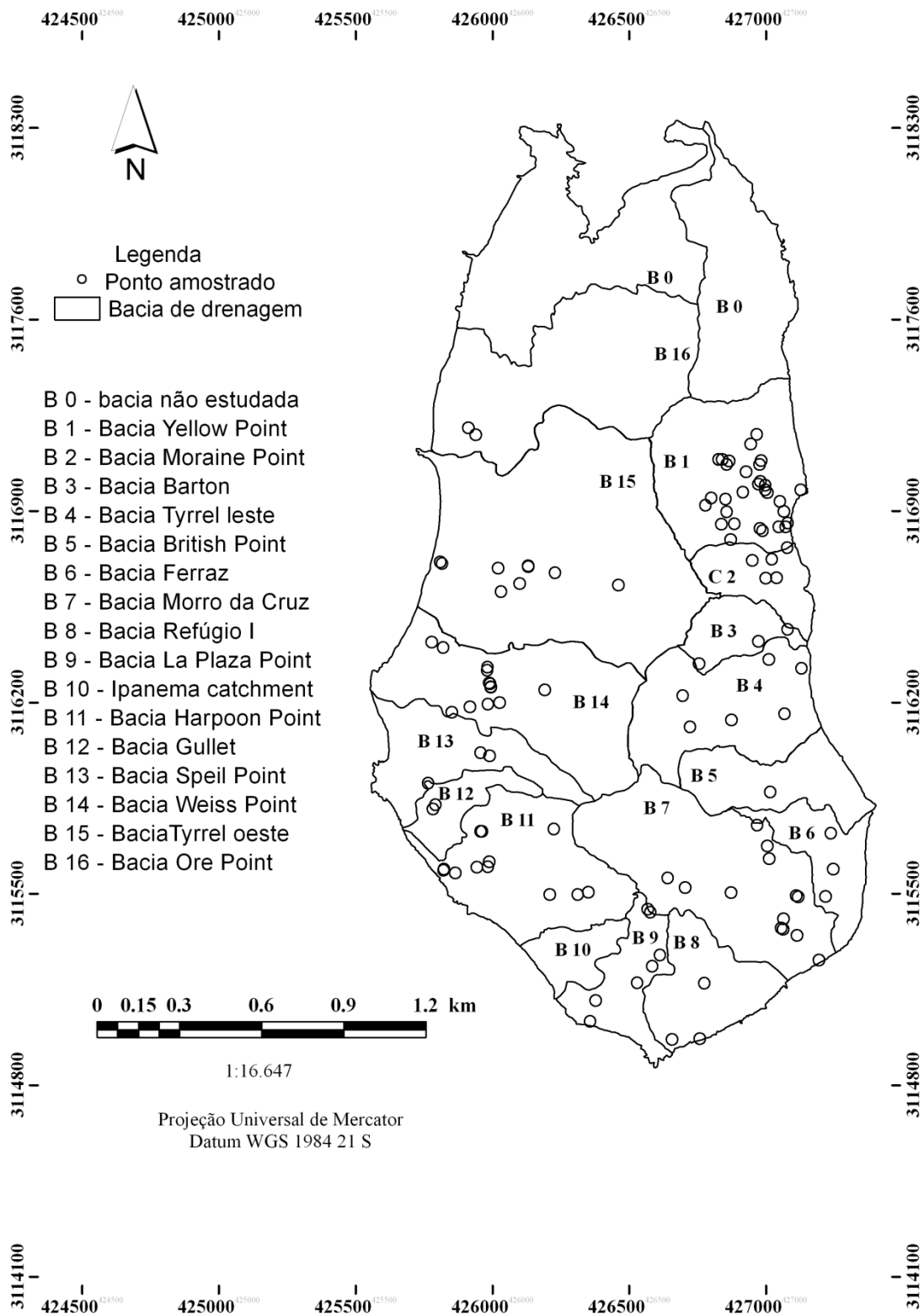


Figura 1. Mapa de amostragem nas bacias de drenagem da Península Keller.

Das amostras filtradas (membrana de poro 0,45 μm) e acidificadas (HNO_3 re-destilado), 25 elementos foram dosados através de um Espectrofotômetro de Emissão Ótica acoplado a Plasma Induzido (em inglês, ICP-OES) Perkin Elmer Optima-3300 DV, conectado ao AutoSampler Perkin Elmer AS-90 plus (Tabela 1). Soluções e Manganês foram utilizadas na otimização do ICP-OES previamente a todas as análises.

Tabela 1. Condições instrumentais e parâmetros experimentais utilizados para análise no ICP-OES.

Parâmetros Optima-3300 DV	
Potência	1.300 watts
Vazão do gás do plasma	15 L min^{-1}
Vazão do gás auxiliar	0.6 L min^{-1}
Vazão do gás do nebulizador	0.8 L min^{-1}
Velocidade da bomba peristáltica	1.5 mL min^{-1}
Nebulizador	Spray úmido
Purge	Normal
Resolução	Normal
Tempo de Integração	1 s $\text{min}.$ / 5 s $\text{max}.$
Read Delay	40 s
Tempo de Limpeza	60 s
Número de replicatas	3
Parâmetros experimentais	
Solução de Limpeza	0.5 % Triton X-100 e 1 % HNO_3
Acidez das soluções de leitura	1 % HNO_3
Concentração do Standard	4 mg/ L e 400 $\mu\text{g}/\text{L}^*$
Spike	Adição de 3 mg/ L e 300 $\mu\text{g}/\text{L}^*$

* Concentrações maiores para Ca, Fe, K, e Na.

Borato, nitrato e cloreto foram determinados em amostras representativas não acidificadas pelo Cromatógrafo de Troca Iônica Dionex DX-600. Foram utilizadas as colunas analíticas IonPac AS11, IonPac AG11, e IonPac ATC-3, tendo como eluentes água ultra-pura 18,2 $\mu\Omega$, NaOH (10 mmol/ L), NaOH (100 mmol/ L), e metanol (100 %). A alcalinidade total foi mensurada em amostras não filtradas (Greenberg *et al.*, 1992).

Devido a presença de partículas suspensas nos canais, a fração fortemente adsorvida às partículas coloidais (em inglês, *recoverable forms*) foi analisada pelo método EPA Method 3015A. Em amostras não filtradas, os analitos foram solubilizados com ácido nítrico e clorídrico re-destilados em um Microondas laboratorial CEM MDS 2.000.

A vazão da água foi medida nos canais principais em todas as bacias de drenagem, através do método de represamento. Conteúdo iônico do deságüe no mar foi calculado com a vazão registrada no delta. A fim de evitar interferências climáticas, a amostragem de água e medição da vazão em cada bacia de drenagem foi realizada no mesmo dia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Precisão analítica

O Limite de detecção do instrumento (em inglês, IDL) e o Limite de Detecção do Método (em inglês, MDL) (Tabela 2) foram calculados de acordo com os procedimentos definidos no Método 3015A aos comprimentos de onda monitorados pelo ICP-OES.

Tabela 2. IDLs, MDLs e desvio-padrão do Spike de acordo com o método 3015A no ICP-OES Optima-3300 DV.

Analíto	Comprimento de onda monitorado (nm)	View	IDL*	MDL*	SD Spike*	IDL† (µg/L)	MDL†	SD Spike†
Alumínio	396.148	Radial	7.189	4.751	1296.2481	15.451	16.172	473.5639
Arsênio	193.699	Radial	0.437	0.262	41.3665	4.136	2.326	437.2098
Bário	455.395	Axial	1.149	11.764	22.0184	266.18	278.602	482.2069
Berílio	313.05	Radial	0.097	1.554	12.9063	21.08	38.275	476.9661
Bismuto	223.065	Radial	25.217	0.615	45.9563	4.6	4.814	472.6300
Cádmio	226.505	Radial	2.19	13.913	46.3510	8.09	8.468	477.3733
Cálcio	317.938	Radial	7.115	2.451	2598.9845	19.496	16.172	31373.1294
Crômo	267.716	Axial	0.768	2.762	65.7088	8.811	9.222	444.1524
Cobalto	228.619	Radial	5.542	0.966	73.8255	4.83	5.055	474.2081
Cobre	224.703	Axial	1.745	16.51	93.4402	24.852	30.101	455.9031
Ferro	238.207	Radial	2.743	11.8	1038.0790	18.871	19.752	4710.1291
Chumbo	220.358	Axial	4.563	2.451	29.6577	24.241	24.202	461.2644
Lítio	670.755	Radial	1.463	2.932	3.1596	25.564	26.757	477.6610
Magnésio	285.218	Radial	2.34	2.213	1713.2392	2.6	2.721	3031.6136
Manganês	257.612	Axial	0.147	2.451	89.8355	154.288	161.488	457.4995
Molibdênio	202.033	Radial	7.408	8.78	51.0204	2.927	4.293	474.4615
Níquel	231.608	Axial	1.672	0.262	42.7563	28.82	30.165	446.6272
Potássio	766.459	Radial	58.568	2.536	1097.9849	83.009	86.883	4933.3429
Prata	328.073	Radial	1.508	19.361	100.3700	23.36	24.45	450.1982
Sódio	589.583	Radial	4.597	1.751	16.4013	1.777	1.86	993.8822

Estrôncio	407.765	Radial	0.087	2.537	61.5104	71.964	273.538	730.2169
Tálio	276.791	Radial	40.925	1.554	302.6214	7.719	6.418	498.0323
Vandádio	311.076	Axial	0.831	2.213	5.7873	5.549	5.808	462.9744
Zinco	202.554	Axial	0.587	1.748	101.7942	19.855	34.614	419.5822

* Parâmetros das amostras filtradas e acidificadas.

† Parâmetros das amostras digeridas.

Comparação entre bacias de drenagem afetadas por sulfetos e não afetadas

Foram identificadas e mapeadas 18 bacias de drenagem, das quais duas não tiveram canais de degelo, contabilizando 16 bacias aos propósitos do trabalho. De acordo com o sulfato solúvel, as bacias de drenagem foram distinguidas entre afetadas por sulfetos (concentrações de sulfato maiores que 150 mg/ L) e não afetadas (concentrações de sulfato próximas a 70 mg/ L).

Tabela 3. Características gerais das bacias de drenagem estudadas.

Bacia	pH (m±s.d.)	SO ₄ ²⁻ (mg/ L) (m±s.d.)	Alcalinidade total (mmolc/ L) (m±s.d.)	Influência de sulfetos
1	6.7±1.07	205.26±255.68	2.33±1.13	Registrada
2	7.3±0.14	579.67±183.65	3.62±1.61	Registrada
3	7.6±0.12	71.41±29.04	2.13±1.06	Não registrada
4	7.49±0.19	37.12±24.78	2.13±0.67	Não registrada
5	7.32±0	35.12± 0.00	3.19±-	Não registrada
6	7.23±0.06	61.36±47.90	2.13±0.0	Não registrada
7	6.7±1.14	348.41±409.94	2.25±0.92	Registrada
8	7.24±0.45	157.97±47.66	3.55±1.23	Registrada
9	6.2±1.49	371.07±448.68	1.37±0.83	Registrada
10*	-	-	-	-
11	5.25±1.71	664.47±499.43	0.71±1.06	Registrada
12	7.1±0.21	19.74±2.23	1.60±0.89	Não registrada
13	7.7±0.5	5.76±5.14	2.13±1.00	Não registrada
14	7.0±1.07	236.39±189.19	1.85±0.94	Registrada
15	6.7±1.42	266.58±89.04	1.24±0.61	Registrada
16	7.3±0.2	68.94±106.76	2.13±0.58	Não registrada

* Sem amostragem de água

† média ± desvio-padrão

Mesmo entre as bacias de drenagem não afetadas por sulfetos, o pH da água variou entre moderadamente ácido a alcalino, assim como em outras regiões da Antártica

Marítima (Toto *et al.*, 2007; Vinocur e Unrein, 2000; Matalino *et al.*, 1998). Em uma mina de magnetita, em Khakassia (Sibéria), Banks *et al.* (2002) sugeriu que a alcalinização da água em uma área afetadas pela oxidação de sulfetos é produto da dissolução de silicatos e carbonatos. Elberling (2004) e Marion (1995) relataram a baixa acidez em condições de temperatura abaixo de zero à dissolução de carbonatos e ao congelamento do solo durante o inverno, o qual resulta na precipitação de sais. Durante o verão esses sais são dissolvidos, causando a elevação do pH. O baixo grau de lixiviação de sais corrobora com os minerais encontrados em fração argila na Península Keller (Simas *et al.*, 2006).

Os valores de alcalinidade total registrados na Península Keller foram maiores que registros anteriores da Antártica (Toro *et al.*, 2007), mas não sugerem a influência de rochas carbonáticas (Banks *et al.*, 2002; McDonald *et al.*, 2007; Banks, 1997). Somente a fase de bicarbonato foi detectada nas amostras de água.

A razão molar $\text{HCO}_3^- / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ foi distante de 1,0 e mostra uma distribuição não linear (Figura 2), também excluindo a influência de rochas carbonáticas (Chakrapani, 2002; Langmuir, 1997).

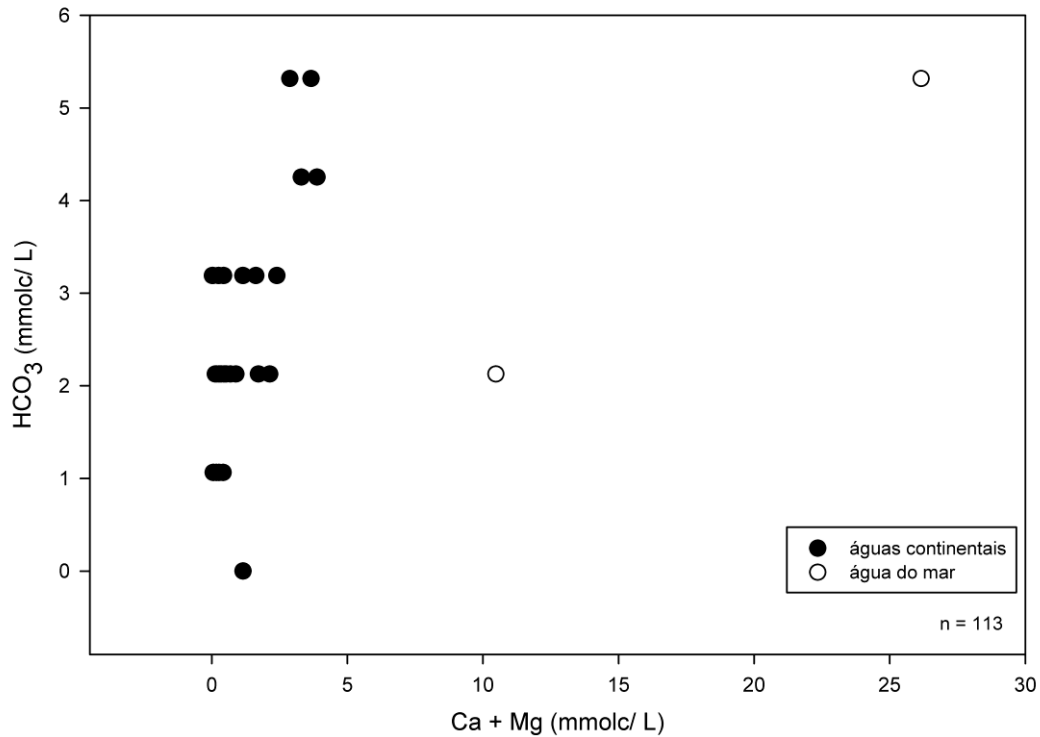


Figura 2. Relações entre as concentrações de HCO_3^- VS. $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$.

Os cátions de maior concentração decresceram na ordem: $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$ (Tabela 4). Exceto Ba, Bi e Ni, as maiores concentrações de íons foram registradas nas bacias de drenagem afetadas por sulfetos, mas é conhecido que as concentrações de Ba são maiores em condições redutoras (Banks, 1997). Al e Fe mostraram as maiores diferenças na concentração entre as bacias afetadas e não afetadas por sulfetos (Tabela 4). Concentrações mensuráveis de As, Be, Cd, Co, Cr, Pb e Tl não foram registradas em todas as bacias de drenagem (Tabela 4).

Tabela 4. Concentração analítica nas bacias de drenagem e no mar em amostras filtradas e acidificadas.

Bacia (n)		Análito																
		Ba	Bi	Cu	Li	Mn	Mo	Ni	Sr	Tl	V	Zn	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na
		µg/ L	µg/ L	µg/ L	µg/ L	µg/ L	µg/ L	µg/ L	µg/ L	µg/ L	µg/ L	µg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L
1 (31)	Média	19.026	169.379	21.662	6.367	129.916	54.090	0.351	709.005	IDL	8.445	2.627	8.986	62.380	6.172	16.917	52.052	14.075
	Max	521.697	213.942	272.906	161.831	1811.546	112.595	7.396	6198.310	-	267.585	56.268	212.123	345.792	96.147	352.308	1061.884	42.479
	Min	-	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	-	IDL	IDL	IDL	1.526	IDL	IDL	0.169
2 (4)	Média	IDL	169.297	2.424	IDL	79.099	30.303	1.630	1872.863	IDL	IDL	IDL	1.198	176.072	1.410	0.750	19.311	43.714
	Max	-	190.571	9.695	-	312.822	48.201	6.521	2317.288	-	-	-	4.646	243.885	5.479	1.083	29.818	53.805
	Min	-	137.986	IDL	-	IDL	IDL	IDL	1404.678	-	-	-	IDL	117.853	IDL	0.556	11.823	28.476
3 (3)	Média	IDL	140.918	IDL	IDL	IDL	36.088	IDL	284.642	IDL	IDL	IDL	IDL	33.572	IDL	0.401	3.636	28.409
	Max	-	181.193	-	-	-	72.176	-	343.753	-	-	-	-	34.878	-	0.802	4.031	44.263
	Min	-	100.643	-	-	-	IDL	-	225.531	-	-	-	-	32.266	-	IDL	3.241	12.554
4 (6)	Média	IDL	164.039	42.065	IDL	51.137	15.739	17.588	121.384	IDL	IDL	IDL	0.640	19.787	0.120	0.145	1.957	11.723
	Max	-	190.170	168.261	-	204.548	62.957	70.350	250.438	-	-	-	1.569	30.075	0.481	0.580	3.168	18.952
	Min	-	141.390	IDL	-	IDL	IDL	IDL	50.700	-	-	-	IDL	8.979	IDL	IDL	0.943	6.401
5 (1)	Média	IDL	184.965	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	46.857	IDL	IDL	IDL	0.622	23.324	IDL	IDL	3.300	13.014
	Max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Min	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6 (3)	Média	IDL	100.856	IDL	IDL	66.967	22.676	IDL	59.551	IDL	IDL	43.988	15.920	49.150	IDL	0.270	6.617	12.094
	Max	-	164.959	-	-	200.900	34.104	-	104.777	-	-	131.964	47.760	92.905	-	0.810	9.905	26.600
	Min	-	IDL	-	-	IDL	IDL	-	IDL	-	-	IDL	IDL	21.894	-	IDL	4.522	IDL
7 (13)	Média	2.370	171.135	6.988	IDL	1003.799	27.370	IDL	535.150	IDL	IDL	6.610	2.120	93.917	0.440	0.560	10.452	25.701
	Max	30.811	203.114	38.816	-	4711.044	55.968	-	3750.250	-	-	65.379	13.047	422.559	2.514	3.056	25.927	60.428
	Min	IDL	123.443	IDL	-	IDL	IDL	-	IDL	-	-	IDL	IDL	10.574	IDL	IDL	2.316	10.639
8 (2)	Média	IDL	171.143	IDL	IDL	IDL	18.450	IDL	158.670	IDL	IDL	IDL	0.310	48.101	0.219	0.144	6.805	17.139

	Max	-	185.856	-	-	-	36.899	-	259.933	-	-	-	0.619	67.759	0.437	0.287	6.973	25.227
	Min	-	156.430	-	-	-	IDL	-	57.408	-	-	-	IDL	28.442	IDL	IDL	6.637	9.051
9 (7)	Média	0.647	173.577	62.272	IDL	885.867	56.099	1.639	69.889	2.815	IDL	73.263	21.335	56.031	2.553	0.023	9.845	9.242
	Max	4.528	208.198	274.453	-	3764.055	72.364	11.475	170.716	19.702	-	403.004	98.122	127.253	14.124	0.083	29.763	15.505
	Min	IDL	117.201	IDL	-	IDL	42.298	IDL	IDL	IDL	-	IDL	0.069	23.190	IDL	IDL	4.136	3.284
11 (12)	Média	IDL	148.769	20.834	IDL	339.501	25.418	3.499	509.468	IDL	IDL	2.042	2.652	162.855	1.201	0.161	26.545	36.193
	Max	-	174.580	93.284	-	1014.523	65.954	17.509	1300.245	-	-	15.234	8.812	381.705	5.054	0.912	62.833	91.497
	Min	-	113.560	IDL	-	IDL	IDL	IDL	1.084	-	-	IDL	IDL	18.149	IDL	IDL	3.061	6.651
12 (3)	Média	IDL	191.183	IDL	IDL	17.493	49.213	IDL	47.680	IDL	IDL	IDL	0.248	17.487	0.175	IDL	2.570	7.508
	Max	-	197.650	-	-	52.480	62.502	-	73.116	-	-	-	0.744	21.964	0.524	-	3.194	10.045
	Min	-	186.159	-	-	IDL	38.521	-	24.972	-	-	-	IDL	14.349	IDL	-	2.213	5.420
13 (2)	Média	2139.778	185.687	44.533	IDL	1595.227	46.552	2.349	111.345	IDL	IDL	IDL	IDL	1.484	8.858	0.496	0.128	0.342
	Max	2139.778	185.687	89.065	-	3190.454	51.056	7.718	222.691	-	-	-	14.616	32.472	17.711	0.991	8.916	7.746
	Min	447.521	162.018	IDL	-	IDL	46.552	2.349	IDL	-	-	-	IDL	1.484	IDL	IDL	0.128	0.342
14 (13)	Média	217.537	163.124	1.943	IDL	13.342	34.067	0.197	481.484	IDL	IDL	IDL	0.891	77.258	IDL	0.121	8.238	14.421
	Max	1749.841	188.911	25.255	-	173.442	81.306	2.563	1350.756	-	-	-	5.286	256.899	-	0.528	24.266	26.622
	Min	IDL	167.462	IDL	-	IDL	28.251	IDL	481.681	-	-	-	0.013	70.970	-	IDL	7.903	14.350
15 (9)	Média	8.718	176.835	1.887	IDL	37.506	44.174	0.422	618.970	IDL	IDL	IDL	0.464	91.225	1.287	0.099	8.282	15.295
	Max	78.466	189.035	16.986	-	337.554	93.961	3.798	1138.514	-	-	-	3.825	119.832	11.583	0.315	12.645	25.545
	Min	IDL	144.087	IDL	-	IDL	IDL	IDL	323.419	-	-	-	IDL	66.029	IDL	IDL	3.868	8.583
16 (3)	Média	IDL	186.607	IDL	IDL	IDL	53.282	IDL	126.527	IDL	IDL	IDL	0.242	33.390	0.225	IDL	3.983	7.119
	Max	-	194.355	-	-	-	81.640	-	282.470	-	-	-	0.727	66.214	0.674	-	7.990	10.439
	Min	-	171.218	-	-	-	32.259	-	36.529	-	-	-	IDL	15.272	IDL	-	1.952	4.126
Mar (2)	Média	16.575	46.462	20.925	101.879	205.397	68.531	3.698	4369.095	IDL	IDL	IDL	4.865	248.039	5.207	240.414	74.001	17.052
	Max	33.151	92.924	41.850	41.927	410.795	47.434	7.396	2539.881	-	-	-	9.729	150.287	10.418	128.521	418.127	16.951
	Min	IDL	IDL	IDL	161.831	IDL	89.628	IDL	6198.310	-	-	-	IDL	345.792	IDL	352.308	1061.884	17.155

Entre as bacias afetadas por sulfetos, a bacia Morro da Cruz (número 7) e *Harppon Point* (número 11) tiveram as amostras de maiores concentrações iônicas (aproximadamente 2.403 e 2.620 mg/ L, respectivamente), com similares valores de sulfato dissolvido. O menor valor (10,65 mg/ L) foi registrado na bacia não afetada por sulfetos *Ponta Speil* (número 13).

Não foi notada uma correlação clara entre o pH da água e a concentração de sulfato em solução (Figura 3), sugerindo um fator mais forte que a oxidação de sulfetos sobre o Ph. Devido a sensibilidade dos íons de Fe ao pH, não foi observada correlação com o sulfato dissolvido (Figure 3).

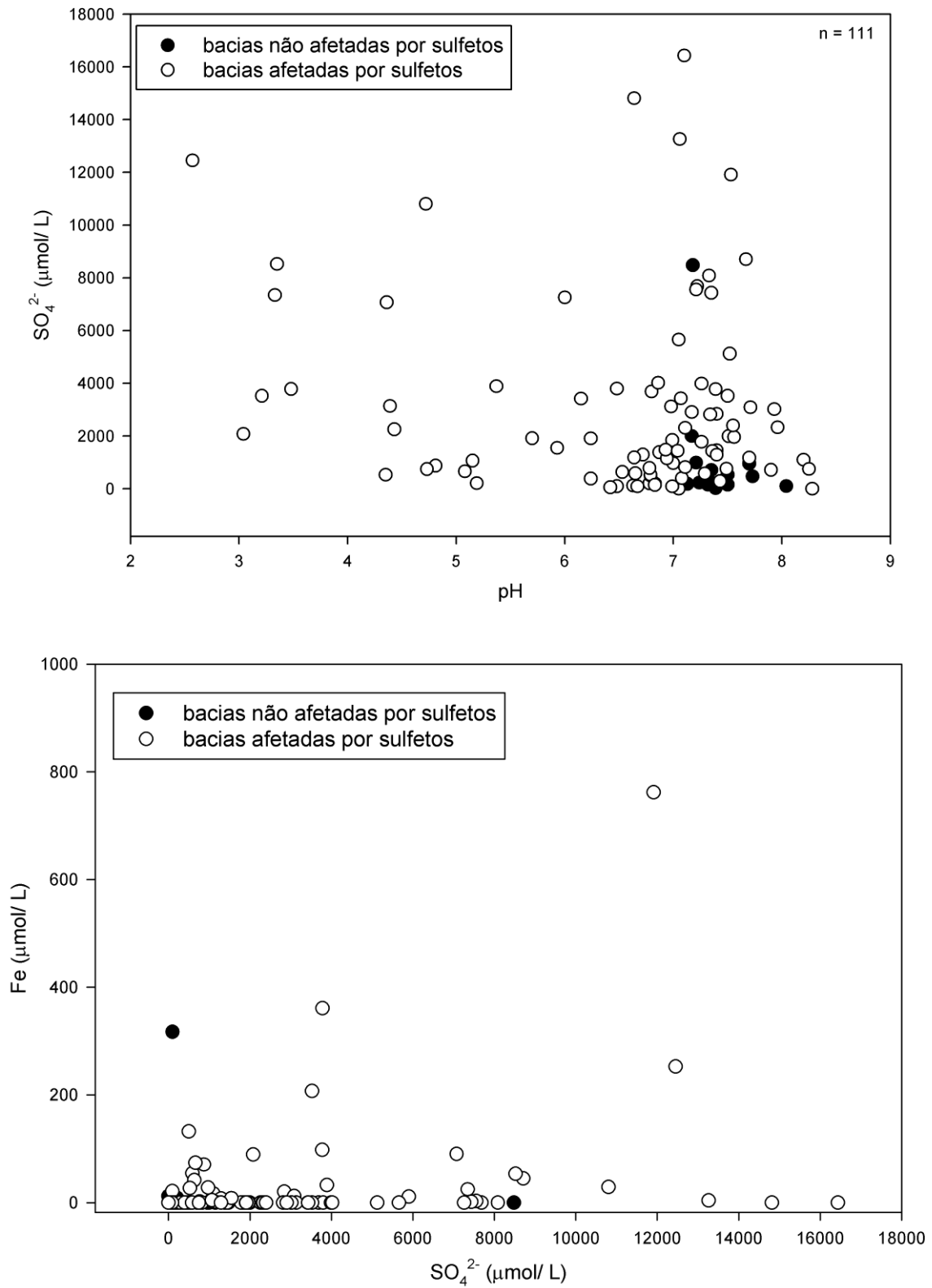
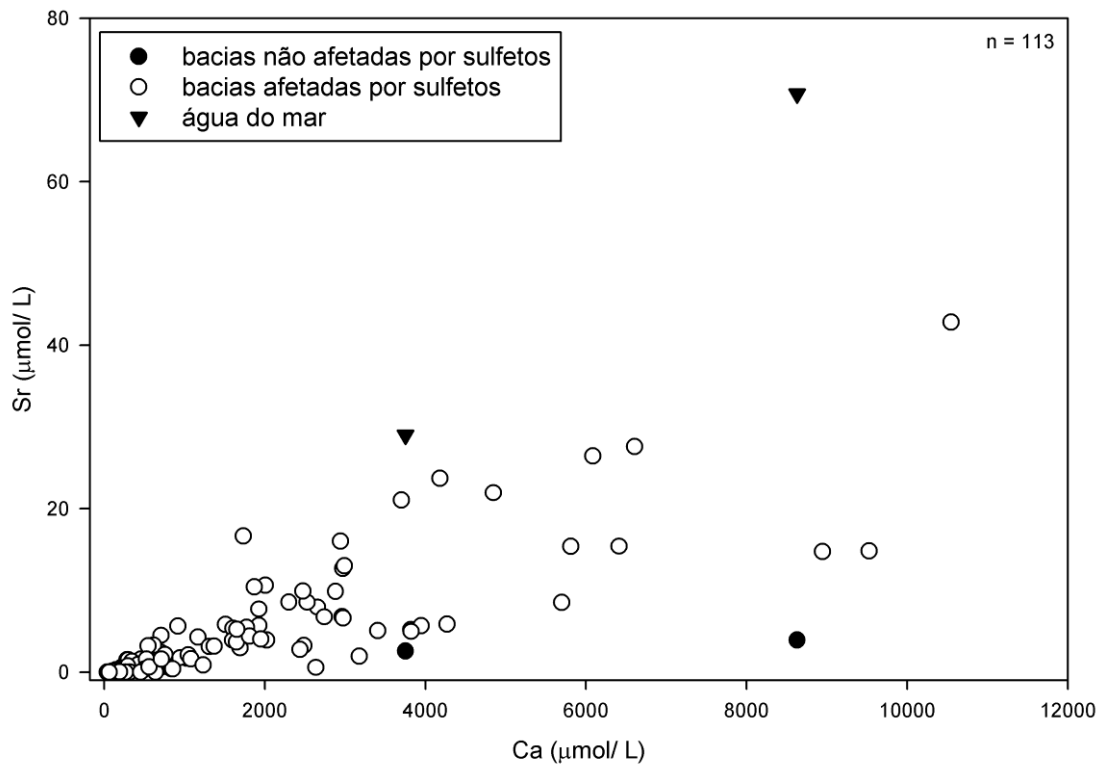
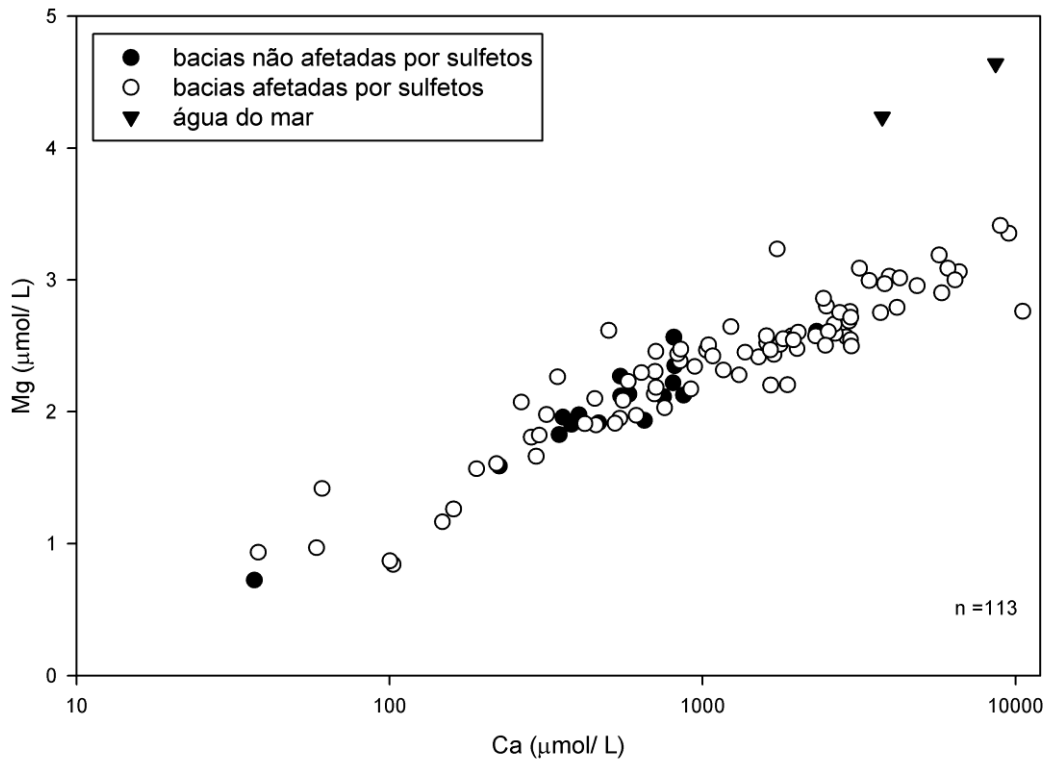


Figura 3. Relação entre sulfato, Fe dissolvidos e pH das amostras de água.

A relação molar Mg/ Ca variou entre 0,0548 e 0,9898 (Tabela 3), predominantemente acima de 0,2 somente nas bacias afetadas por sulfetos. O valor da relação molar Mg/ Ca aumentou do ponto de degelo até o delta do canal, onde registrava os maiores valores (4,59 e 5,06). Entre as bacias afetadas por sulfetos, as concentrações registradas de Ca e Mg possuem uma relevante correlação exponencial ($r^2 = 0,5357$), e uma correlação linear não bacias não afetadas ($r^2 = 0,7$) (Figura 4).

Estrôncio é tipicamente derivado de carbonatos ou sais sulfatados (Vitousek *et al.*, 1999; Fairchild *et al.*, 2000). A razão molar Sr/ Ca geralmente manteve-se constante e foi menor que valores comuns (0,0035 razão molar média calculada para a Península Keller contra 0,24 em Wombeyan Caves, Austrália, e 0,35 na Inglaterra) (McDonald *et al.*, 2007. Banks, 1997) (Figura 4). Comparando a razão molar Sr/ Ca no Alasca Ártico (0,00058), esses valores sugerem que ambos Ca e Sr são derivados do intemperismo de silicatos e não há precipitação de calcita (Keller *et al.*, 2007).

Não foi observada uma correlação aparente entre Mg/ Ca e Sr/ Ca (Tabela 6), ou entre $[Ca^{2+}]$ e a razão molar Mg/ Ca (ou Sr/ Ca) (Figura 4), sugerindo a mesma e proporcional fonte de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Sr^{2+} .



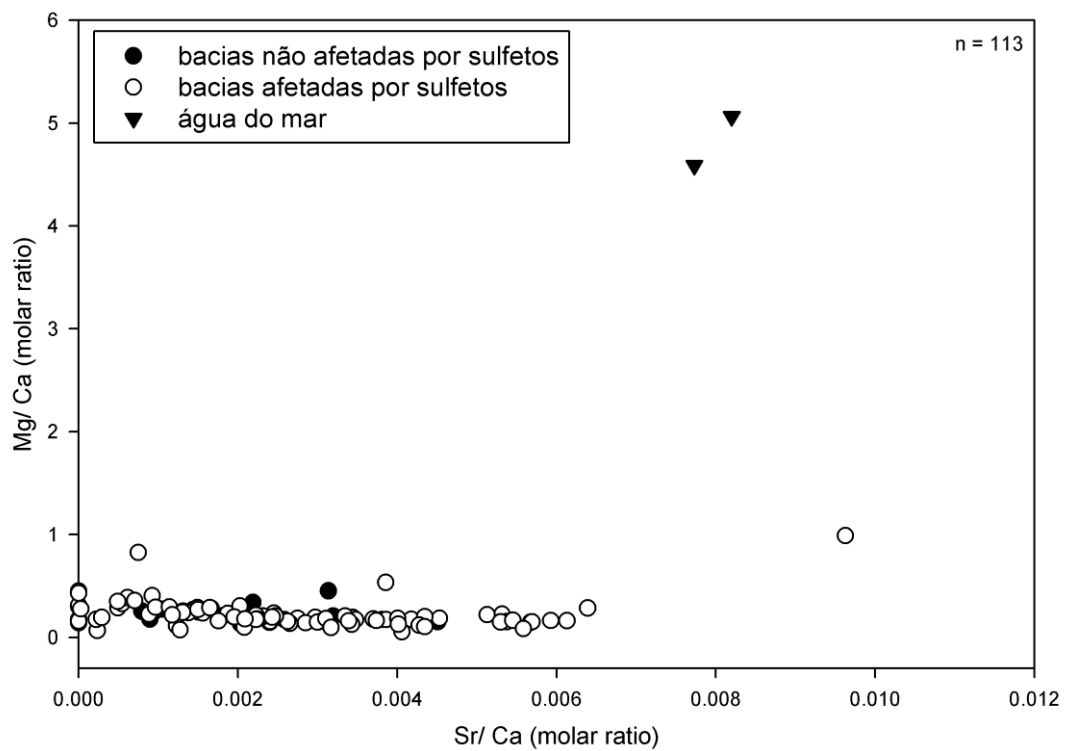
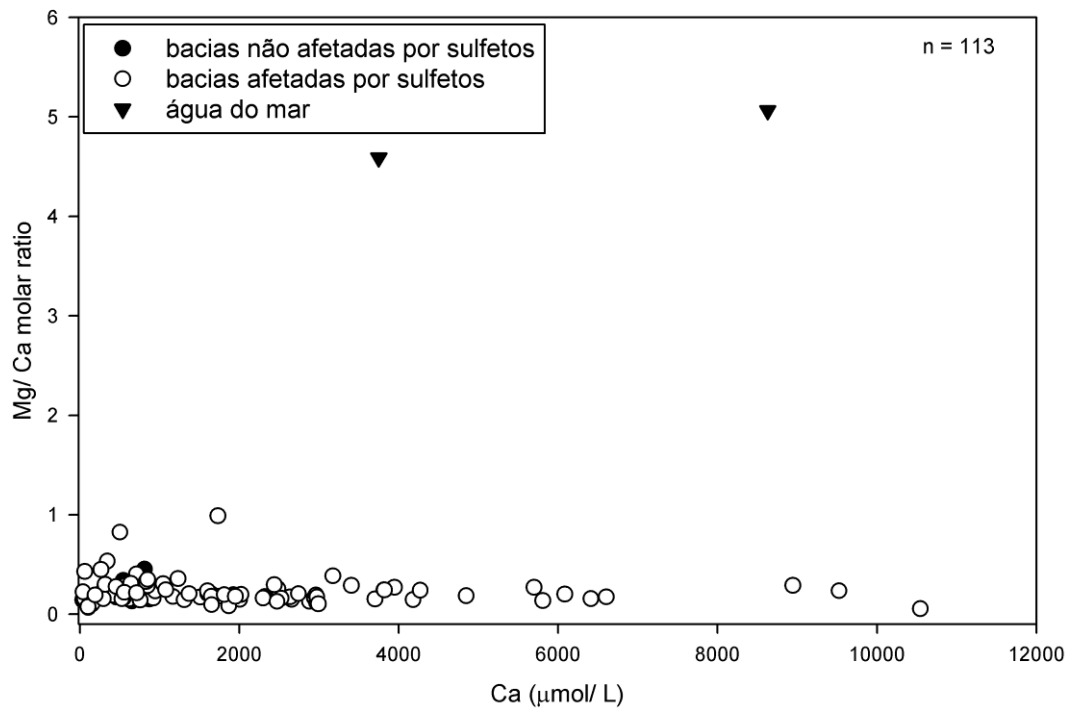


Figura 4. Relações envolvendo Ca, Mg e Sr em amostras de água.

Foi observado variações nas razões molares $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) / (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ entre as bacias de drenagem afetadas por sulfetos e as não afetadas, sugerindo diferentes graus de

intemperismo químico. Entre as bacias afetadas por sulfetos, a razão molar foi maior que 2,5, exceto em B 8, enquanto nas bacias não afetadas por sulfetos a razão molar raramente é superior a 2,0 (Tabela 5).

A abundância molar de ânions decresceu de: $\text{SO}_4 > \text{HCO}_3 > \text{CO}_3 > \text{Cl} > \text{PO}_4$. Somente entre as amostras de água do mar o cloreto foi o ânion mais abundante. Entre os ânions analisados, fluoreto e brometo não foram registrados (Tabela 5). Nitrito e fosfatos não registraram uma distribuição padrão com altitude, proximidade do mar ou geologia.

Tabela 5. Concentração aniônica por bacias de drenagem nas amostras de água filtradas.

Bacia	Análito (mmol/ L)		
	Cloreto	Nitrato/Nitrato	Fosfato
1	0.2056	0.16	0.03
2	0.2186	0.81	0.13
4	0.1657	0.59	0.09
7	0.4345	0.77	0.11
9	0.2954	0.77	0.03
11	0.5008	0.77	0.15
12	0.0607	0.16	0.02
Mar	200.4428	0.80	0.06

Concentração molar de cloreto entre as bacias afetadas por sulfetos e as não afetadas foi similar, mas foi 500 menor que a concentração registrada nas amostras de água do mar (Tabela 5).

O excesso de Na sobre Cl fez com que a razão molar variasse entre 0,15 até 5,67 (média 3,7) (Tabela 6). Estes valores sugerem que, em média, a contribuição de Na por *spray* marinho é apenas cerca de um terço da abundância total, e que a maior parte do Na é derivado do intemperismo de silicatos (Hartikainen e Yli-Halla, 1986; Chakrapani, 2002).

Tabela 6. Razão mola envolvendo Ca, Cl, Mg, Na e Sr em amostras de água.

Bacia	Sr/ Ca	Mg/ Ca	Mg/Ca vs. Sr/ Ca	Ca+Mg/ Na+K	K/ Na	Na/ Cl	Ca/ Cl	Mg/ Cl
1	0.0052	0.2047	39.3740	3.5391	0.0855	0.1456	0.7793	0.0891
2	0.0049	0.1808	37.1706	2.7011	0.0101	5.6667	13.4532	2.2254
3	0.0039	0.1786	46.0553	0.7924	0.0083	-	-	-
4	0.0028	0.1631	58.1285	1.118	0.0073	5.0694	4.8758	0.9648
5	0.0009	0.2333	253.8675	1.2679	0.0000	-	-	-
6	0.0006	0.2220	400.5985	2.8119	0.0131	-	-	-
7	0.0026	0.1835	70.4114	2.4495	0.0128	3.4249	10.3279	1.4373
8	0.0015	0.2333	154.6217	1.9757	0.0049	-	-	-
9	0.0006	0.2897	507.8140	4.479	0.0015	3.1734	5.8630	1.8701
11	0.0014	0.2688	187.8313	3.2663	0.0026	3.6185	10.8045	3.0696
12	0.0012	0.2423	194.3013	1.6598	0.0000	3.8813	5.8942	1.4987
13	0.0030	0.4392	146.4124	2.8467	0.0721	-	-	-
14	0.0029	0.1758	61.6829	3.5956	0.0049	-	-	-
15	0.0031	0.1497	48.2352	3.9184	0.0038	-	-	-
16	0.0017	0.1967	113.4701	2.2142	0.0000	-	-	-
Mar	0.0080	4.8257	605.8957	5.3166	8.2668	0.0037	0.0305	0.1501

Uma característica significativa nas amostras de água continentais é o muito baixo valor da razão molar K/ Na (Tabela 6). Os baixos níveis de K nas amostras de água naturais é consequência da tendência deste elemento em ser fixado aos minerais de argila e participar da formação de minerais secundários.

Elberling e Langdahl (2002) compilaram dados da concentração iônica em bacias de drenagem afetadas e não afetadas por sulfetos na Groelândia. Além da elevada variabilidade dos valores de pH, as concentrações registradas na Península Keller foram similares em alguns canais.

Embora Banks *et al.* (2002) tenha registrado valores de pH mais ácidos em uma área minerada de Longvearbyen, Sibéria, a concentração iônica nos canais afetadas pela oxidação de sulfetos na Península Keller foi maior, especialmente a concentração de sulfato e dos íons maiores.

Estudando o sistema hidrológico não afetado por sulfetos da Península Byers, Antártica Marítima, Toto *et al.* (2007) registrou um gradual enriquecimento dos canais e lagos conforme a proximidade ao mar, mas todos esses valores foram menores que os registrados na Península Keller.

O Diagrama de Piper das amostras de água demonstrou que as amostras de água do mar são enriquecidas em Mg e Cl, mas as amostras continentais registram maiores concentrações de Na, K e Ca (Figure 6). A influência do bicarbonato em bacias de drenagem não afetadas por sulfeto foi maior, classificando essas como Magnésio-calcicás bicarbonatadas ou Magnésio-calcilás sulfatadas (Figura 6).

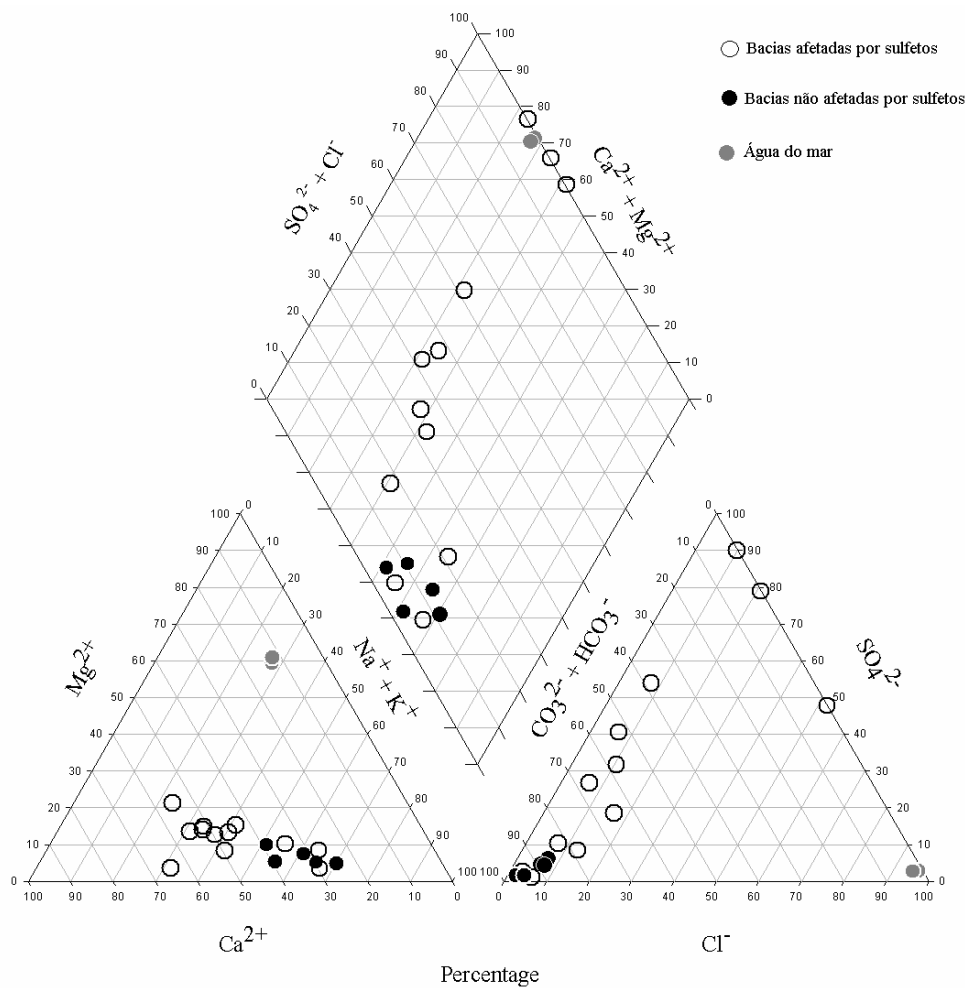
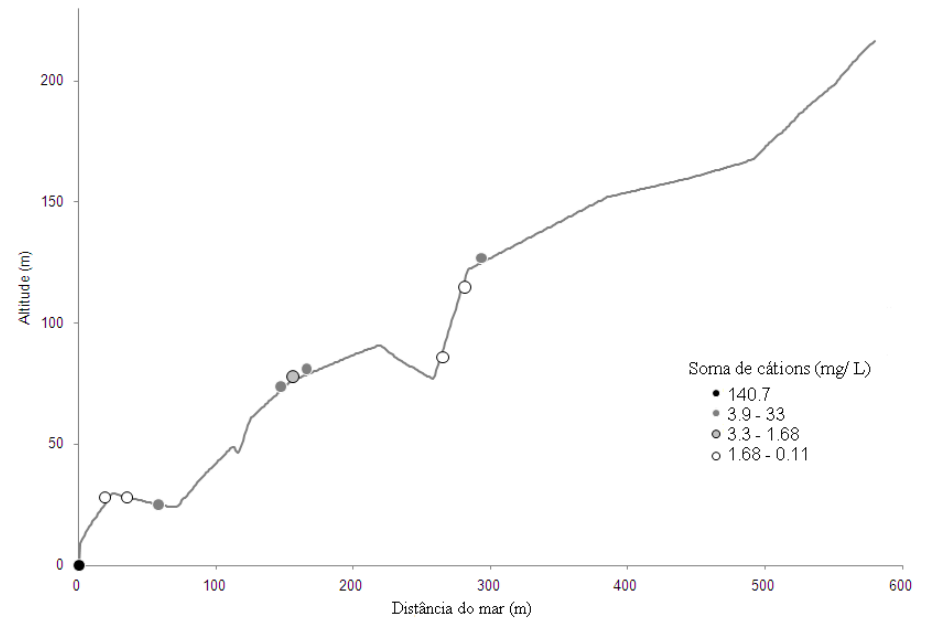
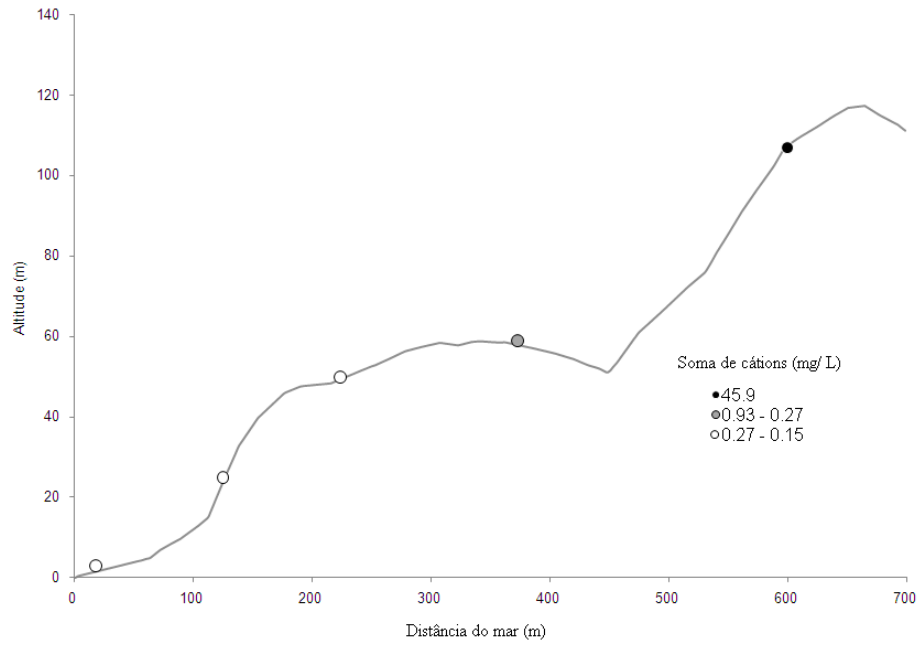


Figura 6. Diagrama de Piper de bacias afetadas e não afetadas por sulfetos, e água do mar.

Apesar da elevada concentração iônica nas bacias e drenagem, seus valores decrescem conforme a proximidade do delta dos canais (Figura 7), seguindo um aumento no pH da água. Bacias 7 (Morro da Cruz) e 11 (*Harppon Point*) foram exceções pela exposição de andesitos piritizados próximos da praia.

O conteúdo de íons lixiviados ao mar foi maior entre as bacias afetadas por sulfetos, especialmente nos canais formados nas bacias *Noble* (número 1), Morro da Cruz (número 7) e Tyrrel Oeste (número 15) (Tabela 7).



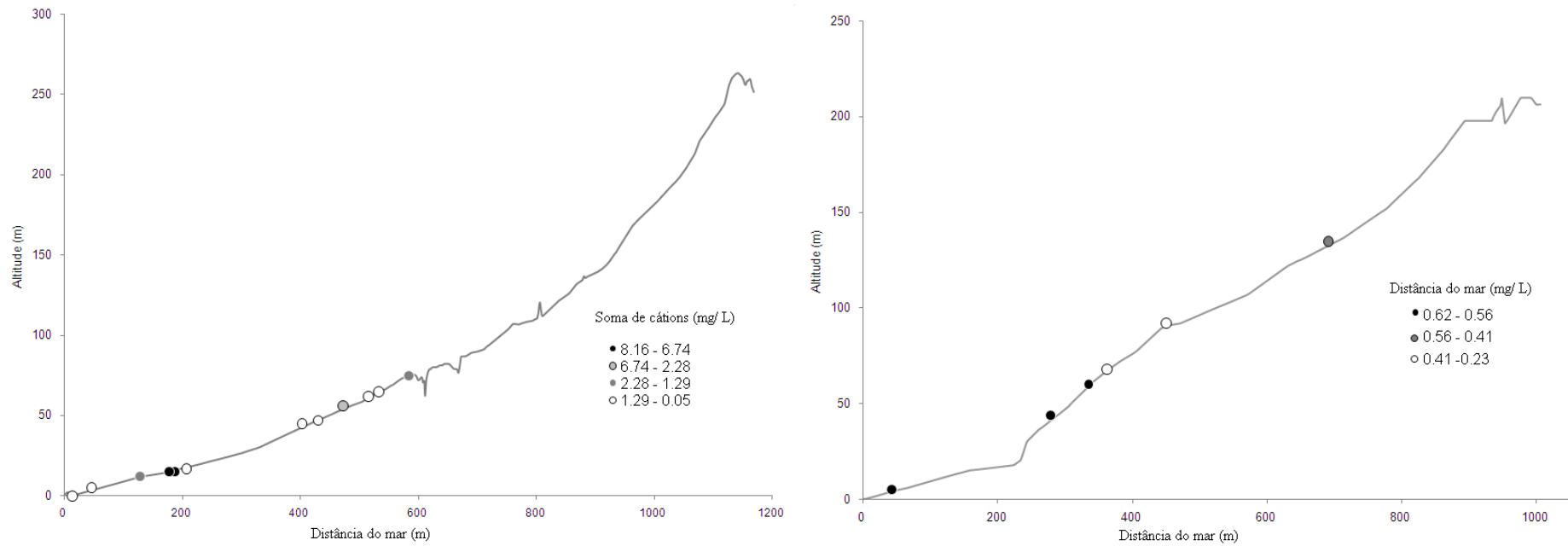


Figura 7. Distribuição da concentração iônica* de acordo com a altitude e distância do mar nas bacias de drenagem: (a): B1, (b) B7, (c) B9, e (d) B15.

* Soma de todos os cátions analisados, excetp Ca, Na, e Mg.

Tabela 7. Conteúdo iônico lixiviado nas bacias de drenagem da Península Keller ao mar.

Bacia	Vazão (L/s)	Análito														
		Ba	Bi	Cu	Mn	Mo	Ni	Sr	V	Zn	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na
		µg/ s	µg/ s	µg/ s	µg/ s	µg/ s	µg/ s	µg/ s	µg/ s	µg/ s	mg/ s	mg/ s	mg/ s	mg/ s	mg/ s	mg/ s
1	3.85	7.99	681.40	0.81	270.68	204.40	0.00	616.63	0.83	0.00	26.54	73.68	13.16	2.40	8.37	11.45
2	0.23	IDL	39.56	2.27	73.16	10.65	1.52	328.50	IDL	IDL	1.09	27.56	1.28	0.13	2.76	6.66
3	4.00	IDL	402.57	IDL	IDL	IDL	IDL	1375.01	IDL	IDL	IDL	139.51	IDL	IDL	12.97	50.22
4	2.00	IDL	380.34	IDL	IDL	125.91	IDL	500.88	IDL	IDL	1.58	60.15	IDL	IDL	6.34	37.90
5	2.17	IDL	402.10	IDL	IDL	IDL	IDL	101.86	IDL	IDL	1.35	50.70	IDL	IDL	7.17	28.29
6	1.67	IDL	229.35	IDL	IDL	56.54	IDL	123.13	IDL	IDL	IDL	54.42	IDL	IDL	9.04	16.13
7	0.97	IDL	156.85	12.94	1095.71	33.76	IDL	248.41	IDL	6.85	3.98	77.39	0.46	0.23	12.16	17.21
8	1.43	IDL	265.51	IDL	IDL	52.71	IDL	82.01	IDL	IDL	0.88	40.63	0.62	0.41	9.96	36.04
9	0.45	2.02	78.56	IDL	IDL	32.34	IDL	21.91	IDL	IDL	0.03	10.36	IDL	0.03	1.85	4.76
11	0.25	IDL	43.34	8.65	213.68	14.33	0.81	110.41	IDL	1.29	1.86	33.87	1.25	IDL	5.96	6.45
12	1.12	IDL	222.08	IDL	IDL	70.23	IDL	50.51	IDL	IDL	IDL	24.68	IDL	IDL	3.59	11.29
13	0.98	IDL	185.94	IDL	IDL	45.69	IDL	71.65	IDL	IDL	IDL	15.83	IDL	IDL	2.26	6.92
14	0.48	IDL	80.38	IDL	IDL	13.56	IDL	231.21	IDL	IDL	IDL	34.07	IDL	IDL	3.79	6.89
15	2.14	IDL	379.86	IDL	IDL	107.59	IDL	2439.67	IDL	IDL	0.31	256.78	IDL	IDL	16.39	54.74
16	5.00	IDL	971.24	IDL	IDL	229.73	IDL	182.64	IDL	IDL	IDL	93.43	IDL	IDL	10.03	33.96

O aumento da concentração iônica pela digestão das amostras (Tabela 8) pode ser relacionada com a elevada superfície específica dos minerais registrados por Simas *et al.* (2006) in solos sulfatos da Península Keller. Além das cargas não dependentes de cargas dos silicatos, minerais como a ferridrita, jarosita e oxi-hidróxidos de Fe de baixa cristalinidade possuem um baixo ponto de carga zero (PCA), garantindo grande poder de adsorção de cátions (Jambor e Dutrizac, 1998; Stum, 1992; Essington, 2003). Então, uma diminuição do pH da água por diminuição da alcalinização das águas sugere um aumento da concentração iônica nos canais da Península Keller.

Tabela 8. Concentração analítica por bacia de drenagem nas amostras de água digeridas.

Bacia (n)	Analíto																		
	Ag	Ba	Bi	Cu	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Sr	V	Zn	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
1 (32)	Média	IDL	106.666	7.111	149.511	24.835	190.475	34.992	2.787	6.604	867.007	25.450	69.421	18.341	65.278	12.525	21.825	48.594	11.714
	Max	-	1012.760	53.832	2610.419	220.044	2479.151	88.415	36.028	28.576	6517.357	438.467	1243.505	289.265	380.171	170.973	418.199	891.264	327.939
	Min	-	IDL	IDL	IDL	3.645	IDL	1.483	IDL	IDL	68.797	IDL	IDL	IDL	4.681	IDL	0.180	0.511	IDL
2 (4)	Média	IDL	60.651	IDL	15.861	13.309	77.288	28.643	0.407	9.185	1841.593	16.327	IDL	10.433	151.391	4.878	3.265	17.155	4.098
	Max	-	178.435	-	63.443	21.567	298.192	44.846	1.629	23.046	2285.994	65.307	-	38.887	207.961	16.899	8.124	22.640	5.783
	Min	-	14.035	-	IDL	8.065	IDL	15.658	IDL	IDL	1343.393	IDL	-	0.119	89.722	0.130	1.036	12.346	2.974
3 (3)	Média	IDL	32.926	IDL	2.663	16.223	47.474	30.979	IDL	2.168	431.109	3.279	IDL	5.639	35.813	2.946	1.777	4.293	2.442
	Max	-	74.284	-	7.989	23.903	142.421	38.493	-	6.504	624.100	9.838	-	15.895	45.661	8.590	3.588	5.884	2.997
	Min	-	4.104	-	IDL	5.150	IDL	23.753	-	IDL	212.862	IDL	-	IDL	22.334	0.024	0.775	2.431	1.847
4 (6)	Média	IDL	91.288	6.261	21.226	15.900	165.368	21.011	0.126	4.014	193.864	14.739	11.845	19.371	23.390	8.692	3.592	4.649	1.075
	Max	-	352.100	37.567	107.532	32.153	849.350	36.364	0.756	24.087	272.769	63.339	42.772	82.450	36.184	36.132	13.196	14.860	1.578
	Min	-	6.714	IDL	IDL	4.463	IDL	11.983	IDL	IDL	107.031	IDL	IDL	0.095	9.907	0.024	0.573	1.887	0.434
5 (1)	Média	IDL	6.351	IDL	IDL	19.687	IDL	53.487	IDL	IDL	77.404	IDL	IDL	2.515	15.244	1.484	1.066	2.558	1.038
	Max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Min	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6 (3)	Média	IDL	6.608	2.475	IDL	21.183	IDL	36.784	IDL	IDL	156.773	IDL	IDL	2.150	25.965	0.670	1.487	5.109	2.092
	Max	-	15.161	7.424	-	24.763	-	50.202	-	-	197.037	-	-	3.393	41.246	1.157	1.946	6.971	2.788
	Min	-	1.716	IDL	-	17.500	-	25.506	-	-	87.870	-	-	0.560	12.894	IDL	0.903	3.082	1.291
7 (13)	Média	IDL	17.487	4.455	11.744	14.315	761.414	28.513	0.569	4.344	694.977	3.610	6.255	3.053	91.478	0.673	1.129	9.212	2.030
	Max	-	67.679	26.839	72.510	25.168	3642.927	40.063	3.890	20.703	4711.885	13.845	68.252	13.560	448.031	2.587	2.531	23.847	6.477
	Min	-	IDL	IDL	IDL	4.350	IDL	12.532	IDL	IDL	35.740	IDL	IDL	0.060	8.852	IDL	0.554	2.296	0.900

8 (3)	Média	IDL	5.717	7.691	IDL	83.673	8.081	44.299	IDL	IDL	2443.449	IDL	IDL	1.559	150.301	1.263	143.027	317.470	2.120
	Max	-	14.038	12.364	-	209.851	24.242	74.839	-	-	6762.555	-	-	4.357	339.800	3.463	426.768	937.412	2.767
	Min	-	IDL	IDL	-	20.059	IDL	27.832	-	-	117.780	-	-	0.043	24.533	0.035	0.841	6.351	1.167
9 (7)	Média	IDL	17.573	IDL	95.458	16.205	642.370	26.897	1.484	2.307	108.189	0.904	79.119	21.116	47.399	3.716	0.794	8.544	0.940
	Max	-	32.906	-	251.984	47.052	2743.735	38.106	5.804	16.149	218.767	6.327	251.227	96.476	107.947	17.186	1.151	25.718	1.370
	Min	-	6.546	-	IDL	3.462	IDL	18.542	IDL	IDL	71.108	IDL	IDL	0.070	19.221	0.019	0.486	3.374	0.478
11 (12)	Média	IDL	50.361	4.313	166.479	18.851	812.039	35.811	24.922	2.795	663.882	19.821	43.752	19.168	143.782	19.023	1.371	25.302	3.084
	Max	-	226.319	20.418	841.722	60.739	5959.558	59.798	137.632	19.935	1958.538	174.037	386.758	89.217	346.753	148.684	5.116	58.513	8.700
	Min	-	4.351	IDL	IDL	5.189	IDL	16.974	IDL	IDL	85.937	IDL	IDL	IDL	25.756	IDL	0.267	4.528	1.011
12 (3)	Média	IDL	11.651	IDL	52.124	8.807	9.984	22.350	0.938	4.053	102.032	0.622	25.075	0.970	14.075	0.712	0.401	2.170	0.743
	Max	-	19.784	-	81.682	16.820	29.952	26.780	2.814	8.454	155.241	1.866	61.243	2.576	18.671	1.855	0.618	2.945	0.929
	Min	-	3.250	-	IDL	3.478	IDL	18.373	IDL	IDL	51.479	IDL	IDL	0.032	10.182	0.088	0.131	1.597	0.588
13 (2)	Média	IDL	1071.670	8.944	67.662	8.046	855.576	41.707	1.479	7.108	106.247	46.450	61.491	14.259	10.995	10.564	2.684	3.595	0.333
	Max	-	1815.077	17.888	135.325	9.432	1711.151	48.412	1.713	14.216	192.983	80.384	91.341	28.249	19.902	20.923	5.195	6.818	0.665
	Min	-	328.262	IDL	IDL	6.661	IDL	35.002	1.244	IDL	19.511	12.516	31.640	0.269	2.088	0.204	0.172	0.372	IDL
14 (13)	Média	14.385	132.098	37.908	39.921	50.085	58.077	62.958	34.841	39.077	408.948	37.412	33.658	2.370	45.814	1.356	1.286	5.348	1.173
	Max	100.048	563.230	390.226	383.123	416.525	386.156	410.660	382.456	384.393	889.541	380.832	370.234	15.621	71.782	8.632	4.658	8.902	3.153
	Min	IDL	7.834	IDL	IDL	5.082	IDL	16.094	IDL	IDL	25.495	IDL	IDL	IDL	4.196	IDL	0.402	0.872	0.215
15 (9)	Média	IDL	50.921	4.540	45.692	17.686	276.365	37.812	4.451	4.528	624.830	2.188	10.030	6.376	75.972	3.017	0.956	9.188	1.370
	Max	-	261.208	22.529	322.638	41.944	2098.215	60.747	32.361	22.111	1324.981	12.278	84.718	46.901	151.814	12.618	2.074	32.091	3.239
	Min	-	7.983	IDL	IDL	6.994	IDL	13.604	IDL	IDL	277.449	IDL	IDL	IDL	47.600	IDL	0.512	3.978	0.762
16 (3)	Média	IDL	17.810	1.485	0.826	7.612	IDL	27.981	0.838	3.549	125.911	IDL	IDL	0.234	22.280	0.165	0.432	2.651	0.538
	Max	-	25.389	4.455	2.479	15.839	-	41.812	2.514	10.648	195.639	-	-	0.516	37.010	0.300	0.530	4.475	0.640
	Min	-	2.746	IDL	IDL	3.288	-	14.044	IDL	IDL	80.416	-	-	IDL	13.577	0.015	0.253	1.655	0.455

CONCLUSÕES

O incipiente grau de lixiviação pode ser observado pelos elevados valores de concentração iônica em solução. Entre as 16 bacias de contribuição estudadas, 8 possuem elevadas concentrações de sulfato solúvel, confirmando a oxidação de sulfetos, embora o pH seja próximo da neutralidade.

Bicarbonato e a razão molar (Ca + Mg) foi distante de 1,0, sugerindo que não há influência de rochas carbonáticas na Península Keller, confirmada pela razão molar Sr/Ca. Não foi observada relação aparente entre $[Ca^{2+}]/Mg/Ca$ e $[Ca^{2+}]/Sr/Ca$, sugerindo uma fonte proporcional de Ca, Mg e Sr.

A baixa razão molar Na/ Cl indica uma limitada contribuição do *spray* marinho na composição química dos canais de degelo.

A maior concentração iônica nas bacias afetadas por sulfetos demonstra a importância da oxidação de sulfetos no intemperismo químico da Península Keller, e embora os valores de concentração decresçam em direção ao delta, o conteúdo iônico lixiviado é maior que nas bacias não afetada por sulfetos.

A análise das amostras digeridas registrou um aumento na concentração de todos os íons analisados, sugerindo que a diminuição da alcalinidade pode produzir um aumento da concentração iônica.

REFERÊNCIAS

Albuquerque-Filho, M.R. (2005) Geoquímica de solos na Península Keller, Ilha Rei George, Antártica, como subsídio ao monitoramento ambiental. Ph.D. thesis, Univ. Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, 149pp.

Banks, D. (1997) Hydrogeochemistry of Millstone Grit and Coal Measures groundwaters, south Yorkshire and north Derbyshire, UK. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, **30**, 237-256.

Banks D., Parnachev, V. P., Frengstad, B., Holden, W., Vedernikov, A. A., Karnachuk, O. V. (2002) Alkaline mine drainage from metal sulphide and coal mines: examples from Svalbard and Siberia. Pp. 287-296 in: *Mine water hydrogeology and geochemistry* (P.L. Younger and N.S. Robin, editors). Special Publications, **198**. The Geological Society of London, London.

Bigham, J.M., Schwertmann, U., Traina, S.J., Winland, R.L. and Wolf, M. (1996) Schwertmannite and the chemical modeling of iron in acid sulfate waters. *Geochimica et Cosmochimica acta*, **60**, 2111-2121.

Blume, H.P., Beyer, L., Kalk, E. and Kuhn, D. (2002) Weathering and Soil Formation. In: Beyer, L., Bölter, M. (Eds.). *Geoecology of Antarctic Ice- Free Coastal Landscapes*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 114–138.

Blume, H.P., Chen, J., Kalk, E. and Kuhn, D. (2004) Mineralogy and weathering of Antarctic Cryosols. Pp.415-426 in: *Cryosols - Permafrost Affected Soils* (J.Kimble, editor). Springer-Verlag, Berlin.

Björck, S., Sandgren, P., Zale, R. (1991) Late Holocene tephrochronology of the northern Antarctic Peninsula. *Quaternary Research*, **36**, 322–328.

Campbell, I.B and Claridge, G.G.C. (1987) Antarctica: Soils, Weathering Processes and Environment. Elsevier, Amsterdam, 368 pp.

Chakrapani, G.J. (2002) Water and sediment geochemistry of major Kumaun Himalayan lakes, India. *Environmental Geology*, **43**, 99-107.

Elberling, B. (2004) Disposal of mine tailing in continuous permafrost areas: Environmental aspects and future control strategies. In: Kimble, J.M. *Cryosols*. Springer, New York, p. 677-698.

Elberling, B. and Langdahl, B.R. (1998) Natural heavy-metal release by sulphide oxidation in the High Arctic. *Canadian Geotechnical Journal*, **35**, 895-901.

Essington, M.E. (2003) Soil and water chemistry : an integrative approach. Taylor and Francis, New York, 553 pp.

Fairchild, I.J.; Borsato, A.; Toohey, A.F.; Frisia, S.; Hawkesworth, J.; Huang, Y.; McDermott, F. and Spiro, B. (2000) Controls on trace element (Sr-Mg) compositions of carbonate cave waters: implication for speleotherm climatic records. *Chemical Geology*, **166**, 255-269.

Francelino, M.R. (2004) Geoprocessamento aplicado ao monitoramento ambiental da Antártica Marítima: solos, geomorfologia e cobertura vegetal da Península Keller. Ph.D. thesis, Univ. Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, 102pp.

Greenberg, A.E., Clesceri, L.S. and Eaton, A.D. (eds.) (1992) Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water (18th ed.). American Public Health Association, Water Environment Federation: Washington.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Monitoramento ambiental da Antártica. Available: <<http://www.cepet.inpe.br/antartica>>. Accessed: 05 jun. 2009.

Jambor, J.L. and Dutrizac, J.E. (1998) Occurrence and constitution of natural and synthetic ferrihydrite, a widespread iron oxyhydroxide. *Chemical Review*, **98**, 2549–2585.

Keller, K., Blum, J.D and Kling, G.W. (2007) Geochemistry of soils and streams on surfaces of varying ages in Arctic Alaska. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, **39**, 84-98.

Hawkes, D.D. (1961) The geology of the South Shetland Islands I. The petrology of King George Island. Falkland Islands Dependencies Survey, London, 28pp.

Yoon, H.I., Park, B.K., Kim, Y., Kim, D. (2000). Glaciomarine sedimentation and its paleoceanographic implications along the fjord margins in the South Shetland Islands, Antarctica, during the last 6000 years. *Palaeogeography Palaeoclimatology and Palaeocology*. **157**, 189–211.

Langmuir, D (1997) Aqueous environmental geochemistry. Viacom Company, New Jersey, 600pp.

Marion, G.M. (1995) Freeze-thaw processes and soil chemistry. *Cold Regions Research and Engineering Laboratory*, **special report**, 1-28. Available: http://libweb.erdc.usace.army.mil/uhtbin/cgiisirs/OdmoROswh4/ERDC_VBG/255660005/523/5511.

Mataloni, G., Tesolín, G. and Tell, G. (1998) Characterization of a small eutrophic Antarctic lake (Otero Lake, Cierva Point) on the basis of algal assemblages and water chemistry. *Polar Biology*, **19**, 107-114.

McDonald, J., Drysdale, R., Hill, D., Chisari, R. and Wong, H. (2007) The hydrochemical response of cave response of cave drip waters to sub-annual and inter-annual climate variability, Wombeyan Caves, SE Australia. *Chemical Geology*, **244**, 605-623.

Simas F.N., Schaefer, C.E.R.G., Melo, V.F., Guerra, M.B.B., Saunder, M and Gilkes, R.J. (2006) Clay-sized minerals in permafrost-affected soils (cryosols) from King George Island, Antarctica. *Clays and clay minerals*, **54**, 723-738.

Simas, F.B.N., Schaefer, C.E.R.G., Albuquerque Filho, M.R., Francelino, M.R., Fernandes Filho, E.I. and Costa, L.M. (2008) Genesis, properties and classification of Cryosols from Admiralty Bay, maritime Antarctica. *Geoderma*, **144**, 116-122.

Stum, W. (1992) Chemistry of soil-water interface. Wiley-Interscience, New York, ?? pp.

Toro, M., Camacho, A., Rochera, C., Rico, E., Bañon, M., Fernández-Valiente, E., Marco, E., Justel, A., Avendaño, M.C., Ariosa, Y., Vincent, W.F. and Quesada, A. (2007) Limnological characteristics of the freshwater ecosystems of Byers Peninsula, Livingston Island, in maritime Antarctica. *Polar Biology*, **30**, 635-649.

Tatur, A.; Myrcha, A. and Niegodzisz, J. (1997) Formation of abandoned penguin rookery ecosystems in the maritime Antarctica. *Polar Biology*, **17**, 405-417.

Vinocur, A. and Unrein, F. (2000) Typology of lentic water bodies at Potter Peninsula (King George Island, Antarctica) based on physical-chemical characteristics and phytoplankton communities. *Polar Biology*, **23**, 858-870.

Vitousek, P.M.; Kennedy, M.J.; Derru, L.A. and Chadwick, O.A. (1999) Weathering versus atmospheric sources of strontium in ecosystems on young volcanic soils. *Oecologia*, **121**, 255-259.

APÊNDICE

Tabela 1. Concentração iônica média em solução dosada pelo ICP-OES nas amostras de água filtradas e acidificadas.

Amostra	Bacia	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr
(n)		µg/ L									
1	1	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	209.6212	2344.8138	IDL	IDL	IDL
2	1	IDL	783.5538	IDL	IDL	IDL	187.7107	5916.0958	IDL	IDL	IDL
3	1	IDL	1125.8573	IDL	IDL	IDL	200.0540	8802.1897	IDL	IDL	IDL
4	1	IDL	3828.1976	IDL	IDL	IDL	172.8796	28120.6792	IDL	IDL	IDL
5	1	IDL	5977.5442	IDL	IDL	IDL	176.9817	18305.0582	IDL	IDL	IDL
6	1	IDL	17170.2494	IDL	25.5496	IDL	174.3551	28285.3260	IDL	IDL	IDL
28	1	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	188.4489	232802.2515	IDL	IDL	IDL
29	1	IDL	3060.3656	IDL	IDL	IDL	207.2257	77131.3722	IDL	IDL	IDL
31	1	IDL	631.5238	IDL	IDL	IDL	158.4644	46733.6024	IDL	IDL	IDL
32	1	IDL	14769.0710	IDL	IDL	IDL	165.9572	264655.4977	IDL	IDL	IDL
35	1	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	170.6990	11372.9134	IDL	IDL	IDL
39	1	IDL	1490.3181	IDL	IDL	IDL	179.9666	12055.7025	IDL	IDL	IDL
40	1	IDL	136.1961	IDL	IDL	IDL	210.5653	13788.3110	IDL	IDL	IDL
41	1	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	173.3205	4117.8183	IDL	IDL	IDL
42	1	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	177.5820	60517.4543	IDL	IDL	IDL
43	1	IDL	258.2802	IDL	IDL	IDL	194.0786	115408.8721	IDL	IDL	IDL
60	1	IDL	1875.3346	IDL	IDL	IDL	156.0920	167522.4656	IDL	IDL	IDL
62	1	IDL	157.8954	IDL	17.0175	IDL	213.9416	1526.1434	IDL	IDL	IDL
64	1	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	138.0893	6421.5020	IDL	IDL	IDL
66	1	IDL	18.9800	IDL	IDL	IDL	165.4474	24618.9577	IDL	IDL	IDL
67	1	IDL	1129.2731	IDL	11.4083	IDL	211.5942	36777.2965	IDL	IDL	IDL
68	1	IDL	850.4796	IDL	IDL	IDL	186.3734	21821.9906	IDL	IDL	IDL
540	1	IDL	853.6503	IDL	IDL	IDL	162.3020	77209.3850	IDL	IDL	IDL
541	1	IDL	1963.6470	IDL	IDL	IDL	172.7380	16857.5010	IDL	IDL	IDL
542	1	IDL	1781.1510	IDL	IDL	IDL	184.3970	21069.1574	IDL	IDL	IDL
545	1	IDL	2114.7232	IDL	IDL	IDL	164.6243	30339.6428	IDL	IDL	IDL
547	1	IDL	3454.3839	IDL	IDL	IDL	178.5330	80362.8017	IDL	IDL	IDL
558	1	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	345792.1394	IDL	IDL	IDL
1YP	1	IDL	973.8082	IDL	IDL	IDL	175.3670	4019.0102	IDL	IDL	IDL
2YP	1	IDL	1297.0775	IDL	IDL	IDL	170.0306	11793.2661	IDL	IDL	IDL
1	Mean	IDL	8986.0451	IDL	19.0257	IDL	169.3790	62379.6594	IDL	IDL	IDL
30	Max	IDL	212123.0548	IDL	521.6968	IDL	213.9416	345792.1394	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	1526.1434	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	37294.1607	-	92.0651	-	41.1369	84069.3266	-	-	-
7	2	IDL	4645.8545	IDL	IDL	IDL	169.1611	117853.0037	IDL	IDL	IDL
37	2	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	179.4693	194213.1955	IDL	IDL	IDL
38	2	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	190.5714	148334.8800	IDL	IDL	IDL
556	2	IDL	146.0618	IDL	IDL	IDL	137.9855	243885.4457	IDL	IDL	IDL

Tabela 1. (continuação)

Amostra	Bacia	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb
µg/L											
1	1	IDL	IDL	IDL	IDL	226.2544	IDL	83.4154	643.4488	IDL	IDL
2	1	IDL	77.5911	IDL	IDL	355.6380	IDL	69.5622	713.3641	IDL	IDL
3	1	IDL	127.4367	IDL	IDL	983.3593	IDL	48.2726	2785.2885	IDL	IDL
4	1	7.767	3947.8101	184.0311	IDL	3316.9751	77.4908	55.6757	8330.3879	IDL	IDL
5	1	IDL	3062.2049	472.2871	IDL	1930.9480	52.7191	52.1455	2394.0319	IDL	IDL
6	1	2.589	7401.0125	2313.5681	IDL	4901.1338	268.3686	62.9836	9509.0933	IDL	IDL
28	1	IDL	IDL	7328.2319	IDL	19381.9572	IDL	49.1447	40500.7178	IDL	IDL
29	1	38.217	20175.4467	1574.3328	IDL	9138.7020	994.2912	46.9363	21024.9554	IDL	IDL
31	1	IDL	IDL	505.6579	IDL	5027.7726	IDL	45.0679	22617.1314	IDL	IDL
32	1	171.912	42550.5800	2674.1908	IDL	28060.0721	150.1409	99.5052	41817.4268	IDL	IDL
35	1	IDL	IDL	IDL	IDL	1556.7409	IDL	87.5759	10461.5704	IDL	IDL
39	1	46.945	1203.0695	IDL	IDL	1615.6708	35.7604	33.2685	6536.3978	IDL	IDL
40	1	IDL	IDL	1835.7076	IDL	4465.0508	IDL	IDL	33655.5429	IDL	IDL
41	1	IDL	IDL	IDL	IDL	168.7708	IDL	42.1782	1554.7360	IDL	IDL
42	1	IDL	IDL	255.5957	IDL	6334.4046	IDL	37.5539	22846.5770	IDL	IDL
43	1	IDL	23.9456	176.7081	IDL	8993.8198	IDL	50.1996	16950.7028	IDL	IDL
60	1	29.977	621.3878	585.7431	IDL	15005.9662	IDL	57.5256	42478.6073	IDL	IDL
62	1	IDL	IDL	IDL	IDL	209.0075	IDL	41.7903	1153.1266	IDL	IDL
64	1	IDL	IDL	5908.7106	IDL	445.1441	IDL	41.4429	688.2827	IDL	IDL
66	1	IDL	IDL	IDL	IDL	2280.2221	IDL	IDL	12413.9227	IDL	IDL
67	1	IDL	244.0352	IDL	IDL	3617.9232	IDL	74.2405	17155.3512	IDL	IDL
68	1	IDL	111.4607	IDL	IDL	2170.2269	IDL	38.5890	10838.8910	IDL	IDL
540	1	IDL	1149.5409	637.6436	IDL	8673.1720	IDL	62.8950	31096.0406	IDL	IDL
541	1	IDL	4144.3611	IDL	IDL	1972.5530	193.5226	IDL	1672.8246	IDL	IDL
542	1	IDL	2330.9213	IDL	IDL	1983.1096	44.5349	63.9544	2699.4401	IDL	IDL
545	1	42.430	1566.3616	106.9361	IDL	2602.2562	45.0500	43.0955	4113.2215	IDL	IDL
547	1	38.582	683.3369	2286.3588	IDL	7300.0785	IDL	74.0697	21018.1799	3.8220	IDL
558	1	IDL	IDL	352308.4238	161.8313	1061884.2817	IDL	89.6283	17155.3512	IDL	IDL
1YP	1	IDL	IDL	IDL	IDL	180.1785	IDL	80.7177	202.3712	IDL	IDL
2YP	1	IDL	1507.0093	IDL	IDL	1114.5295	73.0948	39.4192	1079.8283	IDL	IDL
1	Mean	21.661	6171.6375	16917.0961	6.3674	52052.0600	129.9161	54.0901	14074.9693	0.3506	IDL
30	Max	272.905	96147.0191	352308.4238	161.8313	1061884.2817	1811.5457	112.5952	42478.6073	7.3958	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	168.7708	IDL	IDL	202.3712	IDL	IDL
	Desvpad	56.421	18371.0131	65433.5952	29.3201	198324.5843	361.4664	26.3471	13213.2609	1.4522	-
7	2	9.695	5479.2540	555.6903	IDL	11822.7115	312.8218	45.5237	28475.7960	6.5208	IDL
37	2	IDL	IDL	778.7901	IDL	21910.1138	IDL	48.2009	52288.7122	IDL	IDL
38	2	IDL	IDL	581.5311	IDL	13692.0454	IDL	27.4882	40285.4473	IDL	IDL
556	2	IDL	160.5200	1082.8764	IDL	29817.8213	3.5746	IDL	53804.7082	IDL	IDL

Tabela 1. (continuação)

Amostra (n)	Bacia	S	Sr	Tl	V	Zn
µg/ L						
1	1	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL
2	1	3804.3534	26.9042	IDL	IDL	IDL
3	1	6639.3838	52.8999	IDL	IDL	IDL
4	1	28054.1231	211.5297	IDL	IDL	IDL
5	1	18810.3610	139.1859	IDL	IDL	IDL
6	1	16004.3082	395.2414	IDL	2.6598	IDL
28	1	259285.5146	1349.6266	IDL	IDL	IDL
29	1	121381.5877	501.0965	IDL	IDL	6.6132
31	1	46812.5624	377.9263	IDL	IDL	IDL
32	1	381864.3398	2416.6794	IDL	IDL	IDL
35	1	17148.3179	132.1901	IDL	IDL	IDL
39	1	3114.9901	135.1722	IDL	IDL	IDL
40	1	12368.1461	116.2042	IDL	IDL	IDL
41	1	3022.3419	2.1037	IDL	IDL	IDL
42	1	59206.8623	510.6765	IDL	IDL	IDL
43	1	100079.1394	865.4125	IDL	IDL	IDL
60	1	189174.8616	2077.8866	IDL	IDL	IDL
62	1	1835.0852	2.9430	IDL	IDL	IDL
64	1	6837.0693	17.2460	IDL	IDL	IDL
66	1	22984.5786	289.3795	IDL	IDL	IDL
67	1	37631.3886	492.9776	IDL	IDL	IDL
68	1	24451.0569	282.7656	IDL	IDL	IDL
540	1	91066.4201	675.9760	IDL	IDL	IDL
541	1	21218.9201	79.4959	IDL	IDL	21.1745
542	1	20333.5946	139.9031	IDL	IDL	IDL
545	1	31124.1430	189.0644	IDL	IDL	IDL
547	1	99040.5597	930.6500	IDL	IDL	IDL
558	1	990890.9969	6198.3101	IDL	IDL	IDL
1YP	1	4660.9803	11.1946	IDL	IDL	IDL
2YP	1	16968.2008	67.6589	IDL	IDL	IDL
1	Mean	95249.2110	709.0045	IDL	8.4452	2.6267
30	Max	990890.9969	6198.3101	IDL	267.5851	56.2676
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	191665.7476	1223.0075	-	47.2900	10.5301
7	2	121051.7885	1404.6781	IDL	IDL	IDL
37	2	246330.2675	1923.8444	IDL	IDL	IDL
38	2	164253.6604	1845.6408	IDL	IDL	IDL
556	2	242249.9264	2317.2880	IDL	IDL	IDL

Tabela 1. (continuação)

Amostra (n)	Bacia	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr
µg/ L											
2	Mean	IDL	1197.9791	IDL	IDL	IDL	169.2968	176071.6312	IDL	IDL	IDL
4	Max	IDL	4645.8545	IDL	IDL	IDL	190.5714	243885.4457	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	137.9855	117853.0037	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	2299.6147	-	-	-	22.6311	55035.0366	-	-	-
36	3	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	181.1930	32266.4446	IDL	IDL	IDL
551	3	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	100.6426	34877.9078	IDL	IDL	IDL
3	Mean	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	140.9178	33572.1762	IDL	IDL	IDL
2	Max	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	181.1930	34877.9078	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	100.6426	32266.4446	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	-	-	-	-	56.9577	1846.5833	-	-	-
297	4	IDL	791.4612	IDL	IDL	IDL	190.1703	30075.0414	IDL	IDL	IDL
448	4	IDL	1569.1016	IDL	IDL	IDL	153.2060	13960.4955	IDL	IDL	IDL
525	4	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	141.3901	26132.5473	IDL	IDL	IDL
526	4	-	200.3919	IDL	IDL	IDL	171.3907	8978.7567	IDL	IDL	IDL
4	Mean	IDL	640.2387	IDL	IDL	IDL	164.0393	19786.7102	IDL	IDL	IDL
4	Max	IDL	1569.1016	IDL	IDL	IDL	190.1703	30075.0414	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	141.3901	8978.7567	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	704.5153	IDL	IDL	-	21.3480	9947.7978	-	-	-
600	5	IDL	622.3119	IDL	IDL	IDL	184.9654	23324.0944	IDL	IDL	IDL
5	Mean	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL
1	Max	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
548	6	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	137.6080	32649.7829	IDL	IDL	IDL
LN	6	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	164.9591	21894.4476	IDL	IDL	IDL
LS	6	IDL	47759.8210	IDL	IDL	IDL	IDL	92904.7712	IDL	IDL	IDL
6	Mean	IDL	15919.9403	IDL	IDL	IDL	100.8557	49149.6673	IDL	IDL	IDL
3	Max	IDL	47759.8210	IDL	IDL	IDL	164.9591	92904.7712	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	0.0000	IDL	IDL	IDL	IDL	21894.4476	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	27574.1455	IDL	IDL	-	88.4077	38272.7207	-	-	-
8	7	IDL	67.6023	IDL	IDL	IDL	169.0684	41303.4919	IDL	IDL	IDL
12	7	IDL	11808.1733	IDL	IDL	IDL	146.1749	152921.0641	IDL	IDL	IDL
13	7	IDL	395.6982	IDL	IDL	IDL	196.9664	37861.4534	IDL	IDL	IDL
46	7	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	177.5869	20094.2312	IDL	IDL	IDL
47	7	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	135.8850	12732.2504	IDL	IDL	IDL
48	7	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	196.4417	64299.3655	IDL	IDL	IDL
93	7	IDL	13046.9014	IDL	IDL	IDL	169.6815	158176.6645	IDL	IDL	IDL
94	7	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	196.0438	41890.5385	IDL	IDL	IDL

Tabela 1. (continuação)

Amostra (n)	Bacia	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb
µg/ L											
2	Mean	2.4238	1409.9435	749.7220	IDL	19310.6730	79.0991	30.3032	43713.6659	1.6302	IDL
4	Max	9.6953	5479.2540	1082.8764	IDL	29817.8213	312.8218	48.2009	53804.7082	6.5208	IDL
	Min	IDL	IDL	555.6903	IDL	11822.7115	IDL	IDL	28475.7960	IDL	IDL
	Desvpad	4.8476	2713.9288	243.4292	-	8262.2798	155.8243	22.1976	11822.3787	3.2604	-
36	3	IDL	IDL	802.1650	IDL	4031.4866	IDL	72.1764	44263.2483	IDL	IDL
551	3	IDL	IDL	IDL	IDL	3241.3085	IDL	IDL	12554.1375	IDL	IDL
3	Mean	IDL	IDL	401.0825	IDL	3636.3976	IDL	36.0882	28408.6929	IDL	IDL
2	Max	IDL	IDL	802.1650	IDL	4031.4866	IDL	72.1764	44263.2483	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	3241.3085	IDL	IDL	12554.1375	IDL	IDL
	Desvpad	-	-	567.2163	-	558.7403	-	51.0364	22421.7273	-	-
297	4	IDL	IDL	IDL	IDL	3168.4651	IDL	62.9571	18952.4306	IDL	IDL
448	4	168.2609	481.0403	579.6485	IDL	1630.7252	204.5477	IDL	10920.9562	70.3502	IDL
525	4	IDL	IDL	IDL	IDL	2087.1060	IDL	IDL	10618.9074	IDL	IDL
526	4	IDL	IDL	IDL	IDL	942.6529	IDL	IDL	6400.8254	0.0000	IDL
4	Mean	42.0652	120.2601	144.9121	IDL	1957.2373	51.1369	15.7393	11723.2799	17.5875	IDL
4	Max	168.2609	481.0403	579.6485	IDL	3168.4651	204.5477	62.9571	18952.4306	70.3502	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	942.6529	IDL	IDL	6400.8254	IDL	IDL
	Desvpad	84.1305	240.5201	289.8243	-	934.5106	102.2739	31.4786	5242.5345	35.1751	-
600	5	IDL	IDL	IDL	IDL	3299.7124	IDL	IDL	13014.4163	IDL	IDL
5	Mean	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL
1	Max	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
548	6	IDL	IDL	IDL	IDL	5425.6574	IDL	33.9251	9680.8183	IDL	IDL
LN	6	IDL	IDL	809.7510	IDL	4521.5305	IDL	34.1042	26600.2945	IDL	IDL
LS	6	IDL	IDL	IDL	IDL	9905.1109	200.8997	IDL	IDL	IDL	IDL
6	Mean	IDL	IDL	269.9170	IDL	6617.4329	66.9666	22.6764	12093.7043	IDL	IDL
3	Max	IDL	IDL	809.7510	IDL	9905.1109	200.8997	34.1042	26600.2945	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	4521.5305	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	-	467.5100	-	2882.8773	115.9895	19.6386	13463.2994	-	-
8	7	IDL	IDL	358.5937	IDL	7121.3610	IDL	29.9543	13927.4820	IDL	IDL
12	7	38.8157	1384.3180	IDL	IDL	22808.7581	3287.1163	43.8015	24917.3353	IDL	IDL
13	7	IDL	IDL	IDL	IDL	5358.9492	3.5046	45.8289	11975.4668	IDL	IDL
46	7	21.8816	IDL	3055.5428	IDL	10062.9581	IDL	IDL	60428.4481	IDL	IDL
47	7	IDL	IDL	IDL	IDL	2315.7600	IDL	IDL	10638.6656	IDL	IDL
48	7	IDL	IDL	1072.2956	IDL	8059.1125	IDL	22.6615	33619.0136	IDL	IDL
93	7	30.1502	2513.6704	IDL	IDL	25926.8366	4430.4283	55.9680	25705.3676	IDL	IDL
94	7	IDL	IDL	397.0666	IDL	7786.1905	IDL	39.8138	27955.6795	IDL	IDL

Tabela 1. (continuação)

Amostra (n)	Bacia	S	Sr	Tl	V	Zn
		μg/L				
2	Mean	193471.4107	1872.8628	IDL	IDL	IDL
4	Max	246330.2675	2317.2880	IDL	IDL	IDL
	Min	121051.7885	1404.6781	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	61296.2232	374.1884	-	-	-
36	3	16977.8057	225.5309	IDL	IDL	IDL
551	3	30686.3841	343.7532	IDL	IDL	IDL
3	Mean	23832.0949	284.6421	IDL	IDL	IDL
2	Max	30686.3841	343.7532	IDL	IDL	IDL
	Min	16977.8057	225.5309	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	9693.4287	83.5958	-	-	-
297	4	22858.1721	250.4383	IDL	IDL	IDL
448	4	6719.1272	68.1537	IDL	IDL	IDL
525	4	15088.7501	116.2445	IDL	IDL	IDL
526	4	4892.5690	50.6997	IDL	IDL	IDL
4	Mean	12389.6546	121.3840	IDL	IDL	IDL
4	Max	22858.1721	250.4383	IDL	IDL	IDL
	Min	4892.5690	50.6997	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	8271.1577	90.3902	-	-	-
600	5	11806.1990	46.8572	IDL	IDL	IDL
5	Mean	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL
1	Max	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	-	-	-	-
548	6	31784.8194	73.8758	IDL	IDL	IDL
LN	6	9174.9447	104.7767	IDL	IDL	131.9641
LS	6	271997.7453	IDL	IDL	IDL	IDL
6	Mean	104319.1698	59.5508	IDL	IDL	43.9880
3	Max	271997.7453	104.7767	IDL	IDL	131.9641
	Min	9174.9447	IDL	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	145653.2874	53.8372	-	-	76.1895
8	7	44392.0711	150.2605	IDL	IDL	IDL
12	7	235617.7562	456.9578	IDL	IDL	20.5491
13	7	36946.1960	155.1513	IDL	IDL	IDL
46	7	25179.5584	32.9510	IDL	IDL	IDL
47	7	9220.8369	IDL	IDL	IDL	IDL
48	7	57115.1516	470.2974	IDL	IDL	IDL
93	7	279195.3446	497.4823	IDL	IDL	65.3794
94	7	45954.9081	185.5940	IDL	IDL	IDL

Tabela 1. (continuação)

Amostra (n)	Bacia	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr
µg/L											
102	7	IDL	128.5554	IDL	IDL	IDL	197.0307	10573.6795	IDL	IDL	IDL
105	7	IDL	1802.4320	IDL	30.8115	IDL	172.6632	99620.4764	IDL	IDL	IDL
283	7	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	140.6499	106448.3013	IDL	IDL	IDL
284	7	IDL	280.6481	IDL	IDL	IDL	203.1141	52446.0955	IDL	IDL	IDL
625	7	IDL	23.7769	IDL	IDL	IDL	123.4426	422559.4448	IDL	IDL	IDL
7	Mean	IDL	2119.5221	IDL	2.3701	IDL	171.1346	93917.4659	IDL	IDL	IDL
14	Max	IDL	13046.9014	IDL	30.8115	IDL	203.1141	422559.4448	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	123.4426	10573.6795	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	4607.5978	-	8.5456	-	26.9895	110305.3625	-	-	-
51	8	IDL	619.2205	IDL	IDL	IDL	185.8564	28442.2429	IDL	IDL	IDL
549	8	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	156.4300	67759.0896	IDL	IDL	IDL
8	Mean	IDL	309.6102	IDL	IDL	IDL	171.1432	48100.6662	IDL	IDL	IDL
3	Max	IDL	619.2205	IDL	IDL	IDL	185.8564	67759.0896	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	156.4300	28442.2429	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	437.8550	-	-	-	20.8076	27801.2089	-	-	-
9	9	IDL	68.6212	IDL	4.5285	IDL	175.7668	23189.8806	IDL	IDL	IDL
106	9	IDL	49034.8210	IDL	IDL	IDL	180.2059	105654.7712	IDL	IDL	IDL
146	9	IDL	242.9182	IDL	IDL	IDL	191.7735	43175.0095	IDL	IDL	IDL
147	9	IDL	96.7917	IDL	IDL	IDL	208.1976	33958.0911	IDL	IDL	IDL
148	9	IDL	1260.9465	IDL	IDL	IDL	117.2005	25582.6272	IDL	IDL	IDL
264	9	IDL	516.9933	IDL	IDL	IDL	174.7325	33406.6143	IDL	IDL	IDL
281	9	IDL	98122.4267	IDL	IDL	IDL	167.1630	127252.9464	IDL	IDL	IDL
9	Mean	IDL	21334.7884	IDL	0.6469	IDL	173.5771	56031.4200	IDL	IDL	IDL
7	Max	IDL	98122.4267	IDL	4.5285	IDL	208.1976	127252.9464	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	68.6212	IDL	IDL	IDL	117.2005	23189.8806	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	38401.6976	-	1.7116	-	28.2820	42239.5539	-	-	-
10	11	IDL	7505.0430	IDL	IDL	IDL	174.5797	136443.9456	IDL	IDL	IDL
70	11	IDL	448.8643	IDL	IDL	IDL	150.2171	171053.4049	IDL	IDL	IDL
71	11	IDL	149.9863	IDL	IDL	IDL	162.7766	153156.2199	IDL	IDL	IDL
72	11	IDL	295.9214	IDL	IDL	IDL	118.5380	381705.1009	IDL	IDL	IDL
111	11	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	151.8199	97688.7007	IDL	IDL	IDL
113	11	IDL	8811.8919	IDL	IDL	IDL	167.0659	228359.9569	IDL	IDL	IDL
115	11	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	147.7195	358484.0922	IDL	IDL	IDL
*1	11	IDL	1101.4952	IDL	IDL	IDL	113.5598	18149.1877	IDL	IDL	IDL
*2	11	IDL	4911.7733	IDL	IDL	IDL	160.8196	34106.1784	IDL	IDL	IDL
*3	11	IDL	3292.8064	IDL	IDL	IDL	140.5888	49400.1462	IDL	IDL	IDL
11	Mean	IDL	2651.7782	IDL	IDL	IDL	148.7685	162854.6934	IDL	IDL	IDL
12	Max	IDL	8811.8919	IDL	IDL	IDL	174.5797	381705.1009	IDL	IDL	IDL

Tabela 1. (continuação)

Amostra (n)	Bacia	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb
µg/ L											
102	7	IDL	IDL	IDL	IDL	2878.2935	IDL	37.0585	12390.7905	IDL	IDL
105	7	IDL	1828.3751	1174.0836	IDL	15335.9436	494.4991	26.4824	21018.4864	IDL	IDL
283	7	IDL	IDL	IDL	IDL	9557.7208	IDL	IDL	17404.6346	IDL	IDL
284	7	IDL	IDL	IDL	IDL	4619.7089	122.7899	54.2450	15146.7474	IDL	IDL
625	7	IDL	IDL	1216.4837	IDL	14048.1082	4711.0438	0.0000	58985.6844	IDL	IDL
7	Mean	6.9883	440.4895	559.5435	IDL	10452.2847	1003.7986	27.3703	25701.0617	IDL	IDL
15	Max	38.8157	2513.6704	3055.5428	IDL	25926.8366	4711.0438	55.9680	60428.4481	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	2315.7600	IDL	IDL	10638.6656	IDL	IDL
	Desvpad	13.7223	868.6881	892.5880	-	7287.7514	1820.9071	21.2635	16621.8931	-	-
51	8	IDL	437.2464	287.0019	IDL	6973.4840	IDL	36.8995	25227.1065	IDL	IDL
549	8	IDL	IDL	IDL	IDL	6637.4572	IDL	IDL	9050.8813	IDL	IDL
8	Mean	IDL	218.6232	143.5009	IDL	6805.4706	IDL	18.4497	17138.9939	IDL	IDL
3	Max	IDL	437.2464	287.0019	IDL	6973.4840	IDL	36.8995	25227.1065	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	6637.4572	IDL	IDL	9050.8813	IDL	IDL
	Desvpad	-	309.1799	202.9410	-	237.6068	-	26.0919	11438.3185	-	-
9	9	IDL	IDL	76.7335	IDL	4135.5143	IDL	72.3637	10657.9123	IDL	IDL
106	9	137.0214	2983.3233	IDL	IDL	11180.1109	1475.8997	50.8128	6398.0255	11.4752	IDL
146	9	24.4299	38.8387	IDL	IDL	6440.9246	IDL	59.3015	12595.8089	0.0000	IDL
147	9	IDL	IDL	IDL	IDL	5899.1255	IDL	51.8520	8591.0614	0.0000	IDL
148	9	IDL	258.8101	IDL	IDL	4813.8867	669.0487	67.3906	3283.5265	0.0000	IDL
264	9	IDL	468.4687	83.4483	IDL	6681.0176	292.0695	48.6728	7659.8644	0.0000	IDL
281	9	274.4531	14124.3424	IDL	IDL	29763.0347	3764.0545	42.2981	15505.0385	0.0000	IDL
9	Mean	62.2721	2553.3976	22.8831	IDL	9844.8021	885.8675	56.0988	9241.6054	1.6393	IDL
7	Max	274.4531	14124.3424	83.4483	IDL	29763.0347	3764.0545	72.3637	15505.0385	11.4752	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	4135.5143	IDL	42.2981	3283.5265	0.0000	IDL
	Desvpad	106.1065	5212.9062	39.1284	-	9070.0000	1377.5575	10.7540	4061.9569	4.3372	-
10	11	34.8576	5053.8651	IDL	IDL	24002.1138	860.6846	57.7272	25985.7195	8.2902	IDL
70	11	IDL	86.4215	124.5551	IDL	25134.7070	37.7945	51.2150	36534.6748	0.0000	IDL
71	11	IDL	IDL	912.3584	IDL	22677.1573	2.8060	21.7564	39218.6501	0.0000	IDL
72	11	IDL	243.3343	IDL	IDL	54669.9177	5.9301	28.4361	68845.4156	0.0000	IDL
111	11	IDL	IDL	IDL	IDL	17595.4536	IDL	IDL	16991.9033	0.0000	IDL
113	11	60.0364	1631.8951	73.6984	IDL	37491.8015	1014.5235	65.9536	43030.6346	6.1733	IDL
115	11	4.1103	IDL	495.7992	IDL	62832.9857	IDL	29.0920	91496.7301	3.0159	IDL
*1	11	IDL	IDL	IDL	IDL	3061.4034	253.7039	IDL	6651.2051	0.0000	IDL
*2	11	93.2836	4996.1988	IDL	IDL	7253.0413	663.4024	IDL	9323.0304	0.0000	IDL
*3	11	16.0523	IDL	IDL	IDL	10728.0451	556.1624	IDL	23851.3064	17.5093	IDL
11	Mean	20.8340	1201.1715	160.6411	IDL	26544.6627	339.5007	25.4180	36192.9270	3.4989	IDL
12	Max	93.2836	5053.8651	912.3584	IDL	62832.9857	1014.5235	65.9536	91496.7301	17.5093	IDL

Tabela 1. (continuação)

Amostra (n)	Bacia	S	Sr	Tl µg/L	V	Zn
102	7	12852.6016	IDL	IDL	IDL	IDL
105	7	124662.1671	285.3324	IDL	IDL	IDL
283	7	118285.1583	697.6401	IDL	IDL	IDL
284	7	47325.4792	275.0379	IDL	IDL	IDL
625	7	474966.0447	3750.2501	IDL	IDL	IDL
7	Mean	116285.6365	535.1504	IDL	IDL	6.6099
15	Max	474966.0447	3750.2501	IDL	IDL	65.3794
	Min	9220.8369	IDL	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	136819.1024	989.3087	-	-	18.5489
51	8	41475.4300	57.4076	IDL	IDL	IDL
549	8	63971.7066	259.9327	IDL	IDL	IDL
8	Mean	52723.5683	158.6702	IDL	IDL	IDL
3	Max	63971.7066	259.9327	IDL	IDL	IDL
	Min	41475.4300	57.4076	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	15907.2697	143.2069	-	-	-
9	9	26410.6799	49.0235	50.2403	IDL	IDL
106	9	273272.7453	51.0750	IDL	IDL	109.8377
146	9	38087.9570	141.9459	IDL	IDL	IDL
147	9	46152.5697	36.6500	IDL	IDL	IDL
148	9	34198.7964	IDL	IDL	IDL	IDL
264	9	49649.4177	39.8134	IDL	IDL	IDL
281	9	399162.0032	170.7165	IDL	IDL	403.0042
9	Mean	123847.7384	69.8892	7.1772	IDL	73.2631
7	Max	399162.0032	170.7165	50.2403	IDL	403.0042
	Min	26410.6799	IDL	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	149751.6613	61.9698	18.9890	-	151.0543
10	11	226828.4640	444.7134	IDL	IDL	5.1868
70	11	238345.8221	515.3956	IDL	IDL	IDL
71	11	181356.6654	436.4735	IDL	IDL	IDL
72	11	425236.8571	1300.2451	IDL	IDL	IDL
111	11	109638.3890	243.4378	IDL	IDL	IDL
113	11	346395.6159	748.2258	IDL	IDL	15.2335
115	11	526923.7226	1292.3912	IDL	IDL	IDL
*1	11	23966.4756	1.0836	IDL	IDL	IDL
*2	11	66673.8809	36.5776	IDL	IDL	IDL
*3	11	72341.3606	76.1348	IDL	IDL	IDL
11	Mean	221770.7253	509.4678	IDL	IDL	2.0420
12	Max	526923.7226	1300.2451	IDL	IDL	15.2335

Tabela 1. (continuação)

Amostra (n)	Bacia	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr
µg/L											
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	113.5598	18149.1877	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	3335.8118	-	-	-	19.9316	127344.9006	-	IDL	IDL
52	12	IDL	744.0153	IDL	IDL	IDL	186.1593	14349.1028	IDL	IDL	IDL
53	12	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	189.7396	16147.9984	IDL	IDL	IDL
114	12	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	197.6495	21963.7565	-	-	-
12	Mean	IDL	248.0051	IDL	IDL	IDL	191.1828	17486.9525	IDL	IDL	IDL
3	Max	IDL	744.0153	IDL	IDL	IDL	197.6495	21963.7565	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	186.1593	14349.1028	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	429.5574	-	-	-	5.8795	3979.9920	-	-	-
73	13	IDL	IDL	IDL	2139.7776	IDL	185.6873	1483.9257	IDL	IDL	IDL
74	13	IDL	14616.0479	IDL	447.5213	IDL	162.0175	32472.0416	IDL	IDL	IDL
13	Mean	IDL	7308.0240	IDL	1293.6495	IDL	173.8524	16977.9837	IDL	IDL	IDL
2	Max	IDL	14616.0479	IDL	2139.7776	IDL	185.6873	32472.0416	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	447.5213	IDL	162.0175	1483.9257	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	10335.1066	-	1196.6059	-	16.7370	21911.9069	-	-	-
11	14	IDL	12.6421	IDL	IDL	IDL	167.4618	70969.7630	IDL	IDL	IDL
75	14	IDL	154.0599	IDL	399.0668	IDL	154.0557	256899.2939	IDL	IDL	IDL
77	14	IDL	5286.4254	IDL	19.2412	IDL	171.5059	64112.1076	IDL	IDL	IDL
78	14	IDL	5159.8518	IDL	1749.8413	IDL	188.9106	118663.1831	IDL	IDL	IDL
79	14	IDL	IDL	IDL	18.8526	IDL	160.7638	109877.1242	IDL	IDL	IDL
80	14	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	157.0359	74852.5950	IDL	IDL	IDL
81	14	IDL	IDL	IDL	3.4934	IDL	154.9281	92118.7000	IDL	IDL	IDL
287	14	IDL	605.1357	IDL	IDL	IDL	175.0666	54841.5618	IDL	IDL	IDL
288	14	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	170.7643	22325.7049	IDL	IDL	IDL
295	14	IDL	244.1435	IDL	IDL	IDL	153.8814	7608.1071	IDL	IDL	IDL
612	14	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	171.2273	101167.9508	IDL	IDL	IDL
761	14	IDL	IDL	IDL	71.7931	IDL	139.0108	28470.6852	IDL	IDL	IDL
762	14	IDL	115.7950	IDL	565.6868	IDL	156.0024	2442.5658	IDL	IDL	IDL
14	Mean	IDL	890.6195	IDL	217.5366	IDL	163.1242	77257.6417	IDL	IDL	IDL
13	Max	IDL	5286.4254	IDL	1749.8413	IDL	188.9106	256899.2939	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	12.6421	IDL	IDL	IDL	167.4618	70969.7630	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	1930.4970	-	494.2928	-	12.6830	66086.2896	-	-	-
55	15	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	179.4554	119012.3445	IDL	IDL	IDL
82	15	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	185.6750	99095.9305	IDL	IDL	IDL
83	15	IDL	18.7848	IDL	IDL	IDL	189.0352	66028.5434	IDL	IDL	IDL
84	15	IDL	3824.7592	IDL	IDL	IDL	183.3264	72538.0285	IDL	IDL	IDL
85	15	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	172.6643	119153.0164	IDL	IDL	IDL
89	15	IDL	12.0478	IDL	IDL	IDL	187.1966	81045.6400	IDL	IDL	IDL

Tabela 1. (continuação)

Amostra (n)	Bacia	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb
µg/ L											
	Min	IDL	IDL	0.0000	IDL	3061.4034	IDL	IDL	6651.2051	0.0000	IDL
	Desvpad	32.4127	2076.4603	305.7058	-	19734.3642	398.9827	25.7613	26667.9340	5.7743	-
52	12	IDL	523.9643	IDL	IDL	2212.6407	52.4796	38.5206	5420.0610	IDL	IDL
53	12	IDL	IDL	IDL	IDL	2303.2189	IDL	46.6174	7058.7013	IDL	IDL
114	12	IDL	IDL	IDL	IDL	3193.6440	IDL	62.5016	10044.9757	IDL	IDL
12	Mean	IDL	174.6548	IDL	IDL	2569.8345	17.4932	49.2132	7507.9126	IDL	IDL
3	Max	IDL	523.9643	IDL	IDL	3193.6440	52.4796	62.5016	10044.9757	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	2212.6407	IDL	38.5206	5420.0610	IDL	IDL
	Desvpad	-	302.5109	-	-	542.1298	30.2991	12.1994	2344.9525	-	-
73	13	IDL	IDL	IDL	IDL	128.4410	IDL	46.5517	341.6926	2.3485	IDL
74	13	89.0654	17711.2562	991.1248	IDL	8915.8135	3190.4538	51.0558	7746.1684	7.7177	IDL
13	Mean	44.5327	8855.6281	495.5624	IDL	4522.1273	1595.2269	48.8038	4043.9305	5.0331	IDL
2	Max	89.0654	17711.2562	991.1248	IDL	8915.8135	3190.4538	51.0558	7746.1684	7.7177	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	128.4410	IDL	46.5517	341.6926	2.3485	IDL
	Desvpad	62.9787	12523.7494	700.8311	-	6213.6107	2255.9915	3.1848	5235.7550	3.7966	-
11	14	IDL	IDL	IDL	IDL	7903.2456	IDL	28.2515	14349.6033	IDL	IDL
75	14	IDL	IDL	459.6237	IDL	24266.4799	IDL	30.1005	22700.6321	IDL	IDL
77	14	25.2555	IDL	216.7383	IDL	9148.2600	173.4416	50.1046	16981.5206	2.5629	IDL
78	14	IDL	IDL	528.4211	IDL	13990.8204	IDL	50.3149	20462.7857	IDL	IDL
79	14	IDL	IDL	254.7313	IDL	13774.1779	IDL	33.8390	15235.9126	IDL	IDL
80	14	IDL	IDL	IDL	IDL	3898.0884	IDL	48.6397	26622.4764	IDL	IDL
81	14	IDL	IDL	114.8870	IDL	9157.7453	IDL	81.3057	20173.2110	IDL	IDL
287	14	IDL	IDL	IDL	IDL	6868.9561	IDL	IDL	10560.2833	IDL	IDL
288	14	IDL	IDL	IDL	IDL	2967.1472	IDL	IDL	5066.4658	IDL	IDL
295	14	IDL	IDL	IDL	IDL	897.7879	IDL	IDL	4051.5434	IDL	IDL
612	14	IDL	IDL	IDL	IDL	9862.9845	IDL	57.1526	22523.6751	IDL	IDL
761	14	IDL	IDL	IDL	IDL	3726.2554	IDL	20.3244	6157.6379	IDL	IDL
762	14	IDL	IDL	IDL	IDL	636.1666	IDL	42.8382	2590.7913	IDL	IDL
14	Mean	1.9427	IDL	121.1078	IDL	8238.3166	13.3417	34.0670	14421.2722	0.1971	IDL
13	Max	25.2555	IDL	528.4211	IDL	24266.4799	173.4416	81.3057	26622.4764	2.5629	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	7903.2456	IDL	28.2515	14349.6033	IDL	IDL
	Desvpad	7.0046	-	188.1651	-	6490.9998	48.1040	24.6561	8052.2942	0.7108	-
55	15	IDL	IDL	242.2669	IDL	8543.7041	IDL	58.2159	24680.7037	IDL	IDL
82	15	IDL	IDL	315.4202	IDL	7748.1152	IDL	43.6492	16994.2128	IDL	IDL
83	15	IDL	IDL	IDL	IDL	7158.9475	IDL	49.6737	9650.4086	IDL	IDL
84	15	16.9857	11583.0219	IDL	IDL	8672.9105	337.5539	28.8252	8583.4247	3.7978	IDL
85	15	IDL	IDL	53.2020	IDL	12645.2966	IDL	49.1940	14914.6571	IDL	IDL
89	15	IDL	IDL	151.5625	IDL	9738.8210	IDL	93.9615	13189.6970	IDL	IDL

Tabela 1. (continuação)

Amostra (n)	Bacia	S	Sr	Tl µg/L	V	Zn
	Min	23966.4756	1.0836	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	166688.7122	476.7353	-	-	4.9133
52	12	5957.7390	24.9723	IDL	IDL	IDL
53	12	6395.0450	73.1159	IDL	IDL	IDL
114	12	7409.6759	44.9521	IDL	IDL	IDL
12	Mean	6587.4866	47.6801	IDL	IDL	IDL
3	Max	7409.6759	73.1159	IDL	IDL	IDL
	Min	5957.7390	24.9723	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	744.8527	24.1875	-	-	2.4566
73	13	707.1921	IDL	IDL	IDL	IDL
74	13	3135.9130	222.6909	IDL	IDL	IDL
13	Mean	1921.5526	111.3455	IDL	IDL	IDL
2	Max	3135.9130	222.6909	IDL	IDL	IDL
	Min	707.1921	IDL	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	1717.3650	157.4662	-	-	1.2283
11	14	74115.4226	481.6807	IDL	IDL	IDL
75	14	232703.3853	1350.7556	IDL	IDL	IDL
77	14	100594.6120	343.5960	IDL	IDL	IDL
78	14	121781.9064	595.3330	IDL	IDL	IDL
79	14	128025.4158	593.3941	IDL	IDL	IDL
80	14	74754.2432	913.9292	IDL	IDL	IDL
81	14	96785.2184	752.7305	IDL	IDL	IDL
287	14	61167.5346	277.3979	IDL	IDL	IDL
288	14	18596.2636	57.4463	IDL	IDL	IDL
295	14	2852.8058	4.8644	IDL	IDL	IDL
612	14	90288.4351	749.5826	IDL	IDL	IDL
761	14	23978.0437	138.5774	IDL	IDL	IDL
762	14	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL
14	Mean	78895.6374	481.4837	IDL	IDL	IDL
13	Max	232703.3853	1350.7556	IDL	IDL	IDL
	Min	74115.4226	481.6807	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	63142.5283	401.1057	-	-	-
55	15	128980.6567	1112.4035	IDL	IDL	IDL
82	15	93176.4777	869.4779	IDL	IDL	IDL
83	15	62936.6398	323.4187	IDL	IDL	IDL
84	15	113018.8239	385.3327	IDL	IDL	IDL
85	15	113013.2057	580.0123	IDL	IDL	IDL
89	15	76838.0638	346.3900	IDL	IDL	IDL

Tabela 1. (continuação)

Amostra (n)	Bacia	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr
µg/L											
285	15	IDL	142.6948	IDL	IDL	IDL	177.2677	119832.2512	IDL	IDL	IDL
286	15	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	144.0875	78138.6758	IDL	IDL	IDL
289	15	IDL	174.5459	IDL	78.4656	IDL	172.8039	66180.9223	IDL	IDL	IDL
15	Mean	IDL	463.6480	IDL	8.7184	IDL	176.8347	91225.0392	IDL	IDL	IDL
10	Max	IDL	3824.7592	IDL	78.4656	IDL	189.0352	119832.2512	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	0.0000	IDL	144.0875	66028.5434	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	1262.2095	-	26.1552	-	13.6455	23234.0762	-	-	-
54	16	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	171.2178	66214.0958	IDL	IDL	IDL
87	16	IDL	727.3573	IDL	IDL	IDL	194.3550	15271.8262	IDL	IDL	IDL
88	16	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	194.2475	18685.0570	IDL	IDL	IDL
16	Mean	IDL	242.4524	IDL	IDL	IDL	186.6067	33390.3263	IDL	IDL	IDL
3	Max	IDL	727.3573	IDL	IDL	IDL	194.3550	66214.0958	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	IDL	171.2178	15271.8262	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	-	419.9399	-	-	-	13.3274	28477.4019	-	-	-
44	Mar	IDL	9728.8266	IDL	33.1509	IDL	92.9245	150286.5385	IDL	IDL	IDL
538	Mar	IDL	212123.0548	IDL	521.6968	IDL	99.7629	69373.3439	IDL	IDL	IDL

Tabela 1. (continuação)

Amostra	Bacia	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb
(n)		µg/L									
285	15	IDL	IDL	IDL	IDL	7649.4663	IDL	50.2076	25544.6496	IDL	IDL
286	15	IDL	IDL	IDL	IDL	8511.4886	IDL	0.0000	13722.7237	IDL	IDL
289	15	IDL	IDL	129.7802	IDL	3867.6278	IDL	23.8386	10378.8505	IDL	IDL
15	Mean	1.8873	1287.0024	99.1369	IDL	8281.8197	37.5060	44.1740	15295.4809	0.4220	IDL
11	Max	16.9857	11583.0219	315.4202	IDL	12645.2966	337.5539	93.9615	25544.6496	3.7978	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	3867.6278	IDL	IDL	8583.4247	IDL	IDL
	Desvpad	5.6619	3861.0073	118.5193	-	2314.8356	112.5180	25.9050	6166.0184	1.2659	-
54	16	IDL	IDL	IDL	IDL	7989.5027	IDL	32.2587	10438.9955	IDL	IDL
87	16	IDL	673.5602	IDL	IDL	1952.1190	IDL	81.6399	4125.8089	IDL	IDL
88	16	IDL	IDL	IDL	IDL	2005.9023	IDL	45.9461	6791.3250	IDL	IDL
16	Mean	IDL	224.5201	IDL	IDL	3982.5080	IDL	53.2816	7118.7098	IDL	IDL
3	Max	IDL	673.5602	IDL	IDL	7989.5027	IDL	81.6399	10438.9955	IDL	IDL
	Min	IDL	IDL	IDL	IDL	1952.1190	IDL	32.2587	4125.8089	IDL	IDL
	Desvpad	-	388.8802	-	-	3470.2634	-	25.4947	3169.3007	-	-
44	Mar	41.8495	10417.8683	128520.9928	41.9268	418127.1505	410.7949	47.4337	16950.7028	7.3958	IDL
538	Mar	272.9056	96147.0191	33671.9564	IDL	41642.8489	1811.5457	112.5952	27341.5027	IDL	IDL

Tabela 1. (continuação)

Amostra (n)	Bacia	S	Sr	Tl μg/L	V	Zn
285	15	109998.6358	1138.5140	IDL	IDL	IDL
286	15	61378.4763	356.8191	IDL	IDL	IDL
289	15	41411.4987	458.3633	IDL	IDL	IDL
15	Mean	88972.4976	618.9702	IDL	IDL	IDL
11	Max	128980.6567	1138.5140	IDL	IDL	IDL
	Min	41411.4987	323.4187	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	29717.8296	333.2471	-	-	-
54	16	64056.4729	282.4703	IDL	IDL	IDL
87	16	0.0000	60.5818	IDL	IDL	IDL
88	16	4976.3459	36.5287	IDL	IDL	IDL
16	Mean	23010.9396	126.5269	IDL	IDL	IDL
3	Max	64056.4729	282.4703	IDL	IDL	IDL
	Min	IDL	36.5287	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	35633.4514	135.5854	-	-	-
44	Mar	376787.5144	2539.8807	IDL	IDL	IDL
538	Mar	35373.0498	1459.9630	IDL	267.5851	56.2676

Tabela 2. Concentração iônica média em solução dosadas pelo ICP-OES das amostras de água digeridas.

Amostra	Bacia	Ag	Al	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cu	Fe	K	Li
(n)			µg/L									
1	1	IDL	282.0612	6.405046	11.82215	2106.318	4.048151	7.695244	28.96323	181.0089	129.8128	1.744185
2	1	IDL	1075.218	8.995811	IDL	3084.83	3.530003	8.014209	22.08765	566.35	232.4672	1.640026
3	1	IDL	1061.306	0.344353	9.028238	25371.35	IDL	1.287453	IDL	541.1113	549.9167	12.7323
4	1	IDL	8459.312	44.58109	1.602204	9530.533	1.272213	7.246571	17.9405	4904.48	1438.769	4.168388
5	1	IDL	7966.108	45.0916	IDL	12114.18	4.054484	9.057123	25.98403	4209.042	1584.53	4.033412
6	1	IDL	20622.99	88.12098	IDL	10685.59	2.952613	10.18874	1174.689	9796.89	3495.042	5.585952
28	1	IDL	29.08583	1.847693	IDL	96445.37	IDL	5.172115	IDL	IDL	3882.685	11.22341
29	1	IDL	1646.631	13.92613	4.926416	29039.21	IDL	14.41589	38.39263	9424.107	670.1485	10.45707
31	1	IDL	879.4323	4.94488	4.894594	21485.93	IDL	4.590535	IDL	270.3627	748.2211	9.164894
32	1	IDL	12392.88	64.48681	IDL	171077	IDL	9.206477	271.1516	28699.26	2825.937	9.237645
35	1	IDL	481.1994	IDL	IDL	5038.771	IDL	3.004709	IDL	347.0773	456.4246	8.639125
39	1	IDL	4826.289	23.56196	IDL	5694.214	3.624696	7.416492	10.68586	2723.899	920.4684	2.752688
40	1	IDL	632.4144	8.247624	IDL	3250.979	2.513727	4.562564	8.573208	471.2591	226.7224	2.318662
41	1	IDL	112.99	IDL	14.93884	3480.782	IDL	3.206584	IDL	19.49072	81.06285	10.68453
42	1	IDL	IDL	IDL	IDL	28125.93	IDL	6.780766	IDL	33.36609	464.3653	8.381404
43	1	IDL	1099.006	3.790956	0.5365	34341.67	0.132072	5.898792	IDL	545.1679	677.0739	8.900547
60	1	IDL	1399.533	7.947143	IDL	61530.08	IDL	4.881255	IDL	500.1082	1048.528	10.10317
62	1	IDL	222.1334	34.31136	IDL	3078.245	0.005189	IDL	3.075958	125.3913	476.2754	4.070674
64	1	IDL	96.85415	20.56356	24.22432	3979.94	4.773514	6.413886	7.82469	109.0338	3789.521	2.259532
66	1	IDL	17413.81	455.742	IDL	18060.15	3.228132	7.653122	85.68821	10475.25	2775.81	6.40659
67	1	IDL	1339.971	30.12926	IDL	13591.98	IDL	IDL	IDL	803.2812	466.3286	4.741388
68	1	IDL	1767.951	8.373738	IDL	13356.29	IDL	4.294596	19.69963	652.1132	554.1646	8.792833
540	1	IDL	1660.304	17.79493	IDL	34272.35	4.527213	3.454272	3.927462	1650.211	769.2597	3.709291
541	1	IDL	5511.038	33.67419	IDL	8388.593	3.890863	8.002639	40.24111	4777.399	1088.772	2.754151
542	1	IDL	2069.911	9.725929	8.518562	8412.276	0.153004	5.823304	IDL	1806.698	524.239	8.454973
545	1	IDL	2133.562	8.076419	3.730469	15325.35	IDL	9.262862	IDL	1561.448	633.9174	9.054955
547	1	IDL	3621.644	24.76627	18.17416	37823.05	1.519997	5.155904	3.677318	1309.235	1151.428	4.879232
558	1	IDL	89.83969	IDL	IDL	149766.2	IDL	13.75693	IDL	39.73694	188189.8	99.01979
619	1	IDL	480.8356	11.65263	IDL	2575.949	1.996614	6.111091	IDL	199.2543	187.6031	2.245086
620	1	IDL	1234.884	3.282175	IDL	6974.642	0.439215	5.833592	IDL	1316.547	386.0682	8.748802
1 (32)	Média	IDL	3353.64	32.67948	3.413215	27933.59	1.422057	6.279591	58.75339	2935.286	7347.511	9.56349
	Maior	IDL	20622.99	455.742	24.22432	171077	4.773514	14.41589	1174.689	28699.26	188189.8	99.01979

Tabela 2 (continuação)

Amostra	Bacia	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	S	Sr	Tl	V	Zn
(n)		$\mu\text{g/L}$										
1	1	308.2533	IDL	9.758792	102.1713	1.507373	0.864734	IDL	32.84251	IDL	IDL	3.508243
2	1	380.8832	5.652684	7.97384	32.13112	IDL	2.749174	1216.27	35.32809	IDL	IDL	14.65182
3	1	2407.527	IDL	12.50354	450.1799	IDL	IDL	648.5087	261.1671	50.16721	IDL	IDL
4	1	1468.716	88.13886	10.0229	95.25783	0.713208	1.534355	11276.38	114.3607	5.423238	11.95246	6.688603
5	1	1720.031	72.90391	9.990222	228.1172	1.166829	12.48435	12424.57	135.8327	IDL	16.24941	IDL
6	1	4049.092	163.3499	12.36295	444.843	4.639662	11.4133	5483.94	192.1532	IDL	34.42367	559.5771
28	1	8236.302	IDL	19.22351	1910.834	IDL	IDL	135745.3	689.1023	49.02437	IDL	IDL
29	1	3142.473	378.6552	9.785327	433.6812	IDL	IDL	62518.86	230.5132	IDL	IDL	IDL
31	1	2561.132	IDL	8.464313	1339.393	IDL	IDL	24632.14	241.0633	IDL	IDL	IDL
32	1	17316.99	163.7178	17.35619	2947.673	4.741779	6.68452	249456.7	1680.996	IDL	11.99711	110.524
35	1	1309.592	IDL	11.60407	933.7502	IDL	IDL	6175.046	71.56198	38.87234	IDL	IDL
39	1	1244.834	44.55919	23.59958	291.2368	2.477638	4.892159	IDL	89.01603	32.73096	18.04278	2.438661
40	1	463.3183	10.09624	9.6703	98.02814	IDL	12.85922	688.6719	39.73796	IDL	IDL	7.830178
41	1	298.4857	IDL	9.509875	152.3773	IDL	IDL	143.5421	43.54766	42.32404	IDL	IDL
42	1	3008.828	IDL	20.5505	1223.497	IDL	IDL	35618.26	287.7029	15.65271	IDL	IDL
43	1	2937.522	IDL	0.667294	673.9082	IDL	1.535705	57141.24	305.2987	28.82703	IDL	IDL
60	1	6210.781	IDL	20.52418	2491.146	IDL	IDL	93910.49	885.5696	29.25556	IDL	IDL
62	1	1164.606	IDL	11.05911	898.9595	IDL	3.006264	IDL	30.95846	26.75666	IDL	61.44787
64	1	327.0401	2.99818	38.6536	55.31394	0.392366	5.895345	3258.171	37.68386	10.98198	0.055099	15.96202
66	1	4582.2	189.8565	17.6852	789.2314	1.253934	IDL	17884.33	290.5958	0.01113	22.38257	25.23644
67	1	1534.85	6.487906	9.844196	600.9056	IDL	IDL	14321.05	209.6967	7.251245	IDL	25.30487
68	1	1520.221	IDL	15.02306	745.8589	IDL	IDL	15479.14	219.651	7.395812	IDL	IDL
540	1	3603.91	22.71356	24.54859	1207.588	IDL	IDL	43992.37	353.8598	14.98865	IDL	42.51684
541	1	1366.121	101.2303	17.67759	107.0055	2.144708	5.645631	9562.131	84.64061	IDL	12.61017	12.57641
542	1	952.1317	42.23739	14.34207	140.1823	IDL	IDL	8896.813	80.52386	48.8321	IDL	IDL
545	1	1508.22	36.98482	10.72282	254.7779	IDL	IDL	16382.62	141.3773	35.73886	IDL	IDL
547	1	3608.639	20.24726	29.71765	1008.96	IDL	0.088315	56098.12	516.6865	8.122146	8.059148	9.770064
558	1	401068.6	IDL	39.78679	102.1713	IDL	IDL	563025	2932.811	7.244567	IDL	IDL
619	1	229.9438	IDL	15.21577	IDL	IDL	7.728166	IDL	33.54195	IDL	IDL	0.966423
620	1	890.6634	38.42107	15.04922	279.2228	IDL	IDL	8693.681	84.9171	48.20573	IDL	IDL
1 (32)	Média	15980.73	46.27503	15.7631	667.9468	0.634583	2.579375	48489.11	345.0913	16.92688	4.525747	29.96665
	Maior	401068.6	378.6552	39.78679	2947.673	4.741779	12.85922	563025	2932.811	50.16721	34.42367	559.5771

Tabela 2. (continuação)

Amostra	Bacia	Ag	Al	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cu	Fe	K	Li
(n)							$\mu\text{g/L}$					
	Menor	IDL	IDL	IDL	IDL	2106.318	IDL	IDL	IDL	IDL	81.06285	1.640026
	Desvpad	IDL	5167.939	82.54567	6.2962	41311.55	1.759565	3.330336	216.8181	5712.45	34173.35	17.21513
7	2	IDL	17499.22	80.29567	IDL	40374.71	0.322515	9.850689	28.54942	7604.764	3655.855	5.749402
37	2	IDL	53.41474	11.40083	IDL	93582.54	IDL	4.781277	IDL	58.53063	813.5866	3.629195
38	2	IDL	138.885	11.15916	IDL	66381.18	1.411237	IDL	IDL	59.88345	466.1349	4.872171
556	2	IDL	1088.675	6.315863	IDL	72164.71	IDL	IDL	IDL	1056.734	940.5645	9.705011
2 (4)	Média	IDL	4695.048	27.29288	IDL	68125.78	0.433438	3.657991	7.137355	2194.978	1469.035	5.988945
	Maior	IDL	17499.22	80.29567	IDL	93582.54	1.411237	9.850689	28.54942	7604.764	3655.855	9.705011
	Menor	IDL	53.41474	6.315863	IDL	40374.71	IDL	IDL	IDL	58.53063	466.1349	3.629195
	Desvpad	IDL	8548.996	35.41274	IDL	21890.07	0.669361	4.703654	14.27471	3637.051	1471.607	2.625651
36	3	IDL	IDL	9.175287	IDL	10050.14	3.126615	4.958368	IDL	11.01667	348.527	2.317467
407	3	IDL	7152.788	33.42761	IDL	17749.41	1.040517	6.624041	3.595127	3865.407	1614.434	10.75635
551	3	IDL	460.07	1.846816	IDL	20547.53	0.536414	1.693515	IDL	100.9857	435.5176	8.827703
3 (3)	Média	IDL	2537.619	14.81657	IDL	16115.69	1.567849	4.425308	1.198376	1325.803	799.4927	7.300507
	Maior	IDL	7152.788	33.42761	IDL	20547.53	3.126615	6.624041	3.595127	3865.407	1614.434	10.75635
	Menor	IDL	IDL	1.846816	IDL	10050.14	0.536414	1.693515	IDL	11.01667	348.527	2.317467
	Desvpad	IDL	4003.468	16.52891	IDL	5436.041	1.37326	2.508114	2.075648	2199.821	707.0985	4.42187
297	4	IDL	2779.453	20.80444	IDL	10664.41	2.131509	6.938181	2.568447	1120.993	713.3326	3.037254
448	4	IDL	8867.507	35.1606	IDL	4458.14	IDL	6.056568	6.352825	4925.806	1681.209	8.291062
497	4	IDL	37102.69	158.4452	IDL	16282.66	IDL	13.48442	48.38933	16259.46	5938.192	14.46906
524	4	IDL	42.6793	17.0086	IDL	11079.76	2.906951	5.105991	IDL	36.83846	258.0597	2.008159
525	4	IDL	121.9862	12.03854	IDL	15902.71	1.665474	3.675665	IDL	10.84205	319.8424	2.167062
526	4	IDL	3387.345	3.021319	16.90503	4766.569	IDL	2.960949	IDL	1113.26	787.1221	12.9578
4 (6)	Média	IDL	8716.943	41.07978	2.817506	10525.71	1.117322	6.370297	9.551767	3911.2	1616.293	7.155067
	Maior	IDL	37102.69	158.4452	16.90503	16282.66	2.906951	13.48442	48.38933	16259.46	5938.192	14.46906
	Menor	IDL	42.6793	3.021319	IDL	4458.14	IDL	2.960949	IDL	10.84205	258.0597	2.008159
	Desvpad	IDL	14272.68	58.46712	6.901452	5145.171	1.286627	3.781928	19.18888	6314.21	2177.681	5.599714
600	5	IDL	1131.887	2.85801	IDL	6859.738	0.10645	6.292548	IDL	667.9607	479.6093	8.858976
5 (1)	Média	IDL	1131.887	2.85801	IDL	6859.738	0.10645	6.292548	IDL	667.9607	479.6093	8.858976
	Maior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Menor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Desvpad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 2. (continuação)

Amostra	Bacia	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	S	Sr	Tl	V	Zn
(n)		µg/L										
	Menor	229.9438	IDL	0.667294	IDL	IDL	IDL	IDL	30.95846	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	72807.03	82.98859	8.677034	732.7147	1.293714	4.021149	110126.8	592.1764	18.50639	8.653967	102.7402
7	2	5555.752	134.1863	7.046266	1338.16	0.733022	10.37073	53846.92	604.5266	IDL	29.38836	IDL
37	2	10188.14	IDL	13.35361	2602.386	IDL	3.843661	140789.1	1028.697	IDL	IDL	IDL
38	2	5765.375	IDL	20.1805	1584.657	IDL	2.317949	88939.12	866.7625	IDL	IDL	IDL
556	2	9370.111	4.933023	10.97683	1850.992	IDL	IDL	110409.4	814.8804	66.79218	IDL	IDL
2 (4)	Média	7719.845	34.77982	12.8893	1844.049	0.183255	4.133084	98496.15	828.7168	16.69804	7.34709	IDL
	Maior	10188.14	134.1863	20.1805	2602.386	0.733022	10.37073	140789.1	1028.697	66.79218	29.38836	IDL
	Menor	5555.752	IDL	7.046266	1338.16	IDL	IDL	53846.92	604.5266	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	2402.715	66.31176	5.512887	547.2141	0.366511	4.44856	36585.58	175.0166	33.39609	14.69418	IDL
36	3	1094.073	IDL	13.81052	1348.722	IDL	2.926597	2706.072	95.78809	35.03194	IDL	IDL
407	3	2647.628	64.08927	17.32175	1116.885	IDL	IDL	23969.05	205.364	53.70761	4.427144	IDL
551	3	2053.465	IDL	10.68888	830.9638	IDL	IDL	23630.07	280.8451	1.587745	IDL	IDL
3 (3)	Média	1931.722	21.36309	13.94038	1098.857	IDL	0.975532	16768.39	193.9991	30.1091	1.475715	IDL
	Maior	2647.628	64.08927	17.32175	1348.722	IDL	2.926597	23969.05	280.8451	53.70761	4.427144	IDL
	Menor	1094.073	IDL	10.68888	830.9638	IDL	IDL	2706.072	95.78809	1.587745	IDL	IDL
	Desvpad	783.9	37.00196	3.318346	259.3492	IDL	1.689672	12179.51	93.05052	26.40636	2.556013	IDL
297	4	1250.668	10.71643	6.636264	594.508	0.340264	IDL	8499.385	122.7461	26.61896	IDL	19.24739
448	4	1270.248	53.56852	12.37397	195.1048	IDL	IDL	IDL	48.16387	19.57279	11.29309	IDL
497	4	6686.911	382.2074	7.336695	709.8847	IDL	IDL	5787.188	120.1016	18.92773	28.50237	IDL
524	4	1195.37	IDL	5.392127	370.2632	IDL	IDL	6700.976	53.38409	IDL	IDL	IDL
525	4	1301.111	IDL	16.36397	619.0822	IDL	10.83899	8488.273	108.6056	IDL	IDL	12.73354
526	4	848.9881	IDL	8.62611	414.751	IDL	IDL	2138.487	70.4307	59.53735	IDL	IDL
4 (6)	Média	2092.216	74.41539	9.454856	483.9323	0.056711	1.806498	5269.052	87.23866	20.77614	6.632576	5.330155
	Maior	6686.911	382.2074	16.36397	709.8847	0.340264	10.83899	8499.385	122.7461	59.53735	28.50237	19.24739
	Menor	848.9881	IDL	5.392127	195.1048	IDL	IDL	IDL	48.16387	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	2257.027	152.211	4.144412	191.1413	0.138912	4.424997	3483.695	33.91983	21.93048	11.62732	8.510484
600	5	1150.925	IDL	24.06912	467.2369	IDL	IDL	IDL	34.83195	52.12864	IDL	IDL
5 (1)	Média	1150.925	IDL	24.06912	467.2369	IDL	IDL	IDL	34.83195	52.12864	IDL	IDL
	Maior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Menor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Desvpad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 2. (continuação)

Amostra	Bacia	Ag	Al	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cu	Fe	K	Li
(n)							µg/L					
548	6	IDL	251.8926	1.326882	3.340733	18560.67	IDL	4.658444	IDL	IDL	406.4225	9.577921
621	6	IDL	1124.076	0.772005	IDL	10690.13	IDL	0.758133	IDL	383.4354	875.7456	11.14352
622	6	IDL	1526.989	6.822442	IDL	5802.414	0.292876	6.455296	IDL	520.6066	725.7766	7.875083
6 (3)	Média	IDL	967.6525	2.973776	1.113578	11684.41	0.097625	3.957291	IDL	301.3473	669.3149	9.532175
	Maior	IDL	1526.989	6.822442	3.340733	18560.67	0.292876	6.455296	IDL	520.6066	875.7456	11.14352
	Menor	IDL	251.8926	0.772005	IDL	5802.414	IDL	0.758133	IDL	IDL	406.4225	7.875083
	Desvpad	IDL	651.7812	3.344569	1.928773	6436.982	0.169092	2.912581	IDL	269.8363	239.7019	1.6347
8	7	IDL	27.00649	8.997544	IDL	16367.46	2.416662	3.265204	IDL	37.73835	310.5696	2.347607
12	7	IDL	4800.668	IDL	IDL	53431.1	IDL	15.79898	16.48428	308.2888	278.5165	11.3256
13	7	IDL	512.5475	9.214426	IDL	15696.69	2.486265	3.402133	11.80536	337.4138	379.9447	2.710088
46	7	IDL	72.62737	IDL	IDL	7288.593	IDL	6.701097	IDL	IDL	272.0936	7.484784
47	7	IDL	571.1081	IDL	12.07758	6103.637	2.672058	11.54086	IDL	27.88892	375.0614	8.69357
48	7	IDL	266.5305	IDL	IDL	11551.23	2.246894	11.64079	IDL	75.28022	462.7543	6.420707
93	7	IDL	6102.151	5.33067	IDL	67852	2.361166	26.11567	32.62931	485.5985	249.4693	7.372329
94	7	IDL	385.5891	9.947745	IDL	37620.07	3.620732	5.970745	0.052186	157.1966	451.3069	3.395508
102	7	IDL	145.076	14.00571	2.616014	3983.493	2.232268	4.287559	1.418711	121.0742	299.5597	1.957707
105	7	IDL	1777.589	30.45554	IDL	35558.37	3.963965	5.722964	6.311463	1164.158	1078.846	3.740437
283	7	IDL	127.4935	2.980742	IDL	60340.89	IDL	4.693441	IDL	IDL	543.6212	8.496451
284	7	IDL	3006.568	11.08112	11.36933	17738	IDL	8.816839	IDL	1120.041	761.251	9.243344
624	7	IDL	66.793	10.28685	IDL	201613.9	IDL	7.184548	IDL	102.2966	1139.045	10.55512
7 (13)	Média	IDL	1373.981	7.869257	2.00484	41165.03	1.692308	8.856987	5.284715	302.8442	507.8492	6.441789
	Maior	IDL	6102.151	30.45554	12.07758	201613.9	3.963965	26.11567	32.62931	1164.158	1139.045	11.3256
	Menor	IDL	27.00649	IDL	IDL	3983.493	IDL	3.265204	IDL	IDL	249.4693	1.957707
	Desvpad	IDL	2016.527	8.413295	4.375321	52810.15	1.482122	6.362936	9.808809	399.9859	300.8873	3.256253
51	8	IDL	1960.589	6.317068	5.563874	11040.02	2.555794	5.570883	IDL	1558.374	662.6411	9.498399
549	8	IDL	19.4005	IDL	4.819185	38956.87	IDL	4.911255	IDL	15.60675	378.4481	9.02669
626	8	IDL	124.5023	1.400933	IDL	152909.8	IDL	17.1219	IDL	131.0993	192045.5	94.43295
8 (3)	Média	IDL	701.4974	2.572667	3.46102	67635.56	0.851931	9.201346	IDL	568.36	64362.18	37.65268
	Maior	IDL	1960.589	6.317068	5.563874	152909.8	2.555794	17.1219	IDL	1558.374	192045.5	94.43295
	Menor	IDL	19.4005	IDL	IDL	11040.02	IDL	4.911255	IDL	15.60675	378.4481	9.02669
	Desvpad	IDL	1091.671	3.317538	3.02037	75157.23	1.475588	6.867326	IDL	859.3198	110577.1	49.17372
9	9	IDL	31.69633	11.24487	IDL	8649.241	IDL	4.323867	3.708128	8.350844	218.838	5.365581

Tabela 2. (continuação)

Amostra	Bacia	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	S	Sr	Tl	V	Zn
(n)		µg/L										
548	6	3136.919	IDL	22.59089	580.97	IDL	IDL	25324.1	83.43555	80.41477	IDL	IDL
621	6	2373.458	IDL	15.58956	1254.447	IDL	IDL	6186.213	88.66669	46.56134	IDL	IDL
622	6	1386.791	IDL	11.47763	988.9513	IDL	IDL	40.47307	39.54129	31.23047	IDL	IDL
6 (3)	Média	2299.056	IDL	16.55269	941.4562	IDL	IDL	10516.93	70.54784	52.73553	IDL	IDL
	Maior	3136.919	IDL	22.59089	1254.447	IDL	IDL	25324.1	88.66669	80.41477	IDL	IDL
	Menor	1386.791	IDL	11.47763	580.97	IDL	IDL	40.47307	39.54129	31.23047	IDL	IDL
	Desvpad	877.4331	IDL	5.618887	339.2415	IDL	IDL	13186.42	26.97955	25.16673	IDL	IDL
8	7	2761.045	IDL	14.79263	528.4972	IDL	1.405596	20028.81	82.91148	IDL	5.884226	IDL
12	7	8211.931	1011.189	6.67496	1048.314	IDL	IDL	112000.3	210.2335	54.32177	IDL	4.499233
13	7	2221.325	14.63382	13.77362	474.0267	IDL	3.246937	17560.46	87.06041	IDL	4.471696	IDL
46	7	2019.502	IDL	6.733899	466.839	IDL	IDL	9031.405	24.33035	29.56382	IDL	IDL
47	7	1166.632	IDL	17.04057	578.4749	IDL	IDL	5787.188	24.94391	27.32836	IDL	IDL
48	7	2324.812	IDL	18.02851	1017.283	IDL	IDL	5483.94	54.39288	IDL	IDL	IDL
93	7	10731.28	1639.317	14.73019	1136.51	IDL	5.523575	144299.9	263.07	IDL	IDL	30.71355
94	7	3798.712	6.951922	9.939059	979.9156	IDL	IDL	18933.22	435.3355	IDL	3.779497	IDL
102	7	1033.417	IDL	5.639243	404.8309	1.750713	9.316162	818.301	16.08288	IDL	0.75215	1.379918
105	7	5414.245	128.9808	16.58658	749.1191	IDL	5.919351	57237.31	129.8037	10.38152	6.230196	IDL
283	7	5523.86	IDL	16.85004	1035.29	IDL	IDL	100300.4	481.9733	23.29778	IDL	IDL
284	7	1962.456	51.09114	16.09699	539.0311	IDL	IDL	20585.17	135.1271	24.01782	IDL	IDL
624	7	6721.874	1602.111	9.91737	2914.779	1.576327	IDL	301243.3	2120.348	IDL	IDL	IDL
7 (13)	Média	4145.469	342.6365	12.83105	913.3008	0.255926	1.95474	62562.28	312.7395	12.99316	1.624444	2.814823
	Maior	10731.28	1639.317	18.02851	2914.779	1.750713	9.316162	301243.3	2120.348	54.32177	6.230196	30.71355
	Menor	1033.417	IDL	5.639243	404.8309	IDL	IDL	818.301	16.08288	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	2985.441	630.4717	4.45016	657.1495	0.625721	3.09818	85734.74	563.7384	17.33119	2.482963	8.477752
51	8	2858.001	10.90883	12.52462	1091.639	IDL	IDL	17112.95	53.00078	28.77496	IDL	IDL
549	8	3891.142	IDL	13.60104	525.1763	IDL	IDL	51301.01	202.5055	14.77931	IDL	IDL
626	8	421835.4	IDL	33.67751	1245.274	IDL	IDL	569937.6	3043.15	IDL	IDL	IDL
8 (3)	Média	142861.5	3.636278	19.93439	954.0297	IDL	IDL	212783.9	1099.552	14.51809	IDL	IDL
	Maior	421835.4	10.90883	33.67751	1245.274	IDL	IDL	569937.6	3043.15	28.77496	IDL	IDL
	Menor	2858.001	IDL	12.52462	525.1763	IDL	IDL	17112.95	53.00078	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	241599.1	6.298218	11.91406	379.2589	IDL	IDL	309776.2	1684.864	14.38926	IDL	IDL
9	9	1518.291	IDL	17.14773	367.6929	IDL	IDL	9125.674	41.5883	19.52138	IDL	IDL

Tabela 2. (continuação)

Amostra	Bacia	Ag	Al	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cu	Fe	K	Li
(n)							µg/L					
106	9	IDL	21690.09	14.8077	IDL	39243.91	0.833279	27.84186	70.54864	2610.923	518.1599	10.25908
146	9	IDL	250.2666	7.596249	IDL	13174.6	2.384797	6.929584	22.42595	348.1883	284.0842	2.241376
147	9	IDL	189.4397	5.979906	IDL	13044.42	3.705783	7.654495	12.90953	146.1831	352.3685	1.557916
148	9	IDL	736.0928	2.945675	IDL	15103.31	IDL	5.806856	IDL	682.4834	287.1843	8.147463
264	9	IDL	205.2629	4.204581	IDL	11515.74	3.663917	6.491102	77.70757	175.6945	374.8007	2.30077
281	9	IDL	43414.04	8.576812	IDL	48576.22	IDL	35.18184	113.3928	7733.889	465.4813	21.17347
9 (7)	Média	IDL	9502.413	7.907971	IDL	21329.64	1.51254	13.46137	42.95609	1672.245	357.2739	7.292238
	Maior	IDL	43414.04	14.8077	IDL	48576.22	3.705783	35.18184	113.3928	7733.889	518.1599	21.17347
	Menor	IDL	31.69633	2.945675	IDL	8649.241	IDL	4.323867	IDL	8.350844	218.838	1.557916
	Desvpad	IDL	16950.18	4.109798	IDL	15781.42	1.709011	12.55409	44.04591	2819.411	105.9545	6.943134
10	11	IDL	5560.779	18.94289	4.272004	58321.91	3.67381	21.26136	42.34578	3611.533	606.5953	5.440096
70	11	IDL	116.4346	15.34299	9.188169	62101.36	0.773893	10.59704	4.402681	164.8757	187.4781	2.335057
71	11	IDL	478.6207	10.89804	IDL	63639.2	3.439255	6.787994	1.021669	489.5726	224.9996	4.933088
72	11	IDL	4020.252	34.82705	IDL	151777.8	IDL	2.648845	39.43873	8573.674	1012.04	8.990457
111	11	IDL	IDL	4.829937	IDL	29874.24	IDL	5.326932	IDL	IDL	232.2001	7.259068
112	11	IDL	38281.03	17.25821	IDL	83762.78	IDL	152.8591	378.7751	10147.14	828.771	27.33268
113	11	IDL	4523.143	9.614272	IDL	93079.93	2.719859	24.25528	44.71151	1203.504	307.7368	5.545534
115	11	IDL	22.33864	14.77551	IDL	156038.8	0.200999	5.667275	30.89533	28.79472	344.902	2.634788
*1	11	IDL	1077.026	1.957804	8.836894	11590.31	1.679926	8.609809	11.8598	176.7111	186.5405	8.653337
*2	11	IDL	6622.894	37.04676	IDL	15987.45	IDL	16.2548	41.73834	11419.2	1049.5	9.767787
*3	11	IDL	2657.543	4.614302	IDL	29039.61	IDL	12.5333	22.89638	IDL	120.3484	9.890171
623	11	IDL	40147.44	101.8436	0.9942	21209.59	4.916993	59.52578	280.9018	66907.94	2302.41	9.012972
11 (12)	Média	IDL	8625.626	22.66261	1.940939	64701.92	1.450395	27.19396	74.91559	8560.246	616.9602	8.482919
	Maior	IDL	40147.44	101.8436	9.188169	156038.8	4.916993	152.8591	378.7751	66907.94	2302.41	27.33268
	Menor	IDL	IDL	1.957804	IDL	11590.31	IDL	2.648845	IDL	IDL	120.3484	2.335057
	Desvpad	IDL	14473.52	27.24373	3.52323	49278.58	1.786758	42.42293	122.0126	18875.19	626.4285	6.491219
52	12	IDL	1158.991	1.462312	IDL	8402.091	IDL	6.189264	IDL	834.9566	278.2076	7.568804
53	12	IDL	14.36676	8.902867	IDL	6017.592	3.720857	7.990922	36.75683	39.57313	204.1906	1.565023
114	12	IDL	136.625	5.36373	IDL	4581.851	2.560434	3.632062	33.61004	86.76723	58.8149	2.755637
12 (3)	Média	IDL	436.6609	5.24297	IDL	6333.845	2.093764	5.937416	23.45562	320.4323	180.4044	3.963155
	Maior	IDL	1158.991	8.902867	IDL	8402.091	3.720857	7.990922	36.75683	834.9566	278.2076	7.568804
	Menor	IDL	14.36676	1.462312	IDL	4581.851	IDL	3.632062	IDL	39.57313	58.8149	1.565023

Tabela 2. (continuação)

Amostra	Bacia	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	S	Sr	Tl	V	Zn
(n)		µg/L										
106	9	4174.918	472.9864	12.63083	292.559	IDL	IDL	116644.8	39.80995	20.53932	IDL	88.62566
146	9	1836.662	IDL	8.515611	369.6947	IDL	IDL	10938.99	60.37712	IDL	2.847094	IDL
147	9	2435.43	7.446117	8.34402	530.0499	2.063566	7.266974	18673.13	35.88406	IDL	IDL	4.201281
148	9	2839.066	244.354	11.94521	215.112	IDL	IDL	26613.48	32.69064	IDL	IDL	IDL
264	9	2536.833	63.99917	15.11525	570.565	2.611993	IDL	17730.86	31.99867	IDL	IDL	43.34581
281	9	11572.93	1234.681	11.02588	616.5895	IDL	IDL	220034.9	98.4452	IDL	IDL	113.0521
9 (7)	Média	3844.876	289.0666	12.1035	423.1804	0.667937	1.038139	59965.99	48.68485	5.722958	0.406728	35.60355
	Maior	11572.93	1234.681	17.14773	616.5895	2.611993	7.266974	220034.9	98.4452	20.53932	2.847094	113.0521
	Menor	1518.291	IDL	8.34402	215.112	IDL	IDL	9125.674	31.99867	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	3511.572	452.2345	3.240008	151.0212	1.151653	2.746658	80025.25	23.94448	9.778227	1.0761	47.71181
10	11	9816.427	330.9452	26.90895	1148.087	7.576838	4.834142	118286.4	240.4328	IDL	9.165629	11.59249
70	11	8639.256	36.51736	15.53963	1193.778	6.250712	1.28716	5483.94	211.2675	IDL	10.14627	IDL
71	11	9065.992	18.54382	21.35811	1245.274	IDL	IDL	106879.5	236.3665	IDL	IDL	IDL
72	11	19951.21	42.67234	11.77965	2950.123	IDL	IDL	262879.6	881.3421	20.62835	IDL	IDL
111	11	5572.844	IDL	14.83751	555.8059	IDL	IDL	52216.33	95.25374	24.71991	IDL	IDL
112	11	24613.53	2681.801	15.17749	1522.979	61.93446	IDL	425712	538.4882	IDL	5.845539	174.0411
113	11	14930.34	395.9183	18.76643	1853.331	7.7302	IDL	194974	367.3044	IDL	IDL	IDL
115	11	26330.91	IDL	16.43858	3915.182	IDL	IDL	284685.1	650.1651	IDL	IDL	IDL
*1	11	2037.44	109.6934	21.35238	484.6479	IDL	IDL	18653.21	38.67178	16.21468	IDL	IDL
*2	11	4005.771	228.2913	11.49419	605.5441	IDL	IDL	42065.3	55.69257	11.22235	3.558721	IDL
*3	11	5308.209	206.4836	7.638196	455.0501	IDL	IDL	51981.36	84.37477	45.66114	IDL	IDL
623	11	6360.995	334.1439	12.08976	724.3274	51.08502	8.970781	213604.8	185.6037	IDL	78.31659	50.62686
11 (12)	Média	11386.08	365.4175	16.11507	1387.844	11.21477	1.257674	148118.5	298.7469	9.870536	8.919396	19.68837
	Maior	26330.91	2681.801	26.90895	3915.182	61.93446	8.970781	425712	881.3421	45.66114	78.31659	174.0411
	Menor	2037.44	IDL	7.638196	455.0501	IDL	IDL	5483.94	38.67178	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	8188.017	743.3284	5.305336	1070.64	21.51646	2.804537	129595.8	264.0443	14.58913	22.18232	50.75448
52	12	1325.34	13.4785	9.853841	417.9691	IDL	IDL	756.5443	69.85864	28.19407	IDL	IDL
53	12	885.8026	IDL	12.05102	320.2842	1.266132	1.666592	1607.047	44.71934	IDL	IDL	27.55947
114	12	718.7898	IDL	8.26777	264.3804	IDL	3.804513	IDL	23.16576	IDL	0.839589	6.291716
12 (3)	Média	976.6441	4.492834	10.05755	334.2112	0.422044	1.823701	787.8637	45.91458	9.398024	0.279863	11.28373
	Maior	1325.34	13.4785	12.05102	417.9691	1.266132	3.804513	1607.047	69.85864	28.19407	0.839589	27.55947
	Menor	718.7898	IDL	8.26777	264.3804	IDL	IDL	IDL	23.16576	IDL	IDL	IDL

Tabela 2. (continuação)

Amostra	Bacia	Ag	Al	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cu	Fe	K	Li
(n)							µg/L					
	Desvpad	IDL	628.5358	3.721747	IDL	1929.656	1.90382	2.190316	20.37401	446.2155	111.6137	3.178824
73	13	IDL	121.1143	816.7847	8.049772	939.4485	6.308838	8.300988	IDL	92.01285	77.61341	2.99733
74	13	IDL	12711.86	147.7181	IDL	8955.945	3.096432	10.79968	60.89621	9415.383	2337.538	4.244324
13 (2)	Média	IDL	6416.488	482.2514	4.024886	4947.697	4.702635	9.550335	30.44811	4753.698	1207.576	3.620827
	Maior	IDL	12711.86	816.7847	8.049772	8955.945	6.308838	10.79968	60.89621	9415.383	2337.538	4.244324
	Menor	IDL	121.1143	147.7181	IDL	939.4485	3.096432	8.300988	IDL	92.01285	77.61341	2.99733
	Desvpad	IDL	8903.003	473.1016	5.692048	5668.519	2.271514	1.766843	43.06012	6592.619	1598.008	0.881758
11	14	IDL	IDL	16.41849	IDL	26421.66	4.965166	7.99351	IDL	17.48027	274.3499	3.319824
77	14	IDL	2184.904	24.2136	5.876998	24072.23	IDL	11.54307	14.07786	IDL	488.7268	9.390441
79	14	26.18342	IDL	18.86425	IDL	32301.79	IDL	0.90873	IDL	IDL	378.7354	9.059749
80	14	IDL	IDL	10.76383	IDL	26588.58	IDL	4.677012	IDL	IDL	458.3521	9.062645
81	14	IDL	21.26609	23.14274	IDL	32245.06	IDL	IDL	IDL	IDL	244.1413	4.862654
287	14	IDL	1633.22	35.92485	IDL	31867.9	2.375339	6.562786	1.74649	716.7623	545.2751	3.784306
288	14	IDL	212.5943	3.525101	6.164851	10766.42	IDL	3.812927	IDL	3.972717	201.8389	7.76932
295	14	IDL	7029.666	23.58753	IDL	3445.914	0.184767	6.150733	9.213868	3884.302	1175.02	8.391241
612	14	45.02141	175.5099	192.2798	175.6018	27701.56	185.0708	184.3511	172.4052	1827.657	2096.051	187.4365
761	14	IDL	240.129	51.71038	IDL	9480.082	3.116451	5.897202	IDL	157.607	181.1134	2.557467
762	14	IDL	234.1632	253.4535	IDL	1888.357	4.27035	7.844688	0.166779	105.836	322.516	2.287079
14 (13)	Média	6.473166	1066.496	59.44401	17.05851	20616.32	18.18026	21.79471	17.96456	610.3289	578.7382	22.53829
	Maior	45.02141	7029.666	253.4535	175.6018	32301.79	185.0708	184.3511	172.4052	3884.302	2096.051	187.4365
	Menor	IDL	IDL	3.525101	IDL	1888.357	IDL	IDL	IDL	IDL	181.1134	2.287079
	Desvpad	15.00526	2110.327	82.90794	52.63802	11817.3	55.38387	54.01096	51.43903	1219.866	573.7528	54.76188
55	15	IDL	21105.41	16.27522	IDL	68316.33	IDL	67.6388	145.1872	5678.004	761.3193	18.87485
82	15	IDL	IDL	21.63435	0.027948	39138.25	0.875974	3.799905	6.691083	IDL	230.4531	3.147345
83	15	IDL	IDL	12.58027	IDL	27257.93	0.621956	3.5964	4.510694	16.93564	318.5106	3.550879
84	15	IDL	1569.102	15.48426	IDL	27342.71	1.65861	12.58479	28.66402	5302.961	269.4786	3.444314
85	15	IDL	IDL	6.623451	IDL	39946.64	IDL	2.631557	IDL	10.54658	370.1947	8.352149
89	15	IDL	553.2319	7.029491	5.29129	21419.97	0.491146	6.718181	IDL	51.66839	434.1952	8.724199
285	15	IDL	70.13324	3.592309	IDL	37649.72	1.3275	6.547005	IDL	IDL	288.1392	8.769658
286	15	IDL	IDL	5.468423	10.13794	21470.52	1.85136	9.980623	IDL	IDL	266.4203	7.765528
289	15	IDL	2524.081	117.5434	2.928137	25145.19	IDL	5.517812	IDL	1160.381	933.406	9.00121
15 (9)	Média	IDL	2869.106	22.91457	2.042813	34187.47	0.758505	13.2239	20.56144	1357.833	430.2352	7.958903

Tabela 2. (continuação)

Amostra	Bacia	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	S	Sr	Tl	V	Zn
(n)		µg/L										
	Desvpad	313.3128	7.781816	1.899835	77.73572	0.731002	1.907116	803.9811	23.36938	16.27786	0.484737	14.442
73	13	167.2836	IDL	21.78541	IDL	0.559829	IDL	IDL	8.779963	1.003029	5.632006	14.23816
74	13	3067.996	770.0181	15.75069	299.3193	0.770956	6.397072	IDL	86.84245	IDL	36.1726	41.10344
13 (2)	Média	1617.64	385.0091	18.76805	149.6597	0.665393	3.198536	IDL	47.8112	0.501515	20.9023	27.6708
	Maior	3067.996	770.0181	21.78541	299.3193	0.770956	6.397072	IDL	86.84245	1.003029	36.1726	41.10344
	Menor	167.2836	IDL	15.75069	IDL	0.559829	IDL	IDL	8.779963	IDL	5.632006	14.23816
	Desvpad	2051.114	544.485	4.267191	211.6507	0.149289	4.523413	IDL	55.19851	0.709249	21.59546	18.99662
11	14	2787.224	IDL	18.99538	518.7144	IDL	6.682989	35216.45	199.0469	IDL	2.385707	IDL
77	14	3487.837	64.48954	17.61145	727.823	IDL	IDL	53502.72	167.2504	40.89958	IDL	IDL
79	14	4005.709	IDL	10.25597	492.474	IDL	IDL	55206.22	194.216	57.81367	IDL	IDL
80	14	1847.846	IDL	7.242478	1418.904	IDL	IDL	34417.37	387.2363	9.88064	IDL	IDL
81	14	3065.613	IDL	9.397111	610.8671	IDL	IDL	38751.56	297.7811	IDL	IDL	IDL
287	14	4000.037	15.12355	18.40094	575.0873	0.355536	IDL	43623.65	196.974	23.07561	0.627893	IDL
288	14	1544.067	IDL	12.40334	273.5732	IDL	IDL	10869.61	66.73022	10.00755	IDL	IDL
295	14	1176.914	34.09935	8.428939	170.6051	IDL	IDL	IDL	35.79581	IDL	IDL	IDL
612	14	2855.462	173.7703	184.797	756.4506	172.1052	172.9768	35264.45	400.2933	145.7662	171.3742	166.6055
761	14	1311.485	IDL	9.457388	162.8879	IDL	5.726634	6910.004	67.49598	IDL	5.928951	IDL
762	14	392.2486	IDL	14.65004	96.89464	IDL	8.045811	IDL	11.47272	IDL	4.872241	IDL
14 (13)	Média	2406.767	26.13479	28.33091	527.6619	15.67825	17.58474	28523.82	184.0266	26.1312	16.83536	15.14595
	Maior	4005.709	173.7703	184.797	1418.904	172.1052	172.9768	55206.22	400.2933	145.7662	171.3742	166.6055
	Menor	392.2486	IDL	7.242478	96.89464	IDL	IDL	IDL	11.47272	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	1219.471	53.13493	52.06281	375.2176	51.88107	51.63496	20492.72	134.4876	44.13842	51.29949	50.23344
55	15	14440.81	944.1969	24.25516	1457.656	14.56232	IDL	61413.25	596.2415	37.03745	IDL	38.12297
82	15	2963.693	IDL	8.932268	626.1763	IDL	6.974463	39587.01	383.906	IDL	5.525138	IDL
83	15	2897.346	IDL	6.121995	395.1537	0.876745	9.950156	27273.31	164.0973	17.58793	3.334449	IDL
84	15	3227.362	142.085	21.74747	342.7184	2.587759	1.414053	51601.57	181.5569	IDL	IDL	2.499856
85	15	4319.629	IDL	8.23674	534.6075	IDL	IDL	44009.91	241.0221	22.24857	IDL	IDL
89	15	2634.599	IDL	23.58925	401.0161	IDL	IDL	22864.82	124.8522	21.92041	IDL	IDL
285	15	2552.278	6.319388	15.66439	869.1463	IDL	IDL	59666.42	438.6942	47.49789	IDL	IDL
286	15	2383.544	IDL	27.33628	493.8303	IDL	IDL	5483.94	165.7451	27.44623	IDL	IDL
289	15	1790.19	26.67543	17.25618	428.3563	IDL	IDL	16340.21	234.4461	47.6579	IDL	IDL
15 (9)	Média	4134.384	124.3641	17.01553	616.5178	2.002981	2.03763	36471.16	281.1735	24.5996	0.984399	4.513648

Tabela 2. (continuação)

Amostra	Bacia	Ag	Al	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cu	Fe	K	Li
(n)							$\mu\text{g/L}$					
	Maior	IDL	21105.41	117.5434	10.13794	68316.33	1.85136	67.6388	145.1872	5678.004	933.406	18.87485
	Menor	IDL	IDL	3.592309	IDL	21419.97	IDL	2.631557	IDL	IDL	230.4531	3.147345
	Desvpad	IDL	6896.524	35.98227	3.567082	14730.1	0.720953	20.65156	47.64597	2374.797	247.9119	4.804199
54	16	IDL	84.03133	11.38246	IDL	16654.67	4.13432	8.745887	IDL	80.96107	230.8085	1.479765
87	16	IDL	232.1394	1.235591	2.004685	6109.683	IDL	7.822981	IDL	134.8685	238.6286	7.127478
88	16	IDL	IDL	11.4249	IDL	7313.112	3.135312	6.771462	1.115683	6.818721	113.9406	1.669214
16 (3)	Média	IDL	105.3902	8.014316	0.668228	10025.82	2.423211	7.78011	0.371894	74.21609	194.4592	3.425485
	Maior	IDL	232.1394	11.4249	2.004685	16654.67	4.13432	8.745887	1.115683	134.8685	238.6286	7.127478
	Menor	IDL	IDL	1.235591	IDL	6109.683	IDL	6.771462	IDL	6.818721	113.9406	1.479765
	Desvpad	IDL	117.5343	5.870586	1.157405	5772.201	2.15719	0.98791	0.64414	64.2908	69.84074	3.207418
44	Mar	IDL	33329.46	141.005	IDL	70218.03	0.628377	24.94718	61.91971	15367.08	77571.9	41.89812
538	Mar	IDL	130169.3	414.5979	IDL	31779.45	IDL	38.77169	328.4378	76937.71	16279.01	28.82618

Tabela 2. (continuação)

Amostra	Bacia	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	S	Sr	Tl	V	Zn
(n)		$\mu\text{g/L}$										
	Maior	14440.81	944.1969	27.33628	1457.656	14.56232	9.950156	61413.25	596.2415	47.6579	5.525138	38.12297
	Menor	1790.19	IDL	6.121995	342.7184	IDL	IDL	5483.94	124.8522	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	3925.77	310.8958	7.8062	353.3771	4.788255	3.746346	19655.77	158.0429	17.64571	2.02868	12.63058
54	16	2013.827	IDL	18.81546	288.0271	1.131102	IDL	28847.81	88.03754	3.534104	IDL	IDL
87	16	744.6823	IDL	6.319774	204.6425	IDL	IDL	IDL	45.75439	IDL	IDL	IDL
88	16	820.2212	IDL	12.63872	233.1945	IDL	4.791767	IDL	36.18742	IDL	IDL	IDL
16 (3)	Média	1192.91	IDL	12.59132	241.9547	0.377034	1.597256	9615.936	56.65978	1.178035	IDL	IDL
	Maior	2013.827	IDL	18.81546	288.0271	1.131102	4.791767	28847.81	88.03754	3.534104	IDL	IDL
	Menor	744.6823	IDL	6.319774	204.6425	IDL	IDL	IDL	36.18742	IDL	IDL	IDL
	Desvpad	711.9373	IDL	6.247976	42.37689	0.653042	2.766528	16655.29	27.59175	2.040416	IDL	IDL
44	Mar	191689.4	238.9783	17.96476	147572.7	4.876142	5.919112	246223.2	1451.581	IDL	33.39598	IDL
538	Mar	28643.93	1115.618	13.02032	1064.633	16.2128	11.80388	18549.77	680.5792	IDL	197.3104	100.6604