

MANOEL RICARDO DE ALBUQUERQUE FILHO

**Geoquímica de solos da Península Keller, Ilha Rei George,
Antártica, como subsídio ao monitoramento ambiental**

**Tese 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
“*Doctor Scientiae*”.**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005**

MANOEL RICARDO DE ALBUQUERQUE FILHO

**Geoquímica de solos da Península Keller, Ilha Rei George,
Antártica, como subsídio ao monitoramento ambiental**

**Tese 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 “*Doctor Scientiae*”.**

APROVADA: 23 de março de 2005.

Prof. Liovando Marciano da Costa
(Conselheiro)

Prof. Walter Antônio P. Abrahão

Prof. Márcio Rocha Francelino

Prof. Meubles Borges Júnior

Prof. Carlos Ernesto G. R. Schaefer
(Orientador)

A Deus

À minha esposa Flávia

A meus pais, irmãos e sobrinhos

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À minha esposa Flávia, companheira em todos os momentos, meu ombro amigo e minha inspiração,... meu porto seguro!

Aos meus pais e irmãos, pelo apoio, torcida, incentivos e amor dedicado incondicionalmente, sem o que não teria chegado tão longe.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos pelas oportunidades nos cursos que me fizeram o profissional de hoje.

À Marinha do Brasil, em especial à Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – SECIRM e ao Programa Antártico Brasileiro – PROANTAR, que viabilizaram minha ida à Antártica.

A todos que participaram da Operação Antártica XXI, destacando aqueles com quem convivi na Estação Antártica Comandante Ferraz - EACF, que tornaram ainda mais inesquecíveis os momentos antárticos.

Ao CNPq, pela concessão de bolsas de Iniciação Científica e Doutorado.

À Embrapa Cerrados, na pessoa do Dr. Roberto Teixeira, que incentivou e apoiou a conclusão deste curso, e ao colega da UEP-TO, Marcelo Cunha, pelo apoio e valiosas sugestões no meu exame de Qualificação.

Ao grupo Criosolos, em especial ao Prof. Liovando, Prof. Luiz Dias, ao Carlos Ernesto, ao Márcio Francelino, ao Felipe Simas e ao Roberto Michel, que fizeram parte deste trabalho desde o início.

Ao Márcio Francelino, que da parceria no Projeto Criossolos, onde foi fundamental para a realização deste trabalho, construiu uma amizade que jamais esmaecerá, estendendo-se à sua esposa Kélia e seu filho Gabriel.

Ao amigo Felipe Simas, com quem divido todos os frutos deste trabalho, pelo companheirismo e amizade que me dedicou.

Ao Isaac Santos, que nos curtos espaços de convivência e cooperação se tornou parceiro muito admirado.

Aos estagiários do Projeto Criossolos, em especial ao Victor Pereira, ao Marcelo Guerra e à Mariana que colaboraram na execução laboratorial deste trabalho com especial dedicação e carinho.

Ao Meubles, pela dedicação no apoio às análises e pela amizade.

A todos que fazem o Departamento de Solos: funcionários, professores e alunos, que ao longo do tempo tornaram-se amigos, antes de tudo. Dentre estes gostaria de citar Eliane, Edgley, Dani, Paloma, Roseli, Claudinha, Luciana Castro, Clístenes, Gilvan, Vinícius, Marcelo, Valdinar e Zélia.

Aos amigos Kazuo, Valadares, Ricardo Pagotto, Darike, Luciano e Dionízia pelo agradável convívio na República.

Aqueles que hoje são também minha família, Juarez, Miriam, Suzana, Andréa, Fernando, Edu, Sr. João e D. Lídia, por todo o apoio e carinho.

Ao Professor Liovando, que mais do que um conselheiro, tornou-se um exemplo que pretendo seguir.

Ao Mestre Carlos Ernesto Schaefer, que me apresentou as oportunidades mais importantes, me orientou e projetou toda a minha vida profissional, criando um laço de amizade que ultrapassa a vida acadêmica.

BIOGRAFIA

MANOEL RICARDO DE ALBUQUERQUE FILHO, filho de Manoel Ricardo de Albuquerque e Maria José Silva de Albuquerque, nasceu em Goiana, Pernambuco, em 03 de dezembro de 1972.

Em março de 1999, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

Em agosto de 1999 iniciou o curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, defendendo Tese em julho de 2001.

Em agosto de 2001 iniciou o curso de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, defendendo Tese em março de 2005, quando já atuava como Pesquisador em Manejo e Conservação do Solo pela Embrapa Cerrados, onde ingressou em outubro de 2004.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Origem e evolução geológica da Ilha Rei George.....	4
2.2. Mineralização sulfetada e intemperismo periglacial.....	8
2.3. Contaminação e monitoramento ambiental na Antártica Peninsular.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Descrição da área.....	22
3.2. Amostragem e descrição dos Perfis.....	24
3.3. Caracterização Física.....	25
3.4. Caracterização Química.....	31
3.5. Determinação dos elementos traços em solos.....	31
3.5.1. Análise total.....	31
3.5.2. Extração seqüencial.....	31
3.6. Coberturas vegetais.....	33
3.7. Obtenção do mapa de domínios pedogeoquímicos.....	33

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1. Caracterização física e química.....	35
4.2. Extração seqüencial e background geoquímico.....	52
4.3. Bioindicadores.....	84
5. CONCLUSÕES.....	91
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
7. APÊNDICE.....	104

LISTA DE TABELAS

	Página	
1	Localização geográfica e descrição dos geoambientes dos 26 perfis amostrados na Península Keller.....	27
2	Resultados das análises físicas dos solos da Península Keller.....	38
3	Resultados das análises químicas realizadas nos solos da Península Keller.....	43
4	Teores totais de alguns metais na fração TFSA (< 2,00 mm), nos solos da Península Keller.....	53
5	Teores de alguns metais na fração solúvel em água, nos solos da Península Keller.....	57
6	Teores de alguns metais na fração trocável, nos solos da Península Keller.....	59
7	Teores de alguns metais na fração ligada a carbonatos, nos solos da Península Keller.....	61
8	Teores de alguns metais na fração ligada a óxidos amorfos, nos solos da Península Keller.....	63
9	Teores de alguns metais na fração ligada a óxidos cristalinos, nos solos da Península Keller.....	65
10	Teores de alguns metais na fração ligada à matéria orgânica/sulfetos, nos solos da Península Keller.....	67
11	Teores de alguns metais na fração residual, nos solos da Península Keller.....	69
12	Amplitudes observadas na concentração total de alguns metais nos solos e sedimentos marinhos da Península Keller e Baía do Almirantado.....	76
13	Fator de acumulação estimado para os teores de metais nas frações disponíveis (solúvel em água + trocável + ligada à matéria orgânica) e total, nos solos da Península Keller.....	79
14	Descrição resumida dos domínios pedogeoquímicos da Península Keller.....	82
15	Análise estatística dos teores de metais em amostras de	

	plantas da Península Keller.....	87
16	Valores-limite de metais pesados em musgos e líquens (mg kg ⁻¹ de massa seca) de diferentes regiões, incluindo a Antártica, compilados por Francelino (2005).....	88

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Mapa do Continente Antártico, destacando a Ilha Rei George, no Arquipélago das Ilhas Shetlands do Sul (Fonte: Francelino, 2004).....	23
2 Limite da AAEG da Baía do Almirantado, na Ilha Rei George (Fonte: Arigony, 2001).....	24
3 Localização geográfica dos 26 perfis de solos para estudos geoquímicos, coletados na Península Keller. (Adaptado de Francelino (2004).....	30
4 Vista aérea de uma pluma de sedimentos sobre terraço marinho na Península Keller.....	37
5 Difractograma de raios-X da fração argila do perfil K24, na Península Keller, ilustrando a presença de jarosita/natrojarosita entre 27,5 e 29,5 $^{\circ}2\theta$. Material cedido por Simas et al. (2005 – dados não publicados).....	37
6 Perfil K5, ilustrando a influência de diferentes materiais de origem em alguns solos da Península Keller.....	41
7 Perfil K21 – Terraço marinho soerguido com presença de verniz ferruginoso encobrendo a superfície dos fragmentos de rochas.....	47
8 Esquema ilustrando a atuação da crioturbação de solos em áreas periglaciais (modificado de Bockheim e Tarnocai, 1998).....	47
9 Esquema ilustrando solos crioturbados em moraina com colonização mista, na Península Keller.....	48
10 Gráfico de distribuição dos 26 perfis de solos da Península Keller em função do pH, Al trocável e P-rem.....	49
11 Fracionamento do Cu em solos originados de basalto andesítico (K16) e de andesito piritizado (K24) na Península Keller.....	55

12	Cenário-Teste: Mapa de isolinhas dos metais Al, Fe e Cu biodisponíveis nos solos da Península Keller.....	81
13	Mapa dos domínios Pedogeoquímicos da Península Keller.....	83
14	Mapa de isolinhas para os teores totais de alguns metais em briófitas da Península Keller.....	90

RESUMO

ALBUQUERQUE FILHO, Manoel Ricardo de, D. S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2005. **Geoquímica de solos da Península Keller, Ilha Rei George, Antártica, como subsídio ao monitoramento ambiental.** Orientador: Carlos Ernesto G. Reynaud Schaefer. Conselheiros: Liovando Marciano da Costa e Luiz Eduardo Dias.

Na Península Keller, localizada na Ilha Rei George, Antártica Marítima, os teores de metais pesados em solos, sedimentos costeiros e coberturas vegetais foram estudados, com relação aos teores totais, assim como às diferentes frações minerais e orgânica que controlam a biogeoquímica desses elementos. O estudo pretendeu servir de base para o monitoramento ambiental dos ecossistemas costeiros da Península. Os trabalhos foram conduzidos nos laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, a partir das amostras coletadas durante a XXI Operação Antártica. Os solos apresentaram grande variabilidade nas propriedades físico-químicas em função da grande variação e mistura de materiais de origem, e da ocorrência generalizada de mineralizações sulfetadas, cuja oxidação, gerando drenagem ácida, aumentou a biodisponibilidade de alguns metais. A afinidade calci-alcalina das rochas da região reflete-se nos teores de metais nos solos, que apresentaram Cu como único elemento-traço em concentração anômala, e teores totais de Al bastante altos, associado com elevada adsorção de fósforo, quando

presente. Além disso, a intensidade da crioturbação e variação do nível do *permafrost* e da camada ativa dos solos nestes ambientes periglaciais foram fatores determinantes na pedogeoquímica, exceto em áreas de maior estabilidade da paisagem, gerando um padrão de distribuição de elementos até certo ponto caótico. Isso condicionou uma difícil separação de materiais, tanto morfológica quanto geoquimicamente. Os padrões geoquímicos são influenciados também pela salinidade costeira e variações hídricas sazonais na camada ativa, gerando condições arídicas nas partes elevadas da península, que mascaram a tendência à acidificação dos materiais sulfetados. Apesar disso, a oxidação de sulfetos com conseqüente drenagem ácida induz ao aprofundamento geral do perfil de alteração. A variação do nível do *permafrost*, aliado à crioturbação e solifluxão, interferem no estabelecimento de valores de referência para ambientes periglaciais, como a Península Keller. Assim, há uma grande anisotropia vertical e horizontal. O estabelecimento do mapa pedogeoquímico só foi possível pela boa definição de padrões de campo e sua identificação nas aerofotos produzidas. Entre os 17 domínios mapeados, os principais domínios pedogeoquímicos identificados em Keller são: (1) solos ácidos e de coloração amarelo-clara, influenciados pela oxidação de sulfetos, onde os teores de Al são muito elevados e ocorre lixiviação por drenagem ácida, com concentração de metais em fases mais trocáveis; (2) solos básicos, de coloração escura/acinzentada pelos minerais máficos presentes, e maior concentração de metais na fração residual. Em Keller, atividade ornitogênica é relativamente fraca, mas também influencia os padrões pedogeoquímicos locais. Com base na extração seqüencial, valores nulos de Pb e Cd, em todos os solos, sendo estes usualmente associados a atividades antropogênicas, ilustra que a Península Keller não sofreu contaminação relevante em seus ecossistemas terrestres, ao contrário de evidências de sedimentos marinhos, que mostram alguma concentração de Pb e outros metais. Teores nulos ou abaixo do limite de detecção pela técnica de Espectrofotometria de Emissão Óptica com Plasma acoplado por Indução, tornam promissor o monitoramento de longo prazo destes elementos, em áreas selecionadas, para avaliar possíveis contaminações advindas das

atividades humanas. Valores nulos de As ilustram que os sulfetos presentes em Keller não mostram arsenopirita como componente. A maficidade das rochas influenciam a composição geoquímica, com teores mais elevados de Fe e Mn, mas teores baixos de Ni e Cr, evidenciando que não possuem contribuição ultrabásica relevante, corroborando a natureza cálcio-alcalina das rochas vulcânicas mais comuns na região. Os teores de metais como Ba, Sr e Mn encontrados em elevadas concentrações nas coberturas vegetais analisadas, refletem a alta biodisponibilidade destes na região. A grande capacidade de bioacumulação de metais por briófitas e Usneas, corroborada pelas concentrações nas plantas acima dos teores naturais de alguns elementos litogênicos podem levar a conclusões equivocadas a respeito de contaminação antrópica. No entanto, Briófitas representam promissores bioprospectores de contaminação em meio aquoso, enquanto líquens como Usnea, podem ser utilizados para biomonitoramento de elementos de proveniência atmosférica nos ecossistemas costeiros da Península Keller.

ABSTRACT

ALBUQUERQUE FILHO, Manoel Ricardo de, D. S., Universidade Federal de Viçosa, march, 2005. **Geochemistry of Soils of Keller Península, King George Island, Antarctica, as applied to the environmental monitoring.** Adviser: Carlos Ernesto G. Reynaud Schaefer. Committee Members: Liovando Marciano da Costa and Luiz Eduardo Dias.

In Keller Península, King George Island, Maritime Antarctica, the amount of heavy metals in soils, coastal sediments and plants were studied, with reference to total plant amounts, as well as to the organic or mineral fractions controlling the biogeochemistry of these elements. The study aimed to subsidize the environmental monitoring of terrestrial ecosystems of Keller Península. Studies were conducted in the laboratories of the soil science department of Federal University of Viçosa, in soil samples collected during the XXI Brazilian Antarctic Operation. The soils showed variability in their physico-chemical properties, in function of the great mixture of different parent-materials, as well as to the occurrence of sulfide mineralization, generating acidity, enhancing the bioavailability of some metals. The chalc-alkaline nature of the volcanic rocks in the region is corroborated by the metal contents in the soils, where Cu is the only metal with abnormal levels; aluminium amounts are very light, causing a higher P absorption to occur. The intensity of cryoturbation and variations in permafrost and active layer

depths in these periglacial environments were important factors to explain the pedo-geochemistry, except for the most stable landscapes; this has led to a relatively random distribution of elements in, and between, soils. This has also led to difficulties in the adequate separation of soil materials, based on either morphological or chemical aspects. The geochemical behaviour is influenced by coastal salinity and moisture variations in the active layer, causing aridic conditions in the upper parts of the landscape, masking the tendency for soil acidity in sulfide-rich materials in the upper parts. Overall, sulfide oxidation led to greater soil development. Due to spatial and temporal variations in the permafrost, as well as to the intense solifluction during the summer, there is severe limitation for establishing background levels for heavy metals in terrestrial ecosystems of Keller. Also, there is high anisotropy both horizontal and vertical in the soils studied. Hence, the identification of pedogeochemical units in the map was only possible, after a good definition of field patterns and their proper identification in the aerial photos. Among the seventeen pedogeochemical domains identified in Keller, the main ones are: (1) acid soils with light brown-yellowish colors, influenced by sulfide oxidation, associated with high Al, acid drainage and greater mobility of metals; (2) basic soils, with dark greyish colors due to mafic minerals present, and greater metal concentration in the residual forms. In Keller, the ornithogenic activity is relatively weak, but has also an influence in the pedogeochemical background, locally. Based on the sequential extraction procedure, an absence of Pb and Cd in all soils indicates that Keller does not have a high anthropogenic input, and that no serious contamination occurs in the terrestrial ecosystems, contrary to evidence from the coastal marine sediments, which shows some concentration of Pb and other metals. The absence of anthropogenic metals (Pb and Cd) by ICP spectrometry suggests a promising use of these heavy-metals for the long-term monitoring of selected areas, aiming to evaluate possible contamination caused by human activities. No detection of As in all soils illustrates that the sulfides in Keller does not possess arsenopyrite as component. The maficity of volcanic rocks has influenced the geochemical composition of soils, with high Fe and Mn amounts, associated with low Cr and Ni, indicating no

tendency for ultrabasic rocks, corroborating the calci-alkaline nature of the basalts and andesite volcanics of the region. Higher amounts of metals, such as Ba, Sr and Mn, in some plant materials studied are the result of high soil bioavailability in Keller. The good capacity of bioaccumulation in mosses and lichens (*Usnea*) with greater concentration of metals compared with local substrates, can mislead the conclusions of contamination. However, mosses have shown to be promising bioprospectors of contaminated soil/water medium, whereas the lichens may be used for the biomonitoring of elements coming from atmospheric inputs in terrestrial environments of Keller Peninsula.

1. Introdução

Os ecossistemas antárticos são resultados de um longo período de adaptação às condições extremas, e se caracterizam pela alta sensibilidade a alterações ambientais devido a sua baixa resiliência e lenta taxa de recuperação (Bargagli et al., 1998a). Até recentemente, acreditava-se que a maioria dos ecossistemas Antárticos estava livre de contaminação antrópica, em função do isolamento do Continente e da ausência de atividades humanas significativas na região. Entretanto, a introdução e acúmulo de contaminantes pelas estações de pesquisa, associado à deposição de poluentes de fontes distantes que alcançam a Antártica por meio dos sistemas de circulação atmosférica e marítima, têm sido registradas em diversos estudos (Godoy et al., 1998; Wolff et al., 1999; Sheppard et al., 2000; Nygard et al., 2001; Biester et al., 2002; Stark et al., 2003; Santos et al., 2005), chamando atenção da comunidade científica mundial, no sentido de concentrar esforços para a proteção e monitoramento ambiental do continente.

Dentre os contaminantes, os metais pesados têm recebido atenção especial devido ao elevado potencial de toxidez, mesmo em baixas concentrações, e pela sua capacidade de atingir diferentes níveis tróficos e sistemas biológicos que, na Antártica, são relativamente simples e com estreita interrelação, sendo particularmente afetados por esses elementos.

Os ciclos biogeoquímicos de metais pesados na Antártica envolvem, além dos mecanismos de contaminação, o efeito de concentração na neve e gelo por processo de congelamento/descongelamento, o revolvimento e mistura pela crioturbação, pulsos de fluxos hídricos no período

de degelo, a imobilização biológica e a remoção, transporte e deposição sedimentar marinha, dificultando uma diferenciação precisa das causas e uma percepção acurada da extensão do problema. Isto se torna ainda mais difícil na Península Antártica e ilhas costeiras da região, onde condições glaciais associadas às periglaciais, com temperaturas mais elevadas que as ocorrentes na porção continental da Antártica, intensificam os ciclos hidrológicos e biológicos, e a proximidade com a América do Sul aumenta a possibilidade de entrada de metais pesados via atmosfera. Em adição, a ocorrência de expressivas mineralizações de rochas sulfetadas (Birkenmajer, 1980; Pride, 1990; Groeneweg & Beunk, 1992), geram taxas locais mais elevadas de intemperismo químico e pedogênese, influenciando no ciclo biogeoquímico dos metais pesados (Darmody et al., 2000; Schaefer et al., 2004).

Na Ilha Rei George, parte do arquipélago das Shetlands do Sul há uma elevada ocorrência de andesitos piritizados e veios de quartzo-pirita, em meio aos materiais mais máficos (Barton, 1965), cujas interferências na geoquímica dos metais pesados nos solos e sedimentos da região ainda não foram devidamente estudadas. Além disso, os ambientes costeiros são continuamente expostos à contaminação por metais pesados, gerada principalmente pela queima de combustível fóssil, derramamento de petróleo e derivados, incineração de lixo, lançamento de esgoto doméstico e alguns produtos químicos de laboratórios de nove países, incluindo o Brasil, que mantêm estações de pesquisa na Ilha.

Os registros dessa contaminação são encontrados em solos, sedimentos, líquens, animais e água do degelo e do mar no entorno das estações. Contudo, a base de dados existente é ainda muito incipiente, permitindo apenas análises pontuais, enquanto a intensidade de contaminação, em particular nos solos, os ciclos biogeoquímicos dos metais pesados e o papel que a água líquida desempenha na partição e transporte desses elementos são pouco conhecidos, apesar dos esforços dos países em minimizar o problema por meio de Programas de Monitoramento e Gerenciamento Ambiental.

Neste contexto, o Projeto Criossolos Austrais, inserido na rede de projetos para o monitoramento dos indicadores ambientais básicos para avaliação do impacto local causado pelas atividades do Programa

Antártico Brasileiro (Rede II do PROANTAR), vem desenvolvendo um amplo trabalho de levantamento, mapeamento e caracterização dos solos e sedimentos costeiros sob influência brasileira na Área Antártica Especialmente Gerenciada da Baía do Almirantado, na Ilha Rei George, com ênfase para a Península Keller, onde se situa a estação brasileira de pesquisa – Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), no sentido de fornecer subsídios para as estratégias de monitoramento da área.

O presente estudo objetivou, de forma geral, caracterizar os padrões geoquímicos nos solos e sedimentos da Península Keller, por meio de análises físicas e químicas, determinação de teores totais e extração seqüencial de uma toposeqüência composta de 26 perfis de solos. Especificamente, o trabalho visou estudar o fracionamento químico de metais pesados nos solos da Península Keller, ajudando na avaliação da extensão com que processos naturais e antrópicos contribuem para a biodisponibilidade destes metais nos ecossistemas costeiros da região, enquadrando-se nos objetivos da Rede 2 do PROANTAR para a Área Especialmente Gerenciada da Baía do Almirantado.

2. Revisão de Literatura

2.1 – Origem e evolução geológica da Ilha Rei George

A Zona Antártica Marítima é parte do cinturão móvel Antártico-Andino, constituído por rochas vulcânicas, de idade Mesozóica a Cenozóica, que têm sua gênese atribuída, principalmente, a vulcanismo calco-alcalino e alcalino (Pride et al., 1990). A porção mais recente da região é representada pelo arquipélago das Ilhas Shetlands do Sul, formado no Terciário Superior e Quaternário inferior, com atividade vulcânica atual, localizado no norte da Península Antártica, (Birkenmajer,1982). A evolução geológica das Ilhas está intimamente ligada à formação Meso-Cenozóica da Península Antártica e ao Arco de Scotia, que abriu a passagem de Drake e o estreito de Bransfield, individualizando a Península Antártica. O lado oeste do Arquipélago, voltado para a passagem de Drake, foi formado pela subducção da porção sudeste da crosta do Oceano Pacífico sob a extremidade da crosta litosférica da Antártica, do fim do Mesozóico até o período recente. A depressão oceânica na trincheira (graben) das Shetlands do Sul, no nordeste do grupo de ilhas, pode ser considerada como um remanescente da subducção, que finalizou há aproximadamente 4 Ma atrás. No final do Plioceno e início do Pleistoceno, o grupo de ilhas foi separado da Península Antártica pela abertura do estreito de Bransfield, que é, portanto de origem recente. Vulcões ativos (Deception) ou inativos (Ilha Pingüin) denunciam a atual mobilidade termo-tectônica da Antártica Peninsular.

A ilha Rei George, localizada no meio do arco magmático que forma o arquipélago das Ilhas Shetland do Sul, surgiu pela erupção de magmas transicionais entre a crosta oceânica e a Placa Antártica, variando de calco-alcalinos a alcalinos, constituindo desde lavas basálticas até andesíticas, rochas piroclásticas e depósitos vulcânicos, além de rochas hipoabissais que variam em idade do Cretáceo Superior até o Oligoceno (Birkenmajer, 1982). Do ponto de vista tectônico, a Ilha Rei George é formada por uma sucessão escalonada de vários blocos tectônicos de direção predominante NE-SW, separados por falhas, constituindo horsts e grabens (Groeneweg & Beunk, 1992), cujas principais unidades geotectônicas são:

- 1 – Horst de Barton:** bloco deslocado positivamente que forma a parte mais alta da ilha e consiste principalmente de vulcanitos calco-alcalinos, com intercalações de sedimentos de baixo grau metamórfico (Tokarski, 1987). Estas rochas são principalmente de origem terrestre, com influência marinha restrita (Birkenmajer, 1980). Suas idades foram determinadas entre 66,7 e 26 Ma de anos (Birkenmajer, 2001).
- 2 – Bloco Fildes:** consiste principalmente de lavas terrestres fracamente dobradas, tufo, aglomerados basálticos e andesíticos, bem como algumas rochas de composição dacítica, com vários registros de horizontes fósseis, verdadeiros paleossolos. Datações realizadas com K-Ar sugerem a idade entre o Paleoceno Superior e o Eoceno Médio/Superior (43-42 Ma) (Smellie et al., 1984; Tokarski, 1987; Birkenmajer, 1997).
- 3 – Bloco Warsaw:** composto de vulcanitos sem evidências de metamorfismo ou dobramentos, e sedimentos subordinados (Tokarski, 1987). Esse bloco é referido como Supergrupo Ilha Rei George (Birkenmajer, 1980), com idades entre 77 e 37 Ma (Groeneweg & Beungk, 1992).

A Península Keller, onde se localiza a EACF, está incluída na unidade Horst de Barton, onde podem ser reconhecidos os seguintes Grupos e

Formações geológicas (Schaefer et al., 2004b; modificada de Birkenmajer, 1982; 2001):

1 – Grupo Enseada Martel: Importante unidade introduzida por Birkenmajer em 1980 (Birkenmajer, 2001), representando diversos complexos vulcânicos do tipo estratocone terrestre, emitidos a partir de diferentes centros, e com mais de 1160 metros de espessura, com sobreposições entre emissões. Possui natureza calco-alcalina, relacionada à subdução da crosta do Oceano Pacífico sob a borda continental Antártica. As lavas variam de composição desde basáltico-andesítica até basaltos aluminosos e andesitos, com vulcânicas ácidas-intermediárias subordinadas (riólitos e dacitos). O grupo apresenta-se intensamente cloritizado e carbonatizado. Na área de Keller, o Grupo Enseada Martel é subdividido em três Formações principais (duas outras Formações ocorrem em outras áreas da Baía, fora da península), descritas a seguir.

1.1 – Formação Glaciar Domeyko: Terceira Formação do Grupo Enseada Martel, possui cerca de 320 metros de espessura, repousando concordantemente sobre a Formação Ancoradouro Visca. Ocorre com freqüência na parte norte da Península, em torno do Pico Birkenmajer. Consiste de basaltos andesíticos a lavas de andesitos, de cores esverdeadas, acinzentadas e até purpúreas, além de intercalações de tufos e aglomerados. Cores verdes claras dominantes revelam a intensa cloritização e carbonatação sofridas. A idade mais provável é Paleocênica.

1.2 – Formação Ancoradouro Visca: Formação intermediária do Grupo Enseada Martel, compreende litologias situadas imediatamente abaixo da Formação Glaciar Domeyko, com cerca de 140-145 metros, sendo separada da Formação Península Keller por discordância angular bem marcada. Esta Formação é subdividida em 2 membros: (1) Membro Barton Buttress, com 110 metros, com andesitos cinza esverdeados e lavas basálticas, intercalado com brechas vulcânicas de cores variadas; (2) Membro Crista Tyrrel, com 30-35 metros (Paleoceno-66 MA), composto

de aglomerados verdes andesíticos, grosseiros, com deposições (intercalações ?) de madeiras petrificadas e tufos palagoníticos (alofânicos) na parte superior. Este membro repousa diretamente sobre a Formação Barton Buttress.

1.3 – Formação Península Keller: Formação de base e mais antiga do Grupo Enseada Martel, com idades radiométricas que sinalizam uma provável idade do limite Cretáceo-Terciária (66 Ma) e possivelmente mais antiga por reaquecimento durante o Terciário. Seu contato basal é desconhecido. Possui espessura estimada entre 235-270 metros (Birkenmajer, 2001). Apresenta inúmeros fragmentos de madeiras fossilizadas, alguns de grandes dimensões, especialmente nos piroclásticos e brechas basais de fluxos de lavas. Possui os Membros Punta Plaza, com espessas corridas de lavas de basaltos e andesitos, além de paleossolos observados por Carlos Schaefer durante a XXI OPERANTAR, em 2002, com intensa carbonatação. O Membro Monte Flagstaff, superior, é predominantemente formado por tufos cineríticos, aglomerados e brechas, sendo, portanto uma típica seqüência de estratocone vulcânico. Fósseis intercalados em ambos os membros denotam sua origem continental.

2 – Intrusão Andina - Grupo Pico Wegger, com sulfetos: Este Grupo foi introduzido por Birkenmajer em 1980 (Birkenmajer, 2001) para representar os inúmeros plutons “tipo andinos” da Ilha Rei George. Sua composição varia de quartzo-gabro até quartzo-diorítica, e são freqüentemente associados com mineralizações sulfetadas do tipo quartzo-pirita/calcopirita. Ocorrem apenas no Bloco elevado de Barton (Horst), cortando os depósitos vulcânicos estratiformes do Grupo Enseada Martel. A idade radiométrica desse plutonismo varia de Paleoceno (63 Ma) até Oligoceno (32 Ma).

3 – Diques vulcânicos Grupo Baía do Almirantado (Paleoceno até Mioceno): São diques hipoabissais relacionados a zonas de falhas, de dimensões decamétricas até métricas, que cortam o Grupo Enseada Martel, com composições variando de basaltos a andesitos. Alguns

representam condutos vulcânicos do complexo estratiforme, sendo assim contemporâneos do vulcanismo Enseada Martel.

4 – Depósitos periglaciais/glaciais Quaternários indiferenciados:

Depósitos superficiais de scree, terraços marinhos, flúvio glaciais e outros, relacionados a transporte e deposição de geleiras e águas de degelo.

Na Península Keller é comum a ocorrência de andesito piritizado, veios hidrotermais de quartzo-pirita e intrusões de granodioritos e dioritos da suíte intrusiva andina, com estrutura mineralizada rica em quartzo, calcita e pirita, além de óxidos de ferro e carbonatos de cobre secundários, contendo concentrações anômalas de Cu (valores médios entre 93 e 150 mg kg⁻¹) e consideráveis teores de Mo e Zn (Pride et al., 1990). Barton (1965) mapeou dois veios de quartzo-pirita e andesito piritizado nesta península, um deles com mais de 2 km de comprimento e 155 m de largura. A ampla redistribuição de sedimentos glaciais quaternários de tálus e scree alterou profundamente a distribuição geoquímica na Península, possivelmente mascarando efeitos locais.

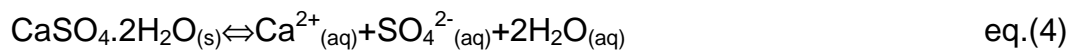
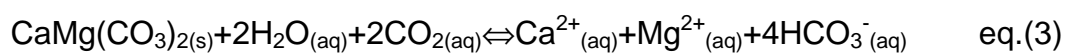
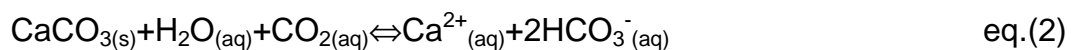
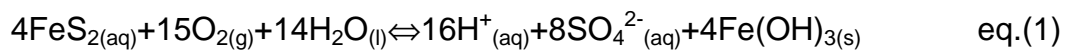
2.2 – Mineralização sulfetada e intemperismo periglacial

As mineralizações sulfetadas, principalmente a ocorrência disseminada de pirita/calcopirita, afetam os backgrounds geoquímicos dos solos e sedimentos em regiões periglaciais, pela oxidação desses sulfetos e geração de drenagem ácida que, em parte, compensam o efeito das baixas temperaturas nas taxas de denudação química e na pedogênese (Darmody et al., 2000).

A maioria dos trabalhos visando o estudo desses processos em ambientes glaciais, periglaciais e alpinos é baseada em métodos indiretos, principalmente pelo monitoramento dos fluxos de solutos na água de drenagem, uma vez que muitas áreas são inacessíveis devido às coberturas de gelo ou pela constante mistura de materiais que dificultam diferenciar a translocação e as transformações “in situ”, daquelas oriundas das áreas fontes

dos sedimentos (Oliva et al., 2004). Os estudos conduzidos por Darmody et al. (2000) em Kärkevagge, um vale glacial do Círculo Ártico na divisa Suécia/Noruega, baseando-se no total de sólidos dissolvidos, mostram que o intemperismo químico neste vale excede as taxas de outras regiões do Ártico, em função da ação mecânica da erosão glacial que expõe rochas contendo pirita, cuja oxidação acelera o intemperismo químico e liberação de íons em solução. Os trabalhos de Rimstidt e Vaughan (2003) com solos da Suécia e da Finlândia analisados antes e depois da oxidação de sulfetos não apresentaram diferenças significativas no teor de Cu, Ni, Mn, Co e Cd nas argilas, entre os solos com e sem sulfetos, no entanto, os solos com sulfetos apresentaram maior mobilidade de cátions, com intensa lixiviação de Cd e Ni, em função da drenagem ácida resultante da oxidação.

Segundo Waldham et al. (2001), os processos geoquímicos em áreas glaciais ou periglaciais são bastante sazonais e variam espacialmente. Os fatores que mais influenciam tais processos são a abundância de fragmentos de rochas reativos nas morainas e depósitos fluviais subglaciais e a quantidade de água líquida disponível durante o verão, que governa três reações chaves e suas interações: a oxidação de sulfetos (eq.(1)), a dissolução e precipitação de carbonatos (eqs. (2) e (3)) e a precipitação e dissolução de sais de Ca-Mg, como o gipso (eq. (4)).



Observa-se, portanto, que a drenagem ácida é resultante de um processo que envolve tanto reações produtoras de acidez (eq. 1), quanto reações capazes de produzir alcalinidade (eq. 2 e 3), cujas cinéticas são dependente principalmente de condições ambientais, no caso da oxidação de sulfetos, e da solubilidade dos materiais de origem, no caso dos carbonatos (Abrahão, 2002). Segundo este autor, além do tamanho e tipo dos cristais de pirita, as reações relacionadas com a drenagem ácida dependem também do

regime hídrico a que o substrato em consideração está submetido, ocorrendo de forma sazonal.

A oxidação de sulfetos de ferro e formação de drenagem ácida é, provavelmente, o principal processo de intemperismo químico atuante na Ilha Rei George. No entanto, Tatur et al. (1993) afirmam que, ao contrário da maioria dos estudos no Ártico, o ciclo do S nos solos e coberturas alteradas nesta região da Península é microbiologicamente controlado. A conclusão é baseada no estudo de superfícies de mineralização da Ilha Seymour, próxima a Ilha Rei George. Segundo os autores citados, a atividade de sulfo-bactérias é muito alta, levando-se em conta um ambiente de solo quase abiótico e o clima severo do local. Os resultados mostraram uma atividade inferior apenas àquelas encontradas em solos poluídos de áreas de mineração de enxofre. O estudo da mineralogia secundária destacou a jarosita (K ou Na – jarosita) como componente principal na zona de argila amarelada formada diretamente da oxidação de sulfetos. Os cristais de jarosita ocorrem misturados a agregados de argilas silicatadas, compreendendo em torno de 50% das amostras analisadas. Ainda segundo os autores, o excesso de ácido dessa reação pode reagir com carbonatos e silicatos para formar gesso, sulfatos de alumínio, hidróxidos de ferro ou ainda ankerita, pela alteração da jarosita. Estes minerais foram identificados em diferentes proporções em todas as amostras. Ainda segundo os autores, há uma dinâmica bastante elevada desses processos, onde a drenagem ácida associada à oxidação de sulfetos em ambiente úmido foi responsável pela dissolução de sais previamente formados e os fluxos vertical e horizontal de íons em solução levaram a neogênese de minerais secundários em ambiente distinto. Em contato com sedimentos ricos em argila, águas sulfúricas convertem argilominerais a alunita e natroalunite e embora a jarosita exija um pH mais baixo que a alunita, as duas podem co-existir em ambiente propício (Dill, 2001).

As constatações de Tatur et al. (1993), a respeito da participação microbiológica no intemperismo químico das ilhas costeiras da Península Antártica, podem ser estendidas às coberturas biológicas da região, como os líquens e musgos, cujos exsudatos ácidos podem atuar nas fases minerais por meio de, pelo menos, três mecanismos: (i) mudando o equilíbrio do meio através do abaixamento do pH da solução ou pela formação de complexos com

cátions nas superfícies do mineral, alterando a taxa de dissolução; (ii) absorção de cátions, afetando o estado de saturação da solução com respeito ao mineral e (iii) alterando a especiação em solução de íons como o Al^{3+} , que por si só afeta a taxa de dissolução de minerais (Drever e Stillings, 1997). Além disso, os mecanismos biogeoquímicos não influenciam apenas os sistemas biológicos costeiros, mas proporcionam também um importante input e ciclagem de nutrientes nos ecossistemas marinhos na Ilha Rei George. Segundo Jeong et al. (2004), a fração argila dos sedimentos marinhos em torno das Ilhas Shetlands apresentaram as concentrações mais elevadas de esmectitas do Oceano Antártico, além de elevados teores de outros minerais primários e secundários. Segundo os autores, os minerais dos sedimentos devem ser provenientes da erosão glacial e intemperismo químico das rochas, mas há dificuldade de comprovar a hipótese em função da escassez de dados da mineralogia da argila, rochas e solos da região.

Em função de fatores como relevo, litologia, colonização biológica, aporte de sais marinhos, presença de aves e exposição de vertente, umidade e crioturbação, a pedogênese na Península apresenta um determinado potencial, cujos resultados são ainda desconhecidos. Apesar da escassez de estudos pedológicos, é possível antecipar que as dificuldades de interpretação pedogeoquímica sejam atribuídas às condições periglaciais do ambiente, e as litologias presentes. Assim, ao contrário da região do Deserto Polar Antártico, mais frio e seco, as regiões periglaciais representem ambientes muito dinâmicos, onde a paisagem sofre contínuos distúrbios de forma e composição (Campbell & Claridge, 1987).

Segundo French (1996), a maioria dos ambientes periglaciais experimenta forte mudanças sazonais ao longo do ano, sendo possível distinguir um período de derretimento no verão, com duração limitada e um longo período de inverno, durante o qual a temperatura permanece abaixo de $0^{\circ}C$, com aumento na camada do permafrost. Contudo, flutuações de curto tempo, ou variações diurnas intercalam-se no ciclo de longa duração descrito acima, estando relacionadas com mudanças no ângulo de insolação, principalmente ao longo do verão.

Além disso, o intemperismo físico provocado pelo congelamento da água nos poros das rochas é mais significativo em áreas periglaciais, onde as temperaturas mínimas não vão além de -25°C , favorecendo ciclos de congelamento e descongelamento mais freqüentes (Hallet et al., 1991), ao contrário do Deserto Polar. Segundo os autores, este tipo de intemperismo resulta do aumento de 9% no volume da água nos poros da rocha durante a fase de transição água-gelo, gerando uma pressão elevada o suficiente para provocar fissuras na rocha.

A variação da profundidade do permafrost é, provavelmente, a principal característica diagnóstica de processos periglaciais, associada à suspensão e contração termal de partículas minerais pelo gelo, com posterior segregação e rápida movimentação de massa (camada ativa), acima do nível do permafrost, constituindo o principal processo de intemperismo nestas áreas onde reações químicas são limitadas pela baixa umidade. Além da ação do congelamento sobre rochas e solos, o ambiente periglacial é marcado pela contínua crioturbação dos solos e sedimentos e forte ação do vento sobre as superfícies do terreno (French, 1996). A crioturbação refere-se à combinação de processos mecânicos e químicos regulados pelo congelamento e descongelamento em ambientes frios, causando alterações *in situ* nas rochas e sedimentos. Afetam, em conjunto com características do permafrost, o padrão pedogenético de ambientes frios, pelo enterrio e mistura de diferentes materiais orgânicos e minerais, formação de horizontes irregulares e descontínuos, solifluxão, pressão crioestática e gravitacional, mudança sazonal da camada ativa do solo pela variação do nível do permafrost (Bockheim & Tarnocai, 1998).

O modelo de intemperismo aplicado a solos de ambientes periglaciais desenvolvido por Hallet et al. (1991) baseia-se no lento congelamento da água nos poros, com expansão das lentes de gelo, com aumento no volume e crescimento progressivo de microfaturas e alargamento das bordas dos poros abertos pelo gelo, que são continuamente preenchidos com partículas finas, principalmente silte, acompanhando a fase de derretimento e carreamento de sedimentos pela água de degelo. Com a alternância de ciclos de congelamento e degelo, ocorre também diminuição no tamanho do látice cristalino e aumento da distância interplanar de partículas

minerais tamanho caulinita e montmorilonita, provocando sua desestabilização e alteração química. Resultados de laboratório demonstraram que entre 10 e 100 ciclos de congelamento-descongelamento, a agregação e floculação destas partículas ocorre junto com marcante alteração no pH complexo de íons trocáveis do meio (Ershov, 1984, citado por Hallet et al., 1991).

A geomorfologia das áreas livres de gelo é constantemente retrabalhada pela erosão periglacial, gerando grandes quantidades de sedimentos, com diferenças marcantes na intensidade, composição e granulometria destes sedimentos em função de fatores locais como posição geográfica, que favorece áreas costeiras em relação ao interior do continente, a geologia e o relevo da região, propiciando maiores fluxos em áreas menos estáveis (Campbell & Claridge, 1987).

Apesar da origem recente, os domínios periglaciais da Península Antártica têm experimentado vários períodos glaciais e interglaciais, resultando em grandes modificações da paisagem. Segundo Birkenmajer (1999), o modelado da Península Keller é resultado de, pelo menos, quatro glaciações e seus respectivos períodos interglaciais nos últimos 50 Ma, ocorrendo sobre um terreno originalmente irregular, de origem vulcânica e tectonicamente ativo. Atualmente a Península Keller apresenta dois ambientes distintos em função dos processos que modelam sua paisagem. O primeiro, ao sul, representa mais de 50% da área da península, constituindo-se a primeira área exposta após o último recuo glacial e onde há predomínio de processos de natureza periglacial remodelando a antiga paisagem de Keller. O segundo ao norte, onde a paisagem ainda reflete muito a ação da erosão glacial, mas verifica-se também a existência de alguns processos periglaciais (Francelino, 2004).

Segundo Francelino (2004), cerca de 70% do relevo da Península Keller está entre ondulado e forte ondulado, considerando as classes definidas em EMBRAPA (1999), com maior suavidade na face oeste, em contraste com o relevo bastante movimentado da parte leste da Península. Sua paisagem reflete todos os avanços e recuos do gelo glacial sobre seu terreno, onde a atual ação periglacial remodela um conjunto variado de feições de natureza deposicionais. O intenso ciclo de congelamento e descongelamento presente na região é o principal fator de

transformação do substrato geológico. A manifestação do intemperismo físico é extrema devido à combinação de fatores tais como umidade disponível relativamente alta durante o verão, temperaturas baixas no inverno com desenvolvimento de *permafrost*, substratos de rochas vulcânicas fraturadas e topografia montanhosa, além da ação marcante do vento. A remoção do material intemperizado ocorre principalmente por ação da erosão periglacial, sendo a solifluxão é seu processo mais característico (Francelino, 2004).

A Península Keller apresenta predominância de feições de natureza deposicional, com destaque para os scree slopes, que somam mais de 25% da área da península. O extremo sul da península expõe uma paisagem mais estável, pelo fato de ter sido a primeira zona a ser exposta, com presença de feições com formas mais arredondadas e estabilizadas, o que não ocorre na sua face leste, onde existem extensas áreas de solifluxão, que é acentuado pela forte ablação das geleiras dos circos glaciais situados a montante. A parte central da península, no sentido norte-sul, é dividida por cristas agudas (aretês), interrompidas ao sul pelo Monte Flagstaff, no centro pelo platô Tyrrel (com cerca de 40.000 m²) e ao norte pelo Pico Birkenmajer (Francelino, 2004).

2.3 – Contaminação e monitoramento ambiental na Antártica Peninsular

O maior potencial biogeoquímico da Antártica Marítima magnifica também a interação dos ecossistemas com os contaminantes que atingem a região, aumentando os riscos de degradação ambiental. Além disso, a ciclagem fechada do Oceano Antártico e as baixas temperaturas tendem a aumentar a persistência dos poluentes no meio. Assim, derramamentos de petróleo são mais perigosos em áreas polares porque as baixas temperaturas e o gelo tornam sua remoção natural e degradação biológica muito lenta (Ferguson et al., 2004). Em adição, as frações voláteis e tóxicas do petróleo persistem e a biota geralmente apresenta baixa capacidade de dispersão larval, estreitas estações

reprodutivas e baixa fecundidade (Smith & Simpson, 1995), o que a torna mais sensível a pressões antrópicas.

Os sistemas de circulação atmosférica de longo alcance são outro meio de chegada de poluentes de fontes distantes a Antártica. Segundo Kennicut (1990) partículas de carvão provenientes de queimadas nos Andes são encontradas em gelo e sedimentos da Península Antártica. Berkman (1992) relata a ocorrência hidrocarbonetos clorados, tais como DDT e PCB, usados em pesticidas em regiões de baixas latitudes, em baleias e aves antárticas. Este grupo de contaminantes constituído principalmente pelos pesticidas organo-halogenados e PCBs (*Poly Chlorinated Biphenyls*) são compostos orgânicos sintéticos, também chamados de poluentes orgânicos persistentes (POPs). São normalmente estáveis quimicamente, tóxicos, bioacumulam e diminuem a fertilidade de animais marinhos, e em muitos casos degradam-se em compostos persistentes e tóxicos. Os POPs voláteis evaporam nas regiões mais quentes do planeta e condensam nas áreas frias polares (Hidaka et al., 1984), tendendo a se acumularem, especialmente nos níveis tróficos superiores (Goerke et al., 2004). Normalmente é observada uma contaminação relativamente baixa e homogênea espacialmente o que indica seu aporte de fontes alóctones, principalmente via atmosfera (Montone et al., 2001).

Estas substâncias reativas introduzidas na atmosfera e mar são continuamente capturadas e removidas da circulação pela biota, água doce e sedimentação marinha. Em adição, decaimento radioativo, redução, oxidação, hidrólise e fotólise removem ou transformam estas substâncias. Ao alcançarem o Oceano Antártico e o sistema atmosférico do Continente, as substâncias podem simplesmente sair novamente no gelo exportado, “fluxos” exportadores de correntes marinhas e atmosféricas, enquanto boa parte é incorporada aos ecossistemas locais (Dalla Riva et al., 2004). Além desses inputs, as atividades humanas e as alterações locais, como remobilização de neve, solos e sedimentos pelo tráfego de veículos e pessoas no entorno das estações de pesquisa antárticas provocam o derretimento “mecânico” da neve, aumentando a quantidade energia de água líquida no sistema, interferindo nos ciclos biogeoquímicos naturais. De qualquer forma, substâncias como metais pesados, introduzidas no sistema pelo homem, entram nos ciclos

biogeoquímicos naturais, dificultando uma avaliação acurada dos efeitos desses incrementos decorrentes da intervenção antrópica (Stark et al., 2003).

Um estudo realizado por Hong et al. (1999) para monitorar a contaminação por metais pesados na área da estação coreana de pesquisa, na Ilha Rei George, revelou que os líquens e superfície dos solos em pontos amostrados próximos à estação continham teores muito elevados de Pb e outros metais, com um marcante decréscimo nestes teores nos sítios mais distantes da Estação. Ahn et al. (2001) também encontraram teores elevados de metais pesados, especialmente Fe, Zn, Cd, Pb, Ni e Co em moluscos marinhos da Ilha Rei George. No entanto, na maioria dos casos, as conclusões são baseadas apenas nos teores de metais encontrados nestes organismos e plantas, não havendo uma informação precisa dos teores biodisponíveis naturais de metais pesados em solos e sedimentos. Sendo assim, simples comparações realizadas entre sítios próximos e distantes de Estações de Pesquisa podem induzir a conclusões errôneas, em função de diferenças litológicas nos locais de amostragem.

Na área da Baía do Almirantado, segundo Rakuza-Suszczewski (1980), a quantidade estimada de substâncias transportadas (particulados e sedimentos) da atmosfera pelas precipitações é de $2,5 \text{ g m}^{-2}$ ao ano. Estudo sobre a origem dos elementos nos aerossóis atmosféricos na atmosfera da Ilha Rei George (Préndez & Esquivel, 2002) mostra que o estrôncio, manganês e cobalto têm uma origem local. Já o cobre, níquel, zinco e cádmio podem ter origem antrópica, local ou regional. A presença de elementos antropogênicos na atmosfera da Ilha Rei George permite demonstrar que o ambiente antártico é um sistema aberto, com influências extracontinentais que afetam o seu meio físico e, conseqüentemente, seus ecossistemas (Préndez & Esquivel, 2002).

Sendo assim, o efetivo monitoramento ambiental da área antropizada do entorno das estações de pesquisa pressupõe a articulação entre o monitoramento de solos, sedimentos terrestres e marinhos, buscando avaliar de forma integrada, o conjunto contínuo de alterações promovidas pela ocupação, desde seu impacto terrestre até a plataforma rasa, local de destino da maior parte dos lixiviados e sedimentos trazidos pelas águas de degelo (Schaefer et al., 2004a). A base fundamental dessa abordagem constitui uma amostragem consistente e uma continuidade amostral terra-litoral, de forma a

permitir inferências sobre os sistemas de entradas e saídas de eventuais poluentes. Além disso, a utilização de controles múltiplos (Underwood, 1994), em áreas distintas, garante maior segurança com relação à identificação de distúrbios antrópicos locais.

A relativa simplicidade e forte interrelação entre os níveis tróficos dos ecossistemas antárticos levaram a extensa produção de trabalhos envolvendo acumulação e biomagnificação de metais pesados nos diversos elos das cadeias alimentares no Continente, bem como a utilização de bioindicadores como principal forma de monitoramento da contaminação ambiental por metais pesados na região (Bargagli et al., 1998b; de Moreno et al., 1997; Ahn et al., 2001, 2004; Ancora et al., 2002; Gray, 2002).

Segundo Moreno et al. (1997), diversas espécies de microalgas são reconhecidas nos ambientes terrestres e de água doce da Antártica e capazes de acumular metais disponíveis no ambiente, contribuindo intensamente na dinâmica de metais pesados nos ecossistemas costeiros da Antártica, pela imobilização e pela interação com outros níveis tróficos para os quais estas macroalgas servem de alimento, sendo um potencial bioindicador de qualidade da água e de contaminação no Continente.

Bargagli et al. (1993) sugerem a importância de briófitas como biomonitores em função de sua elevada capacidade de absorver e acumular poluentes persistentes da atmosfera, além de sua distribuição circumpolar muito ampla, que permite seu uso como padrão para estabelecer valores de background de poluentes em toda a Antártica. No entanto, os autores alertam que contaminantes dissolvidos de partículas do solo, absorvidos pelos talos dos musgos resultam em variação na concentração total dos elementos, tornando necessária a diferenciação do suprimento crustal de elementos para uma avaliação mais aceitável da contaminação, bem como um modelo mais realístico da distribuição desta contaminação.

Lenihan et al. (1995) estudando a sobrevivência e comportamento de anfípodas expostos a sedimentos contaminados no entorno da Estação McMurdo, concluíram que esta espécie funciona como uma ferramenta adequada para prever os efeitos de contaminações nos ecossistemas antárticos, em função da menor complexidade dos ecossistemas na região, em relação a áreas temperadas ou tropicais, ressaltando a necessidade de se

conhecer o meio físico e os fatores ambientais influenciando as concentrações e biodisponibilidade destes contaminantes.

Os fatores que afetam a distribuição química dos metais pesados no solo evidentemente controlam sua solubilidade e mobilidade no ambiente, influenciando diretamente na sua biodisponibilidade (Egreja Filho, 2000). Consideram-se prontamente biologicamente disponíveis, os metais em formas solúveis, dissolvidos na solução do solo, ou na forma trocável, adsorvido às cargas do solo. Os metais precipitados, ocluídos e formando quelatos pouco solúveis com a matéria orgânica não são prontamente disponíveis, mas podem passar para a solução do solo pela mineralização dos ligantes orgânicos ou por mudanças drásticas de pH ou potencial redox. Finalmente, os metais que fazem parte da rede cristalina de silicatos não são disponíveis (Pickering, 1981; Emmerich et al., 1982; Coker e Matthews, 1983; Alloway, 1990).

Assim, para a determinação de valores de referência (background) de metais pesados em um determinado ambiente, é preciso considerar todos os processos físico-químicos que governam o fracionamento químico de metais pesados, como textura, pH, CTC, teor de oxi-hidróxidos de Fe e matéria orgânica; bem como características do elemento que também influenciam o seu ciclo biogeoquímico (Silveira, 2002). O Cd, por exemplo, apresenta um comportamento tipo nutriente, com uma maior mobilidade, sendo um metal tipicamente reciclado, sujeito a absorção pelos sistemas biológicos e subsequente descarte como detrito ou pelotas fecais, enquanto o Pb é considerado um dos metais menos móveis no solo (Kabata-Pendias & Pendias, 2000). Elementos catiônicos tornam-se mais disponíveis em meio ácido, dessa forma, áreas com mineralizações sulfetadas formam um padrão geoquímico distinto, particularmente importante em áreas glaciais e ambientes alpinos, favorecendo maior biodisponibilidade destes elementos. Por outro lado, a dissolução de carbonatos pode neutralizar a acidez gerada pela oxidação de pirita e aumentar a imobilização de metais pesados pela precipitação de crostas carbonáticas, redirecionando seu ciclo biogeoquímico. O mesmo acontece com oxi-hidróxidos de ferro que tem um forte poder de adsorção na faixa de pH entre 3,2 e 7,1 (Thorn et al., 2001).

Portanto, a distribuição das frações químicas pressupõe uma avaliação da biodisponibilidade e do potencial de contaminação do ambiente

por esses metais, ilustrando que a simples determinação dos teores totais de metais em um solo ou em qualquer outra matriz não avalia o real risco de exposição a esses metais (Alloway, 1990). O fracionamento de metais pesados identifica as formas químicas nas quais estes elementos se encontram ou predominam no solo, sendo determinada pelo uso de extratores seletivos que possibilitam averiguar, entre outros fatores, a biodisponibilidade potencial e a mobilidade dos metais nos solos (Borges Júnior, 2002).

Embora não exista um método padrão para a extração seqüencial, o esquema proposto por Tessier et al. (1979), que selecionaram uma seqüência de extratores para as frações trocável, ligada a carbonatos, ligada a óxidos de ferro e manganês, ligada à matéria orgânica e residual, tem sido referência para diversos trabalhos, com modificações necessárias para cada situação (Rauret, 1998).

Uma ampla revisão sobre métodos de extração seqüencial de metais em solos pode ser encontrada no trabalho de Borges Júnior (2002), que estudou os trabalhos de Tessier et al. (1979); Shuman (1979); Sposito (1989); Xian (1987); Young et al. (1992); Chlopecka et al. (1996); Rauret (1998); entre outros, objetivando selecionar um método mais adequado para avaliar a distribuição e contaminação por Zn, Cd, e Pb em perfis de solo e obter valores de referência para estes metais em áreas de anomalias de Zn e Pb, no município de Vazante, Minas Gerais. Em seu trabalho, Borges Júnior (2002) utilizou o esquema proposto por Tessier et al. (1979), com as adaptações sugeridas por Shuman (1979).

As adaptações decorrem, principalmente, da falta de seletividade de alguns extratores, provocando distorções nos teores relacionados a diferentes frações. O esquema original de Tessier et al. (1979) propõe a utilização de HNO_3 , H_2O_2 e NH_4OAc para extração de metais ligados à matéria orgânica mais sulfetos; no entanto, Shuman (1979) observou que H_2O_2 utilizada para esta fração, extraía formas ligadas a óxidos de manganês e de ferro, com baixa cristalinidade, superestimando os resultados para a fração orgânica e subestimando a fração oxídica. Dessa forma, Shuman (1979) sugere a utilização de hipoclorito de sódio para oxidação da matéria orgânica, uma vez que este tem efeito reduzido sobre óxidos e silicatos, em relação ao H_2O_2 . Segundo este autor, a utilização de ditionito para extrair a fração ligada a

óxidos de ferro cristalinos pode ocasionar a precipitação de metais e contaminação por Zn advinda do reagente, sendo aconselhável o uso de ácido ascórbico mais oxalato de amônia em lugar do ditionito. Além disso, o autor sugere que a separação da fração oxídicas em fases cristalinas e amorfas, aumenta a percepção da geoquímica de metais pesados em solos.

Em suma, a extração seqüencial de metais proposta por Tessier et al. (1979) utiliza MgCl_2 1 mol L^{-1} para a fração trocável; NaOAc 1 mol L^{-1} , pH 5 para a fração ligada a carbonato; $\text{NH}_2\text{OH.HCl}$ 0,04 mol L^{-1} , 25 % HOAc para a fração ligada a óxidos; HNO_3 , H_2O_2 , NH_4OAc para a fração ligada a matéria orgânica mais sulfetos; HF e HClO_4 para a fração residual e ligada a silicatos; enquanto Shuman (1979) propõe o seguinte esquema: $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 1 mol L^{-1} , pH 7 para a fração trocável; NaOCl 0,7 mol L^{-1} , pH 8,5 em banho-maria, para a fração lida à matéria orgânica; $\text{NH}_2\text{OH.HCl}$ 0,1 mol L^{-1} , pH 2 para metais ligados a óxidos de Mn; $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0,2 mol L^{-1} + $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,2 mol L^{-1} , pH 3 para metais ligados a óxidos de Fe amorfo, esta mesma solução mais ácido ascórbico 0,1 mol L^{-1} para metais ligados a óxidos cristalinos e HF mais HClO_4 para a fração residual.

O conhecimento das espécies e das concentrações de metais pesados em solos, sedimentos e águas, principalmente em áreas pouco influenciadas por ações antrópicas como a Antártica, possibilitam a determinação de valores orientadores, aplicados tanto na prevenção de contaminação quanto no controle e recuperação de áreas contaminadas. Estes valores são utilizados em países como Holanda, Estados Unidos e Alemanha, para o monitoramento da qualidade dos solos e das águas, sendo utilizados também pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Segundo CETESB (2001), o valor de referência indica o limite de qualidade para um solo limpo utilizado em controles de poluição, sendo determinado com base em análises químicas dos diversos tipos de solos do Estado. O valor de alerta indica uma possível alteração da qualidade natural do solo e a necessidade de controlar a fonte de poluição. Este valor é derivado, para metais, a partir de revisão bibliográfica sobre fitotoxicidade. O valor de intervenção indica o limite de intervenção no solo, acima do qual existe risco potencial à saúde humana, sendo utilizado em caráter corretivo no gerenciamento de áreas. Este valor é derivado de um

modelo matemático de avaliação de risco, considerando diversas vias de exposição em três cenários de uso e ocupação do solo.

A Rede 2 do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR), visando o monitoramento dos indicadores ambientais e avaliação de impactos humanos na área da Baía do Almirantado sob influência brasileira, busca distinguir impactos naturais dos impactos antrópicos. Além disso, propõe realizar experimentos de toxicidade, bioacumulação, biotransformação e avaliação das respostas de organismos marinhos a contaminantes antropogênicos em campo e em laboratório (MMA, 2002; Schaefer et al., 2004c).

A maioria dos trabalhos produzidos pela Rede 2 para a detecção de processos poluentes na Baía do Almirantado tem se concentrado na matriz biológica dos ecossistemas, enquanto estudos da matriz abiótica limitaram-se basicamente ao levantamento do meio físico terrestre e marinho, e monitoramento da retração glacial, sendo suas interações geoquímicas e ecológicas particularmente negligenciadas nos 20 anos de pesquisa brasileira na região. Desta forma, o projeto Criossolos Austrais buscou realizar um amplo estudo dos solos, geomorfologia e ecologia, envolvendo estudos de matéria orgânica, ciclagem biogeoquímica de nutrientes e metais pesados, bem como a distribuição espacial destes (através de mapeamento) em solos, sedimentos e água da Península Keller e seu entorno (Schaefer et al., 2004), configurando-se assim, o principal objetivo deste trabalho.

3. Material e Métodos

3.1 – Descrição da área

A Ilha Rei George é a maior das Ilhas Shetland do Sul, na Zona Antártica Marítima, correspondendo a uma área de 1140 km² (Figura 1), a noroeste da Península Antártica (Orheim & Govorukha, 1982). A Ilha possui 92% de sua área coberta por gelo e pode acumular acima de 1000 mm de precipitação anual, alcançando 1500 mm ao ano em encostas protegidas; sendo a maior parte desta precipitação em forma de neve (Braun e Raul, 2000). No entanto vem apresentando uma significativa retração glacial, principalmente a partir da década de 1950, sendo detectada uma diminuição de 7,7% (3,55 km²) na sua área de gelo (Braun, 2001; Arigony, 2001), expondo grandes áreas de rochas, solos e sedimentos.

A região apresenta clima subpolar marinho e medidas de temperatura no período de 1957 a 1970 na estação Inglesa, na Baía do Almirantado alcançaram uma média anual de $-3,9^{\circ}\text{C}$ ($-1,1^{\circ}\text{C}$ no verão e $-6,7^{\circ}\text{C}$ no inverno). Resultados similares foram obtidos na Estação Arctowski e no mês mais quente, janeiro, a temperatura variou de -10°C a $+7^{\circ}\text{C}$, com temperatura média de $0,2^{\circ}\text{C}$. Durante o ano, houve apenas dois dias com céu livre de nuvens e nove dias com poucas nuvens (Pride et al., 1990). Dados mais recentes, obtidos do INPE-CPTEC (2003) coletados pela estação meteorológica da EACF entre 1986 e 2003, mostram uma maior variação na temperatura na Península Keller, com temperatura média de $-1,8^{\circ}\text{C}$ ($-27,7^{\circ}\text{C}$ no inverno e $14,4^{\circ}\text{C}$ no verão)

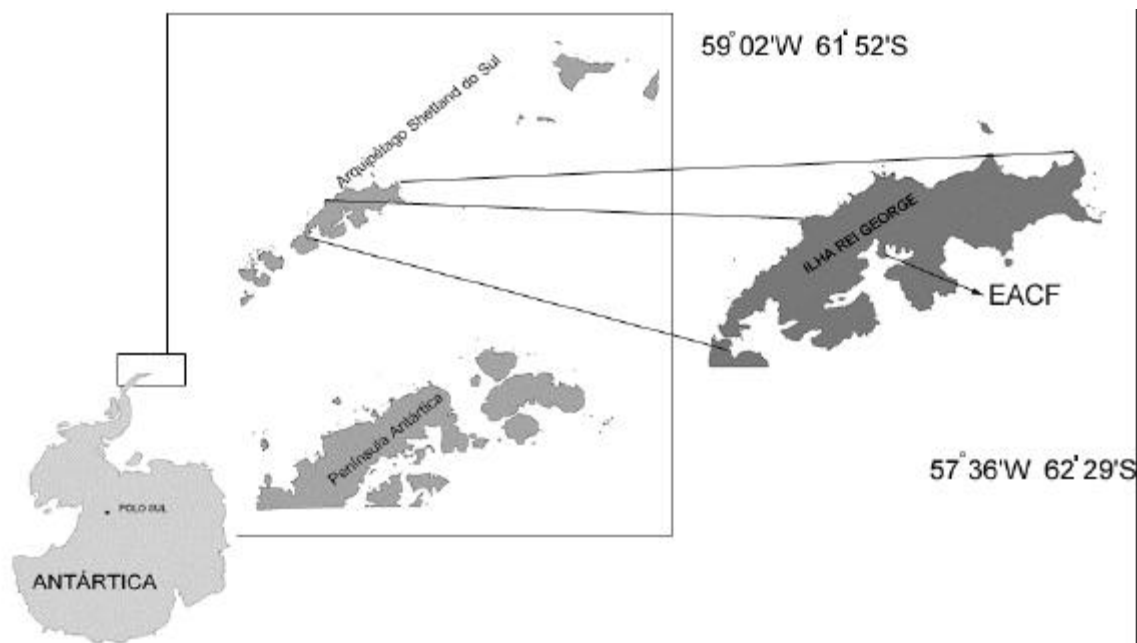


Figura 1 – Mapa do Continente Antártico, destacando a Ilha Rei George, no Arquipélago das Ilhas Shetlands do Sul (Fonte: Francelino, 2004).

A ilha abriga hoje nove estações científicas, das quais três (Brasileira, Peruana e Polonesa) estão na área da Baía do Almirantado, que tem a seu favor sua condição de ancoradouro natural, proporcionando melhor proteção contra as intempéries climáticas típicas da região (Francelino, 2004). Em 1996 a Baía do Almirantado passou a ser considerada Área Antártica Especialmente Gerenciada (AAEG) (Figura 2), com o objetivo de regulamentar e monitorar as crescentes atividades de pesquisa e visitação, para minimizar os impactos e garantir a conservação daquele ambiente. No período do verão, um grande número de mamíferos e aves ocupam superfícies de encostas e áreas costeiras da baía, produzindo uma elevada quantidade de materiais orgânicos que intensificam a pedogênese nos locais de nidificação (Myrcha & Tatur, 1980; Beyer et al., 1995).

A Península Keller é principal área de atuação do Brasil na baía, abrigando, além da Estação Antártica Comandante Ferraz, três refúgios brasileiros: Punta Plaza; Ipanema, entre as pontas Harpoon e a Speil; e o refúgio 2, próximo da Ponta Ore. Próximo da Ponta British, local

da antiga base “G” inglesa, atualmente existem dois monumentos históricos não-oficiais: o esqueleto da baleia montada pelo explorador francês Jacques Cousteau e uma antiga arpoadeira inglesa.

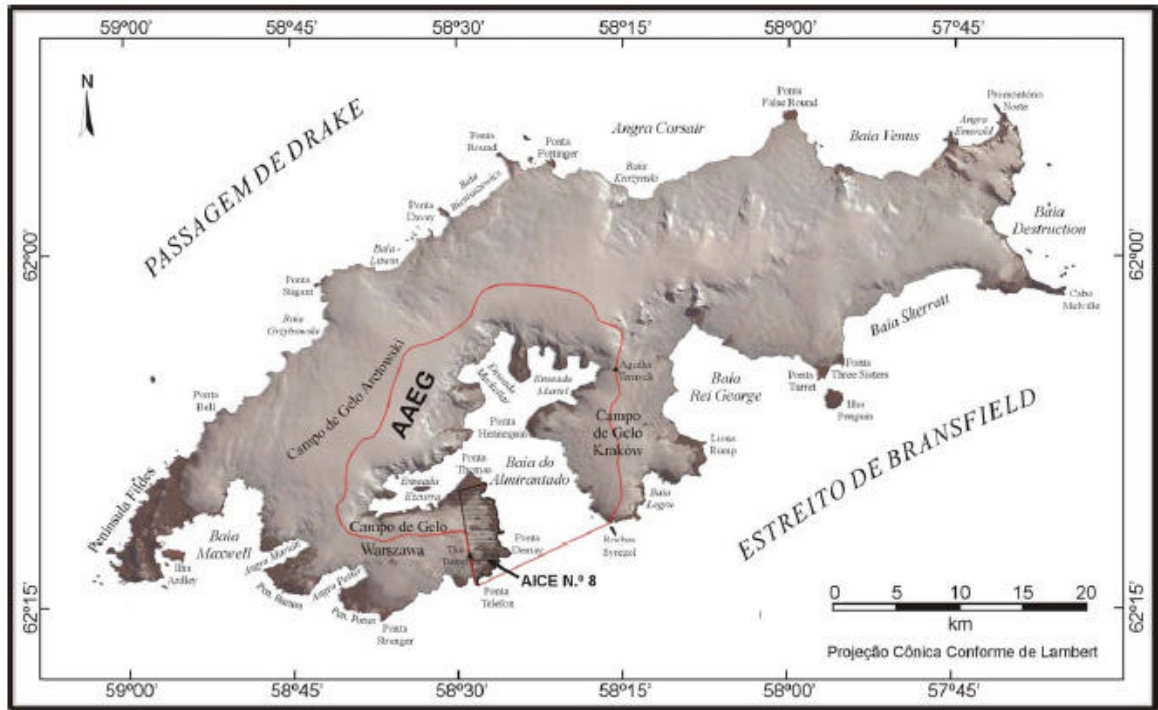


Figura 2 – Limite da AAEG da Baía do Almirantado, na Ilha Rei George (Fonte: Arigony, 2001)

3.2 – Amostragem e descrição dos Perfis

As amostras de solo foram coletadas nas áreas livres de gelo da Península Keller e entorno da Baía do Almirantado, durante a Operação Antártica XXI, entre os meses de dezembro de 2002 e janeiro de 2003, pelo Projeto Criossolos, coordenado pelo Professor Carlos Schaefer do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, com participação dos Pesquisadores e Doutorandos Manoel Ricardo de Albuquerque Filho e Felipe Nogueira Bello Simas.

Foram descritos e amostrados 26 perfis de solo (Apêndice), seguindo em linhas gerais os procedimentos comuns para solos criogênicos (van Vliet-Lanoe, 2004), retirando-se uma amostra individual a cada camada de

10 cm de espessura, a partir da superfície, até a profundidade média de 60 cm ou até encontrar o material de origem ou permafrost (Figura X). Os perfis foram abertos ao longo de transectos representando toposseqüências na Península, abrangendo os diversos geoambientes e níveis topográficos. Os perfis coletados tiveram sua localização geográfica determinada por meio de GPS (Tabela 1), permitindo a plotagem dos pontos sobre o mosaico fotográfico da Península, gerado por Francelino (2004) (Figura 3).

As amostras foram secas ao ar, destorroadas e tamisadas em peneiras de 2,0 mm e de 1,0 mm de abertura de malha, procedendo-se às análises de caracterização físico-química da fração terra fina.

3.3 – Caracterização Física

Na amostra integral, foi determinada a porcentagem em peso de cascalho de cada perfil. Para tanto, foram escolhidas duas profundidades de cada perfil, em função da disponibilidade de material suficiente para a pesagem (1 kg). Este material separado foi tamisado em peneira de 2,0 mm de malha e a porção retida na peneira foi novamente pesada pra determinação da porcentagem de cascalho.

Para a determinação da textura, as amostras foram submetidas à dispersão por água deionizada. Optou-se por não utilizar um dispersante químico para não promover a desestabilização de fases minerais amorfas, o que prejudicaria as análises mineralógicas realizadas nas argilas obtidas neste fracionamento. Na dispersão, 5,0 g de TFSA (<2,0 mm) de cada amostra foram colocadas em contato com 50 mL de água deionizada e agitadas por 16 horas. Em seguida, as frações areia grossa e areia fina foram separadas por peneiramento e as frações silte e argila por sedimentação diferenciada (Lei de Stockes) pelo método da pipeta (Embrapa, 1997). Durante a análise granulométrica, o material do perfil K7 foi perdido em um incidente no laboratório e não foi repetida sua análise por falta de TFSA suficiente, tendo em vista as demais análises a serem feitas.

A cor dos solos foi determinada nas amostras de TFSA, em laboratório, devido às dificuldades de campo, principalmente à elevada

umidade dos perfis. Foi determinada apenas a cor seca em cada amostra dos 26 perfis estudados.

Tabela 1 – Localização geográfica e descrição dos geoambientes dos 26 perfis amostrados na Península Keller

Perfil	Coord. UTM	Descrição
K1	427.194,15 S 3.115.615 W	Localizado atrás da EACF, face leste da Península Keller, com altitude de 24 m, pavimento pedregoso anguloso de rochas vulcânicas diversas, com veios de quartzo leitoso; cobertura microfítica de briófitas e raros líquens (<i>Usnea</i>), com <i>Deschampsia antártica/Colobanthus quitensis</i> em pequenos tufo isolados; drenagem deficiente
K1A	427.154 S 3.115.565 W	Localizado no mesmo geoambiente do K1, com 26 m de altitude; coletado para equivalência ao K1 devido a elevada saturação por água deste perfil no dia da coleta; cobertura de briófitas e líquens mais abundante e contínua que no K1 e também melhor drenagem
K2	427.053,37 S 3.115.605 W	Patamar acima do K1, com cerca de 60 m de altitude, em área de maior acúmulo de fragmentos rochosos pavimento de calhaus angulosos de basalto e andesito basáltico, com raros fragmentos de materiais ácidos; vegetação predominante de <i>Usnea</i> e outros líquens, com briófitas em locais protegidos entre as pedras; drenagem boa.
K3	426.676,31 S 3.115.493 W	Relevo em rampa suave ondulada, com altitude entre 70 e 80 m na face leste da Península Keller; solo recoberto de pavimento pedregoso de basalto andesítico, quebrado em blocos angulosos de tamanho regular e menor que os fragmentos de K1 e K2; pouca cobertura microfítica, devido à exposição aos ventos, com raros líquens e briófitas; <i>Deschampsia</i> e <i>Colobanthus</i> ausentes; área bem drenada.
K4	427.063 S 3.115.822 W	Mesmo nível altimétrico de K2 (61 m), cobertura de fragmentos angulosos de basalto, andesito basáltico e material ácido, com material fino (argilo-siltoso) encrostado e rachado na superfície do terreno; raras <i>Deschampsia</i> ou <i>Colobanthus</i> , mas comuns briófitas/líquens e <i>Usnea</i> .
K5	426.786 S 3.115.818 W	Perfil coletado em meia encosta, em relevo suave ondulado e estável, imediatamente abaixo da saia rochosa do Monte Flagstaff (Morro da Cruz), na face leste da Península Keller, em altitude de 156 m; área de influência mista, basáltica e ácida; cobertura exclusiva de líquens (<i>Usnea</i>); moderadamente drenado.
K6	427.169 S 3.116.102 W	Terraço marinho soerguido, com 5 m de altitude, face leste da Península Keller; grande cascalheira de natureza bastante variada; extensa cobertura de briófitas recortada por manchas de <i>Deschampsia</i> e <i>Colobanthus</i> , com poucos líquens; excessivamente mal drenado.
K7	427.053 S 3.116.536 W	Perfil descrito em área plana restrita, pouco extensa, em altitude de 60 m, face leste da Península Keller; influência mista de materiais ácidos e básicos; geoambiente colonizado com abundantes briófitas, <i>Deschampsia</i> e <i>Colobanthus</i> , além de líquens (<i>Usnea</i> e outros).

Tabela 1 – Continuação...

Perfil	Coord. UTM	Descrição
K8	427230 S 3.116.819 W	Paralelo ao K7, há uma distância de cerca de 200 m em direção ao Yellow Point, com altitude de 69 m; área de pouca influência de materiais básicos; abundantes briófitas e líquens com ocasionais gramíneas; boa drenagem
K9	426.556 S 3.117.376 W	Patamar aplainado próximo ao Monte Birkenmajer (Pico Norte), com altitude de 250 m; pavimento pedregoso de fragmentos de basalto e vulcânica ácida muito alterados, originados <i>in situ</i> , com pouca expressão de material fino (< 2 mm) e rocha fraturada a partir de 15 cm; área dominada por Usnea e líquens crustosos, com raras briófitas
K10	426.663 S 3.117.668 W	Superfície aplainada estrutural do Monte Birkenmajer (Pico Norte), com altitude de 300 m; fragmentos angulosos originados <i>in situ</i> , com pouca expressão de material fino (< 2 mm); área estável de topo entre afloramentos de cristas rochosas; Usnea e líquens diversos dominantes, com briófitas em gretas e fendas entre os fragmentos de vulcânica ácida
K11	427.051 S 3.115.486 W	Topo de morro próximo à capela da primeira missa, face leste da Península Keller, com altitude de 45 m; área de maior influência basáltica, epipedregoso; cobertura de briófitas e líquens bem diversos, mas Usnea dominante; boa drenagem
K12	426.840 S 3.115.354 W	Crista basáltica com 82 m de altitude, em geoambiente a montante do K11, mais ao sudeste da Península Keller; epipedregosidade até 10 cm de profundidade, com fragmentos angulosos; líquens e Usnea dominantes; boa drenagem
K13	426.801 S 3.115.359 W	Perfil descrito no vale adjacente ao Keller 12, em posição de acumulação e hidromorfismo, embora em cota mais elevada, com 85 m de altitude; pavimento pedregoso de cerca de 15 cm, apresentando, contudo, maior desenvolvimento do solo e maior cobertura de briófitas mais alguns líquens
K14	426.009 S 3.116.938 W	Perfil descrito em área de antigo ninhal de gaiotão, no primeiro nível acima dos terraços marinhos atuais, com altitude de 56 m, face oeste da Península Keller; grande diversidade de briófitas, gramíneas e líquens; drenagem boa
K15	425.986 S 3.116.984 W	Geoambiente adjacente ao do K14, com 58 m de altitude, em área de ninhal de gaiotão, face oeste da Península Keller; grande diversidade de cobertura vegetal, com briófitas, líquens e deschampsia
K16	426.595 S 3.115.935 W	Perfil coletado no Monte Flagstaff (Morro da Cruz), altitude de 250 m; substrato de basalto com cascalheira bastante desarestada, com solo/sedimento espesso; superfícies bastante descoberta, com presença rara de líquens (Usnea); área bem drenada

Tabela 1 – Continuação...

Perfil	Coord. UTM	Descrição
K17	426.576 S 3.116.420 W	Plateau Central da Crista Tyrrel, com altitude em torno de 200 m; área mista, com menor influência de basalto andesítico; cobertura pedológica espessa e bem drenada; cobertura biológica praticamente ausente, com raros líquens (Usneas e crustosos escuros)
K18	426.804 S 3.116.083 W	Área a montante do K6, correlata ao nível do K5, sendo um pouco mais baixa (cerca de 140 m de altitude); área de basalto andesítico mais elevada da face leste da Península Keller; cobertura mista de Usnea, briófitas e Deschampsia; área de drenagem moderada
K19	426.453 S 3.115.445 W	Superfície elevada na porção sudoeste da Península Keller, com altitude de 152 m; área de material ácido, bem drenada; cobertura biológica dominada por Usnea e briófitas
K20	425.660 S 3.115.914 W	Platô marinho em área basáltica e de ninhal de gaivotões; porção oeste da Península Keller, com altitude de 62 m; solo epipedregoso com intensa cobertura biológica de Usnea, Colobanthus, Deschampsia e briófitas; presença de conchas e restos de ninhos antigos, além dos atuais, de gaivotões
K21	425.587 S 3.116.274 W	Terraço Marinho subatual estabilizado; altitude de 20 m; área de influência predominante de basaltos, com abundantes; tapete de briófitas mais Deschampsia (comum) e Colobanthus (raro); bem drenado
K22	425.951 S 3.117.548 W	Área de basalto próxima a Ponta Ore e antes do Glaciar Domeicko, na porção oeste da península Keller; altitude de 47 m; colonizada por Deschampsia (dominante), Colobanthus grandes e Briófitas; patamar estável, bem drenado
K23	426.170 S 3.115.463 W	Área de influência mista, basalto-ácida, com altitude de 100 m, na porção oeste da Península Keller, paralelo ao K19, em nível mais baixo; manto espesso e bem drenado, com epipedregosidade; colonização acentuada de briófitas, líquens e Deschampsia
K24	425.911 S 3.115.623 W	Área de drenagem na porção oeste da Península Keller, em geoambiente de material ácido, correlata ao K19 e K25, com altitude de 47 m; manto espesso e epipedregoso; cobertura de Usnea e briófitas com raras Deschampsia; drenagem boa
K25	425.825 S 3.115.545 W	Terraço Marinho Soerguido na área de descarga da drenagem dos perfis K19 e K24; altitude de 22 m; material ácido sobre pavimento de seixos rolados; cobertura biológica dominada por briófitas; drenagem moderada/boa

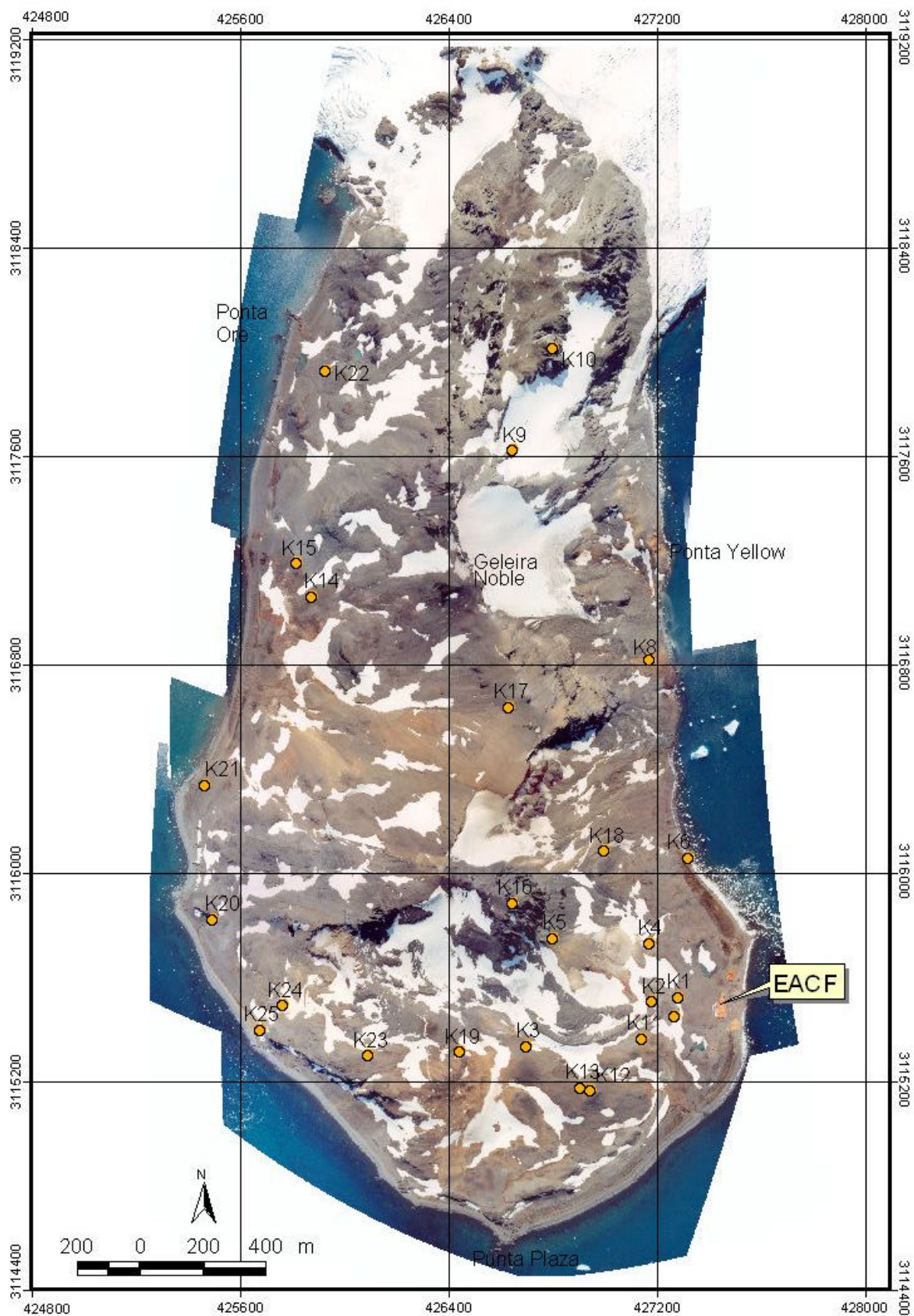


Figura 3 – Localização geográfica dos 26 perfis de solos para estudos geoquímicos, coletados na Península Keller. (Adaptado de Francelino (2004))

3.4 – Caracterização Química

Foram realizadas as análises de pH em água, acidez trocável, (H^+ + Al^{3+}) extraíveis, (Ca + Mg) trocáveis, potássio e sódio trocáveis, fósforo disponível, fósforo remanescente e carbono orgânico total, de acordo com EMBRAPA (1997).

3.5 – Determinação dos elementos traços em solos

Foram separadas subamostras homogeneizadas da TFSA para a determinação dos elementos traços pelo ataque total e para o fracionamento químico de metais pela extração seqüencial. Estas subamostras foram moídas em moinho de tungstênio e passadas em peneira de 0,2 mm de abertura de malha.

3.5.1 – Análise total

Esta análise visou apenas determinar os teores totais dos elementos, sem se preocupar com as diferentes formas em que eles estão ocorrendo no solo. Para tanto, utilizou-se uma mistura de 0,2 g de solo, HNO_3 (8 mL), HCl (5 mL) e HF (5 mL) em cadinhos de teflon de 100 mL, com digestão em banho de areia em chapa aquecida a 210^0 C. Os extratos foram lidos em Espectrofotometria de Emissão Óptica com Plasma acoplado por Indução para a determinação dos elementos traços Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Ti, V e Zn, além de Al, Ca e Mg. Os teores de K e Na foram determinados por meio de Fotoespectrometria de Absorção de Chama (Borges Junior, 2002; Embrapa, 1997).

3.5.2 – Extração seqüencial

Esta análise visou à extração e quantificação de diferentes fases em que cada elemento se encontra no solo, utilizando-se o extrator mais adequado (mais seletivo) para cada fase. O maior problema dessa análise diz respeito à seletividade incompleta do extrator, que pode atacar fases adicionais

a que se destina ou ser ineficiente para deslocar completamente a fase para a qual foi empregado (Borges Júnior, 2002). Na busca por melhores resultados, diversas metodologias têm sido elaboradas. Neste trabalho, o esquema utilizado foi o proposto por Borges Júnior (2002), baseado nas metodologias já consagradas de Tessier et al. (1979) e Shuman (1985), compreendendo os seguintes passos:

Fração	Extração
Solúvel	2,0 g de solo; 20 mL de água; 30 min de agitação
Trocável	2,0 g de solo; 20 mL da solução $Mg(NO_3)_2$ 1 mol L ⁻¹ , pH 7,0; 1 h de agitação
ligada a carbonato	2,0 g de solo; 20 mL da solução NH_4OAc 1 mol L ⁻¹ , pH 5,0; 5 h de agitação
ligada a óxidos amorfos de Fe e Mn	2,0 g de solo; 20 mL da solução oxalato de amônio 0,2 mol L ⁻¹ e ácido oxálico 0,2 mol L ⁻¹ , pH 3,0; 2 h de agitação
Ligada a óxido de Fe cristalino	2,0 g de solo; 20 mL da solução $(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$ 0,2 mol L ⁻¹ e $H_2C_2O_4$ 0,2 mol L ⁻¹ , pH 3,0, com ácido ascórbico 0,1 mol L ⁻¹ ; banho-maria a 100 ⁰ C por 30 minutos, com agitação ocasional
ligada à matéria orgânica	2,0 g de solo; 10 mL da solução $NaOCl$ 0,7 mol L ⁻¹ , pH 8,5; banho-maria a 100 ⁰ C por 30 minutos, com agitação ocasional; com repetição do processo
Residual	Residual = Total - Σ (Frações anteriores)

A extração foi feita em tubos de centrífuga de 50 mL e ao final de cada etapa os tubos eram centrifugados a 3000 rpm por 5 min, para obtenção do extrato e as amostras eram levadas para estufa de circulação forçada a 25 °C por 16 horas para a perda da umidade residual, antes de cada etapa da extração. O procedimento de determinação dos elementos em cada fração foi o mesmo dos teores totais. Os teores de K e Na foram lidos apenas no extrato em água devido ao esgotamento do material da extração seqüencial durante as leituras no Plasma.

A utilização de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 1 mol L^{-1} para determinação dos teores trocáveis inviabilizou a leitura do elemento Mg nesta fração e nas frações subseqüentes, sendo registrados apenas os teores solúveis em água e totais deste elemento nos solos estudados.

3.6 – Coberturas vegetais

Foram coletadas amostras das principais coberturas vegetais relacionadas com as unidades de solos estudadas. Foram retiradas amostras simples, em caminhamento dentro de cada geoambiente, para obtenção de uma amostra composta representativa da área. As amostras de líquens (*Usnea antarctica*), briófitas (*Sanionia uncinata* (Hedw.) Schwaegr) e gramínea (*Deschampsia antarctica*) foram obtidas separadamente, mesmo nas unidades onde ocorriam juntas. Em laboratório, estes materiais foram cuidadosamente lavados para retirada de possíveis fontes de contaminação, como partículas de solo e rocha presos ao material vegetal, procedendo-se, em seguida a secagem em estufa. Após a secagem, as amostras foram trituradas em moinho e submetidas à digestão nitro-perclórica.

O extrato obtido da digestão foi analisado por meio de Espectrofotometria de Emissão Óptica com Plasma acoplado por Indução para a determinação dos teores dos elementos traços Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Ti, V e Zn, além de Al, Ca e Mg.

3.7 – Obtenção do mapa de domínios pedogeoquímicos

Utilizando-se o software ArcView[®] e o mapa de solos (Francelino, 2004), foi elaborado o mapa de domínios pedogeoquímicos, considerando os resultados das análises dos teores totais de metais (Fe, Al e Cu), carbono e pH das amostras coletas nas camadas superficiais dos solos e sedimentos (0 – 10 cm), com exceção do perfil K8, onde foi usada a profundidade 10 – 20 cm. Na descrição das classes foram ainda considerados dados de geomorfologia, cobertura vegetal e atividades ornitogênicas. Os perfis com características pedogeoquímicas semelhantes foram agrupados em um mesmo domínio.

O mapa foi confeccionado na escala 1:5000, no formato vetorial e está associado a uma tabela de atributos que permite constantes atualizações e recuperação imediata dos dados. Esse formato permite ainda a sobreposição com outros temas, gerando assim, novas informações.

Este mapa será incorporado ao Sistema de Informações Geográficas (SIG) AAEG da Baía do Almirantado, cumprindo as metas da Rede 2 do PROANTAR.

4 – Resultados e Discussão

4.1 – Caracterização física e química

A maioria dos solos da Península Keller possui percentagens de cascalho relativamente baixa para áreas criogênicas, com alguns solos apresentando abaixo de 20% de cascalho, evidenciando marcante intemperismo físico-químico em condições periglaciais (Tabela 2). Segundo Bockheim (1997), nos solos típicos do Deserto Polar, mais de 90% dos constituintes minerais corresponde a fragmentos de rocha e cascalho (>2mm), com textura arenoso-esquelética, segundo os critérios do Soil Survey Staff (1994).

A fração terra fina (<2mm) é dominada por areia e silte, com relação silte/argila elevada para a maioria dos solos, mas a fração argila é muito expressiva para as condições climáticas da região, alcançando valores acima de 30% em alguns solos, com textura franco-argilosa, onde a relação silte/argila se mantém abaixo de 1,0 (Tabela 2), corroborando a expressiva pedogênese para as condições antárticas. Nos solos mais ácidos, o fato de não ter sido utilizado um dispersante químico pode ter interferido na dispersão, subestimando o teor de argila em relação ao silte. Contudo, os solos da Península Keller apresentam estrutura fraca, incipiente ou em grãos simples e elevada pedregosidade ao longo de todo o perfil, com fragmentos arestados indicando pouco transporte, em função da juvenilidade dos sedimentos e da curta distância de movimentação pela crioturbação (Lee et al., 2004). Assim,

além do clima subpolar/polar marítimo, o relevo acidentado da Península Keller é outro fator que dificulta a ocorrência de solos mais desenvolvidos e argilosos.

A Península apresenta geoformas bem movimentadas com expressiva amplitude altimétrica, desde o nível do mar até picos em cotas próximas a 300 m, com acumulações detríticas de natureza variável e as mais diversas feições, desde os níveis de terraços e morainas, depósitos de talus, felsenmeer, circos glaciais e cristas rochosas (Francelino, 2004). A geomorfologia local favorece a perda de material fino (silte e argila) nos fluxos de drenagem ao longo do verão, o que pode ser observado pelas extensas plumas de sedimentos nas áreas de descargas (Figura 4) e terraços marinhos. Segundo Jeong et al. (2001, 2004), esta retirada erosiva proporciona um grande aporte de sedimentos para o ambiente marinho da região, que apresenta os maiores teores de esmectita e outros minerais secundários do Oceano Antártico. Os solos afetados por crioturbação apresentam migração em profundidade de partículas finas, principalmente argila e silte, que unem grãos de areia, preenche poros e ocorrem como cutãs sobre os fragmentos grosseiros, devido a seleção vertical do congelamento (Bockeim & Tarnocai, 1998). Assim, os solos mais profundos e com maior quantidade de material fino restringem-se a pequenas áreas mais estáveis sobre andesitos ácidos com textura porfiroidal, ou materiais misturados (K5 e K24, por exemplo), ou pequenos platôs estruturais, como o do Morro da Cruz (K16) onde foi coletado um solo em área de maior acúmulo de sedimentos sobre basalto (Tabela 2).

Os perfis K8, K24 e K25 representam as áreas mais típicas e homogêneas de material de origem ácido, com influência de sulfetos, onde a acidólise promovida pela oxidação dos sulfetos proporciona maior taxa de intemperismo químico e remoção, resultando em maior percentual de material fino, apresentando teores muito altos de silte, enquanto a fração argila pouco expressiva pode ser resultado da solubilização ácida e problemas na dispersão de alofanos, tendo em vista o uso de água deionizada como dispersante (Tabela 2). A influência dos sulfetos é corroborada pelos baixos valores de pH predominantes nestes solos (Tabela 3) e pela abundância de minerais sulfatados, como jarosita, na fração argila, já oxidada (Figura 5). Já o perfil K16, que melhor representa os solos de basaltos, possui textura franco-argilosa na fração terra fina, com baixo teor de areia, refletindo a geologia rica em

minerais máficos e elevado teor de silte. No entanto, na maior parte da Península, a crioturbação tende a originar sedimentos heterogêneos pela mistura no perfil de materiais ácidos e básicos, resultando em uma textura franca pouco variável na fração terra fina.



Figura 4 – Vista aérea de uma pluma de sedimentos sobre terraço marinho na Península Keller

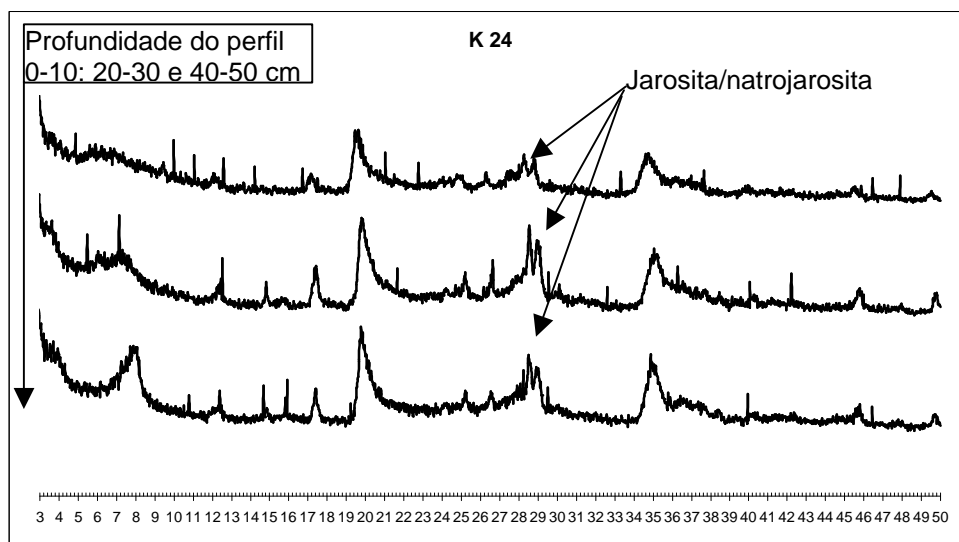


Figura 5 – Difrátograma de raios-X da fração argila do perfil K24, na Península Keller, ilustrando a presença de jarosita/natrojarosita entre 27,5 e 29,5 $^{\circ}2\theta$. Material cedido por Simas et al. (2005 – dados não publicados)

Tabela 2 – Resultados das análises físicas dos solos da Península Keller

Perfil	Ag	Af	Silte	Argila	Silte/argila	Cascalho*	Textura	Cor do Solo
K1	————— % —————					%		
0–10	33	15	34	18	1,9	63	Franco	2,5Y 5/2
10–20	34	15	34	17	2,0		Franco	2,5Y 6/2
20–30	31	10	37	22	1,7	63	Franco	2,5Y 6/2
30–40	29	11	36	24	1,5		Franco	2,5Y 6/2
K1A								
0–10	46	9	25	20	1,3	73	Franco-arenosa	
10–20	40	9	29	22	1,3		Franco	2,5Y 6/1
20–30	34	12	30	24	1,3		Franco	2,5Y 6/2
30–40	41	9	28	22	1,3	58	Franco	2,5Y 6/2
40–50	38	10	29	23	1,3		Franco	2,5Y 6/2
50–60	36	10	30	24	1,3		Franco	2,5Y 6/2
K2								
0–10	34	14	31	21	1,5	57	Franco	2,5Y 5/1
10–20	34	20	28	18	1,6		Franco-arenosa	2,5Y 5/2
20–30	36	22	25	17	1,5		Franco-arenosa	2,5Y 5/2
30–40	30	14	37	19	1,9	47	Franco	2,5Y 5/2
40–50	36	21	20	23	0,9		Franco-argilo-arenosa	2,5Y 6/3
K3								
0–10	50	9	22	19	1,2	86	Franco-arenosa	2,5Y 4/2
10–20	46	9	27	18	1,5		Franco-arenosa	10YR 4/2
20–30	49	10	22	19	1,2	66	Franco-arenosa	10YR 4/2
30–40	29	14	36	21	1,7		Franco	10YR 5/4
40–50	30	12	35	23	1,5		Franco	10YR 5/4
K4								
0–10	34	8	35	23	1,5	18	Franco	2,5Y 5/2
10–20	32	14	33	21	1,6		Franco	2,5Y 5/2
20–30	28	14	32	26	1,2		Franco	2,5Y 5/2
30–40	24	11	37	28	1,3	40	Franco-argilosa	2,5Y 5/2
40–50	25	10	37	28	1,3		Franco-argilosa	2,5Y 5/1
K5								
0–10	20	6	40	34	1,2	40	Franco-argilosa	2,5Y 6/4
10–20	23	6	38	33	1,2		Franco-argilosa	2,5Y 6/4
20–30	25	6	39	30	1,3		Franco-argilosa	2,5Y 6/3
30–40	29	7	36	28	1,3		Franco-argilosa	2,5Y 6/2
40–50	21	5	42	32	1,3	58	Franco-argilosa	2,5Y 7/6
50–60	32	7	33	28	1,2		Franco-argilosa	2,5Y 6/1
K6								
0–10	51	3	22	24	0,9	79	Franco-argilo-arenosa	2,5Y 4/2
10–20	41	7	24	28	0,9		Franco-argilo-arenosa	10YR 6/1
20–30	58	6	16	20	0,8	53	Franco-arenosa	2,5Y 5/1
K8								
0–10	29	8	34	29	1,2	39	Franco-argilosa	2,5Y 6/2
10–20	20	6	72	2	36,0	42	Franco-siltosa	2,5Y 6/6
20–30	20	7	71	2	35,5	53	Franco-siltosa	2,5Y 6/4
K9								
0–10	56	6	21	17	1,2	86	Franco-arenosa	2,5Y 3/1
10–20	57	5	19	19	1,0	69	Franco-arenosa	5Y 6/1
K10								
0–10	51	9	20	20	1,0	50	Franco-arenosa	2,5Y 5/2
10–20	50	7	23	20	1,2	65	Franco-arenosa	2,5Y 5/2

Continua...

Tabela 2 – Cont.,

Perfil	Ag	Af	Silte	Argila	Silte/argila	Cascalho*	Textura	Cor do Solo
K11	—————%—————					%		
0–10	31	14	31	24	1,3	40	Franco	10YR 4/3
10–20	23	12	35	30	1,2		Franco-argilosa	10YR 5/3
20–30	27	7	35	31	1,1	44	Franco-argilosa	10YR 5/3
K12								
0–10	39	6	31	24	1,3	54	Franco	2,5Y 5/2
10–20	26	10	32	32	1,0		Franco-argilosa	5Y 5/1
20–30	32	9	28	31	0,9	72	Franco-argilosa	5Y 5/1
30–40	39	6	27	28	1,0		Franco-argilosa	5Y 5/1
K13								
0–10	42	6	28	24	1,2	79	Franco	2,5Y 4/1
10–20	31	7	31	31	1,0		Franco-argilo-arenosa	2,5Y 5/2
20–30	35	6	31	28	1,1		Franco-argilosa	2,5Y 5/2
30–40	33	6	33	28	1,2	63	Franco-argilosa	5Y 5/2
40–50	36	5	33	26	1,3		Franco-argilosa	5Y 5/2
K14								
0–10	40	11	27	22	1,2	42	Franco-argilo-arenosa	10YR 5/1
10–20	23	10	36	31	1,2		Franco-argilosa	2,5Y 6/1
20–30	27	9	34	30	1,1		Franco-argilosa	2,5Y 6/1
30–40	36	6	33	25	1,3	55	Franco	5Y 6/3
40–50	39	4	37	20	1,9		Franco	5Y 6/2
K15								
0–10	53	18	15	14	1,1	60	Franco-arenosa	2,5Y 5/1
10–20	27	16	38	19	2,0		Franco	5Y 5/1
20–30	29	11	31	29	1,1		Franco-argilosa	2,5Y 6/1
30–40	28	9	32	31	1,0	41	Franco-argilosa	2,5Y 6/1
50–60	30	13	32	25	1,3		Franco	2,5Y 7/6
K16								
0–10	29	4	39	28	1,4	30	Franco-argilosa	2,5Y 4/1
10–20	29	5	38	28	1,4		Franco-argilosa	2,5Y 6/1
20–30	30	6	34	30	1,1		Franco-argilosa	2,5Y 6/1
30–40	32	4	38	26	1,5	47	Franco	2,5Y 6/1
40–50	25	6	43	26	1,7		Franco	2,5Y 6/1
50–60	23	5	42	30	1,4		Franco-argilosa	2,5Y 6/1
60–70	19	7	41	33	1,2		Franco-argilosa	2,5Y5/1
K17								
0–10	24	3	42	31	1,4	42	Franco-argilosa	2,5Y 5/3
10–20	23	3	43	31	1,4		Franco-argilosa	2,5Y6/3
20–30	29	2	35	34	1,0		Franco-argilosa	2,5Y 6/3
30–40	19	4	48	29	1,7	59	Franco-argilosa	2,5Y 6/2
40–50	28	2	38	32	1,2		Franco-argilosa	2,5Y 6/2
50–60	31	4	30	35	0,9		Franco-argilosa	2,5Y 6/2
K18								
0–10	29	8	33	30	1,1	33	Franco-argilosa	5Y 5/1
10–20	25	11	37	27	1,4		Franco-argilosa	2,5Y 6/1
20–30	27	6	36	31	1,2		Franco-argilosa	5Y 5/1
30–40	30	7	33	30	1,1	64	Franco-argilosa	2,5Y 6/1
40–50	31	6	35	28	1,3		Franco-argilosa	2,5Y 6/1
50–60	30	6	35	29	1,2		Franco-argilosa	5Y 6/1

Continua...

Tabela 2 – Cont.,

Perfil	Ag	Af	Silte	Argila	Silte/argila	Cascalho*	Textura	Cor do Solo
k19	————— % —————					%		
0–10	36	22	25	17	1,5	9	Franco-arenosa	10YR 5/4
10–20	36	20	26	18	1,4	24	Franco-arenosa	10YR 5/4
20–30	35	15	33	17	1,9	58	Franco	2,5Y 6/6
K20								
0–10	40	21	27	12	2,3		Franco-arenosa	10YR 4/3
10–20	37	20	32	11	2,9		Franco-arenosa	10YR 5/6
20–30	37	18	35	10	3,5	51	Franco-arenosa	10YR 5/6
30–40	35	21	34	10	3,4		Franco-arenosa	10YR 5/4
40–50	41	13	29	17	1,7		Franco-arenosa	2,5Y 6/4
50–60	33	13	30	24	1,3		Franco	2,5Y 6/3
K21								
0–10	83	6	6	5	1,2	55	Areia	10YR 4/3
10–20	89	4	4	3	1,3		Areia	10YR 4/3
20–30	87	5	4	4	1,0		Areia	10YR 4/3
30–40	87	4	5	4	1,3	33	Areia	10YR 4/3
40–50	88	4	4	4	1,0		Areia	10YR 4/3
K22								
0–10	36	15	33	16	2,1	64	Franco	2,5Y 5/2
10–20	31	17	36	16	2,3		Franco	2,5Y 5/2
20–30	32	11	31	26	1,2		Franco	2,5Y 6/2
30–40	33	10	32	25	1,3	73	Franco	2,5Y 6/2
K23								
0–10	52	16	24	8	3,0	70	Franco-arenosa	10YR 4/3
10–20	50	15	29	6	4,8		Franco-arenosa	2,5Y 5/4
20–30	51	15	27	7	3,9		Franco-arenosa	2,5Y 5/4
30–40	41	20	31	8	3,9	16	Franco-arenosa	2,5Y 5/4
40–50	37	16	37	10	3,7		Franco-arenosa	2,5Y 5/4
50–60	42	11	31	16	1,9		Franco-arenosa	2,5Y 5/4
K24								
0–10	52	6	26	16	1,6	58	Franco-arenosa	2,5Y 5/4
10–20	39	7	53	1	53,0		Franco-siltosa	2,5Y 6/4
20–30	26	10	63	1	63,0		Franco-siltosa	2,5Y 7/6
30–40	28	6	65	1	65,0	38	Franco-siltosa	2,5Y 7/6
40–50	25	7	66	2	33,0		Franco-siltosa	2,5Y 7/6
50–60	28	6	65	1	65,0		Franco-siltosa	2,5Y 7/6
K25								
0–10	37	12	49	2	24,5	52	Franco-arenosa	2,5Y 6/4
10–20								2,5Y 6/4
20–30	76	2	20	2	10,0	68	Areia-franca	2,5Y 6/4

* A percentagem de cascalho foi calculada para apenas duas amostras por perfil, devido à falta de material para todas as amostras.

Em alguns solos, a mistura estratificada de sedimentos de diferentes origens é mais evidente, como no perfil K5 (Figura 6) que apresenta intercalações de camadas claras, à semelhança dos solos sobre rochas sulfetadas ou tufos ácidos, e camadas escuras, tipicamente basálticas. Este perfil foi coletado sobre um basalto, sem nenhuma evidência de fonte local do material ácido a montante, que deriva possivelmente da deposição atmosférica de cinzas vulcânicas oriundas de erupções na Ilha Deception, como sugerido por Lee et al. (2004). Segundo Jeong & Yoon (2001), a Ilha Deception que se localiza a cerca de 130 km a sudeste da Ilha Rei George, é responsável por um grande aporte de material, constituído principalmente de vidros e cinzas vulcânicos, para a Península Antártica, sendo a maior parte (20%) concentrada na porção oeste da Península, voltada à Ilha. Tais intercalações são comuns nos solos da parte sul de Keller.



Figura 6 – Perfil K5, ilustrando a influência de diferentes materiais de origem em alguns solos da Península Keller

A cor dos solos na Península Keller é bastante variável, principalmente em função do material de origem, posição na paisagem e do

hidromorfismo, um fenômeno comum em todos os geoambientes da Península. Nos topos da paisagem há predominância de solos acinzentados e oliváceos, com forte gleização nos solos hidromórficos sobre basaltos (K16) (Tabela 2). Os solos desenvolvidos sobre basaltos, não hidromórficos, apresentam cores mais escuras, enquanto aqueles desenvolvidos de andesitos apresentam cores gleizadas (K8) (Tabela 2). Os solos desenvolvidos de tufos palagoníticos (ou cinzas vulcânicas) possuem cores mais fortes e amareladas, mesmo em regime hidromórfico, pela presença de jarosita e ferridrita (camada 20–30 cm do K5, Figura 6) (Tabela 2). Nos ambientes hidromórficos ocorrem cores gleizadas, independente da cota, quando desenvolvidos de materiais máficos (basaltos ou andesitos). De maneira geral, as cores dos solos caracterizam um ambiente redutor em subsuperfície, o que evidencia a saturação da camada ativa em regime periglacial. Segundo Darmody et al. (2000), isto ocorre porque durante o inverno a cobertura de gelo impede o contato com o oxigênio atmosférico e no verão, os solos se mantêm saturados por água na maior parte do tempo.

Tabela 3 – Resultados das análises químicas realizadas nos solos da Península Keller

Perfil	pH (H ₂ O)	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	V	ISNa	P_rem	COT
K1		mg kg ⁻¹				cmol _c dm ⁻³				%		mg dm ⁻³ dag kg ⁻¹			
0–10	6,6	218	149	260	17	6	0,0	0,0	24,5	24,5	24,5	100,0	4,6	28,0	0,4
10–20	7,3	273	105	197	19	3	0,0	0,0	23,1	23,1	23,1	100,0	3,7	35,0	0,4
20–30	7,7	259	97	176	21	3	0,0	0,0	25,0	25,0	25,0	100,0	3,0	36,0	0,2
30–40	7,8	203	71	145	24	2	0,0	0,0	26,8	26,8	26,8	100,0	2,4	34,0	0,2
K1A															
0–10															0,4
10–20	8,0	284	80	152	21	4	0,0	0,0	25,9	25,9	25,9	100,0	2,6	37,0	0,3
20–30	7,9	735	84	158	23	3	0,0	0,0	26,9	26,9	26,9	100,0	2,6	39,0	0,2
30–40	8,0	253	70	140	22	3	0,0	0,0	25,8	25,8	25,8	100,0	2,4	39,0	0,2
40–50	8,0	227	72	150	23	3	0,0	0,0	26,8	26,8	26,8	100,0	2,5	40,0	0,2
50–60	8,1	240	84	200	23	3	0,0	0,0	27,1	27,1	27,1	100,0	3,2	41,0	0,2
K2															
0–10	7,8	197	122	248	15	13	0,0	1,5	29,4	29,4	30,9	95,0	3,7	33,0	0,2
10–20	7,8	105	138	204	20	11	0,0	1,3	32,2	32,2	33,5	96,0	2,8	30,0	0,2
20–30	7,6	35	134	276	21	9	0,0	1,0	31,5	31,5	32,5	97,0	3,8	30,0	0,2
30–40	7,8	89	140	314	27	10	0,0	0,0	38,7	38,7	38,7	100,0	3,5	36,0	0,1
40–50	7,9	142	102	196	31	11	0,0	0,0	43,1	43,1	43,1	100,0	2,0	42,0	0,1
50–60	8,0	148	104	183	30	10	0,0	0,0	41,1	41,1	41,1	100,0	1,9	43,0	
K3															
0–10															0,7
10–20	7,9	193	84	147	15	5	0,0	1,3	20,9	20,9	22,2	94,0	3,1	28,0	0,5
20–30	7,7	197	80	127	15	4	0,0	1,0	19,8	19,8	20,8	95,0	2,8	28,0	0,5
30–40	7,6	253	80	132	17	5	0,0	1,2	22,8	22,8	24,0	95,0	2,5	32,0	0,4
40–50	7,6	222	78	120	17	5	0,0	1,0	22,7	22,7	23,7	96,0	2,3	29,0	0,3
K4															
0–10	7,4	249	122	260	11	12	0,0	1,7	24,4	24,4	26,1	93,0	4,8	29,0	0,3
10–20	7,2	253	102	230	12	10	0,0	1,3	23,3	23,3	24,6	95,0	4,2	33,0	0,3
20–30	6,9	268	102	240	16	9	0,0	1,0	26,3	26,3	27,3	96,0	3,9	36,0	0,2
30–40	7,3	333	91	220	20	8	0,0	0,3	29,2	29,2	29,5	99,0	3,3	39,0	0,2
40–50	7,6	337	92	190	22	7	0,0	0,2	30,1	30,1	30,3	99,0	2,8	39,0	0,2
K5															
0–10															0,2
10–20	7,5	140	71	170	35	6	0,0	0,2	41,9	41,9	42,1	100,0	1,8	29,0	0,1
20–30	7,5	190	66	109	33	5	0,0	0,2	38,6	38,6	38,8	100,0	1,3	35,0	0,1
30–40	7,6	257	80	119	36	4	0,0	0,0	40,7	40,7	40,7	100,0	1,3	38,0	0,1
40–50	7,6	65	63	121	39	5	0,0	0,0	44,7	44,7	44,7	100,0	1,2	30,0	0,1
50–60	7,8	357	75	115	32	3	0,0	0,0	35,7	35,7	35,7	100,0	1,4	47,0	0,2
K6															
0–10															0,5
10–20	8,0	255	70	218	27	7	0,0	0,3	35,1	35,1	35,4	99,0	2,7	47,0	0,2
0–30	7,9	149	56	230	17	4	0,0	0,0	22,1	22,1	22,1	100,0	4,5	47,0	0,1
K7															
0–10*															
10–20	7,6	277	84	276	18	7	0,0	0,5	26,4	26,4	26,9	98,0	4,6	46,0	1,4
20–30	7,5	7	61	220	25	5	0,0	0,0	31,1	31,1	31,1	100,0	3,2	48,0	0,4
30–40	7,8	294	61	200	25	4	0,0	0,0	30,0	30,0	30,0	100,0	2,9	48,0	0,3
40–50	8,0	253	60	186	26	3	0,0	0,0	30,0	30,0	30,0	100,0	2,7	47,0	0,2
K8															
0–10	7,6	174	59	121	16	12	0,0	1,5	28,7	28,7	30,2	95,0	1,9	27,0	0,4
10–20	4,8	27	50	194	5	2	16,0	20,0	8,0	24,0	28,0	29,0	3,5	9,0	0,1
20–30	4,6	46	48	171	5	2	18,0	21,0	7,9	25,9	28,9	26,0	2,9	9,0	0,2

Continua...

Tabela 3 – Cont.,

Perfil	pH (H ₂ O)	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	V	ISNa	P_rem	COT
K9		mg kg ⁻¹				cmol _c dm ⁻³					%	mg dm ⁻³ dag kg ⁻¹			
0-10*															11,4
10-20	5,6	73	77	88	6	5	0,1	4,0	11,6	11,7	15,6	75,0	3,2	42,0	1,9
K10															
0-10	6,5	72	64	135	10	2	0,0	1,3	12,8	12,8	14,1	91,0	4,7	40,0	2,9
10-20	6,7	86	46	90	9	2	0,0	1,2	11,5	11,5	12,7	91,0	3,4	38,0	0,9
K11															
0-10	6,0	50	108	200	11	11	0,7	8,7	23,1	23,8	31,8	73,0	3,7	28,0	3,2
10-20	6,3	207	101	188	16	16	0,3	4,1	33,1	33,4	37,2	89,0	2,5	34,0	0,8
20-30	6,5	250	108	202	16	16	0,1	0,0	33,2	33,3	33,2	100,0	2,6	33,0	0,5
K12															
0-10	6,9	520	91	190	15	10	0,1	2,0	26,1	26,2	28,1	93,0	3,1	38,0	0,2
10-20	6,8	402	80	137	22	11	0,2	1,2	33,8	34,0	35,0	97,0	1,8	42,0	0,2
20-30	7,1	486	75	135	24	9	0,3	1,0	33,8	34,1	34,8	97,0	1,7	41,0	0,2
30-40	7,2	462	74	123	27	7	0,0	0,0	34,7	34,7	34,7	100,0	1,5	45,0	0,1
K13															
0-10*															4,1
10-20	7,2	220	59	128	17	11	0,1	1,8	28,7	28,8	30,5	94,0	2,0	37,0	0,5
20-30	7,3	465	56	106	25	12	0,0	1,2	37,6	37,6	38,8	97,0	1,3	34,0	0,3
30-40	7,3	626	50	104	23	10	0,1	1,0	33,6	33,7	34,6	97,0	1,4	42,0	0,2
40-50	7,4	769	43	95	29	11	0,0	0,3	40,5	40,5	40,8	99,0	1,0	46,0	0,2
50-60	7,2	694	46	93	26	10	0,0	0,7	36,5	36,5	37,2	98,0	1,1	47,0	0,2
K14															
0-10	6,9	262	53	108	16	4	0,1	2,0	20,6	20,7	22,6	91,0	1,2	43,0	0,8
10-20	7,1	540	54	93	26	5	0,0	1,0	31,5	31,5	32,5	97,0	1,3	43,0	0,4
20-30	7,4	298	53	81	27	3	0,0	0,0	30,5	30,5	30,5	100,0	1,2	38,0	0,3
30-40	7,8	42	27	52	26	2	0,0	0,0	28,3	28,3	28,3	100,0	0,8	46,0	0,3
40-50	8,1	19	24	48	26	1	0,0	0,0	27,3	27,3	27,3	100,0	0,8	45,0	0,3
K15															
0-10*															0,5
10-20	7,7	332	43	79	14	3	0,1	0,0	17,5	17,6	17,5	100,0	1,9	36,0	0,3
20-30	7,5	390	51	73	16	3	0,0	1,2	19,4	19,4	20,6	94,0	1,6	39,0	0,2
30-40	7,5	172	48	72	16	3	0,0	1,5	19,4	19,4	20,9	93,0	1,6	37,0	0,2
50-60	7,2	73	36	58	16	3	0,0	1,5	19,3	19,3	20,8	93,0	1,3	6,0	0,2
K16															
0-10	7,4	258	45	89	38	3	0,0	3,6	41,5	41,5	45,1	92,0	0,9	44,0	0,1
10-20	7,6	514	49	108	46	3	0,0	0,3	49,6	49,6	49,9	99,0	0,9	43,0	0,1
20-30	7,7	247	46	81	44	3	0,0	0,3	47,5	47,5	47,8	99,0	0,8	45,0	0,1
30-40	7,8	460	39	70	45	3	0,0	0,3	48,4	48,4	48,7	99,0	0,6	46,0	0,1
40-50	7,8	260	44	69	52	3	0,0	0,3	55,4	55,4	55,7	100,0	0,5	45,0	0,1
50-60	7,8	432	51	74	56	4	0,0	0,3	60,5	60,5	60,8	100,0	0,5	46,0	0,1
60-70	7,9	384	46	65	55	4	0,0	0,8	59,4	59,4	60,2	99,0	0,5	45,0	0,1
K17															
0-10	7,7	313	47	140	47	6	0,0	0,8	53,7	53,7	54,5	99,0	1,1	36,0	0,1
10-20	7,6	423	38	115	64	5	0,0	1,0	69,6	69,6	70,6	99,0	0,7	39,0	0,2
20-30	7,8	397	34	105	69	4	0,0	0,5	73,5	73,5	74,0	99,0	0,6	41,0	0,1
30-40	7,9	254	31	82	59	3	0,0	0,7	62,4	62,4	63,1	99,0	0,6	46,0	0,2
40-50	6,2	271	51	83	57	3	0,0	2,6	60,5	60,5	63,1	96,0	0,6	43,0	0,1
50-60	7,3	318	54	81	62	3	0,0	1,8	65,5	65,5	67,3	97,0	0,5	42,0	0,1

Continua...

Tabela 3 – Cont.,

Perfil	pH (H ₂ O)	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	V	ISNa	P_rem	COT
K18		mg kg ⁻¹				cmol _c dm ⁻³				%		mg dm ⁻³ dag kg ⁻¹			
0-10	5,8	308	125	204	19	9	0,3	4,8	29,2	29,5	34,0	86,0	3,1	38,0	0,9
10-20	6,4	417	158	198	24	10	0,0	3,6	35,3	35,3	38,9	91,0	2,5	36,0	0,4
20-30	6,8	393	133	168	24	8	0,0	3,3	33,1	33,1	36,4	91,0	2,2	39,0	0,3
30-40	7,1	354	153	194	28	7	0,0	3,0	36,2	36,2	39,2	95,0	2,4	41,0	0,2
40-50	7,3	324	144	180	29	5	0,0	1,5	35,2	35,2	36,7	96,0	2,2	38,0	0,2
50-60	7,3	338	106	131	26	4	0,0	11,1	30,8	30,8	41,9	73,0	1,9	43,0	0,2
K19															
0-10	5,4	13	109	122	9	9	0,1	14,4	18,8	18,9	33,2	56,0	2,9	12,0	2,5
10-20	5,3	14	101	122	9	10	1,7	1,5	19,8	21,5	21,3	93,0	2,5	9,0	2,2
20-30	5,6	25	116	128	12	13	0,5	10,6	25,9	26,4	36,5	71,0	2,1	10,0	1,8
K20															
0-10	5,0	190	145	206	6	3	1,1	11,4	10,3	11,4	21,7	49,0	7,5	33,0	6,5
10-20	5,5	128	95	210	9	5	0,3	6,3	15,2	15,5	21,5	70,0	6,1	33,0	1,9
20-30	5,9	65	110	212	9	5	0,1	4,3	15,2	15,3	19,5	77,0	6,3	30,0	0,7
30-40	6,6	65	132	214	10	5	0,1	2,0	16,3	16,4	18,3	89,0	5,6	30,0	0,6
40-50	6,8	261	165	200	11	5	0,1	1,0	17,3	17,4	18,3	94,0	5,1	32,0	0,5
50-60	7,2	398	172	190	16	7	0,0	1,7	24,3	24,3	26,0	93,0	3,5	34,0	0,3
K21															
0-10	6,7	308	72	200	16	7	0,0	1,8	24,1	24,1	25,9	93,0	3,7	47,0	0,9
10-20	6,5	135	67	190	6	3	0,0	1,7	10,0	10,0	11,7	86,0	8,1	47,0	0,2
20-30	6,2	133	65	188	5	3	0,0	1,5	9,0	9,0	10,5	85,0	10,0	47,0	0,2
30-40	6,3	133	64	214	5	3	0,0	1,3	9,1	9,1	10,4	88,0	10,3	42,0	0,2
40-50	6,4	143	75	248	5	3	0,0	1,3	9,3	9,3	10,6	87,0	12,8	44,0	0,1
K22															
0-10	6,3	307	121	204	5	3	0,0	2,5	9,2	9,2	11,7	79,0	9,6	41,0	3,2
10-20	6,3	403	126	256	12	4	0,0	2,8	17,4	17,4	20,2	86,0	6,7	47,0	1,0
20-30	7,2	429	112	214	10	3	0,0	0,3	14,2	14,2	14,5	98,0	6,4	39,0	0,3
30-40	7,5	401	101	208	17	4	0,0	0,2	22,2	22,2	22,4	99,0	4,2	42,0	0,4
40-50	7,7	374	100	177	17	3	0,0	0,0	21,0	21,0	21,0	100,0	3,6	40,0	0,1
K23															
0-10	5,3	72	83	124	18	3	2,6	12,5	21,8	24,4	34,3	63,0	2,2	18,0	3,6
10-20	5,4	89	92	130	9	5	3,2	11,7	14,8	18,0	26,5	56,0	3,2	7,0	2,2
20-30	5,4	91	86	122	9	6	2,0	9,6	15,8	17,8	25,4	63,0	2,9	9,0	2,1
30-40	5,6	69	93	150	11	7	1,2	8,1	18,9	20,1	27,0	69,0	3,3	9,0	1,2
40-50	6,2	241	94	139	13	7	0,0	3,1	20,8	20,8	23,9	87,0	2,9	21,0	0,7
50-60	6,3	397	83	105	18	9	0,0	2,1	27,7	27,7	29,8	93,0	1,7	29,0	0,3
K24															
0-10	5,1	45	74	166	20	10	7,6	12,0	30,9	38,5	42,9	72,0	1,9	12,0	0,5
10-20	5,0	28	42	125	18	9	15,0	20,1	27,7	42,7	47,8	57,0	1,3	3,0	0,2
20-30	4,7	21	25	84	17	5	27,0	31,0	22,4	49,4	53,4	42,0	0,7	1,0	0,1
30-40	4,4	21	15	60	11	3	31,0	37,0	14,3	45,3	51,3	27,0	0,6	1,0	0,1
40-50	4,3	19	18	55	6	1	33,0	38,0	7,3	40,3	45,3	16,0	0,6	1,0	0,1
50-60	4,3	18	15	58	4	1	32,0	37,9	5,3	37,3	43,2	12,0	0,7	1,0	0,1
K25															
0-10	4,5	76	42	75	5	0	36,0	42,7	5,4	41,4	48,1	12,0	0,8	0,0	0,4
10-20	4,7	78	46	88	9	2	7,0	11,6	11,5	18,5	23,1	50,0	2,1	1,0	0,3
20-30	4,8	96	45	96	10	2	4,0	8,3	12,5	16,5	20,8	60,0	2,5	3,0	0,3

* Não foram analisadas pela falta de material, em função da elevada pedregosidade das amostras na profundidade 0 – 10 cm, gerando pouca TFSA

Observações de campo indicam que a instabilidade climática do início do verão, com alternância de nevascas e chuvas com dias de sol e ventos fortes, proporcionam pequenos ciclos de congelamento-descongelamento que aumentam as taxas de fragmentação das rochas e gelifluxão na Península Keller. Segundo Matsuoka (1995), estes ciclos climáticos diurnos constituem um regime de intemperismo físico intrínseco às áreas úmidas periglaciais, atuando principalmente nos contatos entre as áreas livre de gelo e as camadas de gelo do entorno, podendo ser acentuado por processos químicos, em função da mineralogia das rochas.

As interferências da crioturbação inviabilizam ou mascaram a verificação em campo de processos de podzolização, embora tenha sido registrada a ocorrência de verniz ferruginoso recobrindo as superfícies dos fragmentos de rocha dentro dos perfis, especialmente nas áreas litorâneas, onde há maior salinidade, favorecendo precipitações de óxidos de Fe (Figura 7), provavelmente derivado da dissolução e reprecipitação de óxidos de Fe amorfos que predominam entre os minerais secundários nos solos da Antártica Marítima (Blume et al., 2002). Segundo Beyer & Bölter (2000), é comum os solos das áreas costeiras e mais úmidas da Antártica apresentarem características incipientes de podzolização, como horizontes EA e maiores valores de Fe_d , Fe_o e Al_o no horizonte espódico, em sítios ornitogênicos ou não, desde que colonizados por musgos e suficientemente estáveis. Na Península Keller, as mais densas coberturas de musgos se localizam nos terraços marinhos, que se mantêm saturados por água durante todo o verão, impedindo a diferenciação visual dos horizontes nos solos.

O hidromorfismo não se restringe às áreas de terraços marinhos, em função do lento e gradual recuo do permafrost ao longo do verão, retardando a drenagem do perfil em todas as unidades de relevo. Dessa forma, a camada ativa é variável em profundidade na estação de derretimento da neve e gelo, influenciando os processos físico-químicos ao longo do verão. As figuras 8 e 9 ilustram a maneira como a crioturbação e o hidromorfismo atuam em segmentos distintos da paisagem, provocando a mistura de materiais vegetais, minerais e dos materiais orgânicos resultantes da ornitogênese na Península Keller. O aquecimento do Planeta nos últimos quarenta anos proporcionou um grande aumento na espessura da camada ativa nas regiões

frias, principalmente na Antártica Marítima, o que significou um efetivo aumento da pedogênese e desenvolvimento das coberturas vegetais nestas áreas.



Figura 7 – Perfil K21 – Terraço marinho soerguido com presença de verniz ferruginoso encobrendo a superfície dos fragmentos de rochas

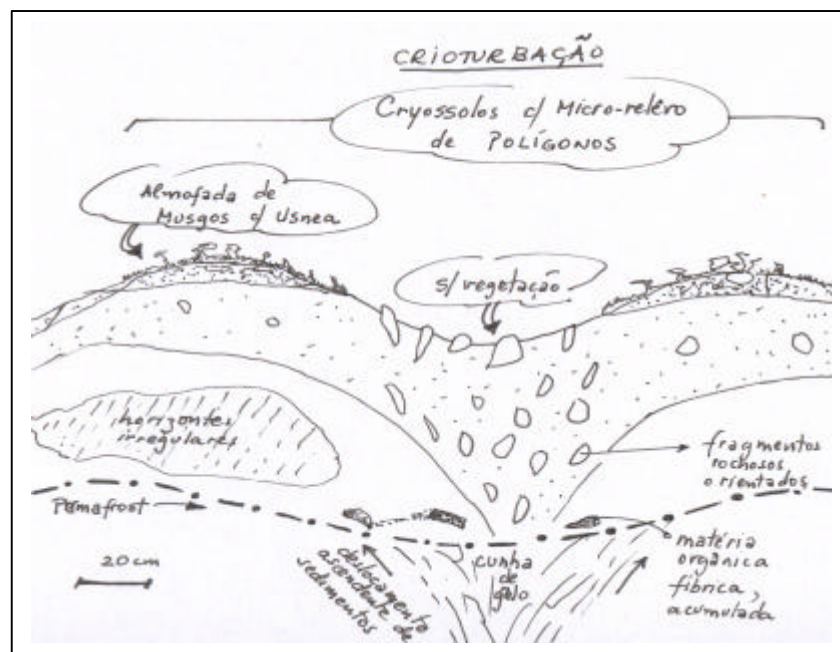


Figura 8 – Esquema ilustrando a atuação da crioturbação de solos em áreas periglaciais (modificado de Bockheim e Tarnocai, 1998)

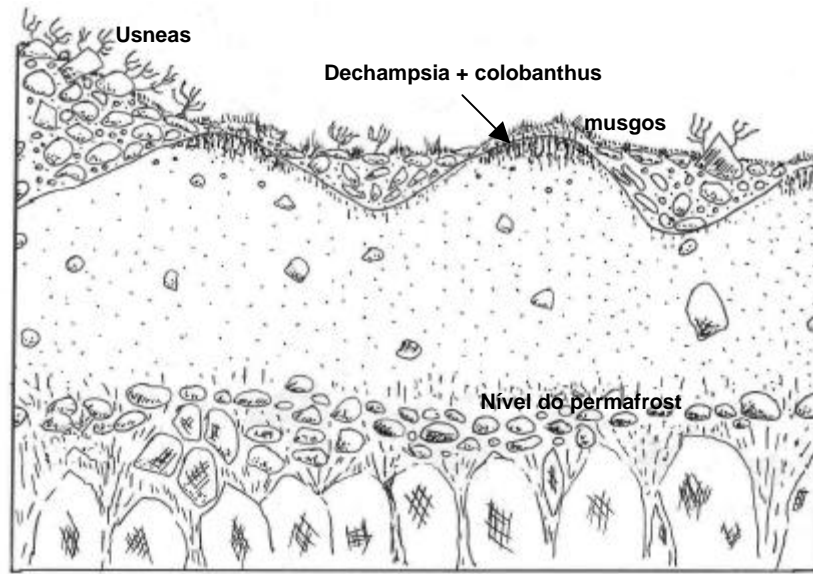


Figura 9 – Esquema ilustrando solos crioturbados em moraina com colonização mista, na Península Keller

Os solos apresentam pH predominantemente neutro a alcalino ou ligeiramente ácido, que se mantém pouco alterado ao longo do perfil, mesmo nas áreas de ocorrência de rochas piritizadas. Segundo Anderson et al. (1997), a acidez gerada pela oxidação de sulfetos é neutralizada pela dissolução de carbonatos, conferindo aos solos um pH mais elevado depois de esgotada a fonte de acidez.

Os solos mais ácidos (K8, K19, K24 e K25) estão localizados em áreas com pouca influência de sedimentos basálticos. São também estes solos que apresentam os valores mais baixos de P-rem, chegando próximo de zero nos perfis K24 e K25, apesar dos baixos teores de argila, mas com teores de Al^{3+} na faixa de $30 \text{ cm}_l \text{ dm}^{-3}$. Uma vez que os teores de argila nestes solos não diferem muito dos demais, a alta capacidade de adsorção de P se deve à presença de materiais alofânicos, corroborado pelos dados de Simas et al. (2005 – dados não publicados).

O fósforo remanescente é, assim, um excelente critério para a separação dos solos “ândicos” da Antártica Marítima, onde valores menores que cerca de 12 mg dm^{-3} de P-rem indicam a natureza predominantemente alofânica dos solos. Teores de P-rem entre 12 e 30 mg dm^{-3} apontam para áreas mistas, bem representadas pelos perfis K19 e K23 que apresenta pH em torno de 5,5, que proporciona teores médios de “Al trocável” e acentuada acidez potencial (Tabela 3). A Figura 10 ilustra a distribuição dos solos em

função do Al^{3+} , pH e P-rem, permitindo uma nítida separação dos solos com relação aos materiais de origem.

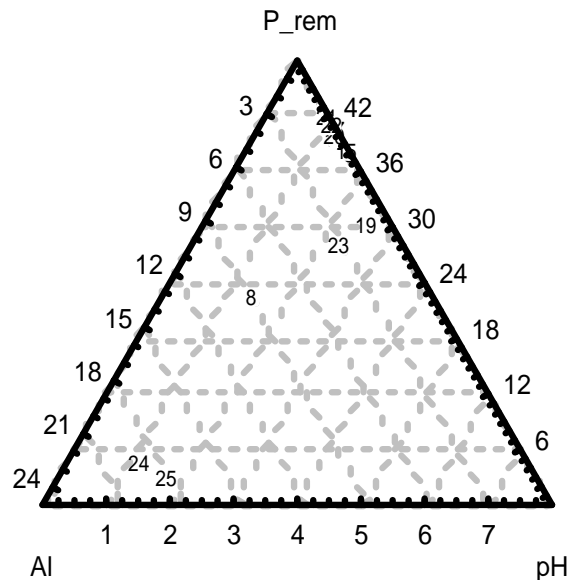


Figura 10 – Gráfico de distribuição dos 26 perfis de solos da Península Keller em função do pH, Al trocável e P-rem

A saturação por bases é elevada na maioria dos solos, refletindo a mineralogia dos basaltos, a exemplo do perfil do Morro da Cruz (K16), sobre basalto toleítico, onde os teores de P variam de 246 a 514 mg dm^{-3} , com teores também elevados de Ca e Na, em função da alta concentração de feldspatos cálcio-sódicos nestas rochas (Groeneweg & Beunk, 1992). O K é o elemento que ocorre em menores concentrações, em função das litologias dominantes, mas ainda assim, atinge teores acima de 200 mg kg^{-1} em áreas de rochas intermediárias (Tabela 3), com provável contribuição de sprays marinhos. Apesar dos teores de Na, os solos da Península Keller possuem baixo índice de salinização por este elemento (Tabela 3), caracterizando uma precipitação maior que a evaporação, ao contrário do Deserto Polar Antártico, onde o intemperismo por sais desempenha um papel importante na pedogênese, provocando a desintegração mecânica das rochas pelo intercrescimento de cristais ao longo das fendas (Campbell & Claridge, 1987). Ainda assim, o efeito salino influencia os solos da Península, principalmente nas áreas mais estáveis, como no Platô Tyrrel (K17). O acúmulo de sais na neve durante boa

parte do ano e sua redistribuição no solo com o início do verão, o qual também apresenta variações de períodos seco-úmidos, favorecem o efeito salino observado nestas regiões de influência marinha (Luzio et al., 1987). Estes autores encontraram teores de Na correspondente a 26,7% do total de cátions trocáveis em alguns solos da Ilha Rei George e concluíram que estes cátions seguem uma tendência similar a de solos de regiões áridas e desérticas, com influência de sais solúveis. Constatações semelhantes foram feitas por Tatur et al. (1993) para solos da Ilha Seymour, onde, segundo os autores, a presença de gipsita indica condições áridas, mas suficientemente úmidas para formar hidróxidos de Fe e Al e evitar uma acumulação estável de sais de nitrato e cloreto.

Observando os dados de Ca e Mg da Tabela 3, nota-se que a relação Ca/Mg é alta para a maioria dos solos, sendo em torno de 2 nos solos mais ácidos. A dissolução de minerais ferromagnesianos, com maior lixiviação de Mg em relação ao Ca que precipita em carbonatos secundários aumenta a relação nas áreas de basalto, enquanto a dissolução de carbonatos nas áreas de drenagem ácida diminui esta relação (Beyer & Bölter, 2000; Thorn et al., 2001). O Ca ocorre em elevadas concentrações nas rochas da região, ricas em anortita, cujos fenocristais subédricos de forma irregular e maior superfície específica (Machado et al., 1998), favorecem o intemperismo químico.

Os teores de carbono total determinados por oxidação úmida são, em geral, baixos, quando comparados com áreas tropicais, no entanto, Luzio et al. (1987) afirmam que teores de carbono em torno de 0,42 %, como os predominantes em Keller, são elevados para a condição de regime de temperatura perigélico que domina a Ilha Rei George. A influência de ornitogênese em alguns sítios da Península Keller proporciona valores locais acima de 6,5 % onde aves como Skuas (*Catharacta lonnbergii*), trinta-réis (*Sterna vittata*) e gaivotões (*Larus dominicanus*) nidificam. Contudo, as aves ocupam áreas isoladas e pontuais, com baixa densidade e, embora forneçam um importante input de nutrientes para a vegetação em torno dos ninhos, não provocam alterações significantes na maioria dos solos da Península, ao contrário de outras partes da Baía do Almirantado (Simas et al., 2004). Mesmo os solos com coberturas vegetais mais densas possuem baixo teor de COT, com a maior parte da matéria orgânica se concentrando na fração

fíbrica, formada de materiais vegetais (talos de briófitas, principalmente) parcialmente decompostos. Segundo Bockheim & Tarnocai (1998), a mistura e movimentação vertical de materiais orgânicos no solo, provocadas pela crioturbação tem um efeito de “diluição” da matéria orgânica no perfil do solo, com uma área de acumulação dentro e sobre a superfície do permafrost; o que também influenciou os baixos teores de carbono observados nos solos da Península Keller.

A origem vulcânica relativamente recente da Ilha Rei George, com predominância de rochas máficas, favorece a ocorrência de solos quimicamente ricos, assim, os solos da Península Keller possuem altos teores de nutrientes biodisponíveis, principalmente em fases minerais amorfas que são facilmente solubilizadas, resultando em altas concentrações nas águas de degelo e dos lagos da Península (Costa et al., 2004).

Apesar das perdas significantes de silte, argila de nutrientes pelos fluxos hídricos de verão e da intensa crioturbação e solifluxão expressiva, os solos da Península Keller são mais desenvolvidos que solos das porções mais antigas e estáveis do Continente, segundo descrições de Campbell & Claridge (1987) e Bockheim (1997), que afirmam considerar teores de argila menores que 10% normais para solos da Antártica. Segundo Bockheim (1997), à exceção de solos derivados de drifts do Plioceno ou mais antigos, enriquecidos em silte, os solos da Antártica possuem textura franco-arenosa ou arenosa, com abundância de fragmentos grossos. O maior grau de desenvolvimento dos solos da Península Keller, com marcante ocorrência de materiais sulfetados, comprovam que, apesar da predominância de processos físicos, a taxa de intemperismo químico na Península é distintamente maior que em outras regiões da Antártica, ao contrário do proposto por Lee et al. (2004). As alterações químicas são principalmente governadas pela oxidação de sulfetos e dissolução de carbonatos, e são favorecidas pela elevada umidade da região que, segundo Matsuoka (1995), é o fator determinante na taxa de pedogênese nestes ambientes, e onde as adições de matéria orgânica como possível fonte de prótons não é muito destacada.

4.2 – Extração seqüencial e background geoquímico

A Tabela 4 lista alguns dos 26 perfis, as profundidades amostradas e os teores totais dos elementos em cada amostra analisada. As tabelas 5 a 11 mostram os mesmos perfis da Tabela 4, com as profundidades analisadas, e os teores dos elementos nas frações solúvel em água, trocável, ligada a carbonatos, ligada a óxidos amorfos, ligada a óxidos cristalinos, ligada a matéria orgânica e residual, respectivamente. Foram analisados os elementos: Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Ti, V e Zn. As tabelas apresentam apenas os elementos que tiveram teores detectáveis em pelo menos uma das frações analisadas e o magnésio foi considerado apenas na fração solúvel em água, em função do uso de $Mg(NO_3)_2$ como extrator para a determinação dos teores trocáveis, comprometendo as demais extrações pela saturação das amostras com Mg.

Entre os elementos maiores, Fe e Al são os mais abundantes, seguidos de Na, K e Ca, em ordem decrescente de concentração (Tabela 4). Estes elementos ocorrem em altas concentrações nas formas solúveis, onde o Mg apresenta teores relativamente baixos, evidenciando pouca influência de sais magnesianos nos solos de Keller. Contudo, os teores Na e K estão bem acima dos encontrados nas rochas da região (Pride et al., 1990), em função da elevada presença de sais solúveis, comuns em ambientes sob influência de spray marinho (Sheppard, 2000). O Mg ocorre geralmente em concentrações relativamente baixas nas rochas da região, juntamente com elementos traços como Ni, Cr e Co, indicando que as litologias dominantes não representam composições ultrabásicas, enquanto os teores totais de Al em torno de 3,0%, aliados a teores relativamente elevados de Ba e Sr e aos baixos teores de Ti (< 1%), são condizentes com litologias básicas de afinidade calco-alcalina (Machado et al., 1998).

Em todos os solos analisados os teores totais de Al variaram entre 2,0% e 3,8% e o Fe total variou entre 2,6% e 7,1% (Tabela 4), à semelhança dos valores encontrados por Santos et al. (2004) (Apêndice), que variaram de 3,16% e 3,44% para Al e 6,44% e 6,15% para Fe em sedimentos e solos, respectivamente, na Península Keller. Os teores de Fe total ficaram bem acima da média de 3,8%, estimada para solos (Lindsay, 1979) e manteve-se em torno

do teor médio da litosfera (5,1%), refletindo a origem recente e baixo grau de intemperismo desses solos.

Tabela 4 – Teores totais de alguns metais na fração TFSA (< 2,00 mm), nos solos da Península Keller

Perfil	Al	Fe	Ti	K	Na	Ba	Ca	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr	V	Zn
K1A	%												mg kg ⁻¹	
0–10	3,03	4,38	0,48	1,63	2,60	95	8023	2,3	103	764	3,8	112	101	23,1
10–20	3,02	3,67	0,41	1,67	2,15	86	6786	0,8	89	714	3,5	83	80	1,5
20–30	3,16	4,42	0,45	1,32	2,03	100	8127	1,3	104	604	3,4	127	94	3,7
30–40	3,00	4,66	0,47	2,30	2,48	113	9096	0,4	106	691	3,5	129	103	2,1
40–50	2,63	3,86	0,42	2,03	2,44	101	9413	0,0	110	627	3,3	97	83	1,4
50–60	2,34	4,15	0,42	2,09	2,39	111	11187	0,0	110	654	3,5	102	87	1,4
K5														
0–10	2,84	3,78	0,47	1,71	2,28	55	5335	0,0	62	333	3,5	108	99	1,7
10–20	2,30	3,15	0,41	1,79	2,11	52	5052	0,0	53	383	3,6	88	74	1,8
20–30	2,11	3,59	0,48	1,76	2,16	68	5953	0,0	75	517	3,5	93	94	1,7
30–40	2,21	3,50	0,44	2,06	2,52	116	7002	0,0	91	755	3,5	99	102	1,6
40–50	3,48	3,74	0,46	2,13	2,72	96	5780	0,0	79	316	3,6	89	85	1,7
50–60	2,11	3,38	0,41	1,67	1,86	77	7399	0,0	139	717	3,3	59	105	1,5
K8														
0–10	3,54	4,48	0,42	2,70	2,91	74	7030	0,0	102	609	0,0	104	78	5,4
10–20	2,91	5,22	0,49	2,05	2,35	64	4561	0,0	64	107	0,0	68	110	3,6
20–30	2,81	4,18	0,47	1,48	1,67	73	5169	0,0	57	285	0,0	115	109	4,2
K16														
0–10	2,44	3,58	0,44	1,08	1,48	70	8399	0,0	183	760	3,4	66	118	1,7
10–20	2,08	4,41	0,44	1,42	1,52	40	7594	0,0	341	530	0,0	29	101	0,0
20–30	2,72	3,60	0,42	1,60	1,75	99	9587	0,0	215	1292	3,5	67	93	1,7
30–40	2,77	3,92	0,42	1,43	1,77	98	8839	0,0	190	881	3,6	68	96	2,6
40–50	2,29	4,45	0,50	1,49	1,87	99	9689	0,0	215	1230	3,5	72	117	5,2
50–60	2,05	3,71	0,46	1,03	1,43	100	8357	0,0	155	835	3,4	53	113	1,8
60–70	3,03	3,57	0,43	1,90	1,82	90	10379	0,0	164	779	3,5	57	102	1,8
K17														
0–10	2,80	3,33	0,38	1,87	1,51	60	9965	0,0	67	971	3,8	123	93	2,1
10–20	2,68	3,72	0,44	1,49	1,59	37	11669	0,0	88	1381	3,4	162	153	2,0
20–30	2,83	2,63	0,41	1,36	1,41	17	10226	0,0	78	681	3,5	117	107	1,7
30–40	1,62	3,43	0,44	1,58	1,33	0	11176	0,0	119	1909	0,0	76	175	0,0
40–50	1,60	3,33	0,46	1,38	1,43	0	10007	0,0	75	930	0,0	75	124	0,0
50–60	2,98	3,16	0,58	1,31	1,24	0	10516	0,0	51	2222	0,0	79	88	0,0
K24														
0–10	3,80	6,76	0,63	0,61	1,31	5	8102	0,0	155	324	0,0	280	209	10,6
10–20	3,24	6,21	0,61	0,69	1,24	4	5792	0,0	103	114	0,0	284	215	0,0
20–30	2,70	5,62	0,60	0,80	1,15	1	3806	0,0	66	25	0,0	301	216	0,0
30–40	2,63	5,81	0,62	0,42	0,96	0	2695	0,0	51	7	0,0	201	212	0,0
40–50	2,82	6,03	0,62	0,57	1,03	0	2729	0,0	48	5	0,0	246	223	0,0
50–60	2,83	6,54	0,66	0,34	0,94	0	3269	0,0	60	6	0,0	237	225	0,0
K25														
0–10	3,59	7,02	0,61	0,30	0,73	1	6077	0,0	165	490	0,0	191	199	0,0
10–20	3,00	7,10	0,63	0,75	0,22	0	7661	0,0	226	823	0,0	166	196	0,7
20–30	3,83	7,08	0,58	0,57	1,19	2	9666	1,6	260	1186	0,0	197	187	11,4

Assim como o Fe e o Al, os teores de Ca, Ba, Ni, Sr, Ti e V (Tabela 4) também se aproximaram dos obtidos por Santos et al. (2004) (Apêndice), que obtiveram teores bastante inferiores de Cu e Mn, enquanto seus teores de Cr, Mo, Pb e Zn foram muito superiores aos do presente estudo, evidenciando possível influência local durante a amostragem ou princípio de contaminação natural ou antrópica, uma vez que trabalharam com sedimentos e solos do entorno da Estação Brasileira, onde se concentra o trânsito de veículos e pessoas (Schaefer et al., 2004). Sohlenius & Öborn (2004), estudando a partição de elementos traços em solos com drenagem ácida por sulfetos na Suécia e Finlândia, observaram que os teores desses elementos foram bastante reduzidos pela lixiviação após a oxidação dos sulfetos e, no caso da Península Keller, os solos analisados neste trabalho constituem a área fonte dos sedimentos costeiros estudados por Santos et al. (2004), que podem representar áreas de acumulação de elementos lixiviados da parte emersa.

Nos solos estudados, os perfis em que se determinaram o maior número de metais, dentre aqueles analisados foram o K16, localizado no topo do Morro da Cruz e desenvolvido sobre basalto andesítico, com possíveis interferências de material de deposição atmosférica originado de erupções na Ilha Deception (Lee et al., 2004), os perfis K1A e K5 que se localizam abaixo do Morro da Cruz, recebendo influência das deposições de K16. Estes perfis foram os únicos com teores totais de Ni próximos daqueles encontrados por Santos et al. (2004) para solos da mesma área.

A extração sequencial de elementos nos solos da Península Keller não identificou grandes diferenças de padrão de distribuição dos elementos com relação à posição do solo na paisagem ou sua altitude, com os 26 perfis amostrados apresentando a mesma tendência geral, havendo diferenças relativamente pequenas entre os sítios de amostragem, consistentes com o material de origem predominante de cada solo.

O perfil K16 é o que possui os teores mais elevados de Cu, contudo, apresenta um fracionamento muito diferente para este elemento, em relação aos solos mais ácidos. A Figura 11 ilustra a distribuição do Cu nas frações analisadas no perfil K16 e em um solo derivado de andesito piritizado (K24). Nota-se que no perfil originado de basalto há uma maior participação da fração ligada a carbonatos, que são estáveis ao pH acima de 7,0 deste solo e

são as fases mais suscetíveis a alterações, junto com sulfetos, nas condições ambientais mistas (frio-marítimas-continentais) da Península Keller (Tatur et al., 1993); enquanto a fração trocável é restringida pela estabilidade da adsorção a este pH. Assim, há uma baixa remoção de Cu^{2+} pela precipitação de carbonatos.

O pH elevado (em torno de 7,7) favorece também maior precipitação de Cu com óxi-hidróxidos de Fe e Al amorfos, o que explica a grande participação aparente das frações oxídicas na distribuição deste elemento no K16. No perfil K24, ao contrário, o pH ácido (em torno de 4,5) proporciona um teor de Cu trocável mais elevado, sendo a fração extraída com hipoclorito de sódio (supostamente ligada à matéria orgânica) mais elevada, mas que está relacionado, provavelmente, à oxidação de sulfetos, conforme será discutido mais adiante.

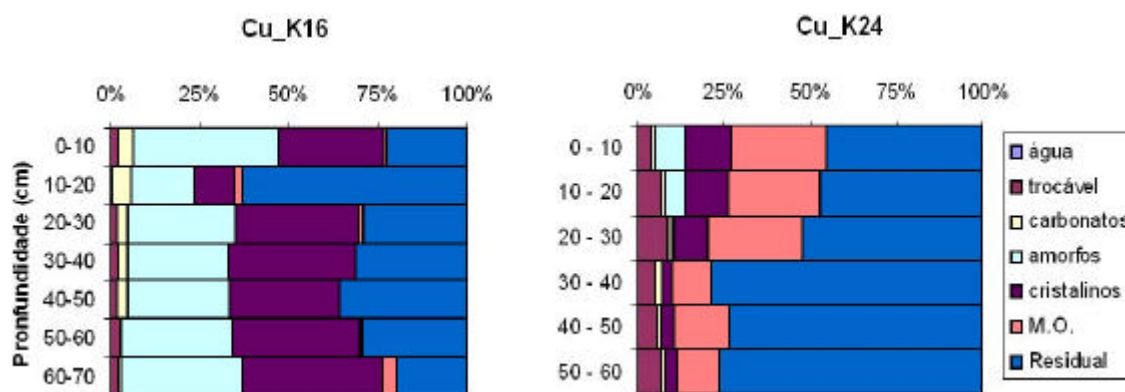


Figura 11 – Fracionamento do Cu em solos originados de basalto andesítico (K16) e de andesito piritizado (K24) na Península Keller

A extração seqüencial de metais revelou que o Ba concentra-se nas formas mais lábeis, como a fração solúvel em água (Tabela 5), mas principalmente na fração trocável (Tabela 6), seguida das frações ligada a carbonatos (Tabela 7), não aparecendo nas frações oxídicas (Tabelas 8 e 9) em nenhum dos solos estudados. O Sr aparece em concentrações semelhantes às do Ba nas frações solúvel em água e ligada à matéria orgânica (Tabela 10); contudo, concentra-se mais em formas residuais (Tabela 11), seguidas das frações trocável e ligada a carbonatos, não aparecendo também nas frações oxídicas de nenhum dos solos. Já o V e o Mn ocorreram principalmente associados a óxidos (para V, ox. amorfos > ox. cristalinos e para Mn, ox. cristalinos > ox. amorfos), seguido da fração residual, com baixa

concentração na fração solúvel em água e pouca ou nenhuma expressão nas frações trocável e ligada a matéria orgânica. O Zn foi encontrado em concentrações abaixo do esperado nos solos, embora haja uma grande amplitude nos teores de Zn nas rochas da Península Keller, variando de 2 a 141 mg kg⁻¹ (Pride et al., 1990), enquanto nos solos os teores totais foram, em média, menores que 10 mg kg⁻¹, apresentando também grande amplitude, com teores variando de 0 a 146 mg kg⁻¹, concentrando-se nas frações trocável e residual. O Cu ocorreu em concentrações elevadas, a semelhança dos resultados de Pride et al. (1990) para as rochas da região, e o fracionamento detectou sua presença em todas as frações analisadas, com alta participação na fase trocável, ocorrendo em teores médios de 6 mg kg⁻¹, nos solos mais ácidos.

Para uma discussão mais detalhada dos resultados, foram selecionados alguns perfis que melhor representam as influências de materiais de origem ácidos e básicos, bem como as interações entre estes materiais na Península Keller (perfis K1A, K5, K8, K16, K17, K24 e K25), e os dados obtidos para os demais perfis constam nos anexos da tese (Apêndice).

Tabela 5 – Teores de alguns metais na fração solúvel em água, nos solos da Península Keller

Perfil	Al	K	Na	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Ti	V	Zn
K1A mg kg⁻¹																			
0-10	189,4			0,7	12,8	0,0	0,0	0,1	45,5	16,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	2,5	0,2	0,0
10-20	140,2			0,5	15,8	0,0	0,0	0,0	34,4	11,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,2	0,1	0,0
20-30	270,4			1,3	54,0	0,0	0,0	0,3	75,7	26,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	5,5	0,4	0,0
30-40	242,3			1,1	71,8	0,0	0,0	0,2	67,3	26,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	5,5	0,3	0,0
40-50	207,5			0,9	75,8	0,0	0,0	0,1	58,3	24,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	4,1	0,2	0,0
50-60	230,5			1,0	79,1	0,0	0,0	0,3	69,0	28,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	5,2	0,3	0,0
K5																			
0-10	270,3			1,0	29,6	0,0	0,0	0,0	67,6	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	5,4	0,4	0,0
10-20	248,1			1,0	28,7	0,0	0,0	0,0	62,4	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	6,0	0,4	0,0
20-30	216,7			0,8	27,3	0,0	0,0	0,0	52,1	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	5,0	0,3	0,0
30-40	243,9			1,2	34,4	0,0	0,0	0,0	63,9	18,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	8,7	0,4	0,0
40-50	205,6			0,8	41,3	0,0	0,0	0,0	56,9	14,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	4,9	0,3	0,0
50-60	260,8			1,1	75,7	0,0	0,0	0,0	56,2	25,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	9,3	0,4	0,0
K8																			
0-10	299,0			0,0	77,5	0,0	0,0	0,2	51,6	31,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,3	0,0	0,0
10-20	11,2			0,0	17,8	0,0	0,0	0,0	2,2	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
20-30	3,9			0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
K16																			
0-10	248,0			1,1	43,4	0,0	0,0	0,2	49,0	23,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	4,6	0,2	0,0
10-20	651,3			3,3	82,8	0,0	0,0	1,6	177,7	63,3	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	25,8	1,0	0,0
20-30	182,3			0,8	29,9	0,0	0,0	0,1	37,4	14,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,1	0,0
30-40	165,7			0,6	31,6	0,0	0,0	0,1	34,2	13,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,1	0,0
40-50	162,2			0,6	27,4	0,0	0,0	0,1	37,2	13,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	0,1	0,0
50-60	207,5			0,8	35,5	0,0	0,0	0,2	45,0	20,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	0,2	0,0
60-70	142,3			0,4	24,0	0,0	0,0	0,1	30,8	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,1	0,0

Continua...

Tabela 5 – Cont.,

Perfil	Al	K Na	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Ti	V	Zn
K17																		
mg kg ⁻¹																		
0-10	148,5		0,2	12,8	0,0	0,0	0,0	30,1	7,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,8	0,1	0,0
10-20	128,4		0,1	16,2	0,0	0,0	0,0	29,8	6,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	4,4	0,1	0,0
20-30	135,6		0,1	38,0	0,0	0,0	0,0	31,0	7,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,4	0,1	0,0
30-40	350,3		0,0	33,9	0,0	0,0	0,0	84,1	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	5,0	0,1	0,0
40-50	528,7		0,0	39,7	0,0	0,0	0,0	128,3	27,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	10,6	0,4	0,0
50-60	547,4		0,0	45,4	0,0	0,0	0,0	137,2	28,3	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	11,5	0,2	0,0
K24																		
0-10	84,3		0,0	15,7	0,0	0,0	0,1	35,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,7	0,0	0,0
10-20	6,2		0,0	11,6	0,0	0,0	0,0	1,3	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
20-30	0,9		0,0	10,1	0,0	0,0	0,0	0,1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30-40	1,5		0,0	11,5	0,0	0,0	0,0	0,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40-50	0,0		0,0	13,6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50-60	0,0		0,0	14,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K25																		
0-10	2,2		0,0	52,7	0,0	0,0	0,4	0,0	13,3	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
10-20	0,6		0,0	60,1	0,0	0,0	0,1	0,0	14,3	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
20-30	0,0		0,0	87,9	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0

Tabela 6 – Teores de alguns metais na fração trocável, nos solos da Península Keller

Perfil	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Ti	V	Zn
K1A mg kg⁻¹																	
0–10	1,2	0,0	61,8	2938,9	0,0	0,0	4,1	5,1	32,1	0,0	3,8	0,0	0,0	22,0	0,0	0,0	1,8
10–20	0,0	0,0	81,1	3069,3	0,0	0,0	3,9	4,5	12,5	0,0	3,5	0,0	0,0	23,4	0,0	0,0	1,5
20–30	2,3	0,0	89,7	2989,6	0,0	0,0	3,9	6,4	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	26,1	0,0	0,0	1,4
30–40	0,0	0,0	101,3	3241,8	0,0	0,0	3,7	4,7	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	27,1	0,0	0,0	1,4
40–50	0,0	0,0	93,6	3023,4	0,0	0,0	3,7	5,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	27,5	0,0	0,0	1,4
50–60	2,7	0,0	104,3	3642,1	0,0	0,0	3,8	5,9	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	33,9	0,0	0,0	1,4
K5																	
0–10	0,0	0,0	54,2	1997,3	0,0	0,0	3,7	4,1	8,4	0,0	3,5	0,0	0,0	42,4	0,0	0,0	1,7
10–20	0,0	0,0	49,9	2036,4	0,0	0,0	3,7	4,3	3,2	0,0	3,6	0,0	0,0	41,1	0,0	0,0	1,8
20–30	0,0	0,0	63,9	2008,9	0,0	0,0	3,7	4,5	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	39,6	0,0	0,0	1,7
30–40	0,0	0,0	99,9	2840,1	0,0	0,0	3,7	3,6	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	36,6	0,0	0,0	1,6
40–50	0,0	0,0	85,3	2632,5	0,0	0,0	3,6	7,8	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	43,0	0,0	0,0	1,7
50–60	0,0	0,0	72,4	2421,6	0,0	0,0	3,6	4,5	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	30,7	0,0	0,0	1,5
K8																	
0–10	0,3	0,0	71,7	4090,8	0,0	0,0	4,5	3,9	86,3	0,0	0,0	0,0	0,0	29,5	0,0	0,0	2,3
10–20	2727,6	0,0	57,7	2747,6	0,0	0,0	6,5	12,5	37,7	0,0	0,0	0,0	0,0	14,5	0,0	0,0	3,6
20–30	2962,6	0,0	72,8	2528,2	0,0	0,0	10,8	8,5	65,6	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	0,0	0,0	4,2
K16																	
0–10	0,0	0,0	62,1	5088,0	0,0	0,0	3,8	5,8	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	42,7	0,0	0,0	1,7
10–20	0,0	0,0	25,4	4417,7	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3	0,0	0,0	0,0
20–30	0,0	0,0	88,5	5886,5	0,0	0,0	3,7	6,3	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	38,7	0,0	0,0	1,7
30–40	0,4	0,0	89,0	5091,3	0,0	0,0	3,8	6,2	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	40,9	0,0	0,0	1,7
40–50	1,8	0,0	93,1	6367,9	0,0	0,0	3,7	6,3	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	42,9	0,0	0,0	1,7
50–60	4,3	0,0	99,0	5583,2	0,0	0,0	3,7	7,5	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	51,2	0,0	0,0	1,8
60–70	0,0	0,0	89,9	7484,2	0,0	0,0	3,7	5,4	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	53,7	0,0	0,0	1,8

Continua...

Tabela 6 – Cont.,

Perfil	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Ti	V	Zn
K17 mg kg⁻¹																	
0-10	0,0	0,0	60,1	7299,3	0,0	0,0	3,6	4,4	18,5	0,0	3,8	0,0	0,0	107,4	0,0	0,0	2,1
10-20	2,4	0,0	36,6	8758,2	0,0	0,0	3,6	5,6	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	143,5	0,0	0,0	2,0
20-30	0,4	0,0	17,4	7166,4	0,0	0,0	3,6	5,3	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	98,4	0,0	0,0	1,7
30-40	0,0	0,0	0,0	8039,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,7	0,0	0,0	0,0
40-50	0,0	0,0	0,0	6584,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,8	0,0	0,0	0,0
50-60	0,0	0,0	0,0	7174,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,4	0,0	0,0	0,0
K24																	
0-10	398,5	0,0	5,0	2119,3	0,0	0,0	6,2	1,7	44,5	0,0	0,0	0,0	0,0	18,2	0,0	0,0	0,0
10-20	1064,7	0,0	2,5	1778,6	0,0	0,0	6,9	2,6	18,3	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	0,0	0,0	0,0
20-30	1874,7	0,0	0,0	1183,9	0,0	0,0	5,9	7,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	0,0	0,0	0,0
30-40	1960,9	0,0	0,0	579,8	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0
40-50	1986,6	0,0	0,0	408,7	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0
50-60	2110,8	0,0	0,0	423,4	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0
K25																	
0-10	1200,3	0,0	0,0	511,5	0,0	0,0	9,5	0,0	84,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
10-20	459,1	0,0	0,0	1162,0	0,0	0,0	4,0	0,0	50,9	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0
20-30	93,0	0,0	2,5	1249,4	0,0	0,0	1,0	0,0	45,7	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0

Tabela 7 – Teores de alguns metais na fração ligada a carbonatos, nos solos da Península Keller

Perfil	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Ti	V	Zn
K1A mg kg⁻¹																	
0-10	7,5	0,0	32,2	233,9	0,0	0,0	3,7	0,0	72,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0
10-20	6,6	0,0	4,8	303,5	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-30	5,6	0,0	9,0	993,8	0,0	0,0	2,4	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
30-40	5,2	0,0	10,4	1637,9	0,0	0,0	2,6	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
40-50	2,1	0,0	6,8	2341,7	0,0	0,0	2,5	0,0	13,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0
50-60	1,3	0,0	5,8	2564,4	0,0	0,0	2,9	0,0	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0
K5																	
0-10	0,0	0,0	0,0	678,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10-20	6,1	0,0	1,6	645,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
20-30	4,6	0,0	3,3	830,2	0,0	0,0	1,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
30-40	8,6	0,0	15,1	552,9	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
40-50	5,8	0,0	10,4	745,5	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
50-60	3,3	0,0	3,4	1880,3	0,0	0,0	3,4	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
K8																	
0-10	46,4	0,0	1,9	193,7	0,0	0,0	1,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10-20	61,8	0,0	5,8	140,9	0,0	0,0	2,0	1,6	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-30	0,0	0,0	0,0	59,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K16																	
0-10	8,1	0,0	6,7	621,2	0,0	0,0	7,1	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10-20	18,5	0,0	11,2	555,3	0,0	0,0	17,6	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
20-30	7,5	0,0	9,4	522,6	0,0	0,0	6,8	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
30-40	5,6	0,0	8,1	572,4	-6,5	0,0	5,6	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
40-50	7,1	0,0	5,1	553,6	0,0	0,0	6,4	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
50-60	12,4	0,0	0,4	575,6	0,0	0,0	1,1	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0
60-70	8,5	0,0	0,0	647,1	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0

Continua...

Tabela 7 – Cont.,

Perfil	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Ti	V	Zn
K17 mg kg⁻¹																	
0-10	6,8	0,0	0,0	684,3	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0
10-20	9,0	0,0	0,0	903,1	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0
20-30	6,5	0,0	0,0	702,6	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
30-40	7,8	0,0	0,0	1214,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0
40-50	0,0	0,0	0,0	702,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0
50-60	0,0	0,0	0,0	832,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0
K24																	
0-10	174,3	0,0	0,0	208,7	0,0	0,0	1,9	6,4	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10-20	271,2	0,0	0,0	179,7	0,0	0,0	1,8	31,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-30	317,0	0,0	0,0	124,7	0,0	0,0	0,7	76,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30-40	200,0	0,0	0,0	100,8	0,0	0,0	1,0	79,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40-50	237,5	0,0	0,0	87,7	0,0	0,0	0,5	97,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50-60	240,2	0,0	0,0	87,6	0,0	0,0	0,9	88,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K25																	
0-10	452,1	0,0	0,0	103,4	0,0	0,0	7,6	28,1	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10-20	496,9	0,0	0,0	178,3	0,0	0,0	7,1	13,9	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-30	306,8	0,0	0,0	188,3	0,0	0,0	7,1	9,9	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 8 – Teores de alguns metais na fração ligada a óxidos amorfos, nos solos da Península Keller

Perfil	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Ti	V	Zn
K1A mg kg⁻¹																	
0–10	1151,7	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	25,9	3722,6	485,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	151,9	0,5	0,0
10–20	1049,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,4	3891,0	582,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	139,5	0,3	0,0
20–30	822,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,5	3896,3	381,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	84,7	0,0	0,0
30–40	715,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,1	4103,9	481,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,6	0,0	0,0
40–50	699,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0	4095,1	476,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,7	0,0	0,0
50–60	787,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,9	3715,7	438,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,4	0,0	0,0
K5																	
0–10	1151,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	1459,8	285,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2	0,0	0,0
10–20	1131,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	1465,4	335,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,3	0,0	0,0
20–30	1055,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	1477,1	431,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,4	0,0	0,0
30–40	970,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6	1633,8	663,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	106,8	0,0	0,0
40–50	1007,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	1191,1	251,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,9	0,0	0,0
50–60	691,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,2	915,7	655,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
K8																	
0–10	841,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6	5823,8	440,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	1175,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	11151,8	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	771,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	5164,7	198,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K16																	
0–10	734,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,6	1156,0	695,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,3	0,0	0,0
10–20	585,9	0,0	0,0	42,7	0,0	0,0	60,9	1291,0	449,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	1,2	0,0
20–30	736,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,4	1309,8	1106,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0
30–40	596,5	0,0	0,0	13,7	0,0	0,0	53,1	1068,4	732,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0
40–50	740,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,8	1399,6	1020,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0
50–60	722,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,7	1008,0	731,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0	0,0
60–70	624,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,7	734,3	687,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Continua...

Tabela 8 – Cont.,

Perfil	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Ti	V	Zn
K17 mg kg⁻¹																	
0–10	953,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	2077,8	870,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0
10–20	820,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1	1751,0	1199,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	497,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	1085,0	595,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	587,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	1170,6	1689,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40–50	515,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	1108,8	807,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50–60	628,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	1272,4	1976,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K24																	
0–10	2129,7	0,0	0,0	45,4	0,0	0,0	13,0	10037,9	109,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,2	5,2	0,0
10–20	1695,5	0,0	0,0	45,6	0,0	0,0	5,4	11694,0	66,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	89,4	5,0	0,0
20–30	1359,7	0,0	0,0	45,9	0,0	0,0	0,4	12509,0	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,5	4,7	0,0
30–40	974,9	0,0	0,0	40,7	0,0	0,0	0,0	14685,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,4	5,0	0,0
40–50	1004,0	0,0	0,0	41,0	0,0	0,0	0,0	15152,8	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,8	5,1	0,0
50–60	1090,7	0,0	0,0	41,9	0,0	0,0	0,0	15498,4	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,1	5,6	0,0
K25																	
0–10	2647,3	0,0	0,0	53,1	0,0	0,0	17,2	12542,1	184,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	255,9	7,5	0,0
10–20	3481,9	0,0	0,0	52,2	0,0	0,0	24,2	13144,6	459,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	412,8	9,9	0,0
20–30	3220,7	0,0	0,0	53,3	0,0	0,0	30,6	13639,9	593,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	402,7	10,0	0,0

Tabela 9 – Teores de alguns metais na fração ligada a óxidos cristalinos, nos solos da Península Keller

Perfil	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Ti	V	Zn
K1A mg kg⁻¹																	
0-10	1670,9	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	27,6	5852,3	35,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,8	4,7	0,0
10-20	1694,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,1	5832,3	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,9	4,4	0,0
20-30	1696,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,1	6010,4	61,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,2	4,2	0,0
30-40	1656,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,2	6082,1	47,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,2	4,0	0,0
40-50	1690,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,2	6378,7	43,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0	3,7	0,0
50-60	1808,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,1	5986,7	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,5	4,4	0,0
K5																	
0-10	1559,5	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	17,6	9553,3	36,1	0,0	0,0	0,0	0,0	23,2	8,6	2,9	0,0
10-20	1490,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	20,4	9867,9	44,7	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	10,5	2,9	0,0
20-30	1707,0	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	26,3	8886,6	69,9	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5	20,1	3,7	0,0
30-40	1882,5	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	34,6	6875,5	91,4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	38,9	4,7	0,0
40-50	1745,2	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	22,9	10403,4	48,8	0,0	0,0	0,0	0,0	16,1	14,0	3,4	0,0
50-60	1931,3	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	54,8	5083,3	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,7	7,3	0,0
K8																	
0-10	1551,5	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	34,2	8312,1	43,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,5	3,3	0,0
10-20	1805,9	0,0	0,0	23,4	0,0	0,0	22,1	15416,0	39,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	8,9	0,0
20-30	1794,7	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	25,4	12028,1	21,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	4,8	0,0
K16																	
0-10	1424,5	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	53,2	6858,3	60,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	78,1	16,1	0,0
10-20	684,0	0,0	0,0	41,4	0,0	0,0	38,8	3574,8	42,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,6	4,0	0,0
20-30	1647,5	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	73,8	5927,2	169,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,1	9,6	0,0
30-40	1557,7	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	68,1	5825,1	134,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,2	9,0	0,0
40-50	1493,9	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0	65,5	5527,2	139,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,6	8,5	0,0
50-60	1530,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	55,1	6093,6	99,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,9	13,0	0,0
60-70	1496,6	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	64,3	5766,3	87,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,1	11,3	0,0

Continua...

Tabela 9 – Cont.,

Perfil	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Ti	V	Zn
K17 mg kg⁻¹																	
0-10	1913,1	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	21,7	6075,0	76,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	3,0	0,0
10-20	1872,0	0,0	0,0	22,2	0,0	0,0	34,8	5761,0	130,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	11,4	0,0
20-30	1567,8	0,0	0,0	13,4	0,0	0,0	27,7	5591,9	73,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	5,4	0,0
30-40	2507,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,7	10306,9	164,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	29,2	0,0
40-50	2587,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,6	9224,6	104,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	8,7	0,0
50-60	2089,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	5161,4	201,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,5	0,0
K24																	
0-10	2247,7	0,0	0,0	61,5	0,0	0,0	21,2	9689,1	25,8	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6	62,4	11,8	7,2
10-20	1591,9	0,0	1,4	53,3	0,0	0,0	12,7	10686,2	17,4	0,0	0,0	0,0	0,0	34,3	51,5	11,0	0,0
20-30	1220,8	0,0	0,6	52,9	0,0	0,0	6,4	11405,5	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	52,6	41,6	10,3	0,0
30-40	323,5	0,0	0,0	43,5	0,0	0,0	1,6	5212,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,8	9,8	2,0	0,0
40-50	461,5	0,0	0,0	44,8	0,0	0,0	1,9	6700,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,9	14,1	3,4	0,0
50-60	515,7	0,0	0,0	45,7	0,0	0,0	1,9	7158,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,5	20,3	4,2	0,0
K25																	
0-10	1889,7	0,0	1,5	50,2	0,0	0,0	12,7	8980,8	35,3	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	99,2	9,7	0,0
10-20	2290,3	0,0	0,0	45,1	0,0	0,0	25,9	9122,2	57,8	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	154,0	12,3	0,2
20-30	2371,6	0,0	0,0	46,4	0,0	0,0	30,2	9769,8	71,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	173,9	13,2	0,4

Tabela 10 – Teores de alguns metais na fração ligada à matéria orgânica/sulfetos, nos solos da Península Keller

Perfil	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Ti	V	Zn
K1A	mg kg ⁻¹																
0-10	0,7	0,0	0,0	37,4	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
10-20	0,0	0,0	0,0	60,2	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
20-30	2,6	0,0	0,0	70,3	0,0	1,3	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30-40	11,1	0,0	0,0	55,5	0,0	0,4	3,4	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
40-50	7,5	0,0	0,0	81,7	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50-60	1,0	0,0	0,0	88,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K5																	
0-10	318,9	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	15,5	2810,1	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0
10-20	198,4	0,0	0,0	24,4	0,0	0,0	8,0	674,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0
20-30	369,1	0,0	0,0	13,8	0,0	0,0	14,1	2376,3	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0
30-40	23,1	0,0	0,0	19,3	0,0	0,0	1,6	94,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0
40-50	321,3	0,0	0,0	24,9	0,0	0,0	17,7	3163,0	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0
50-60	1,5	0,0	0,0	46,7	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K8																	
0-10	675,3	0,0	0,0	93,6	0,0	0,0	25,4	4835,8	26,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	1,9
10-20	544,3	0,0	0,0	58,1	0,0	0,0	19,3	2928,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-30	332,0	0,0	0,0	21,6	0,0	0,0	10,8	965,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0
K16																	
0-10	47,0	0,0	0,0	78,6	0,0	0,0	1,9	157,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0
10-20	191,1	0,0	0,0	101,0	0,0	0,0	7,3	390,5	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
20-30	47,9	0,0	0,0	81,3	0,0	0,0	2,4	159,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
30-40	20,4	0,0	0,0	34,2	0,0	0,0	0,0	48,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0
40-50	3,3	0,0	0,0	61,4	0,0	0,0	0,0	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
50-60	9,1	0,0	0,0	20,1	0,0	0,0	0,7	17,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
60-70	97,0	0,0	0,0	14,1	0,0	0,0	6,7	89,7	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0

Continua...

Tabela 10 – Cont.,

Perfil	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Ti	V	Zn
K17	mg kg⁻¹																
0–10	167,5	0,0	0,0	26,0	0,0	0,0	5,0	238,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0
10–20	91,2	0,0	0,0	24,0	0,0	0,0	9,2	180,7	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
20–30	174,6	0,0	0,0	107,1	0,0	0,0	11,4	426,4	12,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
30–40	474,5	0,0	0,0	90,9	0,0	0,0	14,3	1496,5	54,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
40–50	292,1	0,0	0,0	51,3	0,0	0,0	13,6	687,9	17,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0
50–60	337,7	0,0	0,0	41,2	0,0	0,0	2,9	586,8	42,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
K24																	
0–10	660,7	0,0	0,0	230,5	0,0	0,0	42,9	5131,8	25,8	0,0	0,0	0,0	0,0	26,7	0,0	0,0	0,0
10–20	499,8	0,0	0,0	162,3	0,0	0,0	27,6	5745,7	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	29,2	0,0	0,0	0,0
20–30	447,8	0,0	0,0	115,3	0,0	0,0	18,2	8265,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	35,3	0,0	0,0	0,0
30–40	393,8	0,0	0,0	96,7	0,0	0,0	5,6	8820,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0
40–50	476,5	0,0	0,0	96,1	0,0	0,0	7,8	10104,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,1	0,0	0,0	0,0
50–60	467,9	0,0	0,0	98,8	0,0	0,0	7,4	9845,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,1	0,0	0,0	0,0
K25																	
0–10	595,9	0,0	0,0	116,2	0,0	0,0	20,4	2626,7	26,5	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0
10–20	386,4	0,0	0,0	98,7	0,0	0,0	21,6	1145,6	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0
20–30	115,8	0,0	0,0	91,4	0,0	0,3	10,1	46,3	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0

Tabela 11 – Teores de alguns metais na fração residual, nos solos da Península Keller

Perfil	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Ti	V	Zn
K1A	mg kg ⁻¹																
0–10	27233	0,0	0,0	4796	0,0	0,0	41	34178	139	0,0	0,0	0,0	0,0	87	4612	95	21
10–20	27302	0,0	0,0	3337	0,0	0,0	25	26911	67	0,0	0,0	0,0	0,0	59	3895	75	0,0
20–30	28064	0,0	0,0	4019	0,0	0,0	33	34182	156	0,0	0,0	0,0	0,0	100	4382	89	2
30–40	27380	0,0	0,0	4089	0,0	0,0	28	36364	151	0,0	0,0	0,0	0,0	100	4640	99	1
40–50	23648	0,0	0,0	3891	0,0	0,0	33	28085	95	0,0	0,0	0,0	0,0	67	4100	79	0,0
50–60	21019	0,0	0,0	4813	0,0	0,0	32	31678	161	0,0	0,0	0,0	0,0	65	4134	83	0,0
K5																	
0–10	25089	0,0	0,0	2601	0,0	0,0	19	23912	0	0,0	0,0	0,0	0,0	37	4685	96	0,0
10–20	19955	0,0	0,0	2308	0,0	0,0	12	19437	0	0,0	0,0	0,0	0,0	17	4026	71	0,0
20–30	17763	0,0	0,0	3064	0,0	0,0	18	23060	0	0,0	0,0	0,0	0,0	34	4694	90	0,0
30–40	18974	0,0	0,0	3550	0,0	0,0	29	26314	0	0,0	0,0	0,0	0,0	50	4248	97	0,0
40–50	31513	0,0	0,0	2330	0,0	0,0	25	22566	0	0,0	0,0	0,0	0,0	24	4534	82	0,0
50–60	18226	0,0	0,0	2974	0,0	0,0	38	27704	2	0,0	0,0	0,0	0,0	27	4070	97	0,0
K8																	
0–10	31980	0,0	0,0	2572	0,0	0,0	16	25769	12	0,0	0,0	0,0	0,0	72	4216	74	1
10–20	22756	0,0	0,0	1573	0,0	0,0	8	22713	0	0,0	0,0	0,0	0,0	54	4837	102	0,0
20–30	22227	0,0	0,0	2545	0,0	0,0	5	23636	0	0,0	0,0	0,0	0,0	99	4717	104	0,0
K16																	
0–10	21934	0,0	0,0	2565	0,0	0,0	41	27544	0	0,0	0,0	0,0	0,0	22	4330	102	0,0
10–20	18665	0,0	0,0	2353	0,0	0,0	215	38624	32	0,0	0,0	0,0	0,0	13	4300	95	0,0
20–30	24399	0,0	0,0	3064	0,0	0,0	63	28548	13	0,0	0,0	0,0	0,0	27	4086	84	0,0
30–40	25324	0,0	0,0	3093	0,0	0,0	60	32245	12	0,0	0,0	0,0	0,0	26	4081	87	1
40–50	20483	0,0	0,0	2674	0,0	0,0	77	37503	68	0,0	0,0	0,0	0,0	29	4930	109	3
50–60	18039	0,0	0,0	2141	0,0	0,0	46	29938	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	4514	100	0,0
60–70	27896	0,0	0,0	2209	0,0	0,0	32	29096	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	4197	91	0,0

Continua...

Tabela 11 – Cont.,

Perfil	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Ti	V	Zn
K17	mg kg ⁻¹																
0–10	24816	0,0	0,0	1946	0,0	0,0	28	24852	0	0,0	0,0	0,0	0,0	11	3787	90	0,0
10–20	23887	0,0	0,0	1948	0,0	0,0	26	29482	32	0,0	0,0	0,0	0,0	15	4439	142	0,0
20–30	25947	0,0	0,0	2204	0,0	0,0	28	19147	0	0,0	0,0	0,0	0,0	15	4115	102	0,0
30–40	12283	0,0	0,0	1808	0,0	0,0	30	21192	0	0,0	0,0	0,0	0,0	13	4436	146	0,0
40–50	12091	0,0	0,0	2640	0,0	0,0	10	22147	0	0,0	0,0	0,0	0,0	21	4557	115	0,0
50–60	26154	0,0	0,0	2434	0,0	0,0	32	24490	0	0,0	0,0	0,0	0,0	25	5777	87	0,0
K24																	
0–10	32321	0,0	0,0	5421	0,0	0,0	70	42683	110	0,0	0,0	0,0	0,0	215	6140	192	3
10–20	27274	0,0	0,0	3561	0,0	0,0	48	33973	0	0,0	0,0	0,0	0,0	208	5954	199	0,0
20–30	21806	0,0	0,0	2274	0,0	0,0	34	23900	0	0,0	0,0	0,0	0,0	201	5877	201	0,0
30–40	22465	0,0	0,0	1822	0,0	0,0	40	29330	0	0,0	0,0	0,0	0,0	170	6192	205	0,0
40–50	24008	0,0	0,0	2038	0,0	0,0	35	28232	0	0,0	0,0	0,0	0,0	195	6154	215	0,0
50–60	23844	0,0	0,0	2558	0,0	0,0	45	32817	0	0,0	0,0	0,0	0,0	182	6536	215	0,0
K25																	
0–10	29130	0,0	0,0	5189	0,0	0,0	98	46053	141	0,0	0,0	0,0	0,0	170	5758	181	0,0
10–20	22937	0,0	0,0	6064	0,0	0,0	143	47615	233	0,0	0,0	0,0	0,0	148	5715	174	0,5
20–30	32216	0,0	0,0	7949	0,0	1,3	181	47383	463	0,0	0,0	0,0	0,0	184	5233	164	11

Grande parte do Fe e do Al está presente na forma de óxi-hidróxidos amorfos ou pouco cristalinos (Tabelas 8 e 9), proporcionando teores elevados de Al e Fe solúvel em água na maioria dos solos (Tabela 5). Contudo, o pH predominantemente acima de 5,5 e menor que 8,0 reduz a atividade do Al trocável nestes solos. Nos solos ácidos, submetidos à oxidação de sulfetos, ao contrário, o teor de Al trocável é muito elevado, principalmente nas camadas subsuperficiais dos perfis K8, K24 e K25 (Tabelas 6). Nestes solos ácidos, o Fe solúvel em água e o Fe trocável são muito baixos em subsuperfície, alcançando valor abaixo do limite de detecção, onde o pH se situa na faixa de equilíbrio da jarosita/schwertmannita, que é estável a pH 4,5 ou mais baixo, enquanto nos demais solos o pH está na faixa de equilíbrio do Fe^{2+} (pH entre 4,5 e 7,5) (Lindsay, 1979).

Os teores de Cu solúvel em água, assim como os teores de V, são iguais ou um pouco acima dos encontrados por Costa et al. (2004) nas águas de degelo e dos lagos Norte e Sul, que abastecem a Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF); no entanto, estes autores encontraram teores mensuráveis de Ni e Zn, sendo o Ni acima do limite recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), enquanto nos solos aqui estudados, não se detectou a presença destes elementos na fração solúvel em água (Tabela 5). Alam & Saquid (1993), estudando sedimentos da Ilha Rei George coletados durante a Expedição Internacional Trans-Antártica de 1989, encontraram teores totais de V muito semelhantes aos encontrados neste trabalho (média de 90 mg kg^{-1}), enquanto os teores Ni em torno de 11 mg kg^{-1} foram o dobro dos aqui encontrados, sendo atribuídos pelos autores a contaminação por derramamento de diesel das Estações de Pesquisa, embora tenham concluído que a maioria dos elementos analisados reflita a composição dos materiais de origem da ilha. Os teores de Ca e Mg também se mantiveram acima dos encontrados por Costa et al. (2004), mas os que mais se destacaram foram o Al, Fe e Ti (Tabela 5), podendo vir a ser um problema para a água de abastecimento da EACF.

A precipitação de oxi-hidróxidos interfere também na solubilidade de outros elementos, como o Cu, que é praticamente nulo na fração solúvel em água, principalmente nos solos com pH na faixa de 6,5, onde o Cu^{2+} é a espécie que governa o equilíbrio deste elemento. Thorn (1975), afirma que é

comum a ocorrência de filmes de metais pesados como Mn, Ti, Cu e Cr nos ambientes influenciados por oxidação de sulfetos em áreas glaciais, devido à alternância de ciclos de umedecimento e secagem que propiciam a solubilização e reprecipitação em fases oxídicas. Segundo Reynolds & Johnson (1972), um dos principais processos atuantes em áreas de águas ácidas é a precipitação massiva de óxidos férricos hidratados (OFHs), que têm capacidade de sorção maior de qualquer outro material do ambiente. O processo é dependente de pH, ocorrendo principalmente na faixa entre 3,5 e 6,6 e compreende o mecanismo primário de remoção de elementos como As, Cu, Pb e Zn das frações mais solúveis (Bradley & Cox, 1987). Sohlenius & Öborn (2004) mostraram que precipitados ricos em Fe variam consistentemente com o pH do efluente. Em geral, águas de drenagem minerária com pH menor que 2,8 tendem a formar jarosita como fase dominante; com pH entre 2,8 e 4,5, tende a formar schwertmannita e em pH ácido maior que 4,5, a fase dominante tende a ser goethita ou ferrihidrita. Com pH 7,0 ou mais alto, fases de CO_3^{2-} passam a dominar a química da solução com grande estabilidade das formas CO_3^{2-} – metais pesados, resultando em teores mais elevados de Cu, Mn e Sr, na fração ligada a carbonatos de alguns solos, corroborando os dados aqui reportados (Tabela 7).

Os teores elevados de Ba nas frações trocável e ligada a carbonatos, com pouca ou nenhuma expressão nas frações ligadas a óxidos amorfos e cristalinos, assim como na fração residual, denotam alta biodisponibilidade, condizentes com os teores encontrados por Schaefer et al. (2004) para briófitas, líquens e gramíneas da Península Keller. Os teores totais de Ba (média de 70 mg kg^{-1}) estão bastante acima dos encontrados por Alam & Sadiq (1993) (média de $27,5 \text{ mg kg}^{-1}$) em áreas com influência antrópica da Ilha Rei George, evidenciando a amplitude de concentração com o sítio de amostragem na região. É possível que a relação entre Ba e carbonatos seja associada à coprecipitação de Ba em CaCO_3 de origem biogênica (Branco, 1959).

Embora o Cu tenha se concentrado principalmente nas fases oxídicas e residual (Tabelas 8, 9 e 11), ocorreu também nas demais frações analisadas, com teores trocáveis elevados, principalmente nos solos mais ácidos, onde a precipitação com óxidos de ferro é restringida pela formação de

fases minerais estáveis de Fe, como a jarosita (Tabela 6). Um comportamento semelhante pode ser atribuído ao Mn, embora não tenha sido detectado em alguns solos na forma trocável, onde o pH elevado favorece a precipitação em óxidos.

O Zn apresentou teores muito baixos na maioria dos solos e um comportamento inesperado, concentrando-se nas frações trocável e residual, aumentando em profundidade no perfil e com grande amplitude de variação na concentração nos solos onde foi detectado, indicando possível mobilização com sulfato e reprecipitação na interface com o permafrost, onde o pH tende a aumentar em função da menor aeração (Tabelas 6 e 11) (Beyer & Bölter, 2000). A solubilidade do Zn diminui cem vezes a cada unidade aumentada no pH, por isso, o perfil K8, mais ácido, foi o que apresentou os maiores teores de Zn trocável. A solubilidade do Zn também é fortemente controlada pela precipitação de carbonatos e atividade de Fe^{3+} , onde a presença de $Fe(OH)_3$ (amorfo) suprime a solubilidade de óxidos de Zn e Fe, enquanto óxidos cristalinos permitem maior nível de equilíbrio de Zn^{2+} (Lindsay, 1979), dificultando a interpretação dos resultados obtidos.

O Na e o K apresentaram teores totais bem acima da média proposta por Lindsay (1979) para solos (Tabela 4), que é de 0,63% e 0,83%, respectivamente, refletindo em elevados teores de K e Na trocáveis e solúveis em água (Tabelas 5 e 6). Os teores de K tem uma provável influência marinha, não sendo particularmente abundante nas litologias vulcânicas predominantes na Península Keller, embora ocorra na forma de feldspatóides e outros componentes feldspáticos, enquanto o Na ocorre em concentrações maiores, principalmente como plagioclásios sódicos (Groeneweg & Beunk, 1992).

Análises de DRX de sedimentos marinhos das Ilhas Shetlands do Sul, realizadas por Jeong et al. (2004) revelaram que a fração <2 mm é dominada por plagioclásios (61% em peso), com pouca expressão de K-feldspatos e, segundo os autores, grande parte destes sedimentos provém da erosão glacial de rochas das Ilhas. Contudo, os teores observados nos solo de Keller, como mencionado anteriormente, são muito influenciados por sprays marinhos ricos em K e Na, o que também foi observado por Luzio et al. (1987) que analisou amostras de solos da Ilha Rei George, encontrando teores de Na em algumas amostras, correspondente a 26,7% do total de cátions extraíveis,

tratando-se assim solos sódicos. A influência de sais solúveis na região é reduzida, em parte, em função da elevada disponibilidade de água líquida durante o verão (Beyer & Bölter, 2000), no entanto, esses sais podem se acumular na neve ao longo do outono, no período seco que antecede o congelamento da superfície do mar, sendo redistribuídos no perfil dos solos no início da primavera e ao longo do verão, marcado por pequenas alternâncias de ciclos de seco-úmidos (Tatur et al., 1993; Matsuoka, 1995). Durante o período de amostragem, a coleta dos solos abrangeu condições mais úmidas, com cobertura de neve, e mais secas, com ventos constantes e sem neve, proporcionando condições para a precipitação sazonal de sais, em pequena escala. Nesse período, observações de campo revelaram a presença de sais sobre rochas nas partes mais altas da paisagem, como na crista Tyrrel, no centro da Península. Tatur et al. (1993) ressaltam a importância desses sais, afirmando que spray marinhos afetam, sem nenhuma dúvida, a composição de K e Na jarosita resultantes do intemperismo de sulfetos.

A fração química ligada à matéria orgânica resultou em teores bastante elevados de Fe, Ca, Al, Cu, Ba e Sr, além de Mn em alguns solos (Tabela 10), não condizentes com os teores baixos de carbono orgânico dos solos da Península Keller, que de maneira geral, possuem menos de 1% de carbono orgânico total. Os valores foram especialmente mais elevados nos solos mais ácidos, levando a conclusão de que se trata de elementos ligados a sulfetos, provavelmente calcopirita, cuja oxidação durante o tratamento com NaOCl $0,7 \text{ mol L}^{-1}$ (Shuman, 1985), liberou as espécies em solução, corroborando a expressiva influência de sulfetos na geoquímica dos solos na Península. Esta fração apresentou, portanto, uma relativa facilidade de solubilização de elementos, podendo ser somada às frações trocável e solúvel como formas biodisponíveis, justificando, em parte, os teores altos de Cu, Mn e Sr encontrados por Schaefer et al. (2004) nas coberturas vegetais da Península.

A presença de sulfetos, como calcopirita, parece ser generalizada na região, embora não ocorra de maneira visível em alguns locais, a exemplo do Morro da Cruz, no centro da Península Keller, e a expressão dos sulfetos para a formação de solos ácidos nos ambientes com influência de rochas básicas é restringida pela dissolução de fases carbonáticas que eleva

facilmente o pH dos solos pouco tamponados, após a oxidação dos sulfetos (Sheppard et al., 2000).

Um experimento conduzido por Moon & Jayawardane (2004) para investigar as interações água-rocha e neutralização da acidez em fragmentos de xistos na Nova Zelândia mostrou que pirita, calcita e clorita reagiram rapidamente com a água percolante, mas o pH não mudou ao longo do monitoramento, uma vez que a acidez gerada pela oxidação da pirita foi imediatamente neutralizada pela reação com calcita e clorita, pela baixa capacidade tampão do meio. O autor concluiu que clorita e calcita neutralizam a acidez a uma mesma taxa, contudo, na ausência de uma fonte de acidez, a clorita intemperiza mais lentamente que a calcita, e o intemperismo desses minerais pode ser governado pela oxidação de pirita. Nos solos da Península Keller, relação Ca/Mg maior que 2 mostra que o intemperismo de calcita é mais significativo que o de clorita, que se altera para esmectita liberando 1 íon Mg para cada 2 íons H consumido, enquanto calcita libera 1 Ca para cada íon H (Moon & Jayawardane 2004). Desta forma, explica-se porque solos influenciados pela oxidação de sulfetos podem apresentar pHs elevados, como no caso do K17, localizado no Platô Tyrrel (Tabela 4).

Comparando-se as faixas de valores totais encontrados no universo de solos estudados, em relação à variação reportada para sedimentos marinhos (Trisciuzzi, 2005), pode-se inferir algumas tendências importantes, para elementos selecionados (Tabela 12). O Cu, por exemplo, apresentou faixa de valores bem mais amplos nos solos, evidenciando a presença de concentrações residuais da oxidação de sulfetos, porém com alta variabilidade, denotando a heterogeneidade espacial dos corpos mineralizados em calcopirita. Os teores de Fe foram semelhantes aos de sedimentos marinhos, mas com amplitude também maior nos solos, em função da variação nos teores de constituintes máficos nos materiais de origem, corroborada pela tendência similar observada para o Mn, bem mais variável nos solos. Estes gradientes podem ser também atribuível à grande variação no potencial redox nos solos, e um ambiente de potencial redox homogêneo nos sedimentos marinhos. Os teores de Ti são comparáveis, com tendência a maiores teores na parte terrestres, bem como maior amplitude, como reflexo direto de maior ou menor abundância de ilmenita e Ti-magneta nas rochas vulcânicas de Keller,

levando a um comportamento semelhante para o V, que é fortemente associado ao Ti nos minerais acima.

Os teores de Zn nos solos, além de apresentarem enorme variabilidade e amplitude, mostram-se bem mais baixos que os teores em sedimentos marinhos costeiros. O mesmo ocorre com o Ni, que parece se concentrar nos sedimentos em valores maiores que nos solos, não acompanhando a tendência do Fe, com o qual geralmente se associa. Ni e Zn nos sedimentos marinhos poderia, assim, constituir fontes alóctones, cuja origem é difícil estabelecer.

Tabela 12 – Amplitudes observadas na concentração total de alguns metais nos solos e sedimentos marinhos da Península Keller e Baía do Almirantado

	Cu total (mg kg ⁻¹)		Fe total (%)		Mn total (mg kg ⁻¹)		Ni total (mg kg ⁻¹)	
Média	112,72	68,66	4,70	3,90	754,33	621,75	0,79	6,44
Máximo	341,06	80,00	7,10	4,33	3515,93	725,40	4,17	16,79
Mínimo	22,25	51,47	2,63	2,99	4,87	362,24	0,00	3,87
Desv. Pd.	57,07	7,9	0,96	0,36	478,32	89,33	1,49	3,55
	Sr total (mg kg ⁻¹)		Ti total (%)		V total (mg kg ⁻¹)		Zn total (mg kg ⁻¹)	
Média	100,82	118,47	0,49	0,39	122,86	-	4,32	54,25
Máximo	403,13	181,26	0,77	0,44	224,68	-	146,08	63,50
Mínimo	14,11	20,84	0,20	0,34	55,23	-	0,00	37,70
Desv. Pd.	61,24	47,23	0,11	0,03	40,27	-	14,93	7,12

OBS: valores em negrito se referem aos teores totais encontrados por Trisciuzzi (2005).

Uma vez que as reações de intemperismo ocorrendo na Península Keller envolvem grande revolvimento de sedimentos grosseiros e mistura de materiais de origem pela crioturbação, alternância de ciclos de congelamento e descongelamento com grandes variações na umidade do solo e, simultaneamente, a geração e neutralização de acidez, tem-se como resultado relações complexas que interferem no fracionamento químico dos solos. Estas dificuldades se estendem também para a avaliação de processos poluentes, principalmente com relação aos metais pesados que, depois de incorporados ao meio ambiente, passam a fazer parte do ciclo geoquímico natural, mascarando possíveis efeitos antrópicos.

As peculiaridades do ambiente antártico exigem uma estratégia de monitoramento da contaminação por metais pesados diferente das adotadas pela maioria dos países que se baseiam em concentrações de um determinado elemento acima do limite de riscos à saúde humana. Por se tratar de uma área isolada, onde o nível de poluição antrópica ainda é relativamente baixo e a ocupação humana se restringe às atividades de pesquisa e turismo pontuais, o principal objetivo do monitoramento na Península Keller seria minimizar as alterações antrópicas dos teores naturais observados na área, que podem ser considerados “background” para a região, a semelhança do sugerido por CETESB (2001) para substâncias naturalmente presentes no solo, como metais pesados. A CETESB se utiliza de teores naturais como valor de referência de qualidade, levando-se em conta as variações nas propriedades dos solos, para o monitoramento da qualidade dos solos e águas subterrâneas do Estado de São Paulo.

Uma proposta levantada por Borges Junior (2002) para a determinação de valores orientadores, sugere a adoção de métodos que levem em consideração a fração disponível para a biota, obtida por meio de extratores que se correlacionem com a quantidade absorvida por ela, considerando as alterações na concentração das formas prontamente disponíveis como à contaminação ativa e na concentração total como contaminação potencial. Segundo o autor, maior participação de formas lábeis em relação ao total, concentradas nas camadas superficiais do solo poderia indicar contaminação recente, uma vez que a labilidade tende a diminuir naturalmente com o tempo pela formação de formas mais estáveis.

Esta abordagem poderia, em princípio, ser adequada para a Península Keller, embora as concentrações biodisponíveis sejam naturalmente favorecidas pelo ambiente frio e oxidante em superfície, que promove simultaneamente a desestabilização de sulfetos, a acidólise de outros minerais primários e o retardamento da formação de fases secundárias mais estáveis, em favor de formas amorfas facilmente imterizáveis (Santos et al., 2004). Outra restrição ao modelo é devido à grande instabilidade e irregularidade do relevo, com intensa solifluxão, que modifica o padrão de acumulação nas camadas superficiais, associado à pequena profundidade dos solos que mantém estreita relação com os materiais de origem. As feições periglaciais

(Francelino et al., 2004) predominantes em Keller denunciam uma intensa mistura de materiais, com poucas áreas de intemperismo *in situ*. Segundo Francelino (2004), cerca de 25% da Península Keller são scree-slopes, ou seja, áreas de solifluxão ativa, onde não há estabilidade dos materiais pedogenizados presentes na superfície. Além disso, a flutuação do nível de umidade da superfície do solo acima do permafrost ao longo do ano, favorece a retenção de metais na porção superior do perfil (Sheppard et al., 2000), inviabilizando o estabelecimento do fator indicador de acumulação (FA) proposto por Borges Junior (2002). O fator é utilizado para indicar quantas vezes a camada superficial está mais concentrada que o restante do perfil ($FA > 1$), ou se não há contaminação ($FA < 1$), independente de fonte antrópica ou natural de contaminação, sendo obtido pela razão entre os teores dos metais na camada superficial e em subsuperfície.

Uma tentativa de determinar fatores de acumulação para os solos mais profundos da Península Keller mostrou que, de maneira geral os valores se mantiveram abaixo de 1 nas formas disponível e total, chamando atenção para o Mn, cujos elevados valores de FA apontaram para uma forte acumulação das formas disponíveis nas camadas superficiais da maioria dos solos (Tabela 13). Os resultados mostraram também muitas variações entre um mesmo elemento em perfis diferentes de sítios relativamente próximos, evidenciando uma forte relação com o material de origem local, onde os diferentes litotipos influenciam fortemente a geoquímica dos solos.

A obtenção de um valor único que represente o valor de referência (background), ou linha de base de uma área específica, requer a adoção de critérios bem definidos para as características da área, como a homogeneidade do material de origem (CETESB, 2001), o que não é o caso da Península Keller. Uma alternativa pode ser a elaboração de uma malha de amostragem, com maior número de pontos amostrados e em uma camada mais espessa (0 – 20 ou 0 – 30 cm de profundidade), em detrimento de pontos isolados e diversas profundidades amostradas, substituindo o fator de acumulação pela modificação na taxa biodisponível em relação ao total, ano a ano. Este monitoramento seria facilitado pelo curto período de recarga de poluentes, concentrado no verão, quando as substâncias acumuladas ao longo do ano na cobertura de neve são redistribuídas na superfície do solo pela água de

derretimento. Uma parte expressiva dessas substâncias pode ser incorporada à fração reativa nas camadas superficiais dos solos, como formas lábeis, devido à baixa capacidade tampão desses solos, enquanto boa parte é carregada para o mar nos fluxos hídricos de derretimento da neve, sendo necessário também um monitoramento das águas de degelo para o balanço anual das concentrações de metais pesados.

Tabela 13 – Fator de acumulação estimado para os teores de metais nas frações disponíveis (solúvel em água + trocável + ligada à matéria orgânica) e total, nos solos da Península Keller

Perfil	Disponível											
	Al	Ba	Ca	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn	
K1A 0–20	0,35	0,37	0,46	0,50	0,31	29,96	0,53	0,39	0,18	0,28	0,59	
K5 0–20	0,56	0,33	0,41	0,51	0,56	23,93	0,51	0,56	0,41	0,54	0,54	
K13 0–20	0,29	0,38	0,35	0,51	0,57	20,06	0,00	0,24	0,31	0,21	0,00	
K16 0–20	1,04	0,20	0,32	0,30	1,07	1,07	0,19	0,26	1,06	2,10	0,19	
K17 0–20	0,18	5,56	0,55	2,02	0,18	8,03	2,09	0,97	0,24	0,26	2,35	
K24 0–20	0,20	0,00	1,48	0,85	4,77	66,11	0,00	1,55	0,00	0,00	0,00	
	Total											
	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K1A 0–20	0,54	0,43	0,39	1,85	0,45	0,47	0,57	0,53	0,43	0,51	0,49	2,84
K5 0–20	0,52	0,30	0,40	0,00	0,30	0,49	0,31	0,51	0,58	0,49	0,45	0,54
K13 0–20	0,57	0,38	0,48	0,00	0,41	0,59	0,33	0,00	0,53	0,48	0,44	0,73
K16 0–20	0,35	0,23	0,34	0,00	0,56	0,41	0,26	0,19	0,30	0,40	0,42	0,13
K17 0–20	0,61	5,56	0,52	0,00	0,48	0,56	0,41	2,09	0,82	0,44	0,50	2,35
K24 0–20	0,64	14,23	1,11	0,00	1,14	0,54	10,26	0,00	0,57	0,49	0,48	0,00

A malha rígida de amostragem evitaria que a redistribuição desuniforme, gerando áreas concentradoras, ocasionasse erros de

interpretação, auxiliando também na utilização de técnicas de geoestatística como semivariogramas, krigagem e co-krigagem para obtenção de isolinhas de valores de referência (Vieira, 2000). Segundo Warrick et al. (1986), a aplicação da geoestatística pode, dimensionalmente, representar distâncias de poucas moléculas ou quilômetros, exigindo uma interdependência entre os pontos amostrais para que a interpolação represente bem as áreas interpontos não amostradas. Segundo Francelino (2004), trata-se de um processo de estimativa por médias móveis, de valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes, enquanto considerados como interdependentes por uma função denominada *variograma*. A *krigagem* usa informações a partir do *variograma* para encontrar os valores ótimos a serem associados às amostras com valores conhecidos que irão estimar pontos desconhecidos. Essa técnica de análise de regressão procura minimizar a variância estimada a partir de um modelo prévio, que leva em conta a dependência estocástica entre os dados distribuídos no espaço. Para a área total da Península, a baixa interdependência espacial dos solos (vertical e horizontal), com grande heterogeneidade química e um padrão pedogenético até certo ponto caótico, exige uma malha rígida de amostragem, feita em grande escala, tornando inviável a utilização de reticulado em área total para a Península, em função do relevo acidentado e falta de acesso a áreas de cobertura permanente de gelo.

A estratégia amostral com malha rígida foi utilizada por Schaefer et al. (2004a) para avaliação de impactos antrópicos no entorno da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), utilizando-se de um reticulado com células amostrais de 5 e 10 m², de onde foram retiradas subamostras abrangendo toda a área da célula para formar a amostra composta, a cada profundidade amostrada e cobrindo toda a área frontal e lateral da EACF. Parte dessas amostras foram utilizadas, com resultados satisfatórios, nos estudos de Santos et al. (2004) para detecção de metais pesados de fontes antrópicas nos solos do entorno da Estação.

Para as demais áreas da Península Keller, os perfis coletados representaram geoambientes isolados, onde a aplicação de técnicas de geoestatística gerou mapas de isolinhas pouco representativos para os teores biodisponíveis (solúveis em água mais trocáveis mais ligados à matéria orgânica), com os valores mais elevados se concentrando em torno de pontos

individuais (Figura 12). No entanto, com a ajuda do mosaico fotográfico da Península Keller (Francelino, 2004), estes perfis permitiram a seleção de áreas afins em termos físico-químicos e a obtenção de um mapa de domínios pedogeoquímicos que representam a maior parte das variações nos teores totais de metais nos solos da Península (Figura 13). As áreas sobre scree slopes onde os sedimentos são intensamente crioturbados, não permitem a definição de background geoquímico e assim não foram consideradas como domínio pedogeoquímico, tendo, contudo, seus teores de metais representados dentro das variações observadas nos demais geoambientes mapeados. As principais características de cada domínio estão resumidas na Tabela 14, ilustrando principalmente os teores de Fe e Al, que são os principais elementos guias da geoquímica da Península, o Cu que, junto com o Mn, foi o micronutriente de maior expressão em todas as frações analisadas na extração seqüencial, o pH que caracteriza domínios com maior ou menor influência de drenagem ácida e o teor de carbono orgânico total, que destaca áreas com influência de ornitogênese.

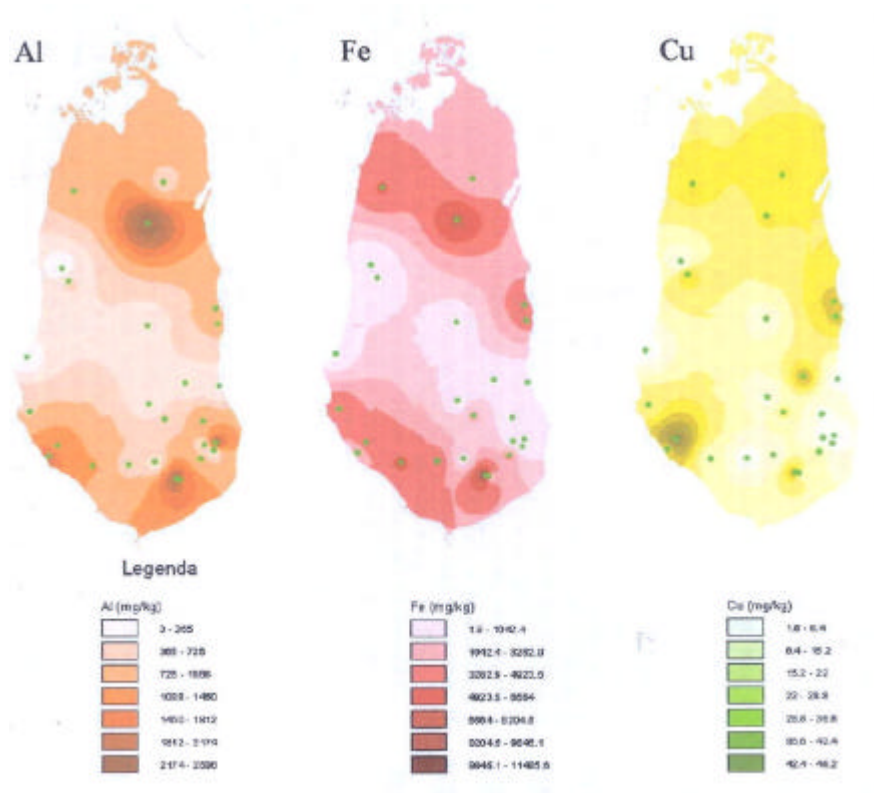


Figura 12 – Cenário-Teste: Mapa de isolinhas dos metais Al, Fe e Cu biodisponíveis nos solos da Península Keller

Tabela 14 – Descrição resumida dos domínios pedogeoquímicos da Península Keller

Legenda	Descrição
PG1	Criossolos lítólicos e Leptossolos, com pH em torno de 6,5; teores totais de Cu entre 45 e 94 mg kg ⁻¹ ; Fe entre 3,6 e 4,3 %; Al entre 1,3 e 2,0 %; com abundante colonização por Usnea em ambiente conservador, e teores de COT no solo em torno de 2,0 dag kg ⁻¹ .
PG2	Leptossolos fracamente ornitogênicos (<i>Larus dominicanus</i>), com pH em torno de 7,5; teores totais de Cu entre 89 e 143 mg kg ⁻¹ ; Fe entre 5,2 e 5,6 %; Al entre 2,9 e 3,1 % e teores de COT no solo em torno de 3,0 dag kg ⁻¹ .
PG3	Criossolos e Cambissolos derivados de materiais sulfetados da porção leste da Península Keller, com pH em torno de 4,5; teores totais de Cu acima de 100 mg kg ⁻¹ ; Fe em torno de 4,0 %; Al acima de 3,5 % e COT no solo abaixo de 0,4 dag kg ⁻¹ .
PG4	Criossolos e Regossolos profundos, elevados teores de Na e K, pH em torno de 8,0 e mais altos teores de Ca (acima de 1,2%); teores totais de Cu em torno de 67 mg kg ⁻¹ ; Fe em torno de 3,0 %; Al acima de 2,2 % e COT no solo abaixo de 0,15 dag kg ⁻¹ .
PG5	Criossolos e Leptossolos não sulfetados, pH em torno de 7,5 e alto Cu total (acima de 150 mg kg ⁻¹); Fe em torno de 6,0 %; Al acima de 3,5 % e COT no solo acima de 1,0 dag kg ⁻¹ .
PG6	Criossolos e Regossolos hidromórficos de planícies flúvio-glaciais, com pH abaixo de 6,5; Cu total baixo para a região (em torno de 25 mg kg ⁻¹); Fe abaixo de 3,0 %; Al abaixo de 2,0% e COT no solo abaixo de 0,9 dag kg ⁻¹ .
PG7	Criossolos e Cambissolos cascalhentos/esqueléticos do primeiro nível de Terraços Marinhos Soerguidos da porção oeste da Península Keller, com pH ácido (abaixo de 5,0); Cu bastante elevado (entre 160 e 220 mg kg ⁻¹); Fe acima de 7,0 %; Al em torno de 3,5 % e COT no solo em torno de 0,35 dag kg ⁻¹ .
PG8	Criossolos e Cambissolos cascalhentos/esqueléticos do primeiro nível de Terraços Marinhos Soerguidos da porção leste da Península Keller, com pH alcalino (acima de 7,7); Cu abaixo de 55 mg kg ⁻¹ ; Fe em torno de 3,6 %; Al abaixo de 2,5 % e COT no solo em torno de 0,5 dag kg ⁻¹ .
PG9	Leptossolos derivados de materiais sulfetados da porção oeste da Península Keller, com pH em torno de 4,5; teores totais de Cu em torno de 150 mg kg ⁻¹ ; Fe acima de 6,5 %; Al acima de 3,5 % e COT no solo abaixo de 0,5 dag kg ⁻¹ .
PG10	Criossolos líticos com influência ornitogênica (COT no solo em torno de 6,5 dag kg ⁻¹), com pH ligeiramente ácido (acima de 5,5); teores totais de Cu entre 65 e 100 mg kg ⁻¹ ; Fe em torno de 4,6 %; Al abaixo de 1,5 % e teores de.
PG11	Criossolos desenvolvidos in situ sobre basalto andesítico, com pH próximo de 8,0; Cu entre 200 e 350 mg kg ⁻¹ ; Fe entre 3,5 e 4,0%; Al abaixo de 2,5 % e COT no solo em torno de 0,1 dag kg ⁻¹ .
PG12	Criossolos profundos sobre felsenmeer com influência mista de basalto e andesito, com pH em torno de 7,5; Cu total em torno de 60 mg kg ⁻¹ ; Fe próximo de 4,0 %; Al em torno de 4,0 % e COT no solo em torno de 0,16 dag kg ⁻¹ .
PG13	Leptossolos sobre felsenmeer em nível altimétrico acima de 150 m, com influência mista de basalto e andesito, com pH abaixo de 7,5; Cu total em torno de 90 mg kg ⁻¹ ; Fe em torno de 5,0 %; Al em torno de 4,5 % e COT no solo em torno de 0,3 dag kg ⁻¹ .
PG14	Leptossolos rasos sobre felsenmeer em nível altimétrico entre 50 e 100 m, com influência mista de basalto e andesito, com pH próximo de 8,0; Cu total entre 100 e 120 mg kg ⁻¹ ; Fe em torno de 5,0 %; Al em torno de 3,0 % e COT no solo em torno de 0,4 %.
PG15	Leptossolos rasos, desenvolvidos in situ, com ornitogênese pontual, pH em torno de 6,0; Cu total em torno de 60 mg kg ⁻¹ ; Fe em torno de 4,5 %; Al abaixo de 3,5 % e COT no solo em torno de 3,2 dag kg ⁻¹ .
PG16	Criossolos e Regossolos desenvolvidos in situ no terceiro nível de morainas, com ornitogênese pontual, pH em torno de 7,0; Cu total entre 130 e 160 mg kg ⁻¹ ; Fe em torno de 6,5 %; Al entre 2,4 e 4,0 % e COT no solo entre 0,2 e 4,4 dag kg ⁻¹ .
PG17	Criossolos, Leptossolos e Regossolos ácidos com ornitogênese pontual, com pH abaixo de 5,5; Cu total em torno de 20 mg kg ⁻¹ ; Fe abaixo de 4,5 %; Al abaixo de 1,5 % e COT no solo acima de 2,5 dag kg ⁻¹ .
Áreas sem padrão definido	Sedimentos intensamente crioturbados sobre Scree Slopes e áreas de afloramentos rochosos, onde não é possível definir background geoquímico para os solos.

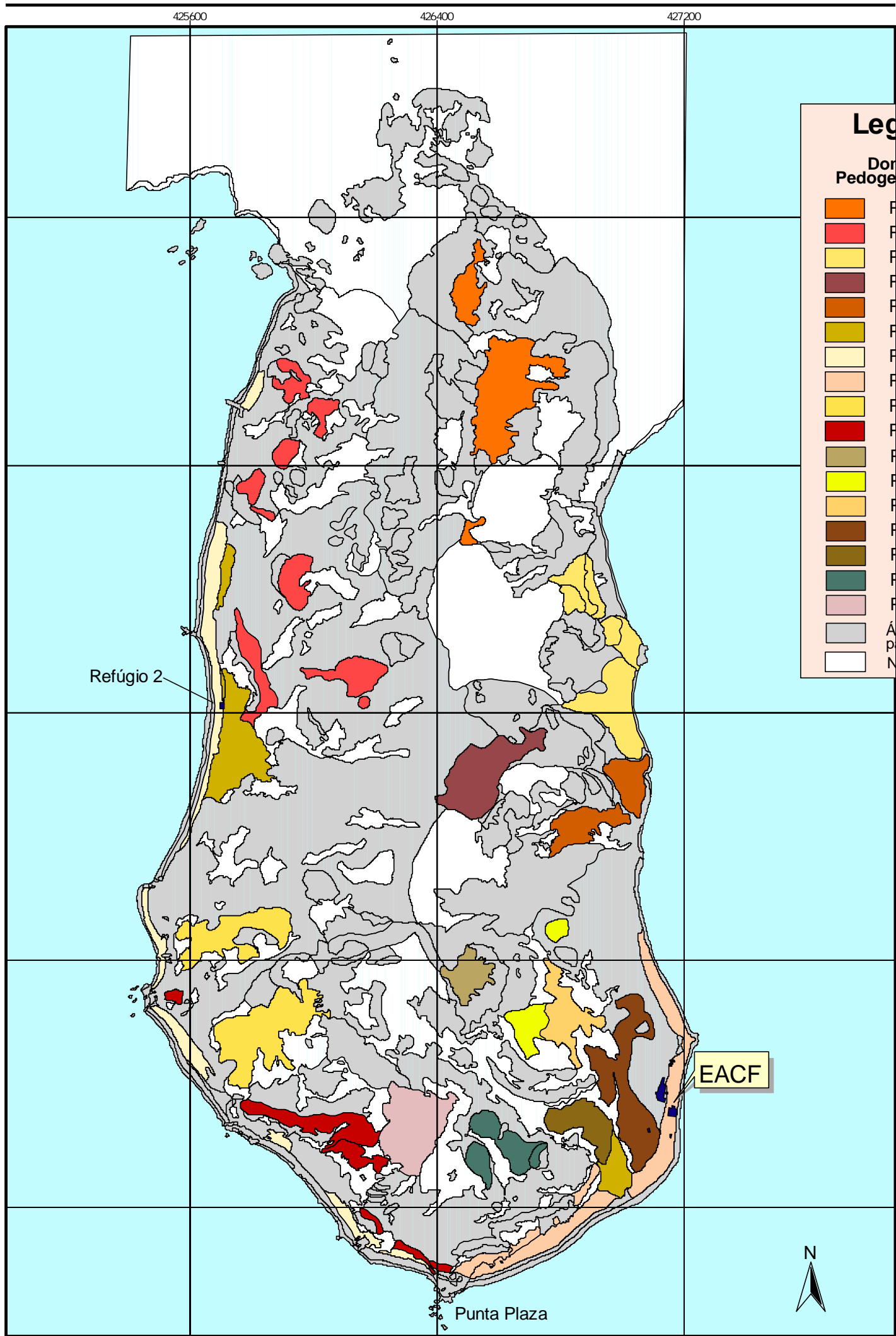


Figura 13 – Mapa dos domínios Pedogeoquímicos da Península Keller

A associação deste mapa com outras informações levantadas neste trabalho, como os teores biodisponíveis de metais pesados detectados nos solos da Península, corroborados pelos teores obtidos nas análises das principais coberturas vegetais da região, possibilitam uma melhor interpretação de resultados a respeito de processos poluentes nos ecossistemas terrestres da Península Keller, com ressalvas para processos naturais que atuam mascarando as assinaturas geoquímicas na região, que envolvem mistura de águas e sedimentos de diferentes fontes, intemperismo de diferentes minerais a diferentes taxas, as reações químicas afetando as razões entre espécies químicas e a variabilidade na composição de rochas e solos a curtas distâncias na Península Keller. Com relação a estes últimos, análises na composição das diferentes litologias e mineralogia dos solos aumentariam a capacidade de predição do potencial biogeoquímico natural, e conseqüentemente, a detecção de alterações antrópicas nos teores de metais pesados em solos e sedimentos da Península Keller. Dados da literatura baseados em estudos petrográficos da Ilha Rei George (Birkenmajer, 1982; Pride et al., 1990; Groeneweg & Beunk, 1992; Machado et al., 1998), indicam que as variações observadas nos teores de metais nos solos estudados da Península Keller, refletem a composição do material de origem local, sendo naturalmente derivados. Estes resultados não se referem às áreas mais impactadas do entorno da Estação Antártica Comandante Ferraz, onde o potencial de contaminação é bem mais elevado e o ambiente alterado modifica toda a dinâmica hidrológica e, conseqüentemente, geoquímica da área (Campbell et al., 1994).

4.3 – Bioindicadores

A utilização de bioindicadores de contaminação por metais pesados é outra ferramenta da qual diversos pesquisadores têm se utilizado na Antártica. Neste continente, a ausência de plantas vasculares é parcialmente compensada pela abundância de espécies de líquens e briófitas, cuja capacidade de agirem como interceptores eficientes e bioacumuladores de metais pesados, tem sido empregada no monitoramento ambiental

(biomonitoramento) para avaliar os níveis de contaminação como resultado de atividades humanas (Olech, 1993; Poblet et al, 1997; Bargagli et al, 1999).

A absorção de água pelos líquens ocorre em toda a área do talo e um líquen pode conter várias vezes o seu peso seco em água. Portanto, poluentes solúveis podem ser facilmente incorporados à estrutura vegetativa do líquen e, uma vez que se mantêm viável no ambiente por períodos superiores há cem anos, podem agir como um integrador de longo tempo de poluição (Godoy & Schuch, 1998). Elementos em formas particuladas de poeira atmosférica ou do próprio substrato rochoso também são potencialmente absorvidos pelos líquens, com contínua acumulação de metais, mesmo de espécies sem função biológica reconhecida, como o Au, encontrado em *Usnea aurantiaco-atra* da Ilha Rei George em teores próximos a 2 mg kg^{-1} (em base de peso seco) (Quilhot P., 1988).

Na região da Baía do Almirantado, Czezug & Olech (1989), citados por Chipev & Kovachev (1996), identificaram 17 espécies de líquens e, segundo Schaefer et al. (2004d), cerca de 17% dos terraços marinhos soerguidos da Península Keller estão sob coberturas vegetais, formadas principalmente de briófitas.

Os resultados da análise de teores totais de elementos bioacumulados em *Usnea antarctica*, briófitas e *Deschampsia* corroboram os resultados da extração seqüencial para a maioria dos elementos nas frações biodisponíveis nos solos (solúvel em água, trocável e ligada à matéria orgânica), inclusive para os elementos que não foram detectados nos solos da Península e também não ocorreram nas coberturas vegetais analisadas, a exemplo de As, Cd, Mo, Pb e Se. Alguns elementos, no entanto, apresentam teores acima dos encontrados nos solos em função do material de origem e características de bioacumulação das diferentes espécies vegetais (Tabela 15). Tal bioacumulação foi mais evidenciada nas briófitas, onde todos os valores encontrados ficaram acima dos teores de referência (Tabela 16), inclusive para o V, elemento normalmente associado à queima de combustível fóssil (Nriagu & Pacyna, 1988). Contudo, esse maior teor de V pode estar associado ao fato destas plantas se encontrarem geralmente em ambientes hidromórficos - em geral salinizados e eutrofizados, favorecendo assim maior absorção de

elementos solúveis em condições redutoras, como Fe, Mn e V que apresentam teores elevados nas rochas da Península.

Nas amostras de *Usnea*, os teores de P, Ba, Cu, Mn, Sr e Zn estão dentro dos limites de referência encontrados na literatura, enquanto Ca, Mg, B, Fe, Al e Ti estão com valores acima, principalmente para os dois últimos, que estão, respectivamente, nove e dez vezes mais concentrados em relação aos valores de referência (Tabela 16). Teores elevados de Al também foram registrados nas análises da água dos lagos que abastecem a estação de pesquisa brasileira (Costa et al., 2004; Francelino, 2005), assim como nas frações solúvel em água e ligada à matéria orgânica dos solos (Tabelas 4 e 9), derivando provavelmente da dissolução de silicatos e fases amorfas, em consequência da drenagem ácida atuando sobre materiais calco-alcalinos.

Embora os resultados demonstrem acúmulo de metais nas espécies analisadas, com provável contribuição de poluição antrópica, deve-se usar de cautela ao afirmar a este respeito, em função do elevado background natural da região, com grande variação espacial. Segundo Quilhot (1988), os líquens acumulam elementos não apenas de poeira atmosférica, mas também de precipitações pluviométricas, correntes de água interceptadas pela planta ou do substrato, de onde os líquens absorvem metais em formas ionizadas derivadas de partículas sólidas, especialmente quando em tamanho coloidal. Os líquens sintetizam e estocam componentes fenólicos, como o ácido usneico, que são agentes quelantes efetivos na imobilização e absorção de metais. Além disso, a elevada longevidade da *Usnea*, com acumulação contínua de elementos, exige um grande rigor durante a amostragem para coletar exemplares ou ramos da mesma idade, evitando diferenças na concentração pelo fator idade ou sítio de amostragem.

Tabela 15 – Análise estatística dos teores de metais em amostras de plantas da Península Keller

	Al	Ca	Mg	P	Fe	B	Ba	Cu	Mn	Sr	Ti	V	Zn
	mg kg ⁻¹												
	<i>Briófita</i>												
Média	15263,3	6724,7	5255,8	1685,7	18052,5	95,2	69,7	40,7	315,9	56,8	130,0	32,3	32,8
Mínimo	203,0	285,0	90,0	57,0	321,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo	34985,0	14033,0	9398,0	3965,0	48046,0	246,0	232,0	118,0	718,0	111,0	680,0	77,0	81,0
Desvio-padrão	10327,1	3620,6	2070,9	1071,3	13126,9	62,7	55,5	37,9	187,8	26,1	152,5	24,5	17,2
C.V. (%)	67,7	53,8	39,4	63,5	72,7	65,9	79,6	92,9	59,4	45,9	117,3	76,0	52,3
	<i>Usnea</i>												
Média	8461,8	14054,9	2222,7	739,0	10024,2	51,7	21,7	19,3	138,8	34,6	103,8	17,7	23,9
Mínimo	1740,0	4696,0	662,0	485,0	2160,0	17,0	0,0	0,0	26,0	21,0	14,0	0,0	8,0
Máximo	35101,0	44416,0	7682,0	1187,0	37660,0	168,0	99,0	69,0	549,0	65,0	248,0	53,0	62,0
Desvio-padrão	10344,1	12494,9	2158,0	207,0	10905,6	46,4	30,8	24,8	160,6	14,1	83,9	20,2	17,0
C.V. (%)	122,2	88,9	97,1	28,0	108,8	89,8	142,0	128,3	115,7	40,9	80,9	114,4	71,3
	<i>Deschampsia</i>												
Média	4969,4	4875,2	2729,0	2204,4	6490,2	41,8	17,8	13,8	254,0	43,4	49,0	7,6	38,4
Mínimo	414,0	440,0	194,0	2,0	600,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo	15059,0	8363,0	4200,0	4249,0	21904,0	98,0	56,0	56,0	503,0	72,0	103,0	30,0	75,0
Desvio-padrão	5860,2	3184,3	1609,2	1719,0	8761,5	33,5	23,2	24,1	209,9	28,9	46,0	12,8	31,6
C.V. (%)	117,9	65,3	59,0	78,0	135,0	80,2	130,5	174,8	82,7	66,6	93,8	167,9	82,3

Tabela 16 – Valores-limite de metais pesados em musgos e líquens (mg kg⁻¹ de massa seca) de diferentes regiões, incluindo a Antártica, compilados por Francelino (2005)

Cobertura	Região	Al	Ca	Mg	P	Fe	B	Ba	Cu	Mn	Sr	Ti	V	Zn
Musgos	Antártica ¹	-	-	-	-	1420-8200	-	-	4,7-15	-	-	-	-	27-104
	Livingstone ²	-	-	-	-	1533-3486	-	-	7-23	-	-	-	-	18-48,1
	Polônia ³	-	-	-	-	800	3,4	-	9,20	176	-	-	-	69
	Referência ⁴	-	-	-	-	500	-	-	13,5	-	-	-	1,4	30
Líquens	Livingstone ⁵	-	-	-	-	510-3642	-	-	0,54-1,65	-	-	-	-	0,8-4,9
	Usnea spp ⁶	440-944	1900-8700	640-1600	190-1285	400	13-24	10-44	1,3-16	40-330	12-30	5-10	100	-
	Referência ⁷	< 400	200-1000	100-1000	200-2000	50-1600	<17	-	1-50	10-130	-	5-10	100	20-500
	Fildes ⁸	-	-	-	-	696	-	-	7,9	9,5	-	-	-	20,7

1- Bargagli et al, 1998.; 2- Yurukova & Ganeva, 1999; 3- Kabata-Pendias & Pendias, 2000; 4- Leblanc, 1969; 5- Chipev & Kovachev, 1996; 6 – Gough et al, 1988 ; 7- Nieboer & Richardson, 1980; 8- Zhao & Xu (2000).

Os resultados confirmam, no entanto que Usneas e briófitas são muito sensíveis a alterações nas concentrações de metais do meio, sendo eficientes para identificar padrões de deposição de metais pesados, com grande potencial para monitorar a distribuição espacial destes elementos não somente em escala local, como em escala regional. Com base nestes resultados, os valores dos metais presente nas briófitas foram submetidos a uma interpolação geoestatística, a *krigagem* (Figura 14), para a elaboração de um mapa de isolinhas de alguns elementos na Península Keller.

Foram escolhidos os teores em briófitas pelo fato de haver maior número de amostras e estarem melhor distribuídas na península. Percebe-se um comportamento muito semelhante na distribuição do B, Fe, V e Zn. De modo geral, ocorre maior concentração de metais na faixa sul de Keller, principalmente sobre área com material sulfetado (Francelino, 2004). O único elemento presente em maior concentração próximo da EACF foi o zinco. Provavelmente, sua origem é local, visto existir maior concentração natural em local próximo (Francelino, 2004), o que também foi observado por Santos et al. (2004), nos solos do entorno da Estação. A presença de substrato com influência de sulfetos, por aumentar a solubilidade dos metais, pode ser responsável pelos teores elevados nas briófitas, ocasionando o aumento da presença de metais pesados nessa cobertura. Embora existam sinais evidentes (Jeong et al., 2004), contribuições oriundas de deposição atmosférica de metais pesados não puderam ser espacializadas, devido a pouca quantidade de amostras de líquens coletadas (nove no total), abrangendo áreas sem interdependência.

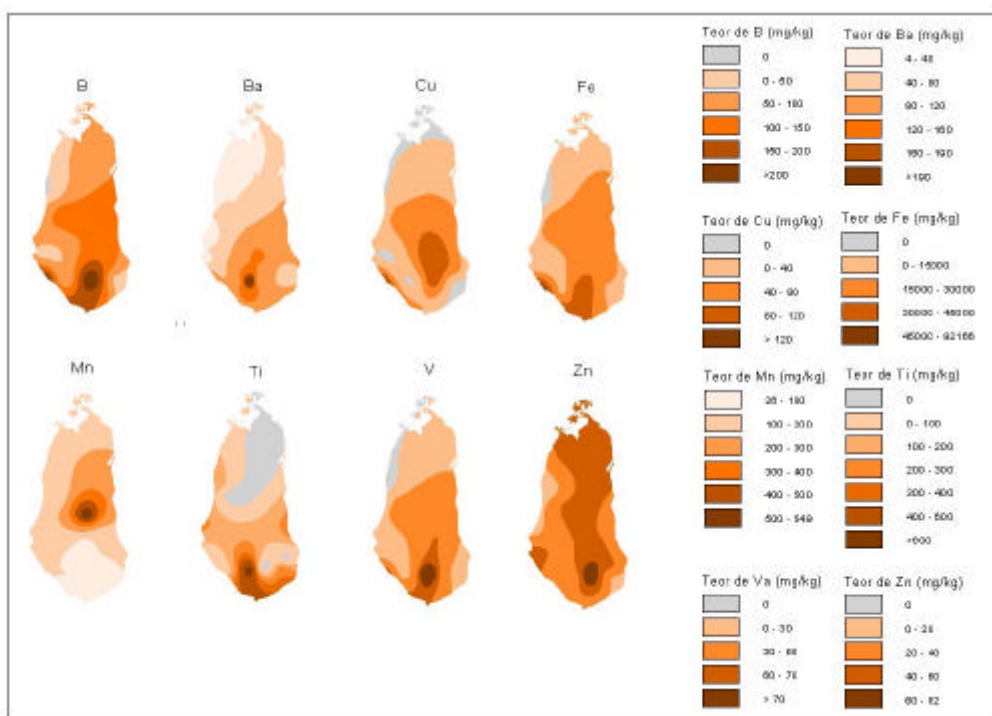


Figura 14 – Mapa de isolinhas para os teores totais de alguns metais em briófitas da Península Keller

5 - Conclusões

1 – O estabelecimento de valores de referência para ambientes periglaciais, como a Península Keller, é dificultado por variações hídricas sazonais da camada ativa, profundidade do permafrost e intensidade de solifluxão. Há uma grande anisotropia vertical e horizontal. Solos intensamente turbados, mesmo em condições de relativa estabilidade da paisagem, mostram-se altamente misturados, as vezes com difícil separação de materiais, tanto morfológica quanto geoquimicamente.

2 – Os padrões geoquímicos são influenciados pela salinidade costeira e condições áridicas nas partes elevadas da Península, mascarando a tendência à acidificação dos materiais sulfetados. Apesar disso, a oxidação de sulfetos induz ao aprofundamento do perfil de alteração.

3 – O estabelecimento de padrões (mapas) pedogeoquímicos só foi possível pela boa definição de padrões de campo e sua identificação nas aerofotos produzidas. Critérios geomorfo-pedológicos, bem como físico-químicos, foram igualmente ponderados.

4 – Entre os 17 domínios pedogeoquímicos mapeados e identificados, com base em características físico-químicas e da paisagem, dois domínios se destacam em Keller: (1) ácidos e de coloração amarelo-clara, influenciados pela oxidação de sulfetos, onde os teores de Al são muito elevados e ocorre lixiviação por drenagem ácida, com concentração de metais em fases mais trocáveis; (2) básicos, de coloração

escura/acinzentada pelos minerais máficos presentes, e maior concentração de metais na fração residual.

6 – Em Keller, a atividade ornitogênica é relativamente fraca, mas influencia os padrões pedogeoquímicos locais.

7 – Com base na extração seqüencial, valores abaixo do nível de detecção de Pb e Cd, em todos os solos, sendo estes usualmente associados a atividades antropogênicas, ilustra que a Península Keller não sofreu contaminação relevante em seus ecossistemas terrestres, ao contrário de evidências de sedimentos marinhos, que mostram alguma concentração de Pb e outros metais. Por apresentarem valores nulos, na atualidade, são elementos promissores ao monitoramento geoquímico de longo prazo, em áreas de controle bem selecionadas, para avaliar possíveis contaminações advindas das atividades humanas na Península.

8 – Valores abaixo do limite de detecção de As ilustram que os sulfetos presentes em Keller não mostram arsenopirita como componente.

9 – A maficidade das rochas influenciam a composição geoquímica, com teores mais elevados de Fe, Mn e Ti, associados a teores baixos de Ni e Cr, evidenciando que não possuem contribuição ultrabásica relevante, e corroborando a natureza cálcio-alcálica das rochas vulcânicas mais comuns na região.

10 – A utilização de briófitas como bioindicadores de composição química da água de drenagem e do solo pode servir para o estabelecimento de estratégias de monitoramento por bioindicadores. Líquens como *Usnea*, por outro lado, podem ser úteis como indicadores de condições de poluição atmosférica, ilustrando sua complementaridade.

Referências Bibliográficas

ABRAHÃO, W.A.P. Aspectos químicos e mineralógicos relacionados à geração experimental de drenagem ácida em diferentes geomateriais sulfetados. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 125p.: il. 2002. (Tese DS).

AHN, I.-Y.; CHUNG, K.H.; CHOI, H.J. Influence of glacial runoff on baseline metal accumulation in the Antarctic limpet *Nacella concinna* from King George Island. *Marine Pollution Bulletin*, 49, 119–141. 2004.

AHN, I.-Y.; KANG, J.; KIM, K.-W. The effect of body size on metal accumulations in the bivalve *Laternula elliptica*. *Antarctic Science*, 13(4): 355-362. 2001.

ALAM, I.A.; SAQUID, M. Metal concentration in Antarctica sediments samples collected during the Trans-Antarctica 1990 Expedition. *Marine Pollution Bulletin*, 26, 523-527. 1993.

ALLOWAY, B.J. Heavy metals in soils. Nova York: Wiley. 339p. 1990.

ANCORA, S.; VOLPI, V.; OLMASTRONI, S.; FOCARDI, S.; LEONZIO, C. Assumption and elimination of trace elements in Adélie penguins from Antarctica: a preliminary study. *Marine Environmental Research*, 54, 341–344. 2002.

ANDERSON, S.P.; DREVER, J.I.; HUMPHREY, N.F. Chemical weathering in glacial environments. *Geology* 25, 399–402. 1997.

ARIGONY, J. Determinação e interpretação de características glaciológicas e geográficas na Área Antártica Especialmente Gerenciada da Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica. Porto Alegre, CEPSRM/UFRGS, 2001. 84P. (Dissertação de Mestrado).

BARGAGLI, R.; BATTIST, E.; FOCARDI, S.; FORMICHI, P. Preliminary data on environmental distribution of mercury in northern Victoria Land, Antarctica. *Antarctic Science*, 5, 3-8. 1993.

- BARGAGLI, R.; MONACI, F.; SANCHEZ-HERNANDEZ, J.C.; CATENI, D. Biomagnification of mercury in an Antarctic marine coastal food web. *Marine Ecology Progress Series*, 169, 65-76. 1998b.
- BARGAGLI, R.; NELLI, L.; ANCORA, S.; FOCARDI, S. Elevated cadmium accumulation in marine organisms from Terra Nova Bay (Antarctica). *Polar Biology*, 16, 513-520. 1996.
- BARGAGLI, R.; SANCHEZ-HERNANDEZ, J.C. & MONACI, F. Baseline concentrations of elements in the antarctic macrolichen: *Umbilicaria decussata*. *Chemosphere*, 38(3):.475-487. 1999.
- BARGAGLI, R.; SANCHEZ-HERNANDEZ, J.C.; MARTELLA, L. Mercury, Cadmium and lead accumulation in antarctic mosses growing along nutrient and moisture gradients. *Polar Biology*, 19, 316-322. 1998a.
- BARTON, C. M. The geology of South Shetland Islands. III. The stratigraphy of King George Island. *British Antarctic Survey Report*, 44, 1-33. 1965.
- BERKMAN, P.A. The Antarctic Marine ecosystem and humankind. *Reviews in Aquatic Sciences*, 6(3,4): 295-333. 1992.
- BEYER, L.; BÖLTER, M. Chemical and biological properties, formation, occurrence and classification of Spodic Cryosols in a terrestrial ecosystem of East Antarctica (Wilkes Land). *Catena*, 39, 95–119. 2000.
- BEYER, L.; SORGE, C.; BLUME, H.-P.; SCHULTEN, H.-R. Soil organic matter composition and transformation in gelic Histosols of coastal continental Antarctica. *Soil Biol. Biochem.*, 27, 1279-1288. 1995.
- BIESTER, H.; KILIAN, R.; C. FRANZEN; C.; WODA, C.; MANGINI, A.; SCHÖLER, H.F. Elevated mercury accumulation in a peat bog of the Magellanic Moorlands, Chile (53 °S) – an anthropogenic signal from the Southern Hemisphere. *Earth and Planetary Science Letters* 201, 609-620. 2002.
- BIRKENMAJER, K. Late Cenozoic phases of block-faulting on King George Island (South Shetland Islands, West Antarctica). *Bulletin Polish Academy of Sciences, Terre*, 30, 21-32. 1982.
- BIRKENMAJER, K. Mesozoic and Cenozoic Stratigraphic units in parts of the South Shetlands Islands and northern Antarctic Peninsula. *Studia Geologica Polonica*, 118p. 2001.
- BIRKENMAJER, K. Present and past glaciation: a geological perspective. In WETTTLAUFER J. S., DASH, J. G. & UNTERSTEINER, N. (eds.): *Ice Physics and Natural Environment*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. NATO ASI Series, 1(56):109-119, 1999.

BIRKENMAJER, K. Quaternary geology at Arctowski Station, King George Island, South Shetland Islands (West Antarctica). *Studia Geologica Polonica*, 110, 91-104, 1997.

BIRKENMAJER, K. Report on geological investigations of King George Island, South Shetland Islands in 1980-1981. *Studia Geologica Polonica*, 74, 175-197, 1980.

BLUME, H.P.; BEYER, L.; KALK, E.; KUHN, D. Weathering and soil formation. In: L. Beyer & M. Bölter (eds.). *Geocology of Antarctic Ice-free Coastal Landscapes*. Springer-Verlag, Berlin, 114-138. 2002

BOCKHEIM, J.G. Properties and classification of Cold Desert Soils from Antarctica. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, 224-231. 1997.

BOCKHEIM, J.G.; TARNOCAI, C. Recognition of cryoturbation for classifying permafrost-affected soils. *Geoderma*, 81, 281-293. 1998.

BORGES JUNIOR, M. Distribuição e contaminação de Zn, Cd e Pb em perfis de solo e obtenção de valores de referência local no município de Vazante-MG. Viçosa: UFV, 2002. 152p.: il (Tese de Doutorado).

BRADLEY, S.B.; COX, J.J. Heavy metals the Hamps and Manifold Valleys, North Staffordshire, U.K.: partitioning of metal in floodplain soils. *The Science of the Total Environment*, 65, 135-153. 1987.

BRANCO, J.J.R. Prospecção geoquímica. Belo Horizonte, MG: Universidade de Minas Gerais/Escola de Engenharia da UMG/Instituto de Pesquisas Radioativas. 87p. 1959.

BRAUN, M. & RAU, F. Using a multi-year data archive of erssar imagery for the monitoring of firn line positions and ablation patterns on the King George Island ice cap (Antarctica). *Proceedings of EARSeL-SIG-Workshop Land Ice and Snow, Dresden/FRG, June, 16–17. 2000.*

BRAUN, M. Ablation on the ice cap of King George Island (Antarctica). Doctoral Thesis. Albert–Ludwigs–Universität Freiburg. Freiburg: 2001. 165p.

CAMPBELL, B. & CLARIDGE, G.G.C. Antarctica: soil, weathering processes and environment. Nova York: Elsevier, 1987. 368p.

CAMPBELL, B.; CLARIDGE, G.G.C.; BALKS, M.R. The effect of human activities on moisture content of soils and underlying permafrost from the McMurdo Sound region, Antarctica. *Antarctic Science*, 6, 307-314. 1994.

CETESB. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2001. 247p.

- CHIPEV, N. & KOVACHEV, A. Preliminary data on heavy metal contents in lichens from the Livingston Island (the Antarctic). In: Bulgarian Antarctic Research: Life Sciences, v.2, p.106-109. 1996.
- CHLOPECKA, A.; BACON, J.R.; WILSON, M.J. & KAY, J. Forms of cadmium, lead and zinc in contaminated soils from Southwest Poland. J. Environ. Qual., 25: 69-79, 1996.
- COKER, E.G., MATTHEWS, P.J. Metals on sewage sludge and their potential effects in agriculture. Wat. Sci. Tech., v. 15, p. 209-225, 1983.
- COSTA, L.M.; FRANCELINO, M.R.; SCHAEFER, C.E.R.; DIAS, L.E.; BORGES JR., M.; MENDONÇA, E.S. Química das águas de degelo na Ilha Rei George, Antártica. In: SCHAEFER, C.E.G.R., FRANCELINO, M.R., SIMAS, F.N.B.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. Ecossistemas Terrestres e Solos da Antártica Marítima, 91-94. 2004c. 192p.
- DALLA RIVA, S.; ABELMOSCHI, M.L.; MAGI, E; SOGGIA, F. The utilization of the Antarctic environmental specimen bank (BCAA) in monitoring Cd and Hg in an Antarctic coastal area in Terra Nova Bay (Ross Sea - Northern Victoria Land). Chemosphere, 56, 59–69. 2004.
- DARMODY, R.G.; THORN, C.E.; HARDER, R.L.; SCHLYTER, J.P.L.; DIXON, J.C. Weathering implications of water chemistry in an arctic–alpine environment, northern Sweden. Geomorphology, 34, 89–100. 2000.
- de MORENO, J.E.A.; GERPE, M.S.; MORENO, V.J.; VODOPIVEZ, C. Heavy metals in Antarctic organisms. Polar Biology, 17, 131-140. 1997.
- DILL, H.G. The geology of aluminium phosphates and sulphates of the alunite group minerals: a review. Earth-Science Reviews, 53, 35–93. 2001.
- DREVER, J.I.; STILLINGS, L.L. The role of organic acids in mineral weathering. Colloids and Surfaces. A: Physicochemical and Engineering Aspects, 120, 167-181. 1997.
- EGREJA FILHO, F.B. Extração seqüencial de metais pesados em solos altamente intemperizados: utilização de componentes-modelo e planejamentos com misturas ternárias na otimização do método. Viçosa: UFV, 2000. 287p.: il. Tese (Doutorado).
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.: il.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1999. 461p.: il.
- EMMERICH, W.E., LUND, L.J., PAGE, A.L., CHANG, A.C. Solid phase forms of heavy metals in sewage sludge-treated soils. J. Environ. Qual., v. 11, p. 178-181, 1982.

FERGUSON, S.H.; WOINARSKI, A.Z.; SNAPE, I.; MORRIS, C.E.; REVILL, A.T. A field trial of in situ chemical oxidation to remediate long-term diesel contaminated Antarctic soil. *Cold Regions Science and Technology*, 40, 47– 60. 2004.

FRANCELINO, M.R. Geoprocessamento aplicado ao monitoramento ambiental da Antártica Marítima: solo, geomorfologia, cobertura vegetal da Península Keller. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa. Tese DS. 102p.: il. 2004.

FRANCELINO, M.R.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; SIMAS, F.N.B.; MOREIRA, G.F. Geoformas da Península Keller, Antártica Marítima: subsídios ao monitoramento ambiental. In: SCHAEFER C.E.G.R., FRANCELINO, M.R., SIMAS, F.N.B.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. (eds). *Ecossistemas Costeiros e Monitoramento Ambiental da Antártica Marítima: Baía do Almirantado, Ilha Rei George*. 192p. 15-26. 2004.

FRENCH, H.M. *The periglacial environment*. Canada. 2 ed. 341p. 1996.

GODOY, J.M.; SCHUCH, L.A.; NORDEMANN, J.R.; REIS, V.R.G.; RAMALHO, M.; RECIO, J.C.; BRITTOA, R.R.A.; OLECH, M.A. ^{137}Cs , $^{226,228}\text{Ra}$, ^{210}Pb and ^{40}K Concentrations in Antarctic Soil, Sediment and Selected Moss and Lichen Samples. *J. Environ. Radioactivity*, Vol. 41, No. 1, pp. 33-45. 1998.

GOERKE, H; WEBER, K; BORNEMANN, H.; RAMDOHR, S.; RAMDOHR, J. Increasing levels and biomagnification of persistent organic pollutants (POPs) in Antarctic biota. *Marine Pollution Bulletin* 48, 295–302. 2004.

GOUGH, L.P.; JACKSON, L.L. & SACKLIN, J.A. Determining baseline element composition of lichens. II. *Hypogymnia enteromorpha* and *Usnea* spp. at Redwood National Park, California. *Water, Air, and Soil Pollution*, 38, 169-180. 1988.

GRAY, J.S. Biomagnification in marine systems: the perspective of an ecologist. *Marine Pollution Bulletin*, 45, 46-52. 2002.

GROENEWEG, W.J.; BEUNK, F.F. The petrography and geochemistry of the King George Island supergroup and the Admiralty Bay group volcanics, South Shetlands Islands. *Geologia de la Antártida Occidental*. III Congreso Geológico de España. Simposios T 3, 43-60. 1992.

HALLET, B.; WALDER, J.S.; STUBBS, C.W. Weathering by segregation ice growth in microcracks at sustained subzero temperatures: verification from an experimental study using acoustic emissions. *Permafrost and Periglacial Processes*, 2:283-300. 1991.

HIDAKA, H., TANABE, S., KAWANO, M., TATSUKAWA, R. Fate of DDTs, PCBs and chlordane compounds in the Antarctic marine ecosystem. In: Hoshiai, T., Fukuchi, M. (Eds.), *Proceedings of the Sixth Symposium on Polar Biology*. *Memoirs National Inst. Polar Res.*, special issue 32, 151–161. 1984.

HONG, S.; KANG, C.Y.; KANG, J.; Lichen biomonitoring for the detection of local heavy metal pollution around King Sejong station, King George Island, Antarctica. *Korean Polar Research*, 10, 17-24. 1999.

JEONG, G.Y., YOON, H.I. The origin of clay minerals in soils of King George Island, South Shetland Islands, West Antarctica and its implication to the clay mineral compositions of marine Sediments. *J. Sediment. Res.* 71, 833– 842. 2001.

INPE. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Contém informações institucionais, técnicas, notícias, projetos, publicações e serviços. Disponível em: <<http://www.ceptec.inpe.br/antartica>>. Acesso em: 18 set. 2003.

JEONG, G.Y.; YOON, H.I.; LEE, S.Y. Chemistry and microstructures of clay particles in smectite-rich shelf sediments, South Shetland Islands, Antarctica *Marine Geology*, 209, 19–30. 2004.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace elements in soil and plants. 4 ed. Boca Raton: CRC Press. 331p. 2000.

KENNICUT, M.C., Oil spillage in Antarctica. *Environment Science Technology*, 24, 620. 1990.

LEBLANC, F. Epiphytes and air pollution. In: *Proceedings of the First European Congress on the influence of air pollution on plants and animals*. Wageningen, Netherlands: Center for Agriculture Publishing and Documentation: p.211-221. 1969.

LEE, Y.I.; LIM, H.S.; YOON, H.I. Geochemistry of soils of King George Island, South Shetland Islands, West Antarctica: Implications for pedogenesis in cold polar regions *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68(21): 4319–4333. 2004.

LENIHAN, H.S.; KIEST, K.A.; CONLAN, K.E.; SLATTERY, P.N.; KONAR, B.H.; OLIVER, J.S. Patterns of survival and behavior in Antarctic benthic invertebrates exposed to contaminated sediments: field and laboratory bioassay experiments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 192, 233-255. 1995.

LUZIO, W.; CARRASCO, A.; TORRES, T. Datos químicos de muestras de suelos de la isla Rey Jorge, islas Shetland del Sur. *Ser. Cient. INACH*, 36, 147-150. 1987.

LYNDSEY, W.L. *Chemical equilibria in soils*. New York: John Wiley & Sons. 449p. 1979.

MACHADO, A.; CHEMALE JUNIOR, F.; LIMA, E.F.; FIGUEREDO, A.M.G. Petrologia das Rochas Vulcânicas da Península Fieldes, Ilha Rei George, Antártica. *Pesquisas*, 25(1): 35-42. 1998.

MATSUOKA, N. Rock weathering processes and landform development in the Sør Rondane Mountains, Antarctica. *Geomorphology* 12, 323-339. 1995.

MMA, Brasília. Ministério do Meio Ambiente. Programa Antártico Brasileiro. Contém informações institucionais, técnicas, notícias, projetos, publicações e serviços. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/sbf/dap/antarpro.html>>. Acesso em: 11 dez. 2002.

MONTONE, R. C.; TANIGUCHI, S.; SERICANO, J.; WEBER, R. R.; LARA, W. H. Determination of polychlorinated biphenyls in Antarctic macroalgae *Desmarestia* sp. *The Science of The Total Environment*, 277 (1-3): 181-186. 2001.

MOON, V; JAYAWARDANE, J. Geomechanical and geochemical changes during early stages of weathering of Karamu Basalt, New Zealand. *Engineering Geology*, 74, 57–72. 2004.

MORENO, J.E.A.; GERPE, M.S.; MORENO, V.J.; VODOPIVEZ, C. Heavy metals in Antarctic Organisms. *Polar Biol.*, 17: 131-140. 1997.

MYRCHA, A.; TATUR, A. Ornithogenic soils on King George Island, South Shetland, Islands (Maritime Antarctic Zone). *Pol. Polar Res.*, 5, 31-60, 1984.

NIEBOER, E. & RICHARDSON, D.H.S. The replacement of the nondescript term 'heavy metals' by a biologically and chemically significant classification of metal ions. *Environmental Pollution, Series B.* v.1: p.3-26. 1980.

NYGARD, T.; LIE, E.; ROV, N.; STEINNES, E. Metal Dynamics in a Antarctic food chain. *Marine Pollution Bulletin*, 42(7): 598-602. 2001.

NRIAGU, J.O. & PACYNA, J.M.. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature*, v.333, p.134–139. 1988.

OLECH, M. Lower plants. In: RAKUSA-SUSZCZEWSKI, S. The Maritime Antarctic Coastal ecosystem of Admiralty Bay. Warsaw: Polish Academy of Sciences. p.181-189., 1993.

OLIVA, P.; DUPRÉ; B.; MARTIN, F.; VIERS, J. The role of trace minerals in chemical weathering in a high-elevation granitic watershed (Estibère, France): Chemical and mineralogical evidence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68(10): 2223–2244. 2004.

ORHEIN, O.; GOVORUKHA, L.S. Present-day glaciations in the Shetland Islands. *Journal of Glaciology* 3. p.233-238, 1982.

PICKERING, W.F. Selective chemical extraction of soil components and bound metal species. *CRC-Critical Reviews in Analytical Chemistry*, v. Nov., p. 233-266, 1981.

POBLET, A.; ANDRADE, S.; SCAGLIOLA, M.; VODOPIVEZ, C.; CURTOSI, A.O.; PUCCI, A. & MARCOVECCHIO, J. The use of epilithic Antarctic lichens (*Usnea aurantiacoatra* and *U. antarctica*) to determine deposition patterns of heavy metals in the Shetland Islands, Antarctica. *The Science of the Total Environment*. v.207, p187-194. 1997.

PRÉNDEZ, M.; ESQUIVEL, L. Elementos químicos se depositan sobre la isla Rey Jorge *Boletim Antártico Chileno* vol. 21 nº1, p.8-11, 2002

PRIDE, D.E.; COX, C.A; MOODY, S.V.; CONELEA, R.R. & ROSEN, M.A. Investigation of mineralization in the South Shetland Islands, Gerlache Strait, and Anvers Island, Northern Antarctic Peninsula. *Antarctic Research Series*, 51. 69-94, 1990.

QUILHOT, P.W. The occurrence of gold in *Usnea auratiaco-atra*. *Ser. Cient. INACH*, 37, 117-119. 1998.

RAKUZA-SUSZCZEWSKI, S. Environmental conditions and functioning of Admiralty Bay (South Shetland Islands) as part of the near shore Antarctic ecosystem. *Polish Polar Research*, 1, 11-27. 1980.

RAURET, G. Extraction procedures for the determination of heavy metals in contaminated soil and sediment. *Talanta*, 46, 449-455. 1998.

REYNOLDS, R.C.; JOHNSON, N.M. Chemical weathering in the temperate glacial environment of the northern Cascade Mountains. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 36, 537–554. 1972.

RIMSTIDT, J.D.; VAUGHAN, D.J. Pyrite oxidation: A state-of-the-art assessment of the reaction mechanism. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67(5): 873–880. 2003.

SANTOS, I.R.; SILVA-FILHO, E.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; CAMPOS, L.S. Heavy metal contamination in coastal sediments and soils near the Brazilian Antarctic Station, King George Island. *Marine Pollution Bulletin*, 50(2):185-194. 2005.

SCHAEFER, C.E.G.R.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; SIMAS, F.N.B.; COSTA, L.M.; PEREIRA, V.V.; GUERRA, M.B.B. e GOMES, M.R.M. Indicadores biogeoquímicos de metais pesados e elementos maiores em solos e coberturas vegetais na Península Keller, Antártica. In: SCHAEFER, C.E.G.R., FRANCELINO, M.R., SIMAS, F.N.B.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. *Ecosistemas Terrestres e Solos da Antártica Marítima*, 59-64. 2004c. 192p.

SCHAEFER, C.E.G.R; DIAS, L.; ALBUQUERQUE, M.A.; FRANCELINO, M.R.; COSTA, L.M.; RIBEIRO JR., E.S. Monitoramento ambiental e avaliação dos impactos nos ecossistemas terrestres da Antártica Marítima: princípios e aplicação. In: SCHAEFER C.E.G.R., FRANCELINO, M.R., SIMAS, F.N.B.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. (eds). *Ecosistemas Costeiros e Monitoramento Ambiental da Antártica Marítima: Baía do Almirantado, Ilha Rei George*. 192p. 107-117. 2004a.

SCHAEFER, C.E.G.R.; FRANCELINO, M.R.; SIMAS, F.N.B.; COSTA, L.M. Geologia e geotectônica da Península Keller, Antártica Marítima. In: SCHAEFER C.E.G.R., FRANCELINO, M.R., SIMAS. F.N.B.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. (eds). Ecossistemas Costeiros e Monitoramento Ambiental da Antártica Marítima: Baía do Almirantado, Ilha Rei George. 192p. 8-13. 2004b.

SCHAEFER, C.E.G.R.; PEREIRA, A.B.; FRANCELINO, M.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; SIMAS, F.N.B.; COSTA, L.M.; OLIVEIRA, A.C. Comunidade vegetais na Península Keller: ecologia e padrões de distribuição. In: SCHAEFER C.E.G.R., FRANCELINO, M.R., SIMAS. F.N.B.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. (eds). Ecossistemas Costeiros e Monitoramento Ambiental da Antártica Marítima: Baía do Almirantado, Ilha Rei George. 192p. 65-72. 2004d.

SHEPPARD, D.S.; CLARIDGE, G.G.C.; CAMPBELL, I.B. Metal contamination of soil at Scott Base, Antarctica. *Applied Geochemistry*, 15, 513-530. 2000.

SHUMAN, L.M. Fractionation method for soil microelements. *Soil Science*, 140 (1), 11-22. 1985.

SHUMAN, L.M. Zinc, manganese, and copper in soil fractions. *Soil Science*, 127, 10-17. 1979.

SILVEIRA, M.L.A. Extração seqüencial e especiação iônica de zinco, cobre e cádmio em Latossolo tratado com biossólido. Piracicaba-SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Tese DS. 166p. 2002.

SIMAS, F.N.B.; SCHAEFER, C.E.G.R.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; MICHEL, R.F.M.; COSTA, L.M.; MENDONÇA, E.S. & PEDROSO, I..V.C.P. Carbono imobilizado: indicador ambiental nos criossolos da Península Keller. In: SCHAEFER, C.E.G.R., FRANCELINO, M.R.; SIMAS. F.N.B. & ALBUQUERQUE FILHO, M.R. Ecossistemas Terrestres e Solos da Antártica Marítima. 2004. 192p.

SMELLIE, J.L., PANKHURST, R.J., THOMSON, M.R.A., DAVIES, R.E.S. The geology of the South Shetland Islands: VI. Stratigraphy, geochemistry and evolution. *British Antarctic Survey Scientific Reports* 87. British Antarctic Survey, Cambridge, 85 p. 1984.

SMITH, S.D.A., SIMPSON, R.D. Effects of the Nella Dam oil spill on the fauna of *Durvillaea antarctica* holdfasts. *Marine Ecology Progress Series*. 121, 73-89. 1995.

SOHLENIUS, G.; ÖBORN, I. Geochemistry and partitioning of trace metals in acid sulphate soils in Sweden and Finland before and after sulphide oxidation. *Geoderma*, 2004.

SOIL SURVEY STAFF. Keys to soil taxonomy. 6th ed. U.S. Gov. Print Office, Washington, DC. 1994.

SPOSITO, G. The surface chemistry of soils. Nova York: Oxford University Press, 234 p. 1989.

STARK, S.; RIDDLE, M.J.; SNAP, I.; SCOLLER, R.C. Human impacts in Antarctic marine soft-sediment assemblages: correlations between multivariate biological patterns and environmental variables at Casey Station. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56, 717–734. 2003.

TATUR, A.; BARCZUK, A.; del VALLE, R.; SLETTEN, R.; KICINSKA, E. Surface mineralization on Seymour Island, Antarctic. *Polish Polar Research*, 14(2): 153-168. 1993.

TATUR, A.; MYRCHA, A. Ornithogenic soils . In: RAKUZA-SUSZCZEWSKI, S. (ed.). The Antarctic Coastal Ecosystem of Admiralty Bay. Polish Academy of Science, Warsaw. 161-1654. 1993.

TESSIER, A.; CAMPBELL, P.G.C. & BISSON, M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal. Chem.* 51(7): 844-850. 1979.

THORN, C.E. Influence of late-lying snow on rock-weathering rinds. *Arctic and Alpine Research* 7, 373–378. 1975.

THORN, C.E.; DARMODY, R.G.; DIXON, J.C.; SCHLYTER, P. The chemical weathering regime of Karkevagge, arctic–alpine Sweden. *Geomorphology*, 41, 37–52. 2001.

TOKARSKI, A.K. Report on geological investigations on King George Islands, South Shetland Islands in 1986. *Studia Geologica Polonica*, 93, 123-130, 1987.

TRICIUZZI, C. Acumulação e grau de piritização de metais em sedimentos da Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica. Niterói-RJ: Universidade Federal Fluminense. 72p.: il. 2005. (Tese MS).

UNDERWOOD, A.J. On beyond BACI: sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. *Ecol. Appl.*, 4, 3-15. 1994.

van VLIET-LANOË, B. Properties and processes of Cryosols: Introduction. p. 341-346. In: J.M. Kimble (ed). *Cryosols (Permafrost Affected Soils)*. Springer. Berlin. 726p. 2004.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: *Tópicos em ciência do solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1, 1-54. 2000.

WADHAM, J.L., COOPER, R.J., TRANTER, M., HODGKINS, R. Enhancement of glacial solute fluxes in the proglacial zone of a polythermal glacier. *Journal of Glaciology*, 47(158): 378–386. 2001.

WARRICK, A.W.; MYERS, D.E. Geostatistical methods applied to soil science. In: Klute, A. (ed). *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods*. 2 ed. 53-82. 1986.

WOLFF, E.W.; SUTTIE, E.D.S.; PEEL, D.A. Antarctic snow record of cadmium, copper, and zinc content during the last century. *Atmospheric Environment*, 33, 1535-1541. 1999.

XIAN, X. Chemical partitioning of cadmium, zinc, lead and copper in soils near smelter. *J. Environ. Sci. Health*, 22(6): 527-541.1987.

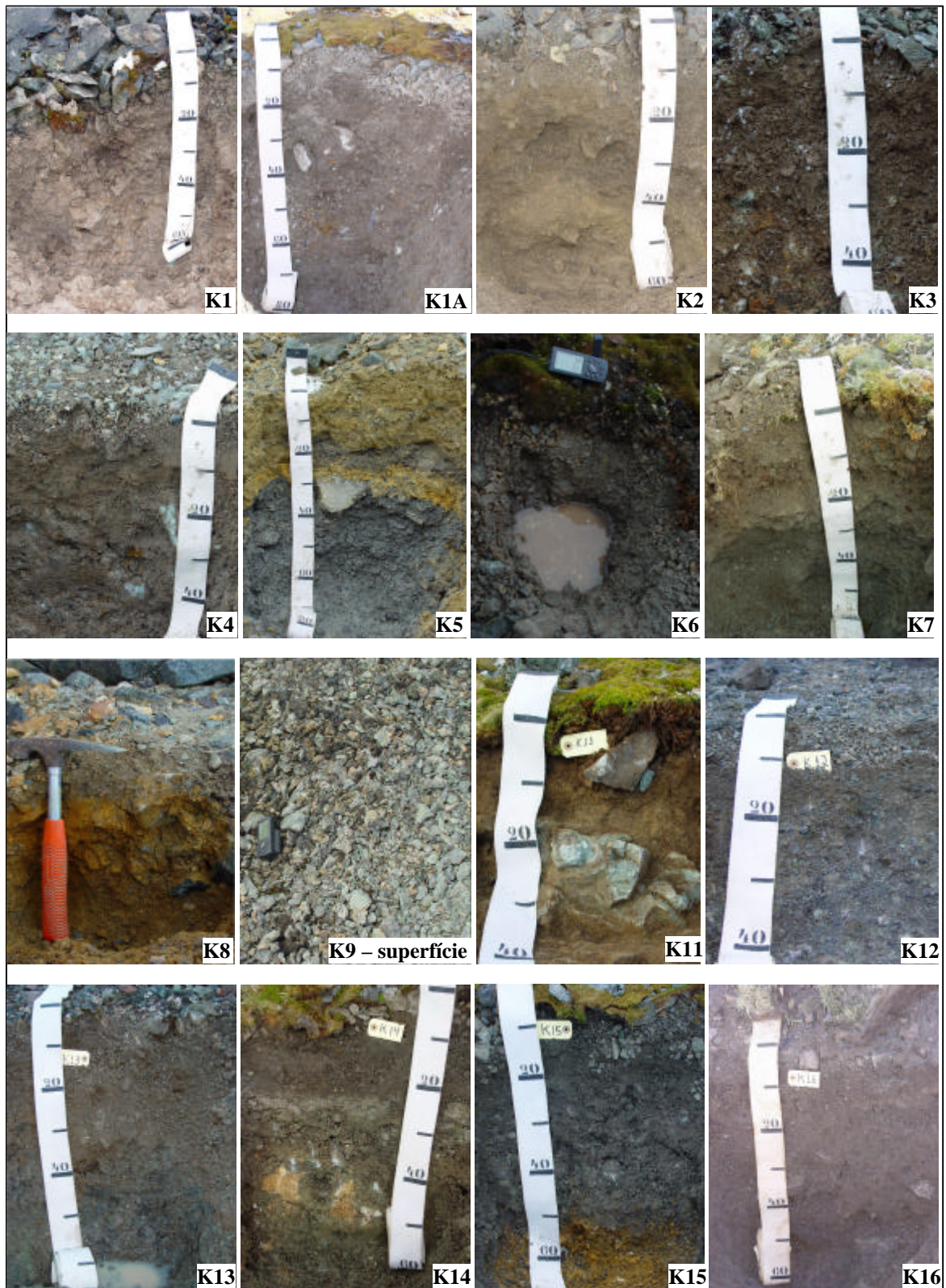
YOUNG, R.N.; MOHAMED, A.M.O. & WARKENTIN, B.P. Principles of contaminant transpor in soils. *Developments in Goetechnical Engineering*. Elsevier, Amsterdam. 73. 1992.

YURUKOVA, L.; GANEVA, A.. Bioaccumulative and floristic characteristics of mosses near St. Kliment Ohridski Antarctic Base of Bulgaria. *Journal of Balkan Ecology*, v.2 (4), p.65-71. 1999.

ZHAO, Y.; XU, C. Human impact on the terrestrial ecosystem of Fildes Peninsula of King George Island, Antarctica. *Journal Environmental of the Science*. v.12:12–17, 2000.

APÊNDICE

Perfis de solos coletados na Península Keller



Continua...

Perfis de solos coletados na Península Keller (continuação...)

Tabela 1A – Teores de alguns metais na fração solúvel em água, nos solos da Península Keller

Perfil	Al	Na	K	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K1 mg kg⁻¹															
0-10	2528,1	85,6	61,0	1,0	39,6	0,0	0,2	161,4	60,0	0,8	0,0	0,9	5,0	0,4	0,0
10-20	544,9	85,6	63,9	0,6	58,7	0,0	0,2	150,2	53,0	0,5	0,0	0,8	5,5	0,3	0,0
20-30	248,7	72,6	56,1	0,0	104,9	0,0	0,0	64,6	29,8	0,0	0,0	0,5	2,2	0,0	0,0
30-40	145,0	61,6	40,7	0,0	83,0	0,0	0,0	36,0	17,2	0,0	0,0	0,4	0,8	0,0	0,0
K1A															
0-10	189,4	50,7	34,9	0,7	12,8	0,0	0,1	45,5	16,1	0,3	0,0	0,3	2,5	0,2	0,0
10-20	140,2	56,6	47,4	0,5	15,8	0,0	0,0	34,4	11,9	0,1	0,0	0,2	1,2	0,1	0,0
20-30	270,4	61,6	61,9	1,3	54,0	0,0	0,3	75,7	26,0	0,5	0,0	0,5	5,5	0,4	0,0
30-40	242,3	62,6	60,0	1,1	71,8	0,0	0,2	67,3	26,0	0,4	0,0	0,6	5,5	0,3	0,0
40-50	207,5	59,6	54,2	0,9	75,8	0,0	0,1	58,3	24,7	0,2	0,0	0,5	4,1	0,2	0,0
50-60	230,5	75,6	60,0	1,0	79,1	0,0	0,3	69,0	28,1	0,4	0,0	0,5	5,2	0,3	0,0
K2															
0-10	417,6	50,7	33,9	0,0	15,8	0,0	0,0	114,0	39,4	0,0	0,0	0,1	7,1	0,0	0,0
10-20	311,5	47,7	25,2	0,0	16,1	0,0	0,0	100,2	27,5	0,0	0,0	0,1	7,4	0,0	0,0
20-30	225,1	38,7	19,4	0,0	12,9	0,0	0,0	87,3	17,8	0,0	0,0	0,1	7,3	0,0	0,0
30-40	247,1	42,7	22,3	0,0	16,1	0,0	0,0	83,0	20,8	0,0	0,0	0,1	5,8	0,0	0,0
40-50	518,2	46,7	35,8	0,2	35,4	0,4	0,1	162,6	46,0	0,2	0,0	0,4	10,2	0,3	0,0
K3															
0-10	153,6	44,7	27,1	0,0	7,2	0,0	0,0	43,2	10,8	0,4	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0
10-20	377,0	51,7	46,5	0,0	15,7	0,0	0,0	103,3	27,8	2,1	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0
20-30	402,9	43,7	44,5	0,8	20,4	0,0	0,2	125,0	30,2	2,4	0,0	0,0	5,7	0,4	0,0
30-40	446,5	52,7	56,1	1,2	26,3	0,0	0,2	141,0	32,2	2,9	0,0	0,0	6,7	0,5	0,0
40-50	507,0	69,6	77,4	1,9	38,6	0,0	0,2	159,0	36,8	3,8	0,0	0,0	6,2	0,6	0,0
K4															
0-10	1110,3	67,6	54,2	0,5	49,4	0,0	1,4	249,1	94,5	0,0	0,0	1,2	6,9	1,5	0,0
10-20	920,1	67,6	61,0	2,8	30,5	0,0	1,0	207,5	75,2	2,3	0,0	1,2	7,0	1,5	0,0
20-30	627,7	74,6	61,9	1,3	27,7	0,0	0,8	162,6	52,7	0,6	0,0	0,8	6,6	0,9	0,0
30-40	649,5	79,6	70,6	1,4	34,7	0,0	0,8	181,0	57,0	0,5	0,0	0,8	8,9	0,9	0,0
40-50	648,7	75,6	68,7	1,6	45,3	0,0	2,8	192,1	56,7	0,4	0,0	0,8	9,7	0,9	0,0
K5															
0-10	270,3	51,7	34,9	1,0	29,6	0,0	0,0	67,6	17,0	0,0	0,0	0,3	5,4	0,4	0,0
10-20	248,1	45,7	32,0	1,0	28,7	0,0	0,0	62,4	16,3	0,0	0,0	0,3	6,0	0,4	0,0
20-30	216,7	42,7	35,8	0,8	27,3	0,0	0,0	52,1	14,7	0,0	0,0	0,2	5,0	0,3	0,0
30-40	243,9	43,7	42,6	1,2	34,4	0,0	0,0	63,9	18,3	0,3	0,0	0,2	8,7	0,4	0,0
40-50	205,6	38,7	25,2	0,8	41,3	0,0	0,0	56,9	14,2	0,0	0,0	0,2	4,9	0,3	0,0
50-60	260,8	64,6	75,5	1,1	75,7	0,0	0,0	56,2	25,0	0,2	0,0	0,2	9,3	0,4	0,0
K6															
0-10	234,3	56,6	33,9	0,7	20,2	0,0	0,1	52,2	23,1	0,4	0,0	0,1	3,1	0,2	0,0
10-20	238,5			0,8	14,7	0,0	0,1	53,8	22,4	0,4	0,0	0,1	3,0	0,2	0,0
20-30	250,2	55,6	42,6	0,8	25,1	0,0	0,1	63,2	25,9	0,7	0,0	0,1	4,8	0,2	0,0
K7															
0-10	349,4	103,3	38,7	0,0	19,3	0,0	0,5	72,2	26,5	0,0	0,0	0,3	2,9	0,5	0,0
10-20	691,8	92,5	65,8	1,6	42,8	0,0	1,1	146,3	58,0	0,6	0,0	0,8	8,0	1,2	0,0
20-30	577,2	93,3	70,6	1,2	52,7	0,0	1,0	133,0	47,3	0,2	0,0	0,7	8,4	1,0	0,0
30-40	551,9	97,3	76,4	1,1	96,8	0,0	0,9	130,9	48,7	0,1	0,0	0,8	12,3	1,0	0,0
40-50	548,2	87,6	63,9	0,6	111,8	0,0	0,7	122,3	45,5	0,0	0,0	0,9	11,0	0,9	0,0
K8															
0-10	299,0	113,3	54,2	0,0	77,5	0,0	0,2	51,6	31,9	0,0	0,0	0,5	1,3	0,0	0,0
10-20	11,2	80,6	14,5	0,0	17,8	0,0	0,0	2,2	5,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
20-30	3,9	64,6	12,6	0,0	11,0	0,0	0,0	0,7	3,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
K9															
0-10	74,3	82,6	65,8	0,0	33,7	0,0	0,4	28,9	21,6	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0
10-20	244,6	21,7	11,6	0,0	11,9	0,0	0,2	90,8	26,6	0,3	0,0	0,0	2,9	0,3	0,0

Continua...

Tabela 1A – Cont.,

Perfil	Al	Na	K	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K10 mg kg⁻¹															
0-10	131,0	77,6	46,5	0,0	34,2	0,0	0,0	31,7	18,9	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
10-20	275,4	37,7	20,3	0,0	5,6	0,0	0,0	73,1	25,8	0,0	0,0	0,0	2,1	0,1	0,0
K11															
0-10	106,0	50,7	19,4	0,1	7,1	0,0	0,0	29,9	13,5	0,3	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
10-20	244,0	55,6	52,3	0,7	7,0	0,0	0,1	67,0	20,6	0,3	0,0	0,0	2,6	0,3	0,0
20-30	363,9	72,6	82,2	1,4	11,9	0,0	0,3	118,2	31,8	0,7	0,0	0,1	4,2	0,5	0,0
K12															
0-10	1192,7	75,4	47,4	8,9	59,6	0,0	1,4	372,3	125,4	13,4	0,0	0,4	34,6	2,8	0,0
10-20	1198,2	75,4	56,1	9,5	66,6	0,0	1,6	358,1	117,5	12,2	0,0	0,4	31,2	3,1	0,1
20-30	1198,0	61,6	86,1	9,4	69,0	0,0	1,4	334,8	112,5	11,3	0,0	0,3	25,1	3,0	0,0
30-40	1119,9	37,7	13,6	9,0	99,4	0,0	1,3	309,2	108,2	11,6	0,0	2,2	24,1	2,9	0,0
K13															
0-10	93,7	72,6	16,5	0,0	43,0	0,0	0,3	36,5	31,1	0,0	0,0	0,1	1,6	0,1	0,0
10-20	202,0	28,7	17,4	0,6	16,0	0,0	0,2	148,8	19,5	0,0	0,0	0,0	3,3	0,5	0,0
20-30	211,5	33,7	38,7	0,7	16,0	0,0	0,2	76,6	17,6	0,0	0,0	0,1	3,1	0,5	0,0
30-40	238,6	22,7	22,3	1,0	18,5	0,0	0,4	77,3	18,3	0,5	0,0	0,2	3,2	0,6	0,0
40-50	268,0	33,7	38,7	0,9	28,8	0,0	0,4	80,5	23,1	0,7	0,0	0,2	4,5	0,6	0,0
50-60	292,9	42,7	51,3	1,6	22,5	0,0	0,4	89,9	21,7	1,7	0,0	0,3	4,8	0,9	0,0
K14															
0-10	238,0	37,7	28,1	1,0	54,2	0,0	0,5	100,2	71,7	0,7	0,0	0,2	10,1	0,5	0,0
10-20	265,3	48,7	62,9	1,0	27,9	0,0	0,5	77,3	20,6	0,0	0,0	0,3	6,3	0,5	0,0
20-30	197,4	59,6	75,5	0,6	77,5	0,0	0,4	87,8	20,5	0,0	0,0	0,2	8,5	0,4	0,0
30-40	85,3	37,7	36,8	0,0	64,5	0,0	0,2	36,2	11,9	0,0	0,0	0,0	2,0	0,1	0,0
40-50	6,1	23,7	20,3	0,0	78,8	0,0	0,0	2,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K15															
0-10	0,9	25,7	20,3	0,0	17,9	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10-20	157,0	45,7	58,1	0,0	13,6	0,0	0,3	51,1	15,8	0,0	0,0	0,1	2,0	0,2	0,0
20-30	9,3	53,7	82,2	0,0	7,6	0,0	0,0	2,6	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30-40	221,6	48,7	78,4	0,0	115,6	0,0	0,8	75,0	31,2	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
50-60	3,6	61,6	16,5	0,0	11,5	0,0	0,0	1,4	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K16															
0-10	248,0	49,7	60,0	1,1	43,4	0,0	0,2	49,0	23,4	0,2	0,0	0,1	4,6	0,2	0,0
10-20	651,3	37,7	52,3	3,3	82,8	0,0	1,6	177,7	63,3	1,9	0,0	0,2	25,8	1,0	0,0
20-30	182,3	21,7	24,2	0,8	29,9	0,0	0,1	37,4	14,4	0,7	0,0	0,0	4,9	0,1	0,0
30-40	165,7	27,7	46,5	0,6	31,6	0,0	0,1	34,2	13,3	0,4	0,0	0,0	4,9	0,1	0,0
40-50	162,2	30,7	49,4	0,6	27,4	0,0	0,1	37,2	13,5	0,5	0,0	0,0	8,5	0,1	0,0
50-60	207,5	27,7	40,7	0,8	35,5	0,0	0,2	45,0	20,8	0,3	0,0	0,0	7,3	0,2	0,0
60-70	142,3	29,7	45,5	0,4	24,0	0,0	0,1	30,8	15,6	0,0	0,0	0,0	2,9	0,1	0,0
K17															
0-10	148,5	34,7	31,0	0,2	12,8	0,0	0,0	30,1	7,9	0,1	0,0	0,2	2,8	0,1	0,0
10-20	128,4	26,7	28,1	0,1	16,2	0,0	0,0	29,8	6,7	0,2	0,0	0,1	4,4	0,1	0,0
20-30	135,6	32,7	27,1	0,1	38,0	0,0	0,0	31,0	7,9	0,1	0,0	0,3	3,4	0,1	0,0
30-40	350,3	25,7	27,1	0,0	33,9	0,0	0,0	84,1	16,2	0,0	0,0	0,2	5,0	0,1	0,0
40-50	528,7	18,8	21,3	0,0	39,7	0,0	0,0	128,3	27,2	0,0	0,0	0,4	10,6	0,4	0,0
50-60	547,4	15,8	18,4	0,0	45,4	0,0	0,0	137,2	28,3	2,2	0,0	0,4	11,5	0,2	0,0
K18															
0-10	164,0	65,6	56,1	0,0	13,4	0,0	0,4	46,4	28,7	0,0	0,0	0,0	1,8	0,1	0,0
10-20	137,4	58,6	68,7	0,2	10,5	0,0	0,4	41,6	17,5	0,0	0,0	0,0	2,0	0,1	0,0
20-30	338,9	77,4	61,0	1,1	22,5	0,0	1,1	108,6	43,3	0,1	0,0	0,0	6,2	0,4	0,0
30-40	564,1	73,4	56,1	3,0	50,5	0,0	1,7	205,6	72,4	1,0	0,0	0,0	20,5	1,0	0,0
40-50	330,9	63,4	48,4	1,5	32,6	0,0	1,0	114,5	41,1	0,0	0,0	0,0	7,6	0,5	0,0
50-60	329,5	73,4	56,1	1,3	37,9	0,0	1,0	111,5	41,0	0,0	0,0	0,0	7,2	0,5	0,0
K19															
0-10	117,3	26,7	9,7	0,0	1,7	0,0	0,0	50,8	7,6	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0
10-20	109,0	12,8	5,8	0,0	0,2	0,0	0,0	49,8	7,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0
20-30	210,9	15,8	10,7	0,0	2,7	0,0	0,0	90,1	15,1	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0

Continua...

Tabela 1A – Cont.,

Perfil	Al	Na	K	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K20 mg kg⁻¹															
0-10	9,1	80,6	21,3	0,0	14,5	0,0	0,0	4,5	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10-20	72,6	54,7	7,8	0,0	4,5	0,0	0,0	62,1	8,3	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
20-30	129,7	143,2	32,0	0,0	21,9	0,0	0,0	121,1	24,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0
30-40	235,4	55,6	34,9	0,0	8,6	0,0	0,4	194,3	23,9	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0
40-50	618,0	73,6	73,5	1,7	25,6	0,0	1,3	310,3	68,6	1,5	0,0	0,3	9,0	0,9	0,0
50-60	1193,0	121,3	70,6	5,7	54,7	0,0	2,0	546,6	138,7	4,6	0,0	0,7	22,7	2,4	0,0
K21															
0-10	68,2	33,7	10,7	0,0	5,0	0,0	0,0	37,8	12,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0
10-20	52,9	30,7	7,8	0,0	1,0	0,0	0,0	40,5	7,7	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
20-30	72,3	26,7	7,8	0,0	1,5	0,0	0,0	48,6	12,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
30-40	73,2	31,7	9,7	0,0	0,8	0,0	0,0	47,5	12,3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
40-50	86,4	29,7	10,7	0,0	1,5	0,0	0,0	51,0	14,9	0,4	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
K22															
0-10	27,5	67,6	32,0	0,0	78,1	0,0	0,1	8,5	39,2	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0
10-20	65,1	52,7	40,7	0,0	23,7	0,0	0,3	21,5	12,6	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
20-30	241,0	81,4	56,1	0,9	27,4	0,0	1,1	104,3	30,7	0,1	0,0	0,2	3,2	0,4	0,0
30-40	295,5	41,7	27,1	1,5	41,5	0,0	1,2	145,5	38,7	0,4	0,0	0,3	5,3	0,6	0,0
40-50	312,0	43,7	31,0	1,7	69,8	0,0	1,2	161,0	43,5	0,6	0,0	0,4	6,1	0,7	0,0
K23															
0-10	46,2	27,7	12,6	0,0	1,6	0,0	0,0	18,7	3,4	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0
10-20	49,0	23,7	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	25,2	2,4	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0
20-30	36,1	18,8	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	1,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0
30-40	62,7	19,8	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	30,5	3,1	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0
40-50	211,1	22,7	18,4	0,0	16,4	0,0	0,1	100,2	18,1	0,0	0,0	0,0	8,2	0,3	0,0
50-60	803,1	50,7	74,5	4,2	27,6	0,0	0,3	318,0	54,6	0,0	0,0	0,0	18,2	1,4	0,0
K24															
0-10	84,3	47,7	17,4	0,0	15,7	0,0	0,1	35,0	9,7	0,0	0,0	0,1	1,7	0,0	0,0
10-20	6,2	24,7	5,8	0,0	11,6	0,0	0,0	1,3	1,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
20-30	0,9	21,7	3,9	0,0	10,1	0,0	0,0	0,1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30-40	1,5	20,7	3,9	0,0	11,5	0,0	0,0	0,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40-50	0,0	19,8	4,9	0,0	13,6	0,0	0,1	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50-60	0,0	20,7	3,9	0,0	14,0	0,0	0,1	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K25															
0-10	2,2	27,7	8,7	0,0	52,7	0,0	0,4	0,0	13,3	9,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
10-20	0,6			0,0	60,1	0,0	0,1	0,0	14,3	2,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
20-30	0,0	22,7	7,8	0,0	87,9	0,0	0,0	0,0	20,9	2,8	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0

Tabela 2A – Teores de alguns metais na fração trocável, nos solos da Península Keller

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K1 mg kg⁻¹												
0–10	0,0	36,1	3055,4	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0
10–20	0,0	37,0	3629,3	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	0,0
20–30	0,0	32,4	4204,2	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0
30–40	0,0	32,6	4311,8	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	17,8	0,0	0,0	0,0
K1A												
0–10	1,2	61,8	2938,9	0,0	4,1	5,1	32,1	3,8	22,0	0,0	0,0	1,8
10–20	0,0	81,1	3069,3	0,0	3,9	4,5	12,5	3,5	23,4	0,0	0,0	1,5
20–30	2,3	89,7	2989,6	0,0	3,9	6,4	0,0	3,4	26,1	0,0	0,0	1,4
30–40	0,0	101,3	3241,8	0,0	3,7	4,7	0,0	3,5	27,1	0,0	0,0	1,4
40–50	0,0	93,6	3023,4	0,0	3,7	5,0	0,0	3,3	27,5	0,0	0,0	1,4
50–60	2,7	104,3	3642,1	0,0	3,8	5,9	0,0	3,5	33,9	0,0	0,0	1,4
K2												
0–10	0,0	9,4	2516,7	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0
10–20	0,0	9,8	3178,9	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	18,0	0,0	0,0	0,0
20–30	0,0	2,9	3273,9	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	18,6	0,0	0,0	0,0
30–40	0,0	10,1	4438,6	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	19,4	0,0	0,0	0,0
40–50	0,0	0,0	5307,2	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	18,3	0,0	0,0	0,0
K3												
0–10	0,0	127,3	2632,2	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0
10–20	0,0	163,2	2525,8	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0
20–30	0,0	176,3	2805,9	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0
30–40	0,0	191,9	2895,5	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0
40–50	0,0	249,2	3232,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0
K4												
0–10	0,0	30,1	1793,9	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0
10–20	0,0	37,9	2017,9	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0
20–30	0,0	56,7	2815,7	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0
30–40	0,0	60,0	3762,3	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	11,9	0,0	0,0	0,0
40–50	0,0	47,5	4051,8	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	0,0
K5												
0–10	0,0	54,2	1997,3	0,0	3,7	4,1	8,4	3,5	42,4	0,0	0,0	1,7
10–20	0,0	49,9	2036,4	0,0	3,7	4,3	3,2	3,6	41,1	0,0	0,0	1,8
20–30	0,0	63,9	2008,9	0,0	3,7	4,5	0,0	3,5	39,6	0,0	0,0	1,7
30–40	0,0	99,9	2840,1	0,0	3,7	3,6	0,0	3,5	36,6	0,0	0,0	1,6
40–50	0,0	85,3	2632,5	0,0	3,6	7,8	0,0	3,6	43,0	0,0	0,0	1,7
50–60	0,0	72,4	2421,6	0,0	3,6	4,5	0,0	3,3	30,7	0,0	0,0	1,5
K6												
0–10	0,0	51,0	486,4	0,0	3,9	4,5	39,7	3,6	39,4	0,0	0,0	1,6
10–20	0,0	69,3	553,1	0,0	3,8	3,4	16,2	3,7	40,9	0,0	0,0	1,6
20–30	0,0	52,7	439,8	0,0	3,7	5,4	3,2	3,6	32,0	0,0	0,0	1,6
K7												
0–10	0,0	3,3	3532,9	0,0	1,9	0,0	8,3	0,0	16,9	0,0	0,0	0,0
10–20	0,0	8,7	4513,4	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	17,1	0,0	0,0	0,0
20–30	0,0	23,3	5251,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0
30–40	0,0	20,6	5442,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	0,0	0,0	0,0
40–50	0,0	24,7	6228,4	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0	0,0
K8												
0–10	0,3	71,7	4090,8	0,0	4,5	3,9	86,3	0,0	29,5	0,0	0,0	2,3
10–20	2727,6	57,7	2747,6	0,0	6,5	12,5	37,7	0,0	14,5	0,0	0,0	3,6
20–30	2962,6	72,8	2528,2	0,0	10,8	8,5	65,6	0,0	13,9	0,0	0,0	4,2

Continua...

Tabela 2A – Cont.,

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K9 mg kg⁻¹												
0-10	2,6	51,9	2557,5	0,0	1,7	0,0	116,8	0,0	11,6	0,0	0,0	0,0
10-20	0,0	83,3	3174,4	0,0	1,4	0,0	0,3	0,0	9,9	0,0	0,0	0,0
K10												
0-10	3,2	0,0	2234,5	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	7,6	0,0	0,0	0,0
10-20	0,0	0,0	1359,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0
K11												
0-10	120,1	64,4	3858,1	0,0	4,2	11,9	81,0	4,0	32,6	0,0	0,0	2,3
10-20	23,5	108,7	2767,3	0,0	4,0	5,2	38,7	4,2	37,3	0,0	0,0	2,2
20-30	1,7	153,8	3029,6	0,0	3,8	4,8	37,5	4,0	39,4	0,0	0,0	2,0
K12												
0-10	0,0	91,7	4422,6	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0
10-20	0,0	79,2	5289,9	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	10,9	0,0	0,0	0,0
20-30	0,0	67,3	6194,7	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0
30-40	15,8	49,8	1823,9	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0
K13												
0-10	0,0	48,0	2089,9	0,0	1,5	0,0	55,2	0,0	15,4	0,0	0,0	0,0
10-20	0,0	62,1	1978,7	0,0	0,5	0,0	7,4	0,0	14,4	0,0	0,0	0,0
20-30	0,0	69,8	2589,1	0,0	0,7	0,0	0,1	0,0	14,9	0,0	0,0	0,0
30-40	0,0	73,9	2785,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0
40-50	0,0	70,7	3233,7	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	52,8	0,0	0,0	0,0
50-60	0,0	70,4	3227,6	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	41,2	0,0	0,0	0,0
K14												
0-10	0,0	23,0	2198,7	0,0	1,2	0,0	8,3	0,0	13,7	0,0	0,0	0,0
10-20	0,0	22,0	2896,7	0,0	1,1	0,0	5,1	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0
20-30	0,0	51,3	3802,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	89,5	0,0	0,0	0,0
30-40	0,0	42,9	3737,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0
40-50	0,0	60,9	3621,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	254,3	0,0	0,0	0,0
K15												
0-10	0,0	6,0	1109,3	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0	0,0
10-20	0,0	18,3	1364,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	134,1	0,0	0,0	0,0
20-30	0,0	34,6	1804,2	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0
30-40	0,0	53,3	1999,4	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	0,0
50-60	0,0	60,1	2109,7	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0
K16												
0-10	0,0	62,1	5088,0	0,0	3,8	5,8	0,0	3,4	42,7	0,0	0,0	1,7
10-20	0,0	25,4	4417,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	16,3	0,0	0,0	0,0
20-30	0,0	88,5	5886,5	0,0	3,7	6,3	0,0	3,5	38,7	0,0	0,0	1,7
30-40	0,4	89,0	5091,3	0,0	3,8	6,2	0,0	3,6	40,9	0,0	0,0	1,7
40-50	1,8	93,1	6367,9	0,0	3,7	6,3	0,0	3,5	42,9	0,0	0,0	1,7
50-60	4,3	99,0	5583,2	0,0	3,7	7,5	0,0	3,4	51,2	0,0	0,0	1,8
60-70	0,0	89,9	7484,2	0,0	3,7	5,4	0,0	3,5	53,7	0,0	0,0	1,8
K17												
0-10	0,0	60,1	7299,3	0,0	3,6	4,4	18,5	3,8	107,4	0,0	0,0	2,1
10-20	2,4	36,6	8758,2	0,0	3,6	5,6	0,0	3,4	143,5	0,0	0,0	2,0
20-30	0,4	17,4	7166,4	0,0	3,6	5,3	0,0	3,5	98,4	0,0	0,0	1,7
30-40	0,0	0,0	8039,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,7	0,0	0,0	0,0
40-50	0,0	0,0	6584,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,8	0,0	0,0	0,0
50-60	0,0	0,0	7174,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,4	0,0	0,0	0,0

Continua...

Tabela 2A – Cont.,

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K18 mg kg⁻¹												
0-10	14,8	12,6	1629,1	0,0	3,2	0,0	30,7	0,0	10,2	0,0	0,0	0,0
10-20	0,0	15,0	1919,3	0,0	2,2	0,0	8,8	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0
20-30	0,0	21,2	2368,5	0,0	1,1	0,0	7,6	0,0	11,7	0,0	0,0	0,0
30-40	0,0	40,3	2839,2	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	11,6	0,0	0,0	0,0
40-50	0,0	38,2	2973,1	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	11,2	0,0	0,0	0,0
50-60	0,0	31,4	3178,7	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	17,7	0,0	0,0	0,0
K19												
0-10	101,9	0,0	780,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0
10-20	62,1	0,0	834,6	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	8,1	0,0	0,0	0,0
20-30	27,7	0,0	983,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0
K20												
0-10	94,9	0,0	991,0	0,0	0,0	0,0	27,3	0,0	7,6	0,0	0,0	0,0
10-20	21,0	0,0	846,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0
20-30	0,0	0,0	831,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0
30-40	0,0	0,0	949,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0
40-50	0,0	8,4	1409,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0
50-60	0,0	18,6	1818,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0
K21												
0-10	0,0	0,0	525,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0
10-20	0,0	0,0	346,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
20-30	0,0	0,0	435,7	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0
30-40	0,0	0,0	364,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
40-50	0,0	0,0	430,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0
K22												
0-10	0,0	7,8	1604,2	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	13,6	0,0	0,0	0,0
10-20	0,0	14,6	1753,4	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0
20-30	0,3	19,5	1928,9	0,0	1,5	0,9	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0
30-40	0,0	20,9	2049,4	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	0,0
40-50	0,0	20,8	2203,9	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0
K23												
0-10	185,1	5,3	1125,4	0,0	0,0	0,0	40,6	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0
10-20	161,9	4,1	856,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0
20-30	89,5	4,5	962,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0
30-40	27,4	22,8	1264,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0
40-50	0,0	47,7	1768,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0
50-60	0,0	63,2	2320,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	0,0	0,0	0,0
K24												
0-10	398,5	5,0	2119,3	0,0	6,2	1,7	44,5	0,0	18,2	0,0	0,0	0,0
10-20	1064,7	2,5	1778,6	0,0	6,9	2,6	18,3	0,0	12,7	0,0	0,0	0,0
20-30	1874,7	0,0	1183,9	0,0	5,9	7,7	0,9	0,0	12,9	0,0	0,0	0,0
30-40	1960,9	0,0	579,8	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0
40-50	1986,6	0,0	408,7	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0
50-60	2110,8	0,0	423,4	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0
K25												
0-10	1200,3	0,0	511,5	0,0	9,5	0,0	84,2	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
10-20	459,1	0,0	1162,0	0,0	4,0	0,0	50,9	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0
20-30	93,0	2,5	1249,4	0,0	1,0	0,0	45,7	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0

Continua...

Tabela 3A – Teores de alguns metais na fração ligada a carbonatos, nos solos da Península Keller

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K1 mg kg⁻¹												
0–10	14,3	17,0	798,0	0,0	6,3	0,0	10,8	0,0	0,2	0,0	2,3	0,0
10–20	19,1	37,9	1454,5	0,0	6,3	0,5	26,6	0,0	1,4	0,0	2,2	0,0
20–30	4,2	15,5	5794,5	0,0	6,5	0,0	59,8	0,0	6,6	0,0	2,3	0,0
30–40	14,0	14,7	7955,7	0,0	6,3	2,6	77,0	0,0	11,0	0,0	2,3	0,0
K1A												
0–10	7,5	32,2	233,9	0,0	3,7	0,0	72,4	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0
10–20	6,6	4,8	303,5	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	5,6	9,0	993,8	0,0	2,4	0,0	4,6	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
30–40	5,2	10,4	1637,9	0,0	2,6	0,0	11,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
40–50	2,1	6,8	2341,7	0,0	2,5	0,0	13,6	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0
50–60	1,3	5,8	2564,4	0,0	2,9	0,0	22,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0
K2												
0–10	35,9	5,3	377,0	0,0	4,9	0,0	3,6	0,0	1,3	0,0	2,3	0,0
10–20	31,4	13,8	434,9	0,0	3,7	2,0	0,0	0,0	4,1	0,0	1,9	0,0
20–30	32,6	20,8	544,9	0,0	3,7	5,5	0,0	0,0	6,5	0,0	1,9	0,0
30–40	24,1	20,3	565,1	0,0	3,7	1,9	0,0	0,0	3,8	0,0	1,5	0,0
40–50	18,3	13,3	700,8	0,0	3,6	0,0	0,6	0,0	1,9	0,0	1,6	0,0
K3												
0–10	18,5	48,1	401,9	0,0	1,2	0,0	28,6	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0
10–20	20,0	59,4	311,7	0,0	1,1	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0
20–30	15,7	51,3	305,3	0,0	1,1	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0
30–40	10,6	65,5	346,5	0,0	0,9	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0
40–50	5,0	106,0	437,1	0,0	1,0	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
K4												
0–10	20,9	0,0	195,1	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0
10–20	12,8	0,2	218,4	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0
20–30	7,5	6,4	282,7	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0
30–40	2,6	2,7	311,8	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0
40–50	2,1	10,7	584,1	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
K5												
0–10	0,0	0,0	678,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	6,1	1,6	645,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
20–30	4,6	3,3	830,2	0,0	1,0	0,0	0,3	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
30–40	8,6	15,1	552,9	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
40–50	5,8	10,4	745,5	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
50–60	3,3	3,4	1880,3	0,0	3,4	0,0	5,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
K6												
0–10	4,0	0,0	367,8	0,0	1,4	0,0	26,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	5,9	0,6	441,4	0,0	2,9	0,0	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	5,6	1,3	304,2	0,0	2,6	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K7												
0–10	3,4	0,1	728,5	0,0	3,3	0,0	29,3	0,0	0,4	0,0	0,9	0,0
10–20	2,8	0,0	536,3	0,0	9,9	0,0	15,8	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0
20–30	0,0	4,8	736,7	0,0	10,7	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
30–40	0,0	6,6	4571,1	0,0	11,7	0,0	74,6	0,0	5,2	0,0	0,8	0,0
40–50	0,0	6,7	6826,8	0,0	12,0	0,0	128,6	0,0	10,7	0,0	0,5	0,0
K8												
0–10	46,4	1,9	193,7	0,0	1,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	61,8	5,8	140,9	0,0	2,0	1,6	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	0,0	0,0	59,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Continua...

Tabela 3A – Cont.,

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K9 mg kg⁻¹												
0–10	56,2	13,3	703,9	0,0	1,2	18,4	52,4	0,0	0,3	0,0	0,4	0,0
10–20	14,3	10,8	394,1	0,0	3,8	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
K10												
0–10	29,5	0,0	984,9	0,0	0,0	0,0	59,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
10–20	21,3	2,6	232,4	0,0	0,7	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K11												
0–10	17,4	8,6	285,7	0,0	1,4	0,0	14,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
10–20	0,0	0,0	231,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	0,0	1,3	264,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K12												
0–10	8,1	18,8	454,6	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
10–20	2,8	25,2	623,2	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
20–30	2,6	38,0	972,0	0,0	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
30–40	98,9	7,7	273,9	0,0	1,6	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
K13												
0–10	70,9	10,6	356,9	0,0	1,4	3,3	84,1	0,0	0,5	0,0	0,4	0,0
10–20	69,0	14,1	252,7	0,0	2,7	0,7	18,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	56,7	16,3	282,1	0,0	4,8	0,0	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	24,9	17,6	301,3	0,0	12,1	0,0	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40–50	22,6	17,0	338,6	0,0	9,3	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50–60	23,2	18,6	338,1	0,0	7,5	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K14												
0–10	49,4	0,0	235,8	0,0	2,1	0,0	21,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	33,2	1,0	362,6	0,0	4,1	0,0	24,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	14,6	24,4	5235,2	0,0	5,3	0,0	71,4	0,0	18,7	0,0	0,0	0,0
30–40	0,0	13,5	nd	0,0	1,4	0,0	356,7	0,0	83,5	0,0	0,0	0,0
40–50	0,0	22,0	nd	0,0	0,2	0,0	373,9	0,0	94,5	0,0	0,0	0,0
K15												
0–10	72,0	0,0	236,8	0,0	1,9	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	62,7	0,2	154,3	0,0	3,2	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	40,8	6,0	196,0	0,0	7,4	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	42,8	13,3	217,5	0,0	8,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50–60	18,2	10,5	282,4	0,0	1,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K16												
0–10	8,1	6,7	621,2	0,0	7,1	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	18,5	11,2	555,3	0,0	17,6	0,0	2,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
20–30	7,5	9,4	522,6	0,0	6,8	0,0	2,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
30–40	5,6	8,1	572,4	0,0	5,6	0,0	0,9	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
40–50	7,1	5,1	553,6	0,0	6,4	0,0	1,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
50–60	12,4	0,4	575,6	0,0	1,1	0,0	4,2	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0
60–70	8,5	0,0	647,1	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0
K17												
0–10	6,8	0,0	684,3	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0
10–20	9,0	0,0	903,1	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0
20–30	6,5	0,0	702,6	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
30–40	7,8	0,0	1214,0	0,0	0,6	0,0	0,9	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0
40–50	0,0	0,0	702,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0
50–60	0,0	0,0	832,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0

Continua...

Tabela 3A – Cont.,

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K18 mg kg⁻¹												
0–10	58,5	0,0	192,3	0,0	5,3	0,0	24,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	62,0	0,0	197,1	0,0	6,7	0,0	14,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	37,3	0,9	247,6	0,0	12,4	0,0	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	40,0	17,2	339,9	0,0	15,6	0,0	15,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
40–50	32,0	18,2	426,9	0,0	15,7	0,0	19,7	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
50–60	32,0	15,6	423,7	0,0	16,7	0,0	13,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
K19												
0–10	101,0	0,0	152,6	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	104,7	0,0	147,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	66,9	0,0	152,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K20												
0–10	51,1	0,0	241,8	0,0	0,0	24,6	51,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	21,9	0,0	145,3	0,0	0,0	2,4	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	0,0	0,0	135,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	0,0	0,0	155,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40–50	0,0	0,0	220,5	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50–60	0,0	3,4	281,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K21												
0–10	13,1	0,0	112,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	0,0	0,0	77,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	0,0	0,0	84,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	0,0	0,0	136,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40–50	0,0	0,0	107,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K22												
0–10	40,7	0,0	313,3	0,0	0,6	0,0	34,8	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0
10–20	21,8	1,2	188,1	0,0	0,8	0,0	20,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	19,0	10,6	253,0	0,0	8,5	4,8	36,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	22,4	13,6	456,3	0,0	9,8	0,0	30,5	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
40–50	27,8	15,0	1884,3	0,0	9,6	0,0	41,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0
K23												
0–10	103,3	0,0	218,6	0,0	0,0	10,8	25,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	98,0	0,0	152,3	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	96,5	0,0	180,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	32,7	6,7	242,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
40–50	0,0	8,9	2843,3	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0
50–60	0,0	8,5	272,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K24												
0–10	174,3	0,0	208,7	0,0	1,9	6,4	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	271,2	0,0	179,7	0,0	1,8	31,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	317,0	0,0	124,7	0,0	0,7	76,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	200,0	0,0	100,8	0,0	1,0	79,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40–50	237,5	0,0	87,7	0,0	0,5	97,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50–60	240,2	0,0	87,6	0,0	0,9	88,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K25												
0–10	452,1	0,0	103,4	0,0	7,6	28,1	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	496,9	0,0	178,3	0,0	7,1	13,9	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	306,8	0,0	188,3	0,0	7,1	9,9	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Continua...

Tabela 4A – Teores de alguns metais na fração ligada a óxidos amorfos, nos solos da Península Keller

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K1												
						mg kg ⁻¹						
0-10	799,2	0,0	28,3	0,0	26,9	4486,8	591,5	0,0	0,0	132,9	3,5	0,0
10-20	676,9	0,0	28,9	0,0	27,1	4038,7	524,5	0,0	0,0	77,6	2,6	0,0
20-30	755,6	0,0	29,4	0,0	35,4	4728,3	696,4	0,0	0,0	42,3	2,5	0,0
30-40	574,5	0,0	28,3	0,0	26,4	3722,0	399,7	0,0	0,0	33,2	1,7	0,0
K1A												
0-10	1151,7	0,0	2,8	0,0	25,9	3722,6	485,5	0,0	0,0	151,9	0,5	0,0
10-20	1049,4	0,0	0,0	0,0	27,4	3891,0	582,4	0,0	0,0	139,5	0,3	0,0
20-30	822,3	0,0	0,0	0,0	26,5	3896,3	381,5	0,0	0,0	84,7	0,0	0,0
30-40	715,7	0,0	0,0	0,0	31,1	4103,9	481,3	0,0	0,0	49,6	0,0	0,0
40-50	699,9	0,0	0,0	0,0	32,0	4095,1	476,1	0,0	0,0	25,7	0,0	0,0
50-60	787,2	0,0	0,0	0,0	32,9	3715,7	438,4	0,0	0,0	38,4	0,0	0,0
K2												
0-10	1487,0	0,0	30,6	0,0	16,1	3950,3	368,2	0,0	0,0	528,2	7,3	0,0
10-20	2158,2	0,0	33,1	0,0	17,5	6194,2	442,3	0,0	0,0	974,1	11,8	0,0
20-30	2013,3	0,0	32,0	0,0	14,8	5755,6	355,0	0,0	0,0	978,7	11,6	0,0
30-40	1519,4	0,0	31,1	0,0	17,7	4245,9	334,6	0,0	0,0	606,4	7,7	0,0
40-50	1135,3	0,0	29,0	0,0	18,1	3441,8	309,3	0,0	0,0	380,3	8,0	0,0
K3												
0-10	1614,3	1,3	42,2	0,0	9,9	5367,3	1512,7	0,0	0,0	230,9	5,0	0,0
10-20	2008,8	4,1	35,2	0,0	8,8	6187,2	1614,3	0,0	0,0	417,6	6,8	0,0
20-30	1549,4	3,2	36,7	0,0	6,7	4869,6	1317,0	0,0	0,0	315,7	4,7	0,0
30-40	1550,5	10,9	35,4	0,0	9,6	6764,7	2403,0	0,0	0,0	286,4	4,2	0,0
40-50	1586,3	30,9	35,0	0,0	12,1	8605,0	3294,7	0,0	0,0	223,9	3,6	0,1
K4												
0-10	1383,5	0,0	32,0	0,0	24,1	4434,8	750,1	0,0	0,0	110,7	4,9	0,0
10-20	950,3	0,0	31,4	0,0	18,8	3311,8	540,1	0,0	0,0	83,5	2,8	0,0
20-30	987,1	0,0	29,8	0,0	26,7	3748,3	588,9	0,0	0,0	143,3	3,1	0,0
30-40	730,6	0,0	28,2	0,0	31,9	3212,4	694,8	0,0	0,0	32,1	1,6	0,0
40-50	570,9	0,0	28,5	0,0	28,9	2867,9	669,5	0,0	0,0	21,6	1,1	0,0
K5												
0-10	1151,0	0,0	0,0	0,0	6,2	1459,	285,4	0,0	0,0	28,2	0,0	0,0

10-20	1131,6	0,0	0,0	0,0	8,0	1465,8	335,2	0,0	0,0	31,3	0,0	0,0
20-30	1055,5	0,0	0,0	0,0	12,2	1477,4	431,4	0,0	0,0	47,4	0,0	0,0
30-40	970,1	0,0	0,0	0,0	20,6	1633,1	663,5	0,0	0,0	106,8	0,0	0,0
40-50	1007,7	0,0	0,0	0,0	8,3	1191,8	251,5	0,0	0,0	27,9	0,0	0,0
50-60	691,2	0,0	0,0	0,0	39,2	915,1	655,1	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
K6												
0-10	626,2	0,0	0,0	0,0	15,7	1864,1	351,9	0,0	0,0	32,8	0,0	0,0
10-20	637,5	0,0	0,0	0,0	22,5	2020,2	556,3	0,0	0,0	71,6	0,0	0,0
20-30	527,5	0,0	0,0	0,0	21,3	3280,9	401,7	0,0	0,0	54,5	0,0	0,0
K7												
0-10	1130,7	0,0	40,7	0,0	40,5	4268,6	581,0	0,0	0,0	191,7	4,0	0,0
10-20	667,5	0,0	26,8	0,0	35,6	2230,7	690,8	0,0	0,0	92,3	1,5	0,0
20-30	429,0	0,0	24,8	0,0	32,0	1717,8	660,1	0,0	0,0	9,5	0,1	0,0
30-40	405,3	0,0	25,8	0,0	29,7	1473,7	511,2	0,0	0,0	5,7	0,0	0,0
40-50	450,6	0,0	35,0	0,0	33,2	1450,0	515,2	0,0	0,0	8,4	0,2	2,3
K8												
0-10	841,1	0,0	0,0	0,0	20,6	5823,8	440,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10-20	1175,2	0,0	0,0	0,0	5,5	11151,8	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-30	771,6	0,0	0,0	0,0	5,6	5164,7	198,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Continua...

Tabela 4A – Cont.,

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K9 mg kg⁻¹												
0–10	884,1	0,0	42,0	0,0	6,4	1674,6	0,0	0,0	0,0	43,6	2,2	0,0
10–20	1234,7	0,0	28,2	0,0	26,6	2024,6	705,3	0,0	0,0	41,1	2,4	0,0
K10												
0–10	1056,2	0,0	14,3	0,0	20,8	4570,6	301,5	0,0	0,0	102,5	0,8	0,0
10–20	1543,9	0,0	18,0	0,0	17,9	5654,0	497,9	0,0	0,0	227,3	2,8	0,0
K11												
0–10	2626,1	0,0	11,8	0,0	4,7	6267,3	440,0	0,0	0,0	203,7	5,0	0,0
10–20	1701,1	0,0	4,8	0,0	7,1	6136,0	672,0	0,0	0,0	116,4	1,2	0,0
20–30	1362,4	0,0	2,4	0,0	10,4	6894,0	606,8	0,0	0,0	41,6	0,0	0,0
K12												
0–10	1109,3	0,0	26,6	0,0	35,8	1868,2	925,1	0,0	0,0	29,0	1,6	0,0
10–20	903,2	0,0	28,8	0,0	46,6	1513,5	1248,3	0,0	0,0	7,7	1,1	0,0
20–30	698,0	0,0	27,6	0,0	51,7	1290,3	1417,3	0,0	0,0	3,7	0,4	0,0
30–40	1355,7	0,0	35,3	0,0	11,0	2401,7	235,6	0,0	0,0	197,5	4,4	0,0
K13												
0–10	1609,0	0,0	47,4	0,0	22,8	4469,9	220,2	0,0	0,0	98,5	5,4	0,0
10–20	1564,9	0,0	43,3	0,0	20,4	4749,7	328,5	0,0	0,0	167,7	5,4	0,0
20–30	1383,1	0,0	40,3	0,0	27,9	3920,5	367,2	0,0	0,0	178,3	4,3	0,0
30–40	1245,4	0,0	39,8	0,0	57,6	2796,2	705,5	0,0	0,0	50,0	2,2	0,0
40–50	1028,6	0,0	42,3	0,0	43,0	2079,1	712,8	0,0	0,0	19,3	1,2	0,0
50–60	973,0	0,0	40,6	0,0	37,7	1878,1	795,3	0,0	0,0	13,6	1,0	0,0
K14												
0–10	1140,2	0,0	44,2	0,0	21,0	2539,5	435,6	0,0	0,0	137,4	2,4	0,0
10–20	927,8	0,0	40,3	0,0	22,9	2043,0	409,7	0,0	0,0	76,6	1,5	0,0
20–30	918,3	0,0	43,5	0,0	26,2	2846,3	605,3	0,0	0,0	65,9	1,5	0,0
30–40	620,4	0,0	44,3	0,0	9,8	1330,5	414,1	0,0	0,0	11,4	0,0	0,0
40–50	480,4	0,0	44,3	0,0	6,1	1061,3	162,1	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0
K15												
0–10	1145,0	0,0	51,1	0,0	18,7	2863,6	280,3	0,0	0,0	233,0	4,0	0,0
10–20	1172,1	0,0	39,5	0,0	29,3	2797,7	522,8	0,0	0,0	214,0	4,0	0,0

20–30	985,3	0,0	40,6	0,0	34,8	2051,2	494,0	0,0	0,0	90,5	1,7	0,0
30–40	1170,7	0,0	41,1	0,0	35,8	2339,6	453,1	0,0	0,0	82,5	1,8	0,0
50–60	929,8	0,0	41,4	0,0	18,0	3270,1	257,8	0,0	0,0	91,2	5,2	0,0
K16												
0–10	734,2	0,0	0,0	0,0	75,6	1156,0	695,8	0,0	0,0	30,3	0,0	0,0
10–20	585,9	0,0	42,7	0,0	60,9	1291,0	449,0	0,0	0,0	21,4	1,2	0,0
20–30	736,6	0,0	0,0	0,0	65,4	1309,8	1106,2	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0
30–40	596,5	0,0	13,7	0,0	53,1	1068,4	732,8	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0
40–50	740,3	0,0	0,0	0,0	61,8	1399,6	1020,7	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0
50–60	722,0	0,0	0,0	0,0	48,7	1008,0	731,6	0,0	0,0	12,1	0,0	0,0
60–70	624,5	0,0	0,0	0,0	55,7	734,3	687,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K17												
0–10	953,0	0,0	-4,8	0,0	7,5	2077,8	870,7	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0
10–20	820,6	0,0	-2,3	0,0	13,1	1751,0	1199,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	497,9	0,0	-5,6	0,0	6,7	1085,0	595,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	587,0	0,0	-4,0	0,0	19,6	1170,6	1689,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40–50	515,1	0,0	-3,6	0,0	4,0	1108,8	807,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50–60	628,1	0,0	-2,7	0,0	2,2	1272,4	1976,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Continua...

Tabela 4A – Cont.,

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K18 mg kg⁻¹												
0–10	919,5	0,0	42,5	0,0	34,1	2100,6	369,9	0,0	0,0	156,3	2,3	0,0
10–20	987,7	0,0	40,9	0,0	34,6	2222,5	459,5	0,0	0,0	191,2	2,7	0,0
20–30	1034,0	0,0	40,1	0,0	51,5	2267,9	430,6	0,0	0,0	213,4	3,4	0,0
30–40	1023,9	0,0	40,6	0,0	54,4	2512,1	411,4	0,0	0,0	323,9	3,5	0,0
40–50	990,5	0,0	40,4	0,0	52,4	2253,8	354,5	0,0	0,0	295,4	2,9	0,0
50–60	895,0	0,0	41,5	0,0	55,0	2006,3	390,6	0,0	0,0	253,0	2,6	0,0
K19												
0–10	2259,4	0,0	10,0	0,0	1,1	7960,3	91,1	0,0	0,0	328,5	7,4	0,0
10–20	2717,4	0,0	12,7	0,0	2,0	8471,6	80,1	0,0	0,0	383,5	8,6	0,0
20–30	2841,3	0,0	14,9	0,0	1,5	8471,6	114,9	0,0	0,0	380,7	8,3	0,0
K20												
0–10	2727,3	0,0	19,5	0,0	12,6	9487,1	403,7	0,0	0,0	196,0	5,9	0,0
10–20	1900,7	0,0	19,2	0,0	20,2	10322,2	478,7	0,0	0,0	104,9	2,1	0,0
20–30	1212,7	0,0	13,5	0,0	18,2	10925,6	249,0	0,0	0,0	98,7	1,0	0,0
30–40	1036,9	0,0	10,5	0,0	17,4	10350,1	233,7	0,0	0,0	93,2	0,8	0,0
40–50	1350,2	0,0	9,0	0,0	34,9	8374,3	704,4	0,0	0,0	108,0	1,6	0,0
50–60	1183,2	0,0	0,9	0,0	31,5	5517,2	798,1	0,0	0,0	132,0	2,1	0,0
K21												
0–10	956,5	0,0	7,4	0,0	8,6	8419,1	94,7	0,0	0,0	116,4	5,3	0,0
10–20	564,0	0,0	7,3	0,0	10,7	8090,9	93,1	0,0	0,0	22,9	2,5	0,0
20–30	677,0	0,0	3,0	0,0	18,0	11303,5	176,5	0,0	0,0	15,5	1,5	0,0
30–40	496,3	0,0	4,8	0,0	15,2	6527,4	158,6	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0
40–50	543,0	0,0	2,4	0,0	22,2	8677,2	188,9	0,0	0,0	3,9	0,3	0,0
K22												
0–10	1553,0	0,0	51,7	0,0	23,6	4241,3	225,6	0,0	0,0	191,6	4,9	0,0
10–20	1051,5	0,0	42,6	0,0	25,4	3501,4	288,6	0,0	0,0	110,7	3,1	0,0
20–30	870,7	0,0	41,4	0,0	43,1	4208,0	280,9	0,0	0,0	82,3	2,8	0,0
30–40	795,2	0,0	40,4	0,0	42,8	4254,8	246,7	0,0	0,0	80,6	2,6	0,0
40–50	753,9	0,0	42,5	0,0	38,5	4074,8	190,2	0,0	0,0	78,6	2,5	0,0
K23												
0–10	3323,0	0,0	16,1	0,0	4,6	6395,7	269,4	0,0	0,0	476,2	10,8	0,0
10–20	4495,6	0,0	17,6	0,0	3,7	7472,2	478,6	0,0	0,0	715,3	14,4	0,0
20–30	4717,0	0,0	19,2	0,0	3,8	7364,1	484,5	0,0	0,0	734,3	14,2	0,0
30–40	4624,8	0,0	21,8	0,0	2,7	7851,9	330,5	0,0	0,0	907,1	16,7	0,0
40–50	3473,0	0,0	17,4	0,0	3,9	8999,2	393,2	0,0	0,0	1125,7	19,9	0,0
50–60	1482,6	0,0	3,2	0,0	7,8	7264,7	670,6	0,0	0,0	437,5	9,7	0,0
K24												
0–10	2129,7	0,0	45,4	0,0	13,0	10037,9	109,5	0,0	0,0	100,2	5,2	0,0
10–20	1695,5	0,0	45,6	0,0	5,4	11694,0	66,8	0,0	0,0	89,4	5,0	0,0
20–30	1359,7	0,0	45,9	0,0	0,4	12509,0	14,4	0,0	0,0	52,5	4,7	0,0
30–40	974,9	0,0	40,7	0,0	0,0	14685,0	6,8	0,0	0,0	44,4	5,0	0,0
40–50	1004,0	0,0	41,0	0,0	0,0	15152,8	4,9	0,0	0,0	56,8	5,1	0,0
50–60	1090,7	0,0	41,9	0,0	0,0	15498,4	5,9	0,0	0,0	65,1	5,6	0,0
K25												
0–10	2647,3	0,0	53,1	0,0	17,2	12542,1	184,4	0,0	0,0	255,9	7,5	0,0
10–20	3481,9	0,0	52,2	0,0	24,2	13144,6	459,9	0,0	0,0	412,8	9,9	0,0
20–30	3220,7	0,0	53,3	0,0	30,6	13639,9	593,0	0,0	0,0	402,7	10,0	0,0

Continua...

Tabela 5A – Teores de alguns metais na fração ligada a óxidos cristalinos, nos solos da Península Keller

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K1												
mg kg ⁻¹												
0–10	3973,6	0,4	44,4	0,9	54,5	10833,0	51,5	0,1	0,0	92,4	21,1	1,5
10–20	2219,9	0,0	35,6	0,0	42,2	8456,6	46,8	0,1	0,0	49,8	9,8	1,2
20–30	3770,3	0,0	45,4	0,6	57,0	11172,3	53,7	0,2	0,0	66,5	21,1	1,5
30–40	2025,9	0,0	34,1	0,0	50,1	8293,0	35,1	0,0	0,0	45,1	11,2	0,5
K1A												
0–10	1670,9	0,0	1,3	0,0	27,6	5852,3	35,2	0,0	0,0	46,8	4,7	0,0
10–20	1694,4	0,0	0,0	0,0	33,1	5832,3	45,0	0,0	0,0	42,9	4,4	0,0
20–30	1696,5	0,0	0,0	0,0	36,1	6010,4	61,4	0,0	0,0	33,2	4,2	0,0
30–40	1656,2	0,0	0,0	0,0	37,2	6082,1	47,4	0,0	0,0	29,2	4,0	0,0
40–50	1690,8	0,0	0,0	0,0	38,2	6378,7	43,0	0,0	0,0	26,0	3,7	0,0
50–60	1808,3	0,0	0,0	0,0	38,1	5986,7	32,5	0,0	0,0	29,5	4,4	0,0
K2												
0–10	2433,1	0,0	28,2	0,0	40,5	8835,3	42,2	0,0	0,0	259,7	26,1	0,0
10–20	1899,4	0,0	27,8	0,0	26,2	7014,0	39,5	0,0	0,0	306,0	16,8	0,0
20–30	1925,0	0,0	27,3	0,0	23,3	6838,4	39,2	0,0	0,0	359,8	17,2	0,0
30–40	1812,5	0,0	27,3	0,0	26,8	7759,8	35,6	0,0	0,0	303,3	16,5	0,0
40–50	1774,8	0,0	28,6	0,0	40,0	8391,5	42,6	0,0	1,5	152,6	15,9	0,0
K3												
0–10	1784,8	0,0	35,0	0,0	15,4	8534,1	73,3	0,0	0,0	65,1	8,3	0,0
10–20	1856,3	3,1	37,2	0,0	15,8	9718,4	105,2	0,0	0,0	147,5	10,9	0,0
20–30	1893,6	0,0	41,1	0,0	15,4	8693,7	79,1	0,0	0,0	107,6	9,9	0,0
30–40	1721,1	6,1	33,9	0,0	19,1	12308,3	116,8	0,0	0,0	106,7	8,4	0,0
40–50	1470,2	10,7	33,6	0,0	18,5	12715,0	175,4	0,0	0,0	74,1	5,8	0,0
K4												
0–10	1813,6	0,0	26,8	0,0	41,3	7612,2	26,7	0,0	0,0	42,8	11,1	0,0
10–20	1525,4	0,0	25,8	0,0	35,7	6467,6	22,2	0,0	0,0	35,4	8,7	0,0
20–30	1816,6	0,0	26,7	0,0	46,7	7482,6	20,4	0,0	0,0	39,6	10,0	0,0
30–40	2011,1	0,0	27,6	0,0	51,0	8326,6	27,1	0,0	0,0	37,3	10,6	0,0
40–50	1999,9	0,0	27,9	0,0	48,8	8520,3	33,0	0,0	0,0	39,4	11,0	0,0
K5												
0–10	1559,5	0,0	9,9	0,0	17,6	9553,3	36,1	0,0	23,2	8,6	2,9	0,0
10–20	1490,0	0,0	9,0	0,0	20,4	9867,9	44,7	0,0	18,0	10,5	2,9	0,0
20–30	1707,0	0,0	8,9	0,0	26,3	8886,6	69,9	0,0	13,5	20,1	3,7	0,0
30–40	1882,5	0,0	4,7	0,0	34,6	6875,5	91,4	0,0	6,7	38,9	4,7	0,0
40–50	1745,2	0,0	6,4	0,0	22,9	10403,4	48,8	0,0	16,1	14,0	3,4	0,0
50–60	1931,3	0,0	0,5	0,0	54,8	5083,3	55,0	0,0	0,0	22,7	7,3	0,0
K6												
0–10	1381,7	0,0	3,5	0,0	15,0	7044,9	44,2	0,0	0,0	34,5	10,6	0,0
10–20	1271,3	0,0	4,0	0,0	23,8	7097,0	52,2	0,0	0,0	46,2	11,5	0,0
20–30	1018,1	0,0	1,4	0,0	17,7	5911,9	25,3	0,0	0,0	31,2	7,3	0,0
K7												
0–10	1710,0	0,0	32,7	0,0	41,9	7123,0	23,7	0,0	0,0	71,6	11,4	0,0
10–20	1577,6	0,0	36,8	0,0	50,9	6023,5	37,9	0,0	0,2	35,3	7,1	0,0
20–30	1409,2	0,0	33,3	0,0	49,3	5876,2	37,8	0,0	0,5	22,5	5,7	0,0
30–40	1229,2	0,0	33,0	0,0	45,8	4993,5	24,7	0,0	0,1	17,6	4,2	0,0
40–50	1403,5	0,0	26,6	0,0	44,6	5497,7	18,9	0,0	0,0	21,3	6,3	0,0
K8												
0–10	1551,5	0,0	2,9	0,0	34,2	8312,1	43,0	0,0	0,0	14,5	3,3	0,0
10–20	1805,9	0,0	23,4	0,0	22,1	15416,0	39,0	0,0	0,0	15,0	8,9	0,0
20–30	1794,7	0,0	3,3	0,0	25,4	12028,1	21,2	0,0	0,0	6,0	4,8	0,0

Continua...

Tabela 5A – Cont.,

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K9 mg kg⁻¹												
0–10	1610,9	0,0	34,3	0,0	9,6	4824,9	13,5	0,0	0,0	14,2	7,6	0,0
10–20	2279,1	0,0	27,7	0,0	39,7	7637,2	40,8	0,0	0,0	44,9	16,2	0,0
K10												
0–10	1678,0	0,0	1,8	0,0	18,3	6284,0	69,7	0,0	0,0	46,3	2,2	0,0
10–20	1611,4	0,0	3,1	0,0	21,2	6538,4	70,2	0,0	0,0	87,4	3,3	0,0
K11												
0–10	2269,1	0,0	12,8	0,0	13,1	8733,9	50,8	0,0	0,0	135,3	11,7	0,0
10–20	2167,2	0,0	7,9	0,0	27,9	8914,5	64,0	0,0	0,0	49,3	8,0	0,0
20–30	1937,5	0,0	7,8	0,0	31,7	9638,0	79,5	0,0	0,0	25,4	5,3	0,0
K12												
0–10	2221,3	0,0	27,3	0,0	41,2	7344,1	51,9	0,0	0,0	43,5	13,6	0,0
10–20	1689,0	0,0	25,8	0,0	33,1	5510,2	62,6	0,0	0,0	27,6	9,3	0,0
20–30	1341,9	0,0	25,7	0,0	27,4	5076,9	55,7	0,0	0,0	25,2	7,9	0,0
30–40	2292,6	0,0	33,3	0,0	26,9	6265,5	26,7	0,0	0,0	101,7	13,5	0,0
K13												
0–10	3532,1	0,0	61,5	0,0	36,3	8611,4	55,0	0,0	0,0	68,2	19,1	0,6
10–20	2910,6	0,0	51,4	0,0	48,0	7856,7	69,8	0,0	0,0	70,2	16,7	3,1
20–30	3293,7	0,0	46,2	0,0	58,0	7628,5	90,8	0,0	0,0	77,8	16,9	0,1
30–40	3174,8	0,0	45,9	0,0	61,0	6985,7	99,3	0,0	0,0	65,8	15,8	0,1
40–50	2754,2	0,0	45,6	0,0	54,8	6004,3	119,3	0,0	0,0	38,1	12,5	1,9
50–60	2852,5	0,0	44,7	0,0	58,9	6185,8	125,6	0,0	0,0	39,3	13,0	0,4
K14												
0–10	1999,3	0,0	51,7	0,0	38,0	4975,3	24,3	0,0	0,0	52,7	9,1	0,0
10–20	2407,6	0,0	45,6	0,0	58,5	5431,4	32,4	0,0	0,0	34,3	8,7	0,0
20–30	2781,4	0,0	48,5	0,0	46,0	6142,4	56,6	0,0	0,0	32,7	9,9	0,0
30–40	2374,8	0,0	46,5	0,0	39,5	4682,1	20,9	0,0	0,0	7,7	8,0	0,0
40–50	2244,9	0,0	47,7	0,0	38,6	4449,1	10,2	0,0	0,0	3,2	6,3	0,0
K15												
0–10	1382,6	0,0	47,8	0,0	23,3	4878,6	16,7	0,0	0,0	93,9	8,2	0,0
10–20	1813,5	0,0	48,7	0,0	35,9	5552,4	32,7	0,0	0,0	79,6	9,9	0,0
20–30	2403,7	0,0	46,5	0,0	53,4	6014,7	44,8	0,0	0,0	60,2	9,7	0,0
30–40	2800,2	0,0	46,0	0,0	58,9	6626,9	44,1	0,0	0,0	61,6	9,1	0,0
50–60	1529,0	0,0	45,8	0,0	32,9	14246,4	32,5	0,0	5,1	81,9	14,7	0,0
K16												
0–10	1424,5	0,0	3,3	0,0	53,2	6858,3	60,4	0,0	0,0	78,1	16,1	0,0
10–20	684,0	0,0	41,4	0,0	38,8	3574,8	42,0	0,0	0,0	42,6	4,0	0,0
20–30	1647,5	0,0	2,3	0,0	73,8	5927,2	169,3	0,0	0,0	65,1	9,6	0,0
30–40	1557,7	0,0	3,0	0,0	68,1	5825,1	134,3	0,0	0,0	62,2	9,0	0,0
40–50	1493,9	0,0	5,1	0,0	65,5	5527,2	139,9	0,0	0,0	60,6	8,5	0,0
50–60	1530,0	0,0	2,0	0,0	55,1	6093,6	99,2	0,0	0,0	63,9	13,0	0,0
60–70	1496,6	0,0	0,7	0,0	64,3	5766,3	87,9	0,0	0,0	55,1	11,3	0,0
K17												
0–10	1913,1	0,0	1,9	0,0	21,7	6075,0	76,1	0,0	0,0	5,8	3,0	0,0
10–20	1872,0	0,0	22,2	0,0	34,8	5761,0	130,7	0,0	0,0	1,7	11,4	0,0
20–30	1567,8	0,0	13,4	0,0	27,7	5591,9	73,0	0,0	0,0	2,7	5,4	0,0
30–40	2507,7	0,0	-7,3	0,0	54,7	10306,9	164,2	0,0	0,0	2,1	29,2	0,0
40–50	2587,5	0,0	-7,3	0,0	47,6	9224,6	104,8	0,0	0,0	6,9	8,7	0,0
50–60	2089,7	0,0	-8,3	0,0	13,8	5161,4	201,7	0,0	0,0	1,7	0,5	0,0

Continua...

Tabela 5A – Cont.,

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K18 mg kg⁻¹												
0–10	1391,5	0,0	49,3	0,0	36,2	5874,5	27,3	0,0	0,0	98,7	12,9	0,0
10–20	1652,7	0,0	47,8	0,0	48,0	6931,2	48,4	0,0	0,0	126,0	14,5	0,0
20–30	1703,0	0,0	45,6	0,0	58,9	6851,8	55,0	0,0	0,0	124,0	13,8	0,0
30–40	1962,0	0,0	45,1	0,0	66,4	6488,4	66,5	0,0	0,0	151,7	11,3	0,0
40–50	2041,7	0,0	47,3	0,0	69,1	7306,4	63,7	0,0	0,0	171,0	15,2	0,0
50–60	1755,7	0,0	47,0	0,0	49,8	6072,6	63,8	0,0	0,0	141,6	15,0	2,7
K19												
0–10	1910,4	0,0	10,4	0,0	0,5	11458,9	31,5	0,0	0,0	231,7	13,9	0,0
10–20	2226,0	4,5	3,2	0,0	1,2	13565,1	35,4	0,0	0,0	294,7	16,8	0,0
20–30	2190,1	5,1	1,9	0,0	2,0	13302,0	36,5	0,0	0,0	283,2	17,0	0,0
K20												
0–10	2076,7	0,0	30,7	0,0	15,4	13672,6	96,7	0,0	0,0	158,3	13,0	0,0
10–20	2005,7	0,0	13,6	0,0	45,6	20450,6	93,8	0,0	0,0	123,1	13,2	1,1
20–30	1928,1	0,0	10,2	0,0	71,8	-	75,1	0,0	0,0	194,2	13,7	1,6
30–40	1940,5	0,0	0,0	0,0	72,3	24254,5	68,3	0,0	0,0	177,8	13,1	0,8
40–50	2546,3	0,0	0,0	0,0	50,1	13103,7	106,8	0,0	0,0	78,0	11,1	0,0
50–60	4905,8	0,0	0,0	0,0	60,1	13652,7	105,2	0,0	0,0	114,7	20,0	0,2
K21												
0–10	1130,5	0,0	0,0	0,0	0,0	5316,6	15,7	0,0	0,0	76,8	8,2	0,0
10–20	1146,8	0,0	0,0	0,0	0,3	5774,4	21,9	0,0	0,0	53,3	10,7	0,0
20–30	1484,4	0,0	0,0	0,0	7,2	8391,1	31,4	0,0	0,0	67,6	12,8	0,0
30–40	1068,7	0,0	0,0	0,0	6,2	5540,9	47,1	0,0	0,0	43,1	7,3	0,0
40–50	877,3	0,0	0,0	0,0	8,1	5786,0	20,4	0,0	0,0	30,6	6,1	0,0
K22												
0–10	1778,0	0,0	49,4	0,0	17,9	5855,6	20,7	0,0	0,0	98,4	10,5	0,0
10–20	1952,2	0,0	51,1	0,0	25,3	6155,8	26,8	0,0	0,0	77,5	11,7	0,4
20–30	2331,4	0,0	47,1	0,0	46,6	6776,6	38,9	0,0	0,0	63,3	11,4	0,0
30–40	2383,0	0,0	46,0	0,0	37,4	7632,5	38,3	0,0	0,0	70,2	13,3	0,0
40–50	2310,0	0,0	46,0	0,0	27,2	7799,9	35,7	0,0	0,0	73,4	13,7	0,0
K23												
0–10	3047,9	0,0	12,5	0,0	6,1	9861,2	131,9	0,0	0,0	413,3	19,6	0,0
10–20	2495,4	0,0	0,0	0,0	6,4	7050,7	56,6	0,0	0,0	388,5	15,7	0,0
20–30	2660,2	0,0	6,2	0,0	5,8	8144,6	127,6	0,0	0,0	455,2	18,6	0,0
30–40	2993,1	0,0	4,3	0,0	8,9	10266,5	136,3	0,0	0,0	640,4	26,7	0,0
40–50	2614,6	0,0	4,2	0,0	9,9	10457,5	161,4	0,0	0,0	650,0	23,9	0,0
50–60	3594,7	0,4	0,0	0,0	36,0	13099,3	156,1	0,0	0,0	211,2	16,7	0,9
K24												
0–10	2247,7	0,0	61,5	0,0	21,2	9689,1	25,8	0,0	20,6	62,4	11,8	7,2
10–20	1591,9	1,4	53,3	0,0	12,7	10686,2	17,4	0,0	34,3	51,5	11,0	0,0
20–30	1220,8	0,6	52,9	0,0	6,4	11405,5	9,3	0,0	52,6	41,6	10,3	0,0
30–40	323,5	0,0	43,5	0,0	1,6	5212,4	0,0	0,0	18,8	9,8	2,0	0,0
40–50	461,5	0,0	44,8	0,0	1,9	6700,9	0,0	0,0	24,9	14,1	3,4	0,0
50–60	515,7	0,0	45,7	0,0	1,9	7158,9	0,0	0,0	26,5	20,3	4,2	0,0
K25												
0–10	1889,7	1,5	50,2	0,0	12,7	8980,8	35,3	0,0	13,2	99,2	9,7	0,0
10–20	2290,3	0,0	45,1	0,0	25,9	9122,2	57,8	0,0	6,6	154,0	12,3	0,2
20–30	2371,6	0,0	46,4	0,0	30,2	9769,8	71,1	0,0	3,6	173,9	13,2	0,4

Tabela 6A – Teores de alguns metais na fração ligada à matéria orgânica, nos solos da Península Keller

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K1 mg kg⁻¹												
0–10	0,0	0,0	76,8	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
10–20	0,0	0,0	54,8	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0
20–30	0,0	0,0	55,2	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	365,1	0,0	47,4	0,0	14,8	1525,6	26,2	0,0	1,3	0,0	0,0	1,5
K1A												
0–10	0,7	0,0	37,4	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
10–20	0,0	0,0	60,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
20–30	2,6	0,0	70,3	1,3	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	11,1	0,0	55,5	0,4	3,4	2,7	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
40–50	7,5	0,0	81,7	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50–60	1,0	0,0	88,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K2												
0–10	0,0	0,0	79,2	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0
10–20	0,0	0,0	35,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	4,1
20–30	0,0	0,0	46,1	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
30–40	129,2	0,0	40,3	0,0	12,7	344,1	14,1	0,0	3,1	1,2	0,0	4,3
40–50	235,1	0,0	70,6	0,1	25,2	1415,7	25,8	0,0	8,9	0,0	0,0	15,4
K3												
0–10	194,8	0,0	43,4	0,0	5,4	629,6	20,7	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0
10–20	204,6	0,0	83,7	0,0	4,2	1551,7	48,4	0,0	1,8	0,0	0,0	0,8
20–30	0,0	0,0	62,2	0,0	0,4	6,6	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
30–40	39,6	0,0	37,9	0,0	1,9	156,5	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40–50	102,5	0,0	40,2	0,0	3,7	137,0	37,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K4												
0–10	0,0	0,0	38,3	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	118,6	0,0	45,2	0,0	7,3	29,8	2,6	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
20–30	21,2	0,0	44,6	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	195,9	0,0	49,4	0,0	4,5	190,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
40–50	197,0	0,0	48,0	0,0	3,3	162,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K5												
0–10	318,9	0,0	20,0	0,0	15,5	2810,1	3,4	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0
10–20	198,4	0,0	24,4	0,0	8,0	674,1	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0
20–30	369,1	0,0	13,8	0,0	14,1	2376,3	15,6	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0
30–40	23,1	0,0	19,3	0,0	1,6	94,8	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0
40–50	321,3	0,0	24,9	0,0	17,7	3163,0	15,7	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0
50–60	1,5	0,0	46,7	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K6												
0–10	6,0	0,0	54,5	0,0	0,0	17,9	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
10–20	0,0	0,0	55,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
20–30	1,7	0,0	49,7	0,2	0,0	10,5	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0
K7												
0–10	577,2	0,0	144,4	0,0	27,0	4106,0	42,3	0,0	3,6	0,3	0,0	0,0
10–20	181,4	0,0	81,4	0,0	6,6	240,7	0,0	0,0	2,5	1,5	0,0	0,0
20–30	144,8	0,0	71,3	0,0	5,6	201,7	0,0	0,0	1,8	4,9	0,0	0,0
30–40	189,9	0,0	71,5	0,0	6,1	208,6	0,0	0,0	1,3	2,2	0,0	0,0
40–50	310,8	0,0	85,0	0,0	10,5	1623,9	10,3	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
K8												
0–10	675,3	0,0	93,6	0,0	25,4	4835,8	26,5	0,0	2,0	0,0	0,0	1,9
10–20	544,3	0,0	58,1	0,0	19,3	2928,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	332,0	0,0	21,6	0,0	10,8	965,2	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0

Continua...

Tabela 6A – Cont.,

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K9 mg kg⁻¹												
0–10	2435,3	0,0	164,7	0,3	20,9	6710,2	77,1	0,0	8,8	25,4	5,2	2,5
10–20	611,7	0,0	78,6	1,6	17,2	2731,6	35,2	0,0	3,7	0,6	0,0	0,0
K10												
0–10	609,2	0,0	36,5	0,0	25,8	3067,6	27,5	0,0	4,3	4,2	0,0	0,0
10–20	265,8	0,0	7,9	0,0	14,2	300,7	2,8	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
K11												
0–10	676,6	0,0	153,3	0,0	13,5	4336,8	55,6	0,0	6,7	8,6	0,0	1,4
10–20	526,2	0,0	111,1	0,0	14,2	1649,4	21,6	0,0	2,1	13,0	0,0	0,0
20–30	45,5	0,0	35,1	0,0	4,7	52,9	0,9	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0
K12												
0–10	214,2	0,0	44,8	1,6	4,7	240,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–20	270,2	0,0	39,8	0,0	0,7	144,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	204,4	0,0	46,8	0,0	3,3	300,8	5,2	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
30–40	210,3	0,0	46,4	0,0	2,2	205,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K13												
0–10	2443,3	0,0	239,2	0,0	39,3	11461,9	154,1	0,0	5,9	14,9	6,3	7,3
10–20	1038,8	0,0	202,6	0,0	28,1	5373,0	100,0	0,0	2,5	1,4	0,0	0,8
20–30	143,8	0,0	173,3	0,0	11,6	113,6	5,4	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
30–40	557,8	0,0	183,8	0,0	34,9	1074,2	32,8	0,0	1,8	0,1	0,0	0,3
40–50	328,3	0,0	169,0	0,0	24,4	271,9	17,5	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
50–60	1843,3	0,0	305,5	0,0	37,2	6592,6	137,4	0,0	3,4	5,0	3,7	4,2
K14												
0–10	407,1	0,0	169,0	0,0	26,1	557,0	10,3	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0
10–20	66,5	0,0	154,8	0,0	10,3	12,4	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
20–30	72,4	0,0	182,2	0,0	14,4	30,3	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0
30–40	13,1	0,0	133,4	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
40–50	11,4	0,0	134,2	0,0	0,9	0,8	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
K15												
0–10	1,6	0,0	121,6	0,0	2,3	1,4	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0
10–20	0,0	0,0	153,7	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
20–30	11,5	0,0	140,5	0,0	1,0	0,2	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
30–40	0,0	0,0	142,3	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0
50–60	70,9	0,0	121,9	0,0	13,0	44,6	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0
K16												
0–10	47,0	0,0	78,6	0,0	1,9	157,9	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0
10–20	191,1	0,0	101,0	0,0	7,3	390,5	2,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
20–30	47,9	0,0	81,3	0,0	2,4	159,9	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
30–40	20,4	0,0	34,2	0,0	0,0	48,6	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0
40–50	3,3	0,0	61,4	0,0	0,0	12,4	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
50–60	9,1	0,0	20,1	0,0	0,7	17,5	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
60–70	97,0	0,0	14,1	0,0	6,7	89,7	3,6	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
K17												
0–10	167,5	0,0	26,0	0,0	5,0	238,0	5,6	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0
10–20	91,2	0,0	24,0	0,0	9,2	180,7	19,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
20–30	174,6	0,0	107,1	0,0	11,4	426,4	12,3	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
30–40	474,5	0,0	90,9	0,0	14,3	1496,5	54,7	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
40–50	292,1	0,0	51,3	0,0	13,6	687,9	17,8	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0
50–60	337,7	0,0	41,2	0,0	2,9	586,8	42,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0

Continua...

Tabela 6A – Cont.,

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K18 mg kg⁻¹												
0–10	157,1	0,0	173,0	0,0	29,8	281,1	7,8	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0
10–20	83,2	0,0	131,7	0,0	11,1	74,6	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0
20–30	0,0	0,0	124,0	0,0	8,1	5,6	0,4	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0
30–40	1,3	0,0	123,8	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
40–50	81,5	0,0	134,3	0,0	17,1	67,2	2,5	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0
50–60	28,0	0,0	134,0	0,0	12,7	1,8	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
K19												
0–10	547,6	2,5	46,0	0,0	1,6	4696,9	13,4	0,0	8,5	2,5	0,0	0,0
10–20	498,5	1,6	24,4	0,0	2,4	3635,2	9,8	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0
20–30	495,8	0,0	14,1	0,0	2,6	2734,4	11,1	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0
K20												
0–10	738,1	0,0	25,4	0,0	19,4	4872,8	44,2	0,0	3,9	8,2	0,0	2,0
10–20	268,9	0,0	2,5	0,0	21,6	970,3	5,6	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
20–30	6,7	0,0	7,4	0,0	10,4	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	0,0	0,0	18,7	0,0	4,9	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40–50	0,0	0,0	2,7	0,1	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50–60	94,1	0,0	5,7	0,0	14,0	269,6	13,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K21												
0–10	47,5	0,0	26,6	3,7	1,9	198,2	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0
10–20	0,0	0,0	3,5	0,1	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20–30	0,0	0,0	5,8	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30–40	0,0	0,0	3,2	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40–50	0,0	0,0	17,7	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K22												
0–10	952,7	0,0	242,2	0,0	23,8	5174,2	51,9	0,0	5,5	23,6	0,5	0,4
10–20	6,1	0,0	138,9	0,0	6,7	40,5	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0
20–30	488,0	0,0	145,0	0,0	16,5	2026,5	29,2	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0
30–40	25,1	0,0	121,4	0,0	3,5	5,8	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
40–50	108,9	0,0	137,1	0,0	19,7	19,7	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
K23												
0–10	916,7	0,8	100,6	0,0	12,6	5272,4	75,6	0,0	7,4	18,5	0,0	4,3
10–20	541,4	0,0	20,8	0,0	6,4	2676,4	101,4	0,0	3,7	2,5	0,0	0,0
20–30	493,0	0,0	19,7	0,0	7,1	2464,0	64,3	0,0	4,5	2,4	0,0	0,3
30–40	348,7	0,0	29,7	0,0	7,2	2053,9	66,6	0,0	4,7	2,5	0,0	0,0
40–50	33,3	0,0	4,2	0,0	2,7	216,1	15,1	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
50–60	2,7	0,0	7,8	0,0	3,5	78,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K24												
0–10	660,7	0,0	230,5	0,0	42,9	5131,8	25,8	0,0	26,7	0,0	0,0	0,0
10–20	499,8	0,0	162,3	0,0	27,6	5745,7	11,7	0,0	29,2	0,0	0,0	0,0
20–30	447,8	0,0	115,3	0,0	18,2	8265,9	0,5	0,0	35,3	0,0	0,0	0,0
30–40	393,8	0,0	96,7	0,0	5,6	8820,1	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0
40–50	476,5	0,0	96,1	0,0	7,8	10104,5	0,0	0,0	24,1	0,0	0,0	0,0
50–60	467,9	0,0	98,8	0,0	7,4	9845,4	0,0	0,0	27,1	0,0	0,0	0,0
K25												
0–10	595,9	0,0	116,2	0,0	20,4	2626,7	26,5	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0
10–20	386,4	0,0	98,7	0,0	21,6	1145,6	15,9	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0
20–30	115,8	0,0	91,4	0,3	10,1	46,3	6,2	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0

Tabela 7A – Teores de alguns metais na fração residual, nos solos da Península Keller

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K1												
mg kg ⁻¹												
0–10	28000	0,0	4291	0,0	30	40021	192	0,0	94	5008	97	0,0
10–20	25160	0,0	3561	0,0	30	40949	168	0,0	66	5005	94	0,0
20–30	27761	0,0	2581	0,0	28	36954	131	0,0	52	4645	98	0,0
30–40	22291	0,0	2962	0,0	22	35777	98	0,0	63	4828	101	19
K1A												
0–10	27233	0,0	4796	0,0	41	34178	139	0,0	87	4612	95	21
10–20	27302	0,0	3337	0,0	25	26911	67	0,0	59	3895	75	0,0
20–30	28064	0,0	4019	0,0	33	34182	156	0,0	100	4382	89	2
30–40	27380	0,0	4089	0,0	28	36364	151	0,0	100	4640	99	1
40–50	23648	0,0	3891	0,0	33	28085	95	0,0	67	4100	79	0,0
50–60	21019	0,0	4813	0,0	32	31678	161	0,0	65	4134	83	0,0
K2												
0–10	30141	0,0	7838	0,0	60	36274	148	0,0	83	5120	93	0,0
10–20	14593	0,0	7519	0,0	40	39273	169	0,0	49	6397	98	0,0
20–30	15096	0,0	6287	0,0	57	39877	199	0,0	26	6193	104	0,0
30–40	15455	0,0	5316	0,0	35	35852	134	0,0	25	5957	102	0,0
40–50	12866	0,0	3635	0,0	40	38192	96	0,0	34	5113	102	0,0
K3												
0–10	18031	0,0	3686	0,0	22	39203	103	0,0	40	5170	91	0,2
10–20	11592	0,0	2846	0,0	22	36245	92	0,0	6	5716	94	0,0
20–30	24075	0,0	3530	0,0	21	37431	96	0,0	36	5533	93	0,0
30–40	26174	0,0	4619	0,0	23	34526	24	0,0	41	5305	100	146
40–50	13021	0,0	2396	0,0	24	38750	0	0,0	30	4759	125	1
K4												
0–10	41943	0,0	2315	0,0	19	37712	0	0,0	53	4727	128	0,0
10–20	29834	0,0	2495	0,0	28	40074	83	0,0	54	4863	111	0,0
20–30	30904	0,0	2316	0,0	26	35332	66	0,0	58	4551	110	0,0
30–40	27239	0,0	2377	0,0	19	30807	143	0,0	72	4283	79	0,0
40–50	35816	0,0	3024	0,0	34	42292	177	0,0	99	5319	118	0,0
K5												
0–10	25089	0,0	2601	0,0	19	23912	0	0,0	37	4685	96	0,0
10–20	19955	0,0	2308	0,0	12	19437	0	0,0	17	4026	71	0,0
20–30	17763	0,0	3064	0,0	18	23060	0	0,0	34	4694	90	0,0
30–40	18974	0,0	3550	0,0	29	26314	0	0,0	50	4248	97	0,0
40–50	31513	0,0	2330	0,0	25	22566	0	0,0	24	4534	82	0,0
50–60	18226	0,0	2974	0,0	38	27704	2	0,0	27	4070	97	0,0
K6												
0–10	23848	0,0	3471	0,0	14	27778	0	0,0	48	4205	75	0,0
10–20	17380	0,0	3122	0,0	22	29221	4	0,0	36	4497	87	0,0
20–30	22838	0,0	3778	0,0	15	35224	24	0,0	62	4548	89	8
K7												
0–10	38979	0,0	5738	0,0	47	43298	60	0,0	105	5659	143	0,0
10–20	31044	0,0	7830	0,0	42	38051	117	0,0	97	5263	117	0,0
20–30	13440	0,0	8608	0,0	42	36377	190	0,0	65	5730	105	0,0
30–40	14958	0,0	4160	0,0	37	33571	45	0,0	40	5106	100	0,0
40–50	15112	0,0	12595	0,0	41	38614	273	0,0	113	5889	108	0,0
K8												
0–10	31980	0,0	2572	0,0	16	25769	12	0,0	72	4216	74	1
10–20	22756	0,0	1573	0,0	8	22713	0	0,0	54	4837	102	0,0
20–30	22227	0,0	2545	0,0	5	23636	0	0,0	99	4717	104	0,0

Continua...

Tabela 7A – Cont.,

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K9 mg kg ⁻¹												
0–10	14703	0,0	3107	0,0	4	29931	102	0,0	0	5314	72	0,0
10–20	31083	0,0	2861	0,0	34	38278	231	0,0	44	4550	91	0,0
K10												
0–10	9357	0,0	1607	0,0	29	21867	99	0,0	4	2719	58	2
10–20	18650	0,0	2984	0,0	27	19603	126	0,0	65	1713	59	1
K11												
0–10	28984	0,0	4816	0,0	23	25576	1	0,0	37	5025	86	0,0
10–20	28632	0,0	2680	0,0	31	26152	0	0,0	22	4926	93	0,0
20–30	27045	0,0	2532	0,0	28	27641	0	0,0	18	4402	87	0,0
K12												
0–10	20021	0,0	1717	0,0	34	41741	118	0,0	17	4980	119	0,0
10–20	17987	0,0	2108	0,0	30	40425	0	0,0	36	4949	129	0,0
20–30	27189	0,0	2612	0,0	38	32919	96	0,0	53	4783	124	0,0
30–40	26962	0,0	3428	0,0	31	35931	170	0,0	66	5748	117	2
K13												
0–10	34797	0,0	3609	0,0	64	43884	137	0,0	110	5603	150	0,0
10–20	30780	0,0	3432	0,0	66	44149	143	0,0	99	5676	153	7
20–30	31376	0,0	3251	0,0	68	44987	225	0,0	88	5702	172	0,0
30–40	23867	0,0	2630	0,0	66	46209	246	0,0	76	6017	191	1
40–50	30848	0,0	2796	0,0	64	43141	226	0,0	83	6015	185	14
50–60	33130	0,0	3037	0,0	71	40328	184	0,0	94	6208	186	4
K14												
0–10	27400	0,0	3838	0,0	54	47987	177	0,0	88	4721	130	72
10–20	22556	0,0	2439	0,0	45	41007	117	0,0	47	4548	130	0,0
20–30	25888	0,0	2762	0,0	55	40145	169	0,0	45	4109	136	0,0
30–40	42776	0,0	6128	0,0	68	42606	161	0,0	51	4474	141	1
40–50	22421	0,0	13530	0,0	55	36215	169	0,0	54	4063	121	0,0
K15												
0–10	26698	0,0	7057	0,0	51	49207	254	0,0	134	5288	116	6
10–20	27493	0,0	4580	0,0	65	46535	239	0,0	139	5131	120	5
20–30	21465	0,0	3282	0,0	52	37441	199	0,0	110	4232	129	0
30–40	23685	0,0	3162	0,0	50	41272	255	0,0	115	4507	134	1
50–60	23663	0,0	2366	0,0	69	49904	106	0,0	125	4261	140	0,0
K16												
0–10	21934	0,0	2565	0,0	41	27544	0	0,0	22	4330	102	0,0
10–20	18665	0,0	2353	0,0	215	38624	32	0,0	13	4300	95	0,0
20–30	24399	0,0	3064	0,0	63	28548	13	0,0	27	4086	84	0,0
30–40	25324	0,0	3093	0,0	60	32245	12	0,0	26	4081	87	1
40–50	20483	0,0	2674	0,0	77	37503	68	0,0	29	4930	109	3
50–60	18039	0,0	2141	0,0	46	29938	0	0,0	0	4514	100	0,0
60–70	27896	0,0	2209	0,0	32	29096	0	0,0	0	4197	91	0,0
k17												
0–10	24816	0,0	1946	0,0	28	24852	0	0,0	11	3787	90	0,0
10–20	23887	0,0	1948	0,0	26	29482	32	0,0	15	4439	142	0,0
20–30	25947	0,0	2204	0,0	28	19147	0	0,0	15	4115	102	0,0
30–40	12283	0,0	1808	0,0	30	21192	0	0,0	13	4436	146	0,0
40–50	12091	0,0	2640	0,0	10	22147	0	0,0	21	4557	115	0,0
50–60	26154	0,0	2434	0,0	32	24490	0	0,0	25	5777	87	0,0

Continua...

Tabela 7A – Cont.,

Perfil	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K18 mg kg⁻¹												
0–10	29477	0,0	4829	0,0	69	44507	121	0,0	114	5662	152	11
10–20	26645	0,0	5291	0,0	78	45570	149	0,0	113	5638	142	6
20–30	29440	0,0	4823	0,0	77	40714	139	0,0	95	5041	139	1
30–40	24673	0,0	4928	0,0	79	37942	145	0,0	77	4877	137	4
40–50	25868	0,0	4995	0,0	66	40282	143	0,0	81	4985	125	0,1
50–60	28698	0,0	4825	0,0	65	37970	121	0,0	84	4664	124	0,0
K19												
0–10	7264	0,0	4633	0,0	19	19099	62	0,0	53	3963	63	0,0
10–20	13868	0,0	5978	0,0	20	20998	82	0,0	91	3934	64	1
20–30	14251	0,0	5202	0,0	21	19221	53	0,0	94	3887	64	0,0
K20												
0–10	8477	0,0	3402	0,0	21	18725	93	0,0	32	2940	60	0,0
10–20	6640	0,0	2322	0,0	18	17097	98	0,0	35	2441	49	4
20–30	7305	0,0	2269	0,0	17	16832	100	0,0	38	2435	46	2
30–40	7476	0,0	2581	0,0	22	17290	105	0,0	37	2477	47	0,0
40–50	7053	0,0	2140	0,0	28	22569	145	0,0	28	2637	60	3
50–60	13890	0,0	4587	0,0	27	37781	247	0,0	65	4897	94	0,0
K21												
0–10	15786	0,0	5999	0,0	16	17390	232	0,0	107	2005	56	3
10–20	8779	0,0	4282	0,0	15	17251	212	0,0	66	2251	52	0,0
20–30	8800	0,0	4028	0,0	15	16201	177	0,0	57	2197	50	0,1
30–40	8022	0,0	4264	0,0	25	16469	201	0,0	66	2144	48	1
40–50	10023	0,0	4457	0,0	15	17964	219	0,0	64	2275	56	3
k22												
0–10	25629	0,0	6795	0,0	22	37670	270	0,0	143	5470	111	1
10–20	24717	0,0	4810	0,0	26	39932	279	0,0	135	4945	104	0,0
20–30	26529	0,0	3533	0,0	34	38654	283	0,0	98	4636	133	0,0
30–40	24870	0,0	3543	0,0	54	39673	310	0,0	97	4504	138	0,1
40–50	23075	0,0	3796	0,0	54	39109	310	0,0	99	4467	138	0,4
K23												
0–10	6030	0,0	2717	0,0	26	20915	69	0,0	19	3492	57	3
10–20	15131	0,0	5274	0,0	33	21008	85	0,0	64	3491	62	7
20–30	17642	0,0	5527	0,0	32	23028	100	0,0	68	3640	66	1
30–40	6568	0,0	3767	0,0	32	23276	113	0,0	25	3739	64	0,0
40–50	16787	0,0	5824	0,0	36	25001	129	0,0	64	3686	64	5
50–60	12696	0,0	2703	0,0	23	20285	53	0,0	41	3271	61	0,1
K24												
0–10	32321	0,0	5421	0,0	70	42683	110	0,0	215	6140	192	3
10–20	27274	0,0	3561	0,0	48	33973	0	0,0	208	5954	199	0,0
20–30	21806	0,0	2274	0,0	34	23900	0	0,0	201	5877	201	0,0
30–40	22465	0,0	1822	0,0	40	29330	0	0,0	170	6192	205	0,0
40–50	24008	0,0	2038	0,0	35	28232	0	0,0	195	6154	215	0,0
50–60	23844	0,0	2558	0,0	45	32817	0	0,0	182	6536	215	0,0
K25												
0–10	29130	0,0	5189	0,0	98	46053	141	0,0	170	5758	181	0,0
10–20	22937	0,0	6064	0,0	143	47615	233	0,0	148	5715	174	0,5
20–30	32216	0,0	7949	1,3	181	47383	463	0,0	184	5233	164	11

Tabela 8A – Teores totais de alguns metais nos solos da Península Keller

Perfil	Al	K	Na	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K1	%			mg kg ⁻¹				%	mg kg ⁻¹			%	mg kg ⁻¹	
0-10	3,5	1,4	2,1	54,5	8334	0,9	121	5,6	847	0,1	106	0,5	125	1,5
10-20	2,9	1,4	2,8	75,5	8823	0,0	111	5,4	766	0,1	80	0,5	108	1,2
20-30	3,3	1,9	2,4	47,8	12814	0,6	136	5,3	941	0,2	70	0,5	124	1,5
30-40	2,5	2,0	2,5	47,3	15422	0,0	120	4,9	636	0,0	93	0,5	116	20,8
K1A														
0-10	3,0	1,6	2,6	94,7	8023	2,3	103	4,4	764	3,8	112	0,5	101	23,1
10-20	3,0	1,7	2,1	86,3	6786	0,8	89	3,7	714	3,5	83	0,4	80	1,5
20-30	3,1	1,3	2,0	99,9	8127	1,3	104	4,4	604	3,4	127	0,5	94	3,7
30-40	3,0	2,3	2,5	112,8	9096	0,4	106	4,7	691	3,5	129	0,5	103	2,1
40-50	2,6	2,0	2,4	101,4	9413	0,0	110	3,9	627	3,3	97	0,4	83	1,4
50-60	2,4	2,1	2,4	111,1	11187	0,0	110	4,1	654	3,5	102	0,4	87	1,4
K2														
0-10	3,5	1,9	2,9	14,7	10885	0,0	124	4,9	562	0,0	101	0,6	128	0,0
10-20	1,9	1,4	2,5	23,6	11245	0,0	90	5,3	651	0,0	72	0,8	128	4,1
20-30	1,9	1,2	2,3	23,7	10224	0,0	102	5,3	593	0,0	53	0,8	134	0,0
30-40	1,9	1,8	2,4	30,4	10435	0,0	97	4,8	518	0,0	52	0,7	127	4,3
40-50	1,7	1,9	2,5	13,5	9807	0,5	128	5,2	475	0,0	65	0,6	128	15,4
K3														
0-10	2,2			176,7	6847	0,0	56	5,4	1739	0,0	52	0,5	105	0,2
10-20	1,6	2,9	3,1	229,9	5856	0,0	53	5,4	1867	0,0	14	0,6	113	0,8
20-30	2,8	2,4	3,0	231,7	6801	0,0	46	5,1	1498	0,0	45	0,6	109	0,0
30-40	3,0	2,3	3,0	275,6	7994	0,0	56	5,4	2558	0,0	50	0,6	115	146,1
40-50	1,7	2,9	3,2	398,7	6212	0,0	60	6,0	3516	0,0	41	0,5	136	1,4
K4														
0-10	4,6	3,1	3,1	30,6	4451	0,0	93	5,0	777	0,0	64	0,5	147	0,0
10-20	3,3	1,3	2,5	40,9	4864	0,0	95	5,0	650	0,0	65	0,5	126	0,0
20-30	3,4	1,7	2,6	64,4	5543	0,0	109	4,7	676	0,0	69	0,5	125	0,0
30-40	3,1	1,5	2,3	64,1	6591	0,0	117	4,3	865	0,0	85	0,4	94	0,0
40-50	3,9	1,6	2,2	59,8	7810	0,0	125	5,4	880	0,0	110	0,5	133	0,0
K5														
0-10	2,8	1,7	2,3	55,3	5335	0,0	62	3,8	333	3,5	108	0,5	99	1,7
10-20	2,3	1,8	2,1	52,5	5052	0,0	53	3,2	383	3,6	88	0,4	74	1,8
20-30	2,1	1,8	2,2	68,1	5953	0,0	75	3,6	517	3,5	93	0,5	94	1,7
30-40	2,2	2,1	2,5	116,2	7002	0,0	91	3,5	755	3,5	99	0,4	102	1,6
40-50	3,5	2,1	2,7	96,5	5780	0,0	79	3,7	316	3,6	89	0,5	85	1,7
50-60	2,1	1,7	1,9	76,9	7399	0,0	139	3,4	717	3,3	59	0,4	105	1,5
K6														
0-10	2,6	2,1	2,8	51,8	4403	0,0	51	3,7	463	3,6	89	0,4	86	1,6
10-20	2,0	2,1	2,8	70,7	4191	0,0	75	3,8	637	3,7	79	0,5	99	1,6
0-30	2,5	2,0	2,5	54,9	4598	0,2	60	4,4	459	3,6	95	0,5	96	9,1
K7														
0-10	4,3	1,5	2,4	3,3	10236	0,0	162	5,9	745	0,0	126	0,6	159	0,0
10-20**	3,4	1,8	2,5	10,3	13067	0,0	148	4,7	862	0,0	118	0,5	128	0,0
20-30	1,6	2,3	2,7	29,3	14779	0,0	140	4,4	896	0,0	84	0,6	112	0,0
30-40	1,7	2,3	2,7	28,3	14400	0,0	131	4,0	655	0,0	61	0,5	106	0,0
40-50	1,8	2,7	3,0	32,0	25909	0,0	144	4,7	946	0,0	143	0,6	116	2,3
K8														
0-10	3,5	2,7	2,9	73,6	7030	0,0	102	4,5	609	0,0	104	0,4	78	5,4
10-20	2,9	2,1	2,3	63,5	4561	0,0	64	5,2	107	0,0	68	0,5	110	3,6
20-30	2,8	1,5	1,7	72,8	5169	0,0	57	4,2	285	0,0	115	0,5	109	4,2
K9														
0-10**	2,0	1,8	2,0	65,2	6643	0,3	45	4,3	362	0,0	21	0,5	87	2,5
10-20	3,5	1,8	2,7	94,1	6576	1,6	123	5,1	1013	0,0	58	0,5	111	0,0

Continua...

Tabela 8A – Cont.,

Perfil	Al	K	Na	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn	
K10	———%———			—————mg kg ⁻¹ —————			%		———mg kg ⁻¹ ———			%		—mg kg ⁻¹ —	
0–10	1,3	3,1	3,8	0,0	4914	0,0	94	3,6	561	0,0	17	0,3	61	2,0	
10–20	2,2	3,1	3,3	2,6	4611	0,0	81	3,2	701	0,0	70	0,2	66	0,9	
K11															
0–10	3,5	3,1	3,6	73,1	9144	0,0	60	4,5	642	4,0	76	0,5	102	3,7	
10–20	3,3	1,9	2,0	109,4	5810	0,0	84	4,3	797	4,2	61	0,5	102	2,3	
20–30	3,1	2,1	2,0	156,4	5883	0,0	79	4,4	725	4,0	59	0,4	93	2,0	
K12															
0–10	2,5	2,8	2,8	119,4	6752	1,6	126	5,2	1108	0,0	30	0,5	138	0,0	
10–20	2,2	1,7	2,5	113,9	8182	0,0	122	4,8	1323	0,0	47	0,5	143	0,1	
20–30	3,1	2,4	2,9	114,8	9948	0,0	132	4,0	1585	0,0	64	0,5	136	0,0	
30–40	3,2	2,5	2,9	66,5	5740	0,0	75	4,5	445	0,0	75	0,6	138	1,6	
K13															
0–10**	4,3	2,5	2,8	58,6	6447	0,0	166	6,8	706	0,0	132	0,6	181	7,9	
10–20	3,7	1,4	2,2	76,8	5977	0,0	166	6,2	667	0,0	116	0,6	176	11,0	
20–30	3,6	1,6	2,2	86,8	6398	0,0	171	5,7	700	0,0	104	0,6	194	0,1	
30–40	2,9	1,6	2,0	92,5	6004	0,0	233	5,7	1092	0,0	93	0,6	210	1,6	
40–50	3,5	1,7	2,0	88,7	6654	0,0	197	5,2	1082	0,0	137	0,6	199	16,1	
50–60	3,9	1,9	2,3	90,5	7016	0,0	214	5,5	1245	0,0	138	0,6	204	8,1	
K14															
0–10	3,1	1,2	1,4	24,1	6592	0,0	143	5,6	678	0,0	104	0,5	142	72,0	
10–20	2,6	1,6	2,0	24,0	5967	0,0	143	4,9	588	0,0	61	0,5	141	0,0	
20–30	3,0	2,1	2,2	76,3	12152	0,0	147	4,9	903	0,0	155	0,4	148	0,0	
30–40	4,6	2,1	2,1	56,4		0,0	120	4,9	952	0,0	170	0,4	149	1,1	
40–50	2,5	1,7	1,8	82,9		0,0	101	4,2	716	0,0	403	0,4	128	0,0	
K15															
0–10**	2,9	1,9	1,8	6,0	8641	0,0	100	5,7	556	0,0	152	0,6	128	5,5	
10–20	3,1	1,2	2,3	18,6	6354	0,0	136	5,5	798	0,0	275	0,5	134	5,1	
20–30	2,5	1,5	2,4	40,6	5518	0,0	150	4,6	743	0,0	119	0,4	140	0,0	
30–40	2,8	1,6	2,3	66,6	5724	0,0	159	5,0	756	0,0	126	0,5	145	1,3	
50–60	2,6	2,2	2,8	70,6	4978	0,0	134	6,7	397	0,0	142	0,4	160	0,0	
K16															
0–10	2,4	1,1	1,5	70,0	8399	0,0	183	3,6	760	3,4	66	0,4	118	1,7	
10–20	2,1	1,4	1,5	39,8	7594	0,0	341	4,4	530	0,0	29	0,4	101	0,0	
20–30	2,7	1,6	1,7	98,7	9587	0,0	215	3,6	1292	3,5	67	0,4	93	1,7	
30–40	2,8	1,4	1,8	97,7	8839	0,0	190	3,9	881	3,6	68	0,4	96	2,6	
40–50	2,3	1,5	1,9	98,7	9689	0,0	215	4,4	1230	3,5	72	0,5	117	5,2	
50–60	2,1	1,0	1,4	100,2	8357	0,0	155	3,7	835	3,4	53	0,5	113	1,8	
60–70	3,0	1,9	1,8	90,3	10379	0,0	164	3,6	779	3,5	57	0,4	102	1,8	
K17															
0–10	2,8	1,9	1,5	60,4	9965	0,0	67	3,3	971	3,8	123	0,4	93	2,1	
10–20	2,7	1,5	1,6	36,7	11669	0,0	88	3,7	1381	3,4	162	0,4	153	2,0	
20–30	2,8	1,4	1,4	17,5	10226	0,0	78	2,6	681	3,5	117	0,4	107	1,7	
30–40	1,6	1,6	1,3	0,0	11176	0,0	119	3,4	1909	0,0	76	0,4	175	0,0	
40–50	1,6	1,4	1,4	0,0	10007	0,0	75	3,3	930	0,0	75	0,5	124	0,0	
50–60	3,0	1,3	1,2	0,0	10516	0,0	51	3,2	2222	0,0	79	0,6	88	0,0	
K18															
0–10	3,2	1,7	1,5	12,6	6928	0,0	178	5,3	581	0,0	127	0,6	167	11,4	
10–20	3,0	1,5	2,0	15,2	7638	0,0	181	5,5	680	0,0	126	0,6	159	6,5	
20–30	3,3	1,6	1,7	23,3	7671	0,0	210	5,0	652	0,0	108	0,5	157	1,3	
30–40	2,8	1,5	1,9	60,4	8368	0,0	226	4,7	639	0,0	89	0,5	152	3,5	
40–50	2,9	2,1	2,2	57,9	8650	0,0	222	5,0	584	0,0	94	0,5	144	0,1	
50–60	3,2	1,9	2,0	48,4	8688	0,0	201	4,6	589	0,0	103	0,5	142	2,7	
K19															
0–10	1,2	1,8	1,9	2,5	5634	0,0	22	4,3	198	0,0	71	0,5	84	0,0	
10–20	2,0	1,0	1,8	6,1	7001	0,0	26	4,7	218	0,0	106	0,5	90	1,3	
20–30	2,0	1,0	1,7	5,1	6371	0,0	27	4,4	216	0,0	107	0,5	90	0,0	

Continua...

Tabela 8A – Cont.,

Perfil	Al	K	Na	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Ti	V	Zn
K20	%			mg kg ⁻¹			%	mg kg ⁻¹			%	mg kg ⁻¹		
0-10	1,4	1,0	1,6	0,0	4725	0,0	68	4,7	717	0,0	44	0,3	79	2,0
10-20	1,1	0,8	1,3	0,0	3354	0,0	106	4,9	686	0,0	41	0,3	64	4,8
20-30	1,1	1,0	1,4	0,0	3288	0,0	118		424	0,0	43	0,3	61	3,2
30-40	1,1	0,8	1,4	0,0	3724	0,0	116	5,2	407	0,0	43	0,3	61	0,8
40-50	1,2	0,9	1,6	10,1	3807	0,1	116	4,4	961	0,0	35	0,3	73	2,5
50-60	2,1	0,9	1,5	27,7	6748	0,0	134	5,8	1168	0,0	75	0,5	118	0,2
K21														
0-10	1,8	1,1	1,7	0,0	6676	3,7	26	3,1	343	0,0	114	0,2	69	2,5
10-20	1,1	1,0	1,9	0,0	4719	0,1	26	3,1	327	0,0	67	0,2	65	0,0
20-30	1,1	0,9	1,8	0,0	4558	3,9	41	3,6	385	0,0	61	0,2	64	0,1
30-40	1,0	1,0	1,7	0,0	4773	2,1	46	2,9	407	0,0	68	0,2	55	1,3
40-50	1,2	1,1	2,1	0,0	5016	4,2	45	3,2	429	0,0	66	0,2	63	2,6
K22														
0-10	3,0	1,0	1,7	7,8	9134	0,0	89	5,3	603	0,0	164	0,6	127	1,0
10-20	2,8	1,0	1,7	15,8	7008	0,0	85	5,0	616	0,0	147	0,5	119	0,4
20-30	3,0	1,3	1,7	31,0	5976	0,0	151	5,2	668	0,0	110	0,5	147	0,0
30-40	2,8	1,6	1,9	36,0	6298	0,0	150	5,2	626	0,0	109	0,5	154	0,1
40-50	2,7	1,4	1,9	37,5	8180	0,0	151	5,1	577	0,0	113	0,5	155	0,4
K23														
0-10	1,4	1,7	2,0	6,1	4191	0,0	50	4,2	612	0,0	35	0,4	87	6,9
10-20	2,3	0,6	1,4	4,1	6321	0,0	49	3,8	727	0,0	73	0,5	93	6,8
20-30	2,6	1,1	1,7	4,5	6714	0,0	49	4,1	776	0,0	79	0,5	98	1,6
30-40	1,5	1,1	1,7	29,5	5330	0,0	51	4,3	646	0,0	39	0,5	107	0,0
40-50	2,3	1,1	1,6	56,6	10478	0,0	52	4,5	713	0,0	84	0,5	108	5,1
50-60	1,9	0,9	1,6	76,3	5335	0,0	71	4,1	879	0,0	56	0,4	89	1,0
K24														
0-10	3,8	0,6	1,3	5,0	8102	0,0	155	6,8	324	0,0	280	0,6	209	10,6
10-20	3,2	0,7	1,2	3,9	5792	0,0	103	6,2	114	0,0	284	0,6	215	0,0
20-30	2,7	0,8	1,2	0,6	3806	0,0	66	5,6	25	0,0	301	0,6	216	0,0
30-40	2,6	0,4	1,0	0,0	2695	0,0	51	5,8	7	0,0	201	0,6	212	0,0
40-50	2,8	0,6	1,0	0,0	2729	0,0	48	6,0	5	0,0	246	0,6	223	0,0
50-60	2,8	0,3	0,9	0,0	3269	0,0	60	6,5	6	0,0	237	0,7	225	0,0
K25														
0-10	3,6	0,3	0,7	1,5	6077	0,0	165	7,0	490	0,0	191	0,6	199	0,0
10-20	3,0	0,8	0,2	0,0	7661	0,0	226	7,1	823	0,0	166	0,6	196	0,7
20-30	3,8	0,6	1,2	2,5	9666	1,6	260	7,1	1186	0,0	197	0,6	187	11,4