

KATIA KAROLINE DELPUPO SOUZA

**GÊNESE E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS DESENVOLVIDOS EM
SEMIDESERTO POLAR - ILHA SEYMOUR, ANTÁRTICA**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2012

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

T

S731g
2012

Souza, Katia Karoline Delpupo, 1986-
Gênese e classificação de solos desenvolvidos em
semideserto polar – Ilha Seymour, Antártica / Katia Karoline
Delpupo Souza. – Viçosa, MG, 2012.
vii, 70f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexo.

Orientador: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 42-47.

1. Solos - Formação. 2. Antártida. 3. Solos criogênicos.
4. Solos - Salinidade. 5. Permafrost. 6. Mineralogia do
solo. 7. Solos - Classificação. 8. Ciência do solo.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 631.4

KATIA KAROLINE DELPUPO SOUZA

**GÊNESE E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS DESENVOLVIDOS EM
SEMIDESERTO POLAR - ILHA SEYMOUR, ANTÁRTICA**

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

APROVADA: 16 de fevereiro de 2012.

Fábio Soares de Oliveira

Raphael B. A. Fernandes

Carlos Ernesto G. Reynaud Schaefer
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À minha família, Adair, Jucélia e Gabriela, por me ensinarem que amar é dedicar-se a um objetivo, ainda que não entendido, por abdicarem de seus sonhos em favor dos meus e compreenderem minhas constantes ausências.

À minha segunda família, meus tios Henrique e Genilza, e primos, Livia, Pedro Henrique e Larah, pelo grande incentivo e carinho. Ao meu tio Henrique pela inspiração.

Aos amigos e amigas de Viçosa, Camila Rosado, JJ Leal de Souza, Leo Jackson, Natália Figueredo, Diogo Spinola, Raquel Portes, Maola Faria, Mariana Carvalho e Sabrina Simon pela amizade, apoio e ensinamentos.

As estagiárias Mayara e Lilyan pela contribuição ao trabalho, pela amizade e, principalmente por terem tornado as inúmeras horas de laboratório mais prazerosas.

Ao professor Carlos Ernesto Schaefer, pela oportunidade, confiança e eterna inspiração. Aos professores Felipe Simas, Rafael Bragança, Maurício Fontes, Liovando Costa pela ajuda sempre oportuna.

Aos laboratoristas da Geoquímica Geraldo Robésio e Mário Sergio pela presteza e amizade.

As secretárias da pós-graduação Luciana de Castro e Cláudia Gonçalves pela simpatia e eficiência.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de solos pela contribuição.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro e à Marinha do Brasil pelo apoio logístico e operacional.

Às pessoas amigas que, de alguma forma, estiveram presentes ao meu lado e colaboraram para a conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	iv
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	01
2. MATERIAL E MÉTODOS	06
2.1. A Área de estudo	06
2.2. Amostragem de solos e determinações laboratoriais	08
2.3. Classificação dos solos.....	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
3.1. Aspectos gerais	11
3.2. Solos alcalinos pouco evoluídos sobre arenitos e siltitos	24
3.3. Solos sulfatados	30
3.4. Solos ornitogênicos.....	34
4. CONCLUSÕES	40
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
6. ANEXOS	48

RESUMO

SOUZA, Katia Karoline Delpupo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2012. **Gênese e classificação de solos desenvolvidos em semideserto polar - Ilha Seymour, Antártica.** Orientador: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer. Coorientador: Felipe Nogueira Bello Simas.

Os ambientes periglaciais constituem um dos mais importantes componentes da paisagem global, principalmente no que diz respeito a processos regulatórios de água, temperatura e carbono. Processos intempéricos relacionados à ação do gelo e presença de permafrost são características peculiares desses ambientes, que englobam regiões de elevada altitude e/ou latitude por todo o planeta. Dentre os processos gerais de intemperismo e de formação de solo comuns às áreas livres de gelo da Antártica, observa-se que alguns desses processos tomam maior ou menor importância quando observados em detalhe para a formação de paisagens específicas. A ilha Seymour (Marambio) encontra-se na porção setentrional do Mar de Weddell e é formada por sedimentos originados desde o Cretáceo Superior até o Terciário Inferior, cortados por diques basálticos. Esses sedimentos são compostos por areias glauconíticas, siltes betuminosos, sulfetos e carbonatos advindos de fósseis. Os principais fatores que influenciam a pedogênese são: o clima árido e frio, favorecendo a presença de sais solúveis em abundância, a ocorrência de sedimentos ricos em sulfetos e a atividade da avifauna levando à formação de solos ornitogênicos. Nesse sentido, os objetivos desse trabalho foram descrever propriedades de solos desenvolvidos em semideserto polar da Ilha Seymour; identificar e analisar fatores e processos pedogenéticos nos diferentes pedoambientes da ilha; e classificar tais solos nos sistemas de classificação Soil Taxonomy e WRB (FAO). Foram descritos perfis de solos representativos de diferentes pedoambientes e coletados amostras dos horizontes pedogenéticos. Em amostras de terra fina seca ao ar, promoveu-se o pré-tratamento para remoção de sais solúveis; rotinas químicas e físicas como pH em água, acidez potencial ($H + Al$), extração e determinação de bases trocáveis; carbono orgânico total, condutividade

elétrica, granulometria e cor do solo seco. Os perfis foram classificados segundo a Soil Taxonomy e pelo sistema de classificação da World Reference Base for Soil Resources. A maioria dos solos apresentaram permafrost dentro da seção de controle, sendo, portanto, enquadrados como Gelisols e Cryosols pela Soil Taxonomy e WRB/FAO, respectivamente. De forma geral, apresentaram pouca crioturbação, explicada pela pouca umidade do sistema (permafrost seco). O intemperismo físico é menos atuante do que se observa na Antártica Marítima devido à diminuição da crioclastia. Da mesma forma, os solos indicam menor intemperismo químico em relação a regiões mais úmidas da Antártica, uma vez que a elevada aridez é fator limitante para o desencadeamento de reações químicas em geral. Destacamos a salinização, a fosfatização e a sulfurização como principais processos de formação de solos na ilha. Os solos são em sua maioria salinos, nátricos, eutróficos, alcalinos e com elevada CTC. De acordo com interpretação das características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas, classificação e condições ambientais específicas, os solos da Ilha Seymour foram agrupados em três grupos: solos alcalinos pouco evoluídos sobre arenitos e siltitos; solos sulfatados e solos ornitogênicos. Observou-se que a definição dos diferentes pedoambientes na ilha está intimamente ligada à diferenciação do relevo sendo este, determinante para a presença de permafrost seco ou cimentado por gelo. Outro fator determinante é a constituição do material de origem, com menor ou maior conteúdo de sulfetos, carbonatos e outros minerais. Diversos traços da paisagem sugerem uma condição paleoambiental mais úmida. Tanto a fosfatização, quanto a sulfurização são importantes fontes de acidez para esse sistema generalizadamente alcalino. Os sistemas Soil Taxonomy e WRB/FAO não possuem critérios de classificação adequados para classificar todos os solos desenvolvidos em áreas de transição climática que sejam afetados por sais, fosfatização e sulfidização.

Palavras-chave: Pedogênese; Antártica; permafrost seco; salinidade; sulfurização; oxidação de sulfetos; fosfatização; solos ornitogênicos.

ABSTRACT

SOUZA, Katia Karoline Delpupo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2012. **Genesis and classification of soils developed in polar semi desert - Seymour Island, Antarctic.** Adviser: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer. Co-adviser: Felipe Nogueira Bello Simas.

Periglacial environments constitute one of the most important components of the global landscape, especially with regards to regulatory processes of water, temperature and carbon. Weathering processes related to ice action and the presence of permafrost are peculiar characteristics of these environments, which include regions of high altitude and/or latitude around the globe. Among the general processes of weathering and soil formation common to free ice areas of Antarctica, it is observed that some of these processes take major or minor importance when they are observed in details for the formation of specific landscapes.

The Seymour Island (Marambio) is located in the Northern portion of the Weddell Sea and it is composed of sediments dating from the Late Cretaceous to the Lower Tertiary, cut by basaltic dikes. These sediments are constituted of glauconitic sands, bituminous silts, sulfides and carbonates coming from fossil.

The main factors which influence the pedogenesis are the arid and cold climates favoring the presence of soluble salts in abundance, the occurrence of sediments rich in sulfides and the bird activity leading to the formation of ornithogenic soils.

Thus, this work aimed at describing properties of soils developed on polar semi desert of Seymour Island, identifying and analyzing pedogenic factors and processes in different pedological systems of the island; and, finally, classifying such soils according to Soil Taxonomy and WRB (FAO) classification systems. It was described profiles of representative soils from different pedoambientes and collected samples of pedogenic horizons.

In samples of fine ground dried on air, it was promoted a pretreatment to remove soluble salts. It was also promoted chemical and physical routines as soil pH, potential acidity ($H + Al$), extraction and determination of exchangeable bases; the total organic carbon, electrical conductivity, particle size and dry soil color. The profiles were classified according to the *Soil Taxonomy* and the *World Reference Base for Soil Resources* classification systems.

Most of the soils showed permafrost inside the control section and, consequently, they were classified as *Gelisols* and *Cryosols* by the Soil Taxonomy and WRB/FAO, respectively. In general, they presented little cryoturbation, which is explained by the low humidity of the system (dry permafrost). The physical weathering is less active than those observed in the Antarctic Maritime due to the decreased cryoclastic. Similarly, the soils indicate lower chemical weathering compared to more humid regions of Antarctica, since the high aridity is a limiting factor for triggering chemical reactions in general. It was emphasized the salinization, phosphate and sulfurization as the main processes of soil formation on the island. The soils are mostly saline, natric, eutrophic, alkaline, and contain high CTC. According to the interpretation of the morphological, physical, chemical, mineralogical characteristics, classification and specific environmental conditions, the soils from the Seymour Island were divided into three groups. They are: immature alkaline soils on sandstones and siltstones; sulfate and ornithogenic soils. It was observed that the definition of the different pedological systems on the island is closely connected to the difference of the relief, which is decisive for the presence of permafrost dried or coated by ice. Another important factor is the constitution of the original material with lower or higher content of sulfides, carbonates and other minerals. Several features of the landscape suggest a more humid paleoenvironmental condition. Both phosphate and sulfurization are important sources of acidity for this alkaline system. The Soil Taxonomy and WRB/FAO systems do not have adequate classification criteria to classify all the soils developed in areas of climate transitions that are affected by salts, phosphate and sulphidesoxidise.

Key-words: Pedogenesis; Antarctica; dry permafrost; salinity; sulfurization; sulphide oxidation; phosphatization; ornithogenic soils.

1. INTRODUÇÃO

Os ambientes periglaciais constituem um dos mais importantes componentes da paisagem global, principalmente no que diz respeito a processos regulatórios de água, temperatura e carbono terrestre. Processos intempéricos relacionados à ação do gelo e presença de *permafrost* são características peculiares desses ambientes, que englobam regiões de elevada altitude e/ou latitude por todo planeta (FRENCH, 1987).

Em diversos ambientes periglaciais, em consequência de longos períodos de inverno intercalados por verões amenos, ocorre a formação de uma camada permanentemente congelada denominada *permafrost*. Tradicionalmente, a definição de *permafrost* tem por base a temperatura, sendo definido como solo (ou rocha) que permanece abaixo de 0°C por pelo menos dois anos consecutivos (FRENCH, 1987). A definição é, portanto, estritamente térmica, o que significa dizer que o substrato não necessita estar congelado, já que por diversos fatores, como a presença de sais solúveis, por exemplo, o ponto de congelamento da água pode ser alterado.

Os ecossistemas terrestres da Antártica constituem paisagens essencialmente periglaciais. A Antártica é o quinto maior continente do planeta com área de aproximadamente 14 milhões de km². Contém 90% do gelo do mundo e possui as mais baixas temperaturas já registradas no planeta (CAMPBELL, CLARIDGE, 1987). Exerce influência marcante no hemisfério sul, na atmosfera global e nos sistemas criosféricos, por sua altitude e posição geográfica (UGOLINI, BOCKHEIM, 2008). A formação de solo na Antártica está restrita a menos de 0,35% do continente (45.000 km²), abrangendo áreas livres de gelo localizadas na costa e nos vales glaciais secos entre as montanhas transantárticas (CAMPBELL, CLARIDGE, 1987; BOCKHEIM, 1997).

O clima é um dos fatores mais importantes para a formação de solos na Antártica, pois influencia a quantidade de água disponível no perfil, o que irá determinar a gênese dos solos (CAMPBELL, CLARIDGE, 1987), a presença de *permafrost* e profundidade da camada ativa (FRENCH, 2001), além da ocorrência e tipo de vegetação (ELLENBERG, 1988).

O permafrost tem demonstrado ser altamente suscetível a alterações climáticas (OSTERKAMP, 2003), sobretudo quando em distribuição descontínua. O clima influencia o estado do permafrost, a espessura da camada ativa, a vegetação e as propriedades do solo de forma que estes componentes ambientais interagem via mecanismos complexos, afetando os processos pedogenéticos.

Embora os processos de intemperismo físico sejam dominantes na Antártica, há também evidência de intemperismo químico e sua atuação tem sido um importante tema de pesquisa. As conclusões mais consensuais sobre a formação do solo na Antártica são de que os processos químicos de intemperismo funcionam apenas de forma limitada e que a desintegração da rocha e formação do solo é provocada em grande parte por processos físicos (CAMPBELL, CLARIDGE, 1987), embora Simas et al. (2007) tenham sugerido uma atuação mais forte do intemperismo químico que o previsto na região da Antártica Marítima, especialmente nos solos tiomórficos e nos ornitogênicos.

Dentre os processos gerais de intemperismo e de formação de solo comuns às áreas livres de gelo da Antártica, observa-se que alguns desses processos tomam maior ou menor importância quando observados em detalhe para a formação de paisagens específicas. Para a área em estudo neste trabalho - Ilha Seymour - os principais processos que influenciam a gênese dos solos são: a presença de sais solúveis em abundância, a ocorrência de solos sulfatados ligados aos sedimentos marinhos ricos em sulfeto e a fosfatização para a formação de solos ornitogênicos (TATUR et al., 1993).

A Península Antártica é considerada uma área de transição climática entre a Antártica Marítima e a Antártica Continental. A primeira é mais úmida e quente devido aos ventos úmidos que descem do Oceano Atlântico e Oceano Pacífico, que por sua vez perdem quase toda essa umidade antes de atravessar a Península Antártica. A segunda possui temperaturas mais severas (abaixo de zero durante todo o ano) e, portanto, quase ausência de precipitação, constituindo um deserto polar (CAMPBELL, CLARIDGE, 1987). Ecossistemas terrestres da Península Antártica são, portanto, áreas de grande influência de processos típicos de regiões semidesérticas (como a

salinização), mas podem possuir água suficiente no sistema para desencadear processos intempéricos e pedogenéticos. Os solos da Antártica Peninsular mostram muitas semelhanças com solos de desertos em outras partes do mundo (CLARIDGE, CAMPBELL, 1968; 1982).

Os sais em solução nas rochas e solos na Antártica podem incrementar o intemperismo de duas formas - fisicamente ou quimicamente. Para Campbell e Claridge (1987), a ação física do sal no intemperismo de rochas e solo se dá pela exposição de rochas e fragmentos ao ar devido à pressão exercida pela cristalização de sal a partir de soluções confinadas em poros e pequenas fraturas. Segundo Wellman e Wilson (1965) e Cooke e Smalley (1968), esse processo é similar ao intemperismo imposto pelo gelo, no qual o crescimento dos cristais de gelo exerce pressão suficiente para separar grãos de minerais ou fragmentos de rocha.

A presença de sais solúveis em água no solo é essencial para o desencadeamento de processos de intemperismo químico, que não é possível prosseguir sem umidade. Apesar da pouca umidade disponível na Antártida, soluções concentradas de sal podem permanecer descongeladas e, assim, o intemperismo químico e o movimento de íons podem ocorrer dentro de fendas e na superfície das rochas aparentemente secas (CAMPBELL e CLARIDGE, 1987).

A formação de solos ácidos derivados de sedimentos contendo sulfetos ocorre através do processo de sulfurização, quando materiais que contenham sulfetos são expostos a condições oxidantes (DENT, 1986; FANNING, FANNING, 1989; FERREIRA et al., 2007a,b). A oxidação dos sulfetos depende da presença de oxigênio, sendo as reações catalisadas por bactérias. Na ausência de carbonatos, o pH extremamente ácido (<3,5) desenvolvido no solo, induz à intemperização dos silicatos, com a liberação de Al e a formação de jarosita $[KFe_3(SO_4)_2(OH)_6]$ visível na forma de mosqueados de coloração amarelo pálido ou placas brunadas (KITTRICK et al., 1982). Por outro lado, havendo mistura de soluções de sulfato ácido contendo alumínio dissolvido com as águas de pH elevado tamponadas com carbonatos, formam-se sulfatos de Al, análogos à jarosita, como a alunita $[KAl_3(SO_4)_2(OH)_6]$ em pH > 5,0 (BIGHAM, NORDSTROM, 2000).

Em ecossistemas terrestres da Antártica, a deposição de material orgânico pelas aves marinhas impulsiona o intemperismo químico e acentua a formação de solo. A ocorrência de avifauna favorece a biodiversidade e a disponibilidade de nutrientes em alguns locais, proporcionando a formação de solos ornitogênicos (UGOLINI, 1970; UGOLINI, 1972; TATUR, 1989; TATUR et al., 1997; MICHEL et al., 2006; SIMAS et al., 2007a). Além dos pinguins, outras aves como as skuas, petréis e gaivotões também contribuem para o processo de ornitogênese.

Com o degelo e consequente elevação glacio-isostática durante o Holoceno, um grande número de pinguineiras foram abandonadas e novas se desenvolveram nos terraços recentemente expostos mais próximos da costa emergentes e em afloramentos rochosos (TATUR et al., 1997). Na sequência, esses sítios abandonados foram cobertos pela vegetação e sujeitos aos processos pedogenéticos. Nessas áreas de ex-colônias da avifauna evoluiu um determinado tipo de solo criogênico, provisoriamente classificado como Criossolos Ornitogênicos, com base em atributos físico-químicos peculiares relacionados à acumulação de excrementos de aves e de transformação desses sítios em lugares de nidificação ao longo da costa antártica (TATUR, 1997; SIMAS et al., 2007a).

Solos Ornitogênicos são geralmente caracterizadas por baixo valores de pH, teores elevados de P (SIMAS et al., 2004 apontam teores chegando a 4150 mg/dm³ em sub-superfície), alta disponibilidade de Al³⁺, e variável, mas geralmente elevada quantidade de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ trocáveis (SCHAEFER et al., 2004; MICHEL et al., 2006; SIMAS et al., 2007). Além disso, nas áreas mais antigas são utilizados nutrientes acumulados em fosfatos secundários de ferro e alumínio. Nestas áreas, a vegetação também apresenta maiores teores de magnésio, cálcio e ferro em seus tecidos (TATUR, MYRCHA, 1993).

Apesar de sua limitada distribuição geográfica, os solos ornitogênicos são os mais desenvolvidos e os mais importantes reservatórios de C orgânico de ecossistemas terrestres da Antártica (SIMAS et al., 2007b). A compreensão dos fenômenos físicos e químicos, da dinâmica da matéria orgânica e dos ciclos biogeoquímicos nas áreas polares apresenta especial relevância para a preservação desses ambientes e para um melhor

entendimento da pedogênese em ambientes de extremo frio (MICHEL et al., 2006).

As regiões polares são consideradas sistemas muito sensíveis para se estudar os impactos do clima, pois seus componentes abióticos (WELLER, 1998) e bióticos (HODKINSON et al., 1998) são altamente suscetíveis a perturbações. As zonas polares de ambos os hemisférios tem sido muito referenciadas como regiões-chave para a avaliação e monitorização dos impactos das alterações climáticas. Mudanças mais evidentes e mais rápidas são esperadas nas áreas polares e as primeiras provas disto já têm sido relatadas no Ártico e na Península Antártica (CONVEY, 2001; COOK et al., 2005; TURNER et al., 2005). Devido à sensibilidade do ambiente antártico as variações climáticas, a avaliação do comportamento do degelo dos permafrost é de grande valia para elucidar os possíveis impactos que o aquecimento global pode trazer ao planeta.

Os estudos pedológicos envolvendo atributos morfológicos, químicos, físicos e mineralógicos fornecem importantes informações a nível local, permitindo compreender melhor o funcionamento dos ecossistemas. Assim, através desses estudos são identificadas condições ambientais locais específicas importantes para o conhecimento dos solos em nível mais amplo (SCHAEFER et al., 2000).

Os objetivos desse trabalho foram descrever propriedades de solos desenvolvidos em semideserto polar da Ilha Seymour; identificar e analisar fatores e processos pedogenéticos envolvidos na formação dos diferentes pedoambientes da ilha; e classificar tais solos nos sistemas de classificação Soil Taxonomy e WRB (FAO).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. A área de estudo

A ilha Seymour (Marambio) está localizada na porção setentrional do Mar de Weddell, nas coordenadas geográficas $56^{\circ}43'$ (longitude oeste) e $64^{\circ}14'$ (latitude sul) (Figura 1), sendo parte do denominado grupo de ilhas de James Ross. Está situada a 100 km a sudeste do extremo norte da Península Antártica, no Mar de Weddell. Apresenta dimensões aproximadas de 18,5 km no sentido NE-SO (Cabo Lamas-Cabo Wiman) e 8,5 km de largura máxima no sentido NO-SE entre o Cabo Bodman e a Ponta Pinguim (NOZAL et al., 2007).

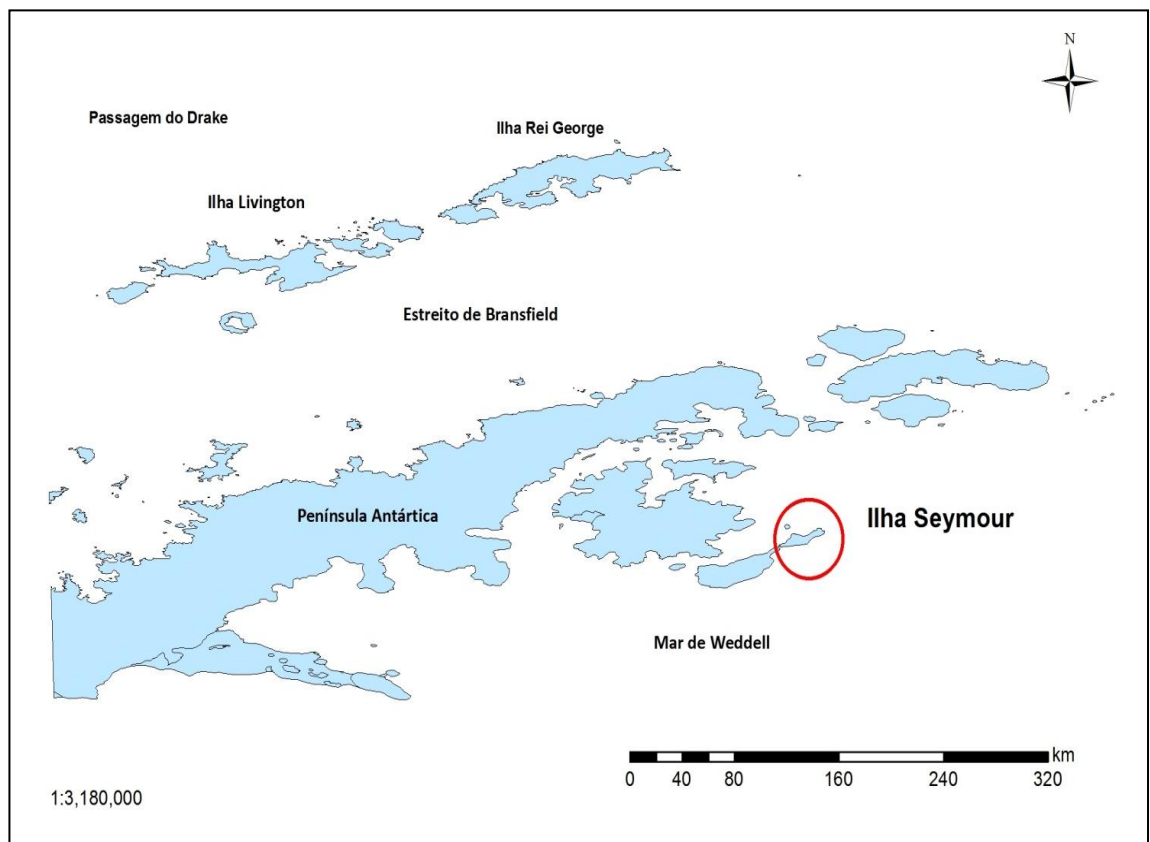


Figura 1: Localização da Ilha Seymour no contexto da Antártica Marítima e Península Antártica

A ilha é formada por sedimentos originados do Cretáceo Superior ao Terciário Inferior, cortados por diques basálticos (ZINSMEISTER, 1982;

ELLIOT, TRAUTMAN 1982; SADLER, 1988) (Figura 2). Ao Paleógeno pertencem: Formação Sobral, Formação Cross Valley e Formação La Meseta. Essa três formações apresentam-se como sedimentos arenosos, frequentemente areias glauconíticas, intercalados de siltitos betuminosos e argilitos contendo sulfetos. Concreções carbonáticas de diversas formas são predominantes em vários níveis de rochas do Paleógeno, particularmente nos fósseis da formação La Meseta. Já a formação López de Bertodano é dominada por sedimentos arenossiltosos mais soltos do Cretáceo (maciços somente na base) (MACELLARI, 1988). Esses sedimentos são geralmente mais homogêneos e de maior densidade quando intemperizados devido ao menor conteúdo de betume e sulfetos.

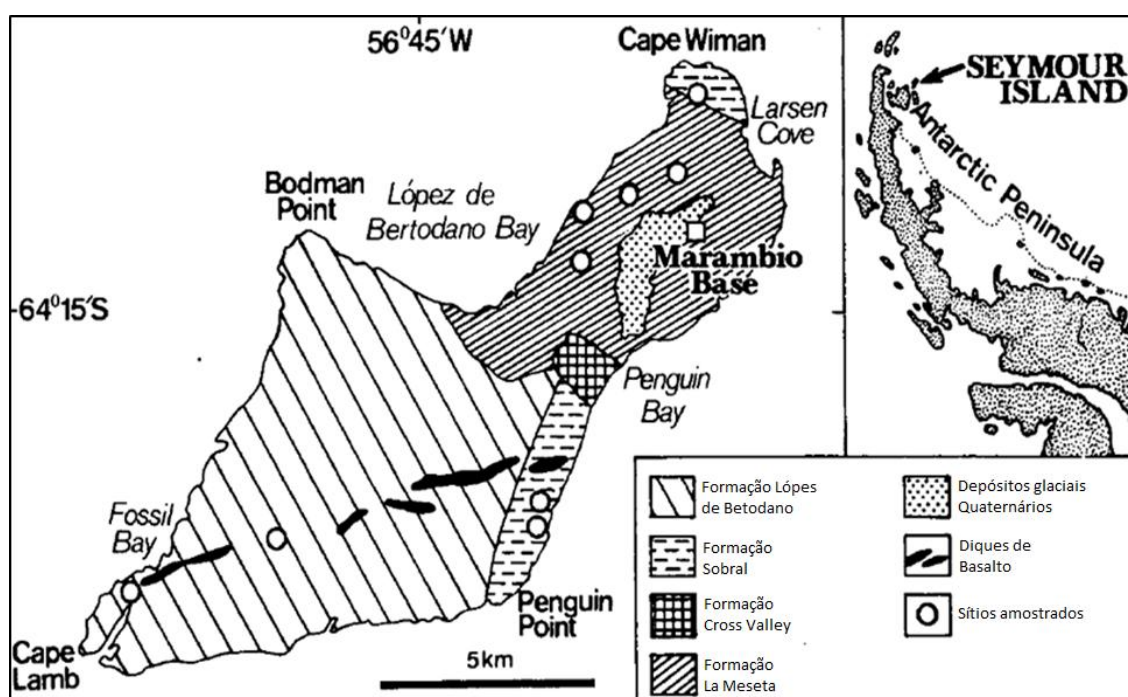


Figura 2. Geologia da Ilha Seymour.
Fonte. Tatur et al. (1993).

O sistema hídrico superficial é composto por pequenos canais de drenagem de regime intermitente, ativos somente durante o verão, que vertem das bacias superiores ao Mar de Weddell. A atividade dos cursos d'água é variável até dentro da mesma estação, dependendo fortemente das condições meteorológicas (SILVA BUSSO et.al., 2000; SILVA BUSSO, 2004).

O clima da ilha é subpolar, semiárido, com temperaturas médias anuais que oscilam entre -5°C e -10°C (REYNOLDS, 1981). Sob o ponto de vista morfodinâmico, a ilha se encontra em ambiente periglacial, sujeita, portanto, a processos ligados ao congelamento e descongelamento (NOZAL et al., 2007). Possui permafrost com espessuras entre 180-200 cm e temperaturas do solo menores que -5°C (FUKUDA et al., 1992). Durante o inverno, o solo fica coberto de neve e congelado até a superfície, porém, durante o verão a superfície do terreno se funde, constituindo a camada ativa. Geralmente este descongelamento estacional começa em novembro, coincidindo com o derretimento das acumulações de neve do inverno, estendendo-se até o final de fevereiro. A espessura da camada ativa é muito variável, tendo sua máxima profundidade nas vertentes suaves do norte e noroeste e nas rampas dos terraços marinhos (ERMOLIN, DE ANGELIS, 2002).

A superfície da ilha Seymour é quase completamente desprovida de vegetação. Há pouquíssima acumulação de matéria orgânica nos solos em processo atual de formação. No entanto, compostos betuminosos herdados do substrato rochoso podem ocorrer em mantos de intemperismo, relativos a condições de formação geogênicas pretéritas (NOZAL et al., 2007).

2.2. Amostragem de solos e determinações laboratoriais

O levantamento exploratório dos solos na Ilha Seymour foi realizado entre 19 de fevereiro e 02 de março de 2011, durante a OPERANTAR XXIX.

Foram coletados vinte e um (21) perfis distribuídos pelos diferentes substratos da ilha, representativos dos distintos pedoambientes. As coletas e descrições morfológicas foram realizadas a partir de adaptações de Bockheim et al. (2006). As amostras de solo foram destorroadas, secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm para a obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). As análises físicas, químicas e mineralógicas foram realizadas nos Laboratórios do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa. A saber: Laboratório de Rotina de Solos, Laboratório de Física do Solo, Laboratório de Geoquímica, Laboratório de Fertilidade do Solo, Laboratório

de Absorção Atômica, Laboratório de Elementos Traços e Laboratório de Mineralogia do Solo.

Foi promovido o pré-tratamento para remoção de sais solúveis das amostras utilizando álcool hidratado (1:5), segundo Richards (1954). A textura foi determinada conforme Embrapa (1997), porém, com uso de agitação lenta conforme indicações de Ruiz (2005a-b). A cor do solo seco foi determinada utilizando caderneta de Munsell (1994). A condutividade elétrica foi determinada no extrato aquoso na relação 1:5 (RICHARDS, 1954) e posteriormente corrigida com fator de correção em função da granulometria do solo, segundo indicações de Slavich e Petterson (1993).

O pH do solo (em água) e os teores de cátions trocáveis foram determinados conforme procedimentos indicados pela Embrapa (1997). Para extração de fósforo, sódio e potássio disponíveis, foi utilizado HCl 0,5 mol.L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol.L⁻¹ (Mehlich - 1), na proporção 1:10, sendo o fósforo determinado espectrofotometricamente e o sódio e potássio por fotometria de emissão de chama. A dosagem de cálcio e magnésio foi realizada por espectroscopia de absorção atômica e alumínio trocável por titulometria após a extração com KCl 1 mol.L⁻¹ na relação 1:10. A acidez potencial (H + Al) foi determinada por titulometria após extração com Ca(CH₃COO₂) 0,5 mol L⁻¹ na relação 1:10 a pH 7,0 (EMBRAPA, 1997). O fósforo remanescente (P- rem) foi obtido em amostra de TFSA com CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, contendo 60 mg/ml de P, na relação solo:extrator de 1:10 segundo Alvarez e Fonseca (1990) e, determinado nos extratos segundo Murphy e Riley (1962). O carbono orgânico total (COT) foi determinado por oxidação via úmida de acordo com o método proposto por Yeomans e Bremner (1988).

A caracterização mineralógica das frações argila e areia foi realizada por difratometria de raios-X utilizando lâminas em pó analisadas em difratômetro RigakuRadiationShield. Utilizou-se radiação de Co K α , no intervalo entre 4 a 70°2 θ a 1 passo s⁻¹, com tensão de 40 kV e corrente de 30 mA. Foram realizados tratamentos químicos diferenciais nas argilas, saturando-as com Mg, Mg e glicerol, K a temperatura ambiente, K a 350°C e K a 550°C (MEHRA & JACKSON, 1960). Os picos dos minerais foram identificados nos difratogramas de raios-X a partir de tabelas propostas por Chen (1977).

2.3. Classificação dos solos

Os perfis foram classificados segundo a *Soil Taxonomy* (SOIL SURVEY STAFF, 2010), doravante denominada (SSS, 2010) e pelo sistema de classificação da *World Reference Base for Soil Resources*(WRB) (IUSS WORKING GROUP WRB, 2006), doravante denominada (IUSS, 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Aspectos gerais

Dos vinte e um perfis coletados, dezenove possuem permafrost dentro dos 100 cm, sendo, portanto, enquadrados como *Gelisols* pela Soil Taxonomy (SSS, 2010) e *Cryosols* pela *World Reference Base for Soil Resources*(WRB) (IUSS, 2006). Outros dois perfis não possuem permafrost dentro da seção de controle devido a pouca profundidade, sendo, por outro lado, classificados como *Entisols* e *Leptosol*, segundo os mesmos sistemas de classificação, respectivamente (Tabela 1). As características morfológicas e classificação, atributos físicos e químicos aqui discutidos estão nas Tabelas 1, 2 e 4.

Devido a seu atual contexto climático, a Ilha Seymour possui diversas características que favorecem acumulação de sais, em forma de horizontes salinos, crostas salinas e também de forma generalizada no perfil. Os valores de condutividade elétrica (CE) indicam que a maioria dos solos da ilha possui caráter *salic* (SSS, 2010; IUSS, 2006). O sódio é o principal íon acumulado conferindo à maioria dos solos estudados elevados índices de saturação por sódio (ISNa) e, conseqüentemente, caráter *natric* (SSS, 2010; IUSS, 2006).

Apenas os perfis P1, P6, P15, P17 e P19 e os perfis P6, P9, P11 e P21 não possuem teores suficientes para serem *salic* e *natric*, respectivamente. Isso está ligado a condições específicas de melhor drenagem nesses perfis. Ainda assim, todos eles possuem valores de CE e ISNa bastante elevados, indicando a influência generalizada da salinidade sobre as características físico-químicas dos solos da ilha. Possuem ainda saturação por bases acima de 50% (eutróficos), com argilas de atividade alta pH elevado, com baixa atividade de alumínio (Tabela 4).

Tabela 1. Características gerais dos diferentes perfis analisados.

Perfil	Altitude ¹	Posição Geográfica ²	Descrição Geral	Classificação	
				Soil Taxonomy	WRB/FAO
MP1	8 m	512735 Oeste 2874368 Sul	Siltito e Arenito da formação Lopes de Bertodano. Terraço marinho dissecado. Evidência de oxidação em superfície. Estrutura pequena granular e média blocos subangulares. Permafrost seco a 60 cm.	TypicAnhyorthels	Aridic-HaplicCryosol
MP2	36 m	512733 Oeste 2874058 Sul	Siltito e Arenito da formação Lopes de Bertodano. Superfície de crioplaneação. Dissecção em nível intermediário. Evidência de oxidação em superfície. Estrutura semelhante à P1, porém, menos desenvolvida. Permafrost seco de 40 a 80 cm. Abaixo de 80 cm com gelo intersticial.	SalicAnhyorthels	Aridic-SalicCryosol
MP3	60 m	513358 Oeste 2873800 Sul	Parte mais elevada da Formação Lopes de Bertodano. Permafrost a 60 cm duro, com água e crosta de gelo.	SalicPsammorthels	Arenic-SalicCryosol
MP4	101 m	514708 Oeste 2872993 Sul	Solo desenvolvido de saprolito de basalto em dique de basalto, com características ândicas. Permafrost da 40-50 cm.	SulfuricAquorthels	Oxyaquic-SalicCryosol
MP5	30 m	514335 Oeste 2873173 Sul	Solo coletado em fundo de vale em transição para o terraço, sobre sedimentos fluviais em deserto polar. Solo com forte gradiente térmico e com padrões poligonais. Presença de fósseis em pequenos montes (rochacidade). Permafrost a 45-50 cm cimentado por gelo.	SalicAquithurbels	Oxyaquic-SalicCryosol
MP6	103 m	516288 Oeste 2874476 Sul	Perfil em rampa na base da Formação La Meseta (Submeseta). Rampa de solifluxão com canais ativos próximos. Dissecção em ravinas que destrói nível de pedimentação em clima mais seco anterior. Matriz arenosa com tilito com rochas variadíssimas (quartzito, granito, gnaisse, xisto verde). Permafrost seco a 120 cm.	TypicPsammorthels	Arenic-SkeletalCryosol
MP7	34 m	515289 Oeste 2873537 Sul	Perfil coletado em canais de degelo sobre sedimentos basálticos. Solo cromado e cimentado por gelo em campo de solos poligonais. Antiga planície fluvial. Permafrost cimentado por gelo a 42 cm.	SulfuricAquithurbels	Oxyaquic-SalicCryosol
MP8	8 m	514948 Oeste 2870235 Sul	Perfil coletado em terraço marinho soerguido com pinguineira em nível de ocupação subatual. Substrato com areias glauconíticas sem interação com a fosfatização superficial. Permafrost seco a 120 cm.	"Ornithogenic" Salic Aquorthels ⁴	Ornithic-OxyaquicCryosol
MP9	109 m	514564 Oeste 2869769 Sul	Perfil coletado em encosta íngreme sobre sedimentos rasos de arenito. Fracamente nidificado. Sem permafrost dentro da seção de controle.	LithicPsammaquents	Lithic-ArenoLeptosol
MP10	48 m	514662 Oeste 2869749 Sul	Perfil coletado em nível mais alto de soerguimento da pinguineira sobre arenitos tifáceos - face Mar de Weddell. Fosfatização rasa sobre a rocha. Fosfatização nas fraturas. Matéria orgânica iluvial e puramente derivada de Prasiola ou dejetos. Cimentado por crosta de Prasiola. Estrutura composta. Sem permafrost dentro da seção de controle.	"Ornithogenic" Lithic Psammaquents ⁴	Ornithic-LithicLeptosol
MP11	22 m	514730 Oeste 2869898 Sul	Perfil coletado em paleoninhal de pinguineira sobre areias glauconíticas com pirita. Fraca ocupação atual, sugerindo ocupação pretérita bem maior. Fraca interação do guano com areia glauconítica do substrato. Permafrost seco a 80-100 cm.	"Ornithogenic" Salic Aquorthels ⁴	Ornithic-OxyaquicCryosol

¹Nível Médio do Mar; ²Coordenada UTM, fuso 21S datum WGS 84, ⁴Os termos entre aspas indicam nomenclatura não existente na Soil Taxonomy.

Tabela 1. Características gerais dos diferentes perfis analisados - Continuação.

Perfil	Altitude ¹	Posição Geográfica ²	Descrição Geral	Classificação	
				Soil Taxonomy	WRB/FAO
MP12	3 m	514970 Oeste 2870014 Sul	Perfil coletado em terraço marinho soerguido com pinguineira sobre areias glauconíticas. Ornitogênese profunda no terraço marinho soerguido frontal com sais no perfil até 85 cm. O solo representa o sítio mais fortemente ocupado no passado. Fraca interação do material fosfático com as areias glauconíticas do substrato. Permafrost a 120 cm com água intersticial.	“Ornithogenic” Salic Aquorthels ⁴	Ornithic-OxyaquicCryosol
MP13			Perfil coletado em deserto polar sobre arenito intercalado com Siltito. Estrutura composta em A. Crosta de sais fina e ablação eólica forte na paisagem. Cimentação fraca em A. Permafrost a 120 cm com água intersticial.	Salic Haplorthels	Salic-HaplicCryosol
MP14	3 m	513946 Oeste 2874440 Sul	Perfil coletado na saída de sedimentos aluviais da Formação Cross Valley (estuário) acima da maré mais alta. Estrutura em C1 geogênica derivada do siltito quebrado. Permafrost úmido a 120 cm.	SalicAquorthel	Oxyaquic-SalicCryosol
MP15	13 m	514698 Oeste 2875137 Sul	Solo coletados canal fluvioglacial sobre arenito com lentes siltito. Solo com forte ablação eólica e permafrost em processo de degelação e colapso. Presença de lamelas de oxidação a 20 cm. Crosta salina em microdepressões. Permafrost a 70-80 cm com água intersticial.	GlacicAnhyorthels	Aridic-GlacicCryosol
MP16	207 m	516662 Oeste 2874377 Sul	Perfil coletado no meio do platô da Formação La Meseta. Sobre sedimentos conglomerados da mesma formação. Estrutura composta em Bi, BC1 e C2 fracamente cimentados. Permafrost a 40 cm.	SalicPsammorthel	Arenic-SalicCryosol
MP17	194 m	516740 Oeste 2873988 Sul	Perfil coletado borda do platô da Formação La Meseta, em escarpa abaixo da Formação Mar de Weddell. Estrutura composta em A2, AB e Bi. Permafrost a 40-45 cm.	TypicPsammorthel	Arenic-HaplicCryosol
MP18	43 m	512062 Oeste 2874548 Sul	Perfil coletado em canal de degelo sobre colina da Formação Lopes de Bertodano. Horizonte A fracamente cimentado. Presença de lamelas (C1 e C2) superficiais. Solo muito oxidado. Possíveis lentes de material betuminoso. Horizonte com características de gleização. Muito cromado. Zonas oxidadas no entorno. Permafrost a 45-60 cm cimentado por gelo.	SulfuricAquorthel	Oxyaquic-SalicCryosol
MP19	78 m	511761 Oeste 2874510 Sul	Perfil coletado sobre sedimentos da Formação Lopes de Bertodano. C1 e C2 fortemente cimentados (permafrost). Formação de sais próximo aos clastos. Material pouquíssimo denso. Horizonte A mais desenvolvido que os descritos até então. Feições de oxidação de 100 a 50 cm sobre a matriz gleizada. Perfil apresenta forte bicromia de 10 cm até a base, com núcleos de oxidação formando lamelas. Área com início de formação de solos com padrões. Gradiente de gleização da superfície para a base do perfil. Indício de crioturbação de 30-60 cm (40 cm) pelo arredondamento dos clastos. Indícios de oxidação dentro do permafrost indicando ser um permafrost fóssil. Permafrost duro a 70 cm cimentado por gelo.	SulfuricAquiturbel	Oxyaquic-TurbiCryosol
MP20	49 m	515107 Oeste 2873741 Sul	Solo coletado sobre sedimentos da Formação Sobral. Presença de tufo e material sedimentar fóssil. Cimentação carbonática de C1 a C3. Solo com bicromia acentuada. Presença de núcleos de material betuminoso. Permafrost seco a 50 cm.	SalicAnhyorthel	Aridic-SalicCryosol
MP21	120 m	516013 Oeste 2873145 Sul	Solos desenvolvidos sobre paleoregolito. Horizonte A com arenito silicificado acima do campo de solos com padrões. Permafrost seco a 120 cm.	“Sulfuric” Anhyorthels ⁴	Gypsic-SalicCryosol

¹Nível Médio do Mar; ²Coordenada UTM, fuso 21S datum WGS 84, ⁴Os termos entre aspas indicam nomenclatura não existente na Soil Taxonomy.

Ao contrário do observado na Antártica Marítima por Michel et al. (2006), Simas et al. (2008) e Francelino et al. (2011), os solos da ilha apresentam poucos sinais de crioturbação. Esse fato está ligado à condição climática que a ilha experimenta (mais frio e seco), o que impede abundância de água livre no sistema e, conseqüentemente, pequena expressividade dos perfis com permafrost cimentado por gelo (Tabela 1). Segundo Ferrians et al. (1969), a camada de solo que permanece abaixo de 0°C por mais de dois anos consecutivos e, no entanto, não possui umidade suficiente para cimentar o material é chamado de permafrost seco.

Uma das poucas características associadas ao processo de crioturbação é a presença de solos com padrões nas áreas dos perfis P5, P7 e P19. Mesmos nesses perfis, feições típicas desse processo não foram observadas tal como descrevem Bockheim e Tarnocai (1998), Tarnocai et al. (2004), Michel et al. (2006), Simas et al. (2008) e Francelino et al. (2011).

Outros perfis possuem permafrost com pouca água intersticial, insuficiente para caracterizar cimentação por gelo, sem apresentar feições típicas de crioclastia (Figura 3). Somente poucos perfis são de fato *icecemented*, com a presença de água no perfil atrelada à sua posição na paisagem (áreas de acumulação), como os perfis P5 e P14.



Figura 3. Perfis P5 e P14, representativos das áreas de acumulação de água.

Os limites dos teores mínimos de umidade presentes em um perfil necessários para que este comece a apresentar feições de crioturbação é de difícil delimitação (BOCKHEIM, TARNOCAI, 1998). As feições de solos com padrões (perfis P5, P7 e P19) são incompatíveis com seus teores de umidade atual, sendo tais feições associadas a períodos anteriores quando a ilha experimentou condições mais úmidas e talvez, menos frias (FUKUDA et al., 1992; DUTRA, 2004).

A manutenção atual de feições de crioturbação advindas de condições paleoambientais é possível graças ao pouco dinamismo da paisagem da Ilha Seymour, quando comparada à Antártica Marítima, onde os processos superficiais são muito mais ativos. Observou-se que a maioria dos solos desenvolvem-se da alteração *in situ* dos sedimentos. Tal situação contrasta com o observado por Simas et al. (2008), que identificou solos desenvolvidos sobre material heterogêneo influenciado por diversas litologias. Outro processo associado à presença de água são as rampas de solifluxão encontrados nas bordas do Platô da Formação La Meseta. Nesta área, o sedimento é pobremente consolidado, composto por muitos fragmentos grosseiros e heterogêneos, o que permite um rápido movimento lateral da massa de solo/sedimento como resultado de seu descongelamento (OSTROUMOV, 1989).

Um fator de fundamental importância para o desencadeamento de intemperismo e evolução da paisagem na ilha é o vento. Segundo Campbell e Claridge (1987), o vento é reconhecidamente um dos mais importantes agentes intempéricos da Antártica. Na ilha o vento participa do transporte, seleção, arredondamento, polimento e redistribuição de materiais de diversos tamanhos, desde finos grãos de argila, até partículas de areia e cascalho. Duas áreas em particular relacionam-se com estas funções intempéricas do vento: o pavimento desértico formado na área do P4 e o campo de montículos resistentes à abrasão causada pelo vento do P13 (Figura 4). Nesta mesma área do P13, o vento contribui também para criação de zonas de ablação eólica.



Figura 4. Residuais de erosão com feições eólicas

Além disso, o vento é reconhecido como um dos fatores limitantes para o estabelecimento da vegetação na ilha. Pequenos campos de musgos, com no máximo dois metros de extensão são encontrados associados a reentrâncias no relevo, em acumulações de água e protegido contra a ação dos ventos. Corroborando isso, os valores de carbono orgânico total são muito baixos (Tabela 3), até mesmos para solos ornitogênicos, por conta do baixíssimo aporte de carbono atual.

O vento atua também como limitante para acumulação e formação de crostas salinas na superfície do solo (Figura 5). A ação do vento, portanto, representa uma das mais importantes forças erosivas na ilha. Isso porque a erosão periglacial é muito limitada pelo seu contexto climático, restringindo-se ao entalhe promovido pelo derretimento da neve (nichos de nivação). Apesar de apresentar formas erosivas bastante evoluídas, como *asbadlands*, essa evolução se relaciona muito mais à forte erodibilidade natural do terreno do que ao dinamismo dos processos erosivos superficiais.



Figura 5. Perfil P15 recoberto por crosta salina e área de coleta do perfil.

Os perfis foram coletados tentando representar, além de outros aspectos, o gradiente topográfico da ilha. Foram realizadas coletas desde o mais baixo, a 3 metros de altitude, nos terraços marinhos atual e subatual, até a cota de 207 metros, na parte mais elevada da ilha, passando pelos diferentes níveis altitudinais. Observou-se, que a altimetria não é um fator que determina a gênese dos diferentes pedoambientes. O material de origem e a pedoforma são variáveis muito mais significativas.

Os solos da ilha de forma geral apresentaram-se mais profundos que os observados por Michel et al. (2006), Simas et al. (2008) e Francelino et al. (2011) na Antártica Marítima (Tabela 2). No entanto, tais profundidades não estão necessariamente ligadas ao maior grau de desenvolvimento pedológico, mas sim à natureza do material de origem sedimentar marinho, fracamente consolidado. Além disso, como já mencionado, a paisagem da ilha é bastante estável, de ponto de vista morfodinâmico.

Tabela 2. Cor e textura dos perfis analisados

Horizonte	Profundida de (cm)	Cor de Munsell (Solo Seco)		¹AG ²AF Silte			Argila	Classificação Textural
				dag.kg⁻¹				
P1 - Typic Anhyorthels³ / Aridic-Haplic Cryosol⁴								
A	0-12	2.5Y 4/3	Olive brown	0	46	26	28	Franco-Argilo-Arenosa
AB	12-20	2.5Y 4/4	Olive brown	12	35	29	24	Franco
Bi	20-42	2.5Y 4/4	Olive brown	4	32	32	32	Franco-Argilosa
BC	42-58	2.5Y 5/3	Light olivebrown	1	48	28	23	Franco
Cr	58-90	2.5Y 5/2	Grayishbrown	0	57	27	16	Franco-Arenosa
P2 - Salic Anhyorthels³ / Aridic-Salic Cryosol⁴								
A	0-12	2.5Y 4/4	Olive brown	0	43	40	17	Franco
AB	12-20	2.5Y 5/4	Light olivebrown	0	48	39	13	Franco
Bi	20-42	2.5Y 4/4	Olive brown	0	60	29	11	Franco-Arenosa
BC	42-50	2.5Y 4/3	Olive brown	0	63	36	1	Franco-Arenosa
Cr	50-90	2.5Y 5/1	Gray	1	50	32	17	Franco
P3 - Salic Psammorthels³ / Arenic-Salic Cryosol⁴								
A	0-10	2.5Y 4/3	Olive brown	13	43	24	20	Franco-Arenosa
Bi	10-30	2.5Y 4/2	Darkgreyishbrown	14	43	29	14	Franco-Arenosa
Bi2	30-50	2.5Y 5/1	Gray	16	44	27	13	Franco-Arenosa
CR	50-120	5Y 4/1	Darkgray	1	59	28	12	Franco-Arenosa
P4 - Sulfuric Aquorthels³ / Oxyaquic-Salic Cryosol⁴								
A	0-5	2.5Y 5/2	Grayishbrown	1	54	24	21	Franco-Argilo-Arenosa
AC	5-35	5Y 4/3	Olive	1	58	39	2	Franco-Arenosa
C1	35-40	5Y 5/2	Olive gray	1	43	25	31	Franco-Argilosa
C2g	40-55	5Y 5/2	Olive gray	1	18	23	58	Argila
Cg	55-88	5Y 5/2	Olive gray	1	51	44	4	Franco-Arenosa
P5 - Salic Aquiturbels³ / Oxyaquic-Salic Cryosol⁴								
A	0-6	5Y 4/2	Olive gray	1	37	37	25	Franco
ACg	6-20	5Y 4/3	Olive	1	45	34	20	Franco
Cg1	20-50	5Y 4/1	Darkgray	1	49	37	13	Franco
Cg2	50-70	5Y 4/1	Darkgray	1	47	39	13	Franco
P6 - Typic Psammorthels³ / Arenic-Skeletal Cryosol⁴								
A	0-5	5Y 5/4	Olive	7	35	31	27	Franco-Argilosa
AC1	5-20	5Y 4/4	Olive	12	32	31	25	Franco
C2	20-40	5Y 6/4	Paleolive	16	29	36	19	Franco
C3	40-60	5Y 6/3	Paleolive	22	33	32	13	Franco-Arenosa
C4	60-80	5Y 6/3	Paleolive	24	35	29	12	Franco-Arenosa
C5	80-100	5Y 6/3	Paleolive	25	35	27	13	Franco-Arenosa
P7 - Sulfuric Aquiturbels³ / Oxyaquic-Salic Cryosol⁴								
A	0-8	5Y 5/2	Olive gray	31	12	34	23	Franco
C1	8-38	10YR 6/8	Brownishyellow	33	12	29	26	Franco
C2	38-60	5Y 6/2	Light olivegray	55	10	34	1	Franco-Arenosa
P8 - "Ornithogenic" Salic Aquorthels³,⁵ / Ornithic-Oxyaquic Cryosol⁴								
A1	0-3	10YR 5/4	Yellowishbrown	9	60	16	15	Franco-Arenosa
A3	8-20	10YR 5/4	Yellowishbrown	11	62	15	12	Franco-Arenosa
C1	40-60	2.5Y 5/3	Light olivebrown	5	73	21	1	Areia-Franca
C2	60-80	2.5Y 6/4	Light yellowishbrown	2	74	12	12	Franco-Arenosa
C3	80-100	2.5Y 6/4	Light yellowishbrown	2	75	9	14	Franco-Arenosa
P9 - Lithic Psammaquents³ / Lithic-Areno Leptosol⁴								
AC	0-2	5Y 6/2	Light olivegray	42	44	7	7	Areia-Franca
C	2-20	5Y 6/2	Light olivegray	71	19	7	3	Areia
P10 - "Ornithogenic" Lithic Psammaquents³,⁵ / Ornithic-Lithic Leptosol⁴								
A1F	0-5	10YR 6/4	Light yellowishbrown	26	44	18	12	Franco-Arenosa
A2F	5-15	5Y 5/1	Gray	44	38	10	8	Franco-Arenosa
C/R	15-40	5Y 6/3	Paleolive	67	18	13	2	Areia-Franca
C	40-70	5Y 6/3	Paleolive	17	62	19	2	Areia-Franca
P11 - "Ornithogenic" Salic Aquorthels³,⁵ / Ornithic-Oxyaquic Cryosol⁴								
A1	0-3	2.5Y 6/3	Light yellowishbrown	11	70	12	7	Areia-Franca
A2	3-12	2.5Y 5/3	Light olivebrown	9	71	12	8	Areia-Franca
A3	12-25	2.5Y 6/3	Light yellowishbrown	13	72	13	2	Areia-Franca
C1	40-80	8/5G	Palegreen	5	74	7	14	Franco-Arenosa
C2	80-100	10YR 6/8	Brownishyellow	31	49	14	6	Areia-Franca

¹Areia Grossa; ²Areia fina; ³Classificação pela Soil Taxonomy; ⁴Classificação pela WRB/FAO;⁵Termos entre aspas indicam nomenclatura não existente na Soil Taxonomy.

Tabela 2: Cor e textura dos perfis analisados - Continuação

Horizonte	Profundida de (cm)	Cor de Munsell (Solo Seco)		¹ AG	² AF	Silte	Argila	Classificação Textural
dag.kg ⁻¹								
P12 - "Ornithogenic" Salic Aquorthels ^{3,5} / Ornithic-Oxyaquic Cryosol ⁴								
A1	0-3	10YR 4/3	Brown	14	65	9	12	Franco-Arenosa
A2	3-15	10YR 4/3	Brown	14	62	11	13	Franco-Arenosa
A3	15-50	2.5Y 5/2	Grayishbrown	16	68	9	7	Areia-Franca
A4	50-85	2.5Y 6/3	Light yellowishbrown	14	72	8	6	Areia-Franca
C2	85-120	2.5Y 6/3	Light yellowishbrown	12	73	9	6	Areia-Franca
P13 - Salic Haplorthels ³ / Salic-Haplic Cryosol ⁴								
A	0-3	2.5Y 6/3	Light yellowishbrown	1	52	23	24	Franco-Argilo-Arenosa
AC	3-9	2.5Y 6/2	Light brownishgray	0	76	12	12	Franco-Arenosa
C1	9-60	2.5Y 6/3	Light yellowishbrown	6	47	28	19	Franco
C2	60-120	2.5Y 5/3	Light olivebrown	4	33	40	23	Franco
P14 - Salic Aquorthel ³ / Oxyaquic-Salic Cryosol ⁴								
A	0-5	2.5Y 5/4	Light olivebrown	2	37	35	26	Franco
CR	30-60	2.5Y 5/2	Grayishbrown	0	17	53	30	Franco-Argilo-Siltosa
Cg	60-80	2.5Y 4/2	Darkgrayishbrown	1	30	47	22	Franco
P15 - Glacic Anhyorthels ³ /Aridic-Glacic Cryosol ⁴								
A1	0-3	2.5Y 5/3	Light olivebrown	4	49	22	22	Franco-Argilo-Arenosa
A1	3-8	2.5Y 5/4	Light olivebrown	10	62	16	12	Franco-Arenosa
AC	8-20/30	2.5Y 5/4	Light olivebrown	27	43	19	11	Franco-Arenosa
C1	20/30-60	2.5Y 5/3	Light olivebrown	1	44	31	24	Franco
2C2	60-100	2.5Y 5/2	Grayishbrown	1	34	43	22	Franco
P16 - Salic Psammorthel ³ / Arenic-Salic Cryosol ⁴								
A1	0-3	5Y 5/2	Olive gray	8	38	31	23	Franco
A2	3-15/20	5Y 6/2	Light olivegray	7	36	35	22	Franco-Argilo-Arenosa
Bi	15/20-27/30	5Y 7/1	Light gray	6	39	39	16	Franco-Arenosa
BC1	27/30-35/40	5Y 7/1	Light gray	9	39	50	2	Franco-Arenosa
C2	35/40-45	5Y 6/2	Light olivegray	11	40	48	1	Franco
C3	45-80	5Y 6/2	Light olivegray	7	37	43	13	Franco
P17 - Typic Psammorthel ³ / Arenic-Haplic Cryosol ⁴								
A1	0-3	5Y 6/2	Light olivegray	6	44	33	17	Franco
Bi	30-45	5Y 6/2	Light olivegray	6	38	41	15	Franco
BC	45-70	5Y 6/2	Light olivegray	5	40	36	19	Franco
P18 - Sulfuric Aquorthel ³ / Oxyaquic-Salic Cryosol ⁴								
A1	0-3	2.5Y 5/3	Light olivebrown	1	52	33	14	Franco-Arenosa
AC	3-8/10	2.5Y 6/4	Light yellowishbrown	0	53	31	16	Franco-Arenosa
C1	8/10-55/66	2.5Y 6/3	Light yellowishbrown	0	65	26	9	Franco-Arenosa
C2	55/66-100	2.5Y 5/1	Gray	0	64	25	11	Franco-Arenosa
P19 - Sulfuric Aquiturbel ³ / Oxyaquic-Turbi Cryosol ⁴								
A1	0-5	2.5Y 5/3	Light olivebrown	0	62	22	16	Franco-Arenosa
A2	5-10/15	2.5Y 4/3	Olive brown	0	56	29	15	Franco-Arenosa
CA	10/15-30/35	2.5Y 5/3	Light olivebrown	0	69	29	2	Franco-Arenosa
C1	30/35-55/60	2.5Y 6/3	Light yellowishbrown	0	71	28	1	Franco-Arenosa
C2	55/60-100	2.5Y 6/3	Light yellowishbrown	1	66	32	1	Franco-Arenosa
P20 - Salic Anhyorthel ³ / Aridic-Salic Cryosol ⁴								
A1	0-3	2.5Y 6/3	Light yellowishbrown	28	12	30	30	Franco-Argilosa
A2	3-8	2.5Y 6/3	Light yellowishbrown	24	15	30	31	Franco-Argilosa
Cc	8-18/20	2.5Y 6/3	Light yellowishbrown	33	9	27	31	Franco-Argilosa
C2	18/20-50	2.5Y 6/4	Light yellowishbrown	40	9	27	24	Franco-Argilo-Arenosa
C3	50-70	2.5Y 6/4	Light yellowishbrown	32	10	28	30	Franco-Argilosa
P21 - "Sulfuric" Anhyorthels ^{3,5} / Gypsiric-Salic Crtoyosol ⁴								
A	0-50/55	2.5Y 6/4	Light yellowishbrown	25	53	11	11	Franco-Arenosa
Cr1	50/55-70/75	2.5Y 6/4	Light yellowishbrown	12	57	29	2	Franco-Arenosa
Cr2	70/75-120	2.5Y 6/2	Light brownishgray	31	29	22	18	Franco-Arenosa

¹Areia Grossa; ²Areia fina; ³Classificação pela Soil Taxonomy; ⁴Classificação pela WRB/FAO;

⁵Termos entre aspas indicam nomenclatura não existente na Soil Taxonomy.

Em função da natureza pelítica/psamítica dos sedimentos, há pouca expressividade de solos com caráter esquelético, característica recorrente na Antártica Marítima onde predominam rochas ígneas (vulcânicas)

(MICHEL et al., 2006; SIMAS et al., 2008; FRANCELENO et al., 2011). Apenas o perfil P6 apresenta mais que 40% de material grosseiro dentro dos 100 cm de profundidade (Figura 5), isso porque se desenvolve sobre uma matriz arenosa com tilito com rochas variadas (quartzito, granito, gnaiss, xisto verde).

Os solos da ilha apresentam, de forma geral, textura grosseira (Tabela 2), tendo a TFSA composta principalmente por areia, seguida por silte (textura franco-arenosa). Existem poucos horizontes argilosos, ora herdados de lamelas argilosas do substrato, ora ligados a maior expressão do intemperismo químico, com formação de argila. Portanto, a composição granulométrica dos solos da ilha está intimamente relacionada a pouca modificação do material de origem composto basicamente por arenitos e siltitos intercalados por argilas ricas em sulfetos (ZINSMEISTER, 1982; ELLIOT, TRAUTMAN, 1982; SADLER, 1988; MACELLARI, 1988).



Figura 5: Perfil P6 esquelético

A diferenciação entre horizontes é comumente clara a gradual, e plana a ondulada. Nestes casos, os horizontes pedogenéticos acompanham a diferenciação das camadas sedimentares dada pela orientação do próprio sedimento (Figura 6). Outro fator de diferenciação entre os horizontes é a oscilação de potencial de oxirredução. Por vezes, o permafrost, por estar parcialmente cimentado, impede a difusão de oxigênio, restringindo a oxidação à superfície (Figura 6), onde a existência de oxigênio livre e microrganismos oxidam compostos de ferro e enxofre reduzidos (TATUR et

al., 1993). Existem ainda perfis com pouca diferenciação entre horizontes (Figura 6). Nestes casos, existem duas explicações: (1) O material de origem não possui suficiente conteúdo sulfetos ou compostos passíveis de oxidação; (2) e/ou o perfil possui permafrost seco, não tendo, portanto, flutuação acentuada no nível de umidade dentro do perfil.

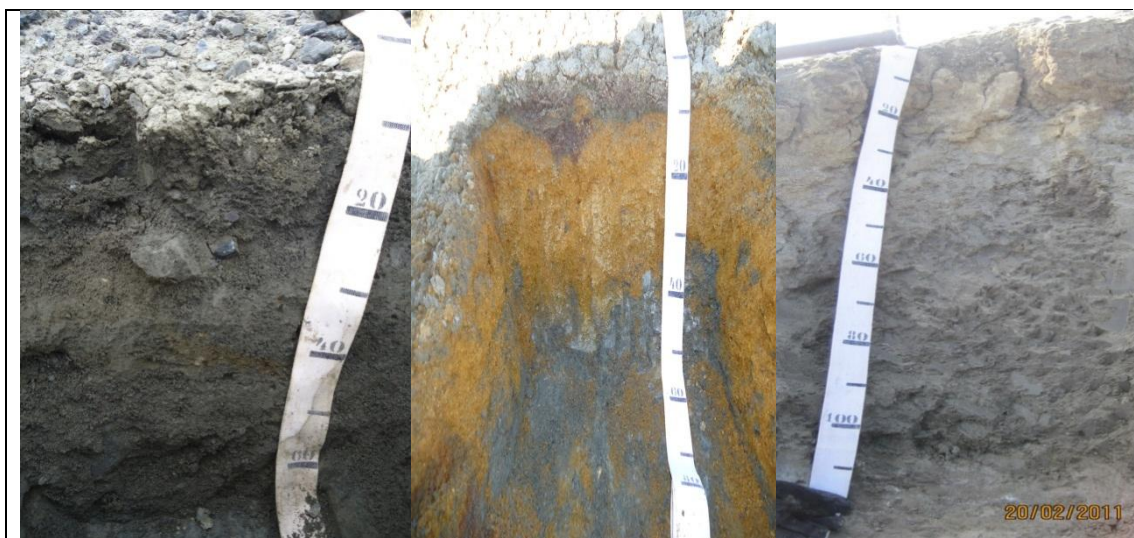


Figura 6: Formas de diferenciação entre horizontes. Perfil P16, à esquerda, com diferenciação entre horizontes ligada aos estratos do sedimento; Perfil P7, no centro, com clara diferenciação entre horizontes devido a compostos passíveis de oxidação e; Perfil P3, à direita, com pouca diferenciação entre horizontes.

Os solos da Ilha Seymour são, em sua maioria, oxidados e cromados, principalmente em superfície (Tabela 2). Essa característica está relacionada à já mencionada oxidação generalizada de camadas de material rico em sulfetos e também aos horizontes fosfatizados. As cores mais alaranjadas e cromadas nos solos associados a forte oxidação de sulfetos já foram reportados por Michel et al. (2006), Simas et al. (2008), Francelino et al. (2011) e Lelis de Souza et al (2012) na Antártica Marítima.

De acordo com interpretação integrada das características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas, classificação e condições ambientais específicas, os solos da Ilha Seymour foram agrupados em três grupos principais de solos: solos alcalinos pouco evoluídos sobre arenitos e siltitos; solos sulfatados e solos ornitogênicos. As informações gerais sobre atributos morfológicos, físicos e químicos dos solos estudados estão nas

Tabelas 1, 2 e 4. Fotos de perfis representativos de cada grupo estão apresentadas na Figura 7. A Tabela 3 sumariza algumas das características químicas e físicas mais relevantes para a delimitação dos grupos de solos da ilha, bem como apresenta as médias dessas variáveis e seus respectivos desvios-padrão.

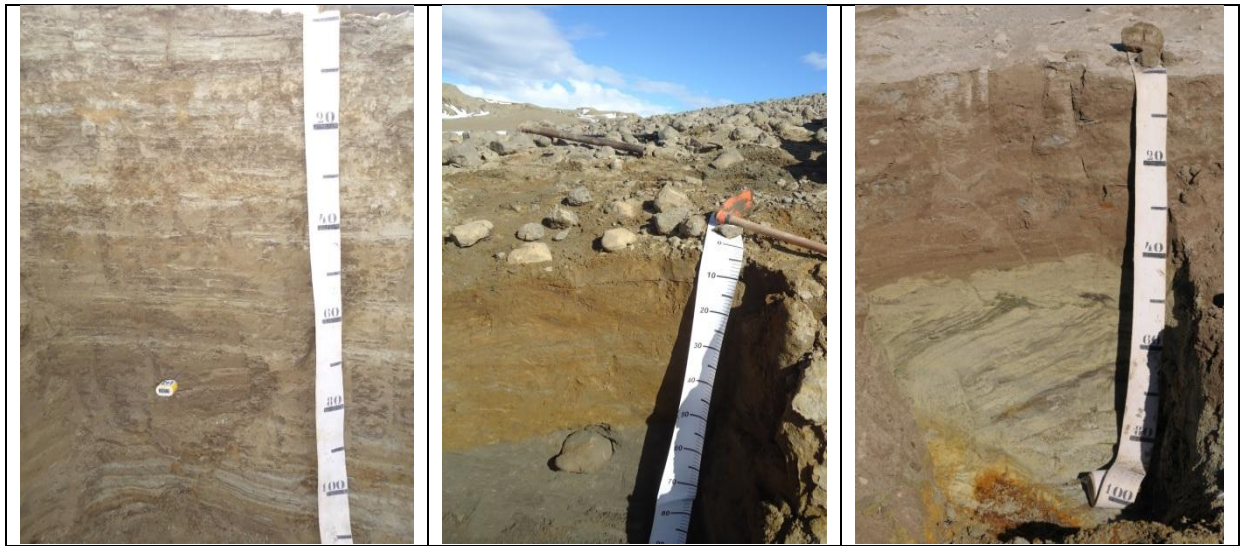


Figura 7: Fotos de perfis representativos de cada grupo de solos. À esquerda, solos alcalinos pouco evoluídos sobre arenitos e siltitos; no centro, solos sulfatados e; à direita, solos ornitogênicos.

Tabela 3: Médias e desvios-padrão de alguns atributos químicos e físicos por grupo de solos

pH	² P	³ Na	³ K	³ Ca ²⁺	³ Mg ²⁺	³ Al ³⁺	⁴ H+Al	⁵ t	⁶ T	⁸ ISNa	⁹ CE	¹⁰ Ar + Sil
H ₂ O	mg.dm ⁻³	cmolc.dm ⁻³								%	dS.m	dag.kg ⁻¹
SOLOS ALCALINOS POUCO EVOLUÍDOS SOBRE ARENITOS E SILTITOS - 45 amostras												
8,3 ± 0,93	71,9 ± 43,81	8,85± 7,95	0,90 ± 0,57	6,97 ± 3,20	6,99 ± 3,40	0,00 ± 0,01	0,26 ± 0,36	23,35 ± 9,63	23,61 ± 9,60	32,55 ± 18,81	20,68 ± 19,93	49,17 ± 13,46
SOLOS SULFATADOS - 26 amostras												
5,49 ± 1,96	50,28 ± 74,56	7,20 ± 5,11	0,17 ± 0,24	9,54 ± 6,55	8,08 ± 3,65	3,35 ± 5,51	7,50 ± 9,33	28,34 ± 11,50	32,49 ± 13,69	24,90 ± 15,79	8,02 ± 13,45	45,55 ± 12,25
SOLOS ORNITOGENICOS - ZONA DE FOSFATIZAÇÃO ¹¹ - 12 amostras												
6,65 ± 0,94	1805,35 ± 357,05	4,94 ± 3,65	2,99± 1,63	36,98 ± 45,87	3,56 ± 1,53	0,17 ± 0,28	6,14 ± 2,30	48,64 ± 41,77	129,61 ± 282,96	22,81 ± 20,08	6,00 ± 3,12	20,83 ± 5,66
SOLOS ORNITOGENICOS - ZONA DE SULFURIZAÇÃO ¹² - 7 amostras												
5,84 ± 1,64	66,15 ± 56,23	0,92 ± 0,18	1,24± 0,59	18,54 ± 24,33	1,61 ± 1,07	0,25 ± 0,36	2,98 ± 2,15	22,57 ± 24,34	25,31 ± 23,05	8,41 ± 6,00	3,14 ± 0,69	20,85 ± 2,69

¹Número de amostras consideradas; ²Extraído com melich-1; ³Cátions trocáveis; ⁴Extraído com acetato de cálcio 0,5 mol.L⁻¹ à pH 7,0; ⁵Capacidade de troca catiônica efetiva; ⁶Capacidade de troca catiônica potencial; ⁷Saturação por bases; ⁸Índice de saturação por sódio; ⁹Condutividade elétrica; ¹⁰Argila + Silte; ¹¹Horizontes com elevados teores de P indicando influência da fosfatização; ¹²Horizontes com baixos teores de P indicando não ter sofrido influência da fosfatização.

3.2. Solos alcalinos pouco evoluídos sobre arenitos e siltitos

Constitui o principal grupo de solos da ilha, composto pelos perfis P1, P2, P3, P6, P9, P13, P14, P15, P16 e P20. Ao contrário dos demais solos, estes não expressam características marcantes de modificação do substrato sobre o qual se desenvolvem, sendo, portanto, considerados pouco evoluídos pedogeneticamente. Isso se dá devido a fatores ambientais locais e a própria natureza do substrato.

A morfologia destes solos conserva as características dos sedimentos dos quais se originam (Tabela 1). A variação de cores acompanha a variação encontrada nos sedimentos, constituindo de forma geral, solos menos cromados que os outros grupos da ilha (Tabela 2). Observa-se, por outro lado, a presença de lamelas de oxidação em pequenas áreas dentro do perfil onde compostos passíveis de oxidação foram expostos ao oxigênio da atmosfera. Tais lamelas sugerem feições geogênicas, pois já existiam no sedimento original, e foram pouco alterados.

Constituem solos desde arenosos até esqueléticos (P6), como observado na Tabela 02. São profundos (comumente maior que 100 cm), como pouca diferenciação entre os horizontes, com estrutura composta, geralmente geogênica e não apresentam feições de crioturbação (Tabela 2). Revelam assim, características compatíveis de outras regiões frias e secas na Antártica, típicas de deserto polar (BOCKHEIM, 1997).

São solos com teores bastante elevados de bases trocáveis, principalmente Na e K, e com menor expressividade de Ca^{2+} e Mg^{2+} . Todos os solos desse grupo apresentam pH elevado, geralmente acima de 7,50, chegando próximo a 10,0 (Tabela 4). Essa alcalinidade é resultado da acumulação de sais e neutralização de possíveis fontes de acidez (sulfatos) no perfil, observados pelos altos teores de bases trocáveis e pelos valores de acidez (pH , Al^{3+} , e $\text{H} + \text{Al}$), respectivamente. Possuem argilas de atividade alta, são eutróficos e, apesar de alguns não serem propriamente *salic* e *natric*, todos possuem significativos valores de CE e ISNa (Tabela 4).

Tabela 4: Caracterização química dos solos analisados

Hor	Prof. (cm)	¹ pH	² P mg.dm ⁻³	² K	² Na	³ Ca	³ Mg	³ Al cmolc.dm ⁻³	⁴ H+Al	⁵ SB	⁶ t	⁷ T	⁸ V	⁹ m %	¹⁰ ISNA	¹¹ COT dag.kg	¹² CE dS.m
P1 - Typic Anhyorthels ¹⁴ / Aridic-Haplic Cryosol ¹⁵																	
A	0-12	8,12	68,30	0,53	5,29	9,17	5,77	0,00	0,00	20,76	20,76	20,76	100,00	0,00	25,49	0,98	11,50
AB	12-20	8,55	57,50	0,44	3,23	6,52	4,02	0,00	0,00	14,21	14,21	14,21	100,00	0,00	22,76	0,39	6,37
Bi	20-42	5,60	26,60	0,38	3,23	5,66	4,89	0,10	1,60	14,16	14,26	15,76	89,80	0,70	22,68	0,78	4,39
BC	42-58	7,78	51,90	0,53	4,21	5,25	2,22	0,00	0,00	12,21	12,21	12,21	100,00	0,00	34,47	0,91	7,70
Cr	58-90	8,06	50,70	0,54	6,81	4,68	7,60	0,00	0,20	19,63	19,63	19,83	99,00	0,00	34,68	1,63	20,24
P2 - Salic Anhyorthels ¹⁴ / Aridic-Salic Cryosol ¹⁵																	
A	0-12	8,29	0,90	0,33	10,38	7,51	5,95	0,00	0,00	24,17	24,17	24,17	100,00	0,00	42,95	0,65	35,63
AB	12-20	8,82	0,60	0,34	3,88	4,52	4,46	0,00	0,00	13,20	13,20	13,20	100,00	0,00	29,42	0,39	11,21
Bi	20-42	8,32	0,70	0,18	2,15	4,67	4,85	0,00	0,00	11,85	11,85	11,85	100,00	0,00	18,15	0,39	9,03
BC	42-50	5,96	27,80	0,29	1,28	14,86	6,32	0,00	1,30	22,75	22,75	24,05	94,60	0,00	5,65	0,52	24,51
Cr	50-90	8,67	81,90	0,46	6,16	3,99	6,59	0,00	0,00	17,20	17,20	17,20	100,00	0,00	35,80	0,13	18,72
P3 - Salic Psammorthels ¹⁴ / Arenic-Salic Cryosol ¹⁵																	
A	0-10	5,45	38,80	5,45	38,80	7,13	8,07	0,00	1,00	29,29	29,29	30,29	96,70	0,00	46,54	0,39	41,04
Bi	10-30	5,75	37,80	5,75	37,80	7,12	7,35	0,00	1,30	23,82	23,82	25,12	94,80	0,00	37,22	0,65	22,80
Bi2	30-50	9,27	68,90	9,27	68,90	3,82	4,03	0,00	0,00	23,10	23,10	23,10	100,00	0,00	63,70	0,98	18,81
CR	50-120	9,45	69,90	9,45	69,90	4,22	3,57	0,00	0,00	28,03	28,03	28,03	100,00	0,00	70,27	0,33	26,79
P4 - Sulfuric Aquorthels ¹⁴ / Oxyaquic-Salic Cryosol ¹⁵																	
A	0-5	5,09	24,20	5,09	24,20	4,67	10,06	0,29	3,20	27,98	28,27	31,18	89,70	1,00	46,69	0,33	4,46
AC	5-35	7,14	27,90	7,14	27,90	25,14	9,87	0,00	0,20	43,81	43,81	44,01	99,50	0,00	19,99	0,65	4,14
C1	35-40	3,27	53,80	3,27	53,80	2,46	12,09	6,24	15,00	23,49	29,73	38,49	61,00	21,00	29,82	1,30	3,36
C2g	40-55	3,10	57,70	3,10	57,70	5,10	15,40	12,59	27,20	32,76	45,35	59,96	54,60	27,80	26,95	0,65	4,75
Cg	55-88	3,59	21,50	3,59	21,50	19,64	10,71	6,73	14,20	40,86	47,59	55,06	74,20	14,10	22,04	0,65	4,94
P5 - Salic Aquiturbels ¹⁴ / Oxyaquic-Salic Cryosol ¹⁵																	
A	0-6	4,88	34,20	4,88	34,20	11,35	5,50	0,20	3,20	28,92	29,12	32,12	90,00	0,70	40,49	0,52	36,01
ACg	6-20	4,32	25,10	4,32	25,10	3,90	6,13	0,49	5,20	20,62	21,11	25,82	79,90	2,30	49,69	0,65	25,46
C1	20-50	6,06	110,30	6,06	110,30	1,86	9,71	0,00	0,50	28,04	28,04	28,54	98,20	0,00	57,50	0,33	46,74
C2g	50-70	8,10	97,10	8,10	97,10	3,44	12,49	0,00	0,50	30,94	30,94	31,44	98,40	0,00	47,39	1,43	45,32
P6 - Typic Psammorthels ¹⁴ / Arenic-Skeletal Cryosol ¹⁵																	
A	0-5	8,40	33,30	8,40	33,30	13,60	6,21	0,00	0,20	23,17	23,17	23,37	99,10	0,00	12,99	0,78	4,09
AC	5-20	9,05	86,80	9,05	86,80	14,97	6,16	0,00	0,30	24,17	24,17	24,47	98,80	0,00	11,10	0,52	3,14
C2	20-40	8,88	83,70	8,88	83,70	11,16	4,20	0,00	0,50	17,86	17,86	18,36	97,30	0,00	11,97	0,39	3,42
C3	40-60	8,93	91,70	8,93	91,70	10,61	3,99	0,00	0,20	17,04	17,04	17,24	98,80	0,00	12,54	0,52	3,52
C4	60-80	8,88	7,80	8,88	7,80	11,36	3,88	0,00	0,20	17,46	17,46	17,66	98,90	0,00	10,99	0,39	3,80
C5	80-100	8,83	207,70	8,83	207,70	10,46	3,43	0,00	0,20	16,47	16,47	16,67	98,80	0,00	13,64	0,52	4,18

¹Em água; ²Extraído com melich-1; ³Cátions trocáveis; ⁴Extraído com acetato de cálcio 0,5 mol.L⁻¹ à pH 7,0; ⁵Soma de bases; ⁶Capacidade de troca catiônica efetiva; ⁷Capacidade de troca catiônica potencial; ⁸Saturação por bases; ⁹Saturação por alumínio; ¹⁰Índice de saturação por sódio; ¹¹Carbono orgânico total; ¹²Condutividade elétrica; ¹³Fósforo remanescente; ¹⁴Classificação pela Soil Taxonomy; ¹⁵Classificação pela WRB/FAO.

Tabela 3: Caracterização química dos solos analisados - Continuação

Hor	Prof. (cm)	¹ pH	² P mg.dm ⁻³	² K	² Na	³ Ca	³ Mg	³ Al	⁴ H+Al	⁵ SB	⁶ t	⁷ T	⁸ V	⁹ m %	¹⁰ ISNA	¹¹ COT dag.kg	¹² CE dS.m
P7 - Sulfuric Aquiturbels ¹⁴ / Oxyaquic-Salic Cryosol ¹⁵																	
A	0-8	8,99	7,70	8,99	7,70	14,86	13,42	0,00	0,20	41,67	41,67	41,87	99,50	0,00	31,27	0,65	0,46
C	8-38	3,67	8,30	3,67	8,30	2,13	7,15	21,56	35,30	20,35	41,91	55,65	36,60	51,40	25,11	0,26	1,38
C2	38-60	7,49	22,20	7,49	22,20	23,29	8,89	0,00	1,00	47,76	47,76	48,76	97,90	0,00	32,07	1,04	5,05
P8 - "Ornithogenic" Salic Aquorthels ^{14,16} / Ornithic-Oxyaquic Cryosol ¹⁵																	
A1	0-3	7,01	1927,70	7,01	1927,70	0,42	5,06	0,00	9,80	22,16	22,16	31,96	69,30	0,00	50,44	9,78	12,15
A3	8-20	7,34	1984,60	7,34	1984,60	1,94	6,75	0,00	4,70	18,70	18,70	23,40	79,90	0,00	32,98	4,56	6,82
C1	40-60	6,04	34,20	6,04	34,20	6,00	0,58	0,00	2,60	9,87	9,87	12,47	79,10	0,00	10,62	0,78	4,45
C2	60-80	4,25	11,30	4,25	11,30	3,72	0,58	0,29	5,00	6,94	7,23	11,94	58,10	4,00	16,00	0,39	3,23
C3	80-100	3,87	11,80	3,87	11,80	3,00	0,96	0,39	6,00	6,15	6,54	12,15	50,60	6,00	17,68	0,26	2,99
P9 - Lithic Psammaquents ¹⁴ / Lithic-Areno Leptosol ¹⁵																	
AC	0-2	8,56	11,50	8,56	11,50	6,50	2,10	0,00	0,20	8,79	8,79	8,99	97,80	0,00	0,77	0,65	64,40
C	2-20	8,54	10,40	8,54	10,40	4,04	1,85	0,00	0,20	6,43	6,43	6,63	97,00	0,00	4,58	0,78	45,31
P10 - "Ornithogenic" Lithic Psammaquents ^{14,16} / Ornithic-Lithic Leptosol ¹⁵																	
A1F	0-5	7,80	1079,20	7,80	1079,20	0,85	3,03	0,00	4,30	15,59	15,59	19,89	78,40	0,00	45,15	7,50	7,83
A2F	5-15	7,79	946,60	7,79	946,60	1,94	2,92	0,00	2,40	10,29	10,29	12,69	81,10	0,00	26,06	0,98	3,29
C/R	15-40	7,72	96,20	7,72	96,20	14,15	1,71	0,00	1,00	18,30	18,30	19,30	94,80	0,00	4,54	0,91	3,57
C	40-70	7,55	23,70	7,55	23,70	19,61	1,05	0,00	1,10	22,67	22,67	23,77	95,40	0,00	3,18	1,96	3,04
P11 - "Ornithogenic" Salic Aquorthels ^{14,16} / Ornithic-Oxyaquic Cryosol ¹⁵																	
A1	0-3	5,73	1943,60	5,73	1943,60	80,16	2,66	0,20	6,60	85,18	85,38	91,78	92,80	0,20	1,48	1,70	2,85
A2	3-12	5,23	2010,20	5,23	2010,20	87,76	2,83	0,78	9,80	93,05	93,83	102,85	90,50	0,80	1,47	2,74	2,49
AF3	12-25	5,35	2018,90	5,35	2018,90	150,00	2,71	0,78	8,90	154,66	155,44	1063,56	99,20	0,10	0,10	1,96	2,59
C1	40-80	4,02	124,90	4,02	124,90	6,78	3,34	1,07	5,00	11,64	12,71	16,64	70,00	8,40	5,88	0,26	2,06
C2	80-100	7,46	161,00	7,46	161,00	76,57	3,08	0,00	0,20	80,70	80,70	80,90	99,80	0,00	0,99	0,13	2,65
P12 - "Ornithogenic" Salic Aquorthels ^{14,16} / Ornithic-Oxyaquic Cryosol ¹⁵																	
A1F	0-3	7,51	1912,10	7,51	1912,10	3,70	3,27	0,00	3,70	21,56	21,56	25,26	85,40	0,00	44,27	6,20	8,94
A2F	3-15	7,54	1943,60	7,54	1943,60	1,31	4,06	0,00	5,30	20,29	20,29	25,59	79,30	0,00	50,80	5,87	9,24
A3F	15-50	6,87	2010,20	6,87	2010,20	32,74	5,98	0,00	5,00	45,92	45,92	50,92	90,20	0,00	10,11	2,61	7,80
A4F	50-85	6,20	1959,80	6,20	1959,80	25,75	1,36	0,00	5,80	32,62	32,62	38,42	84,90	0,00	9,22	1,70	5,38
C	85-120	5,54	1927,70	5,54	1927,70	57,29	2,13	0,29	7,40	61,69	61,98	69,09	89,30	0,50	1,69	1,96	2,65
P13 - Salic Aquorthels ¹⁴ / Salic-Oxyaquic Cryosol ¹⁵																	
A	0-3	7,89	210,60	7,89	210,60	6,30	7,38	0,00	0,20	27,79	27,79	27,99	99,30	0,00	48,85	0,26	43,51
AC	3-9	8,35	93,20	8,35	93,20	6,96	6,31	0,00	0,20	21,24	21,24	21,44	99,10	0,00	35,19	0,13	63,02
C1	9-60	8,06	71,00	8,06	71,00	6,84	8,96	0,00	0,20	24,15	24,15	24,35	99,20	0,00	32,30	1,04	25,37
C2	60-120	8,16	73,90	8,16	73,90	3,76	10,34	0,00	0,20	25,07	25,07	25,27	99,20	0,00	41,55	1,17	28,22
P14 - Salic Aquorthel ¹⁴ / Oxyaquic-Salic Cryosol ¹⁵																	
A	0-5	8,43	97,40	8,43	97,40	1,03	5,76	0,00	0,20	39,97	39,97	40,17	99,50	0,00	78,83	0,98	9,03
CR	30-60	7,90	93,20	7,90	93,20	5,86	6,87	0,00	0,20	30,36	30,36	30,56	99,30	0,00	56,55	1,17	4,81
Cg	60-80	8,24	87,10	8,24	87,10	4,61	5,98	0,00	0,00	25,44	25,44	25,44	100,00	0,00	55,07	2,35	4,24

Tabela 3: Caracterização química dos solos analisados - Continuação

Hor	Prof. (cm)	¹ pH	² P mg.dm ⁻³	² K	² Na	³ Ca	³ Mg	³ Al	⁴ H+Al	⁵ SB	⁶ t	⁷ T	⁸ V	⁹ m %	¹⁰ ISNA	¹¹ COT dag.kg	¹² CE dS.m
P15 - Glacic Anhyorthels ¹⁴ / Aridic-Glacic Cryosol ¹⁵																	
A1	03	8,88	88,50	8,88	88,50	8,78	7,31	0,00	0,20	20,80	20,80	21,00	99,00	0,00	20,75	0,33	0,50
A2	3-8	9,07	89,70	9,07	89,70	5,86	4,34	0,00	0,20	13,19	13,19	13,39	98,50	0,00	21,16	0,33	0,42
AC	8-20/30	8,98	93,20	8,98	93,20	6,34	3,81	0,00	0,20	11,92	11,92	12,12	98,30	0,00	14,27	0,98	0,39
C1	20/30-60	7,71	94,40	7,71	94,40	8,60	6,09	0,00	1,00	19,08	19,08	20,08	95,00	0,00	22,62	0,98	1,15
2C2	60-100	8,14	90,50	8,14	90,50	10,05	10,78	0,00	0,20	27,03	27,03	27,23	99,30	0,00	22,41	1,30	2,13
P16 - Salic Psammorthel ¹⁴ / Arenic-Salic Cryosol ¹⁵																	
A1	0-3	9,44	93,20	9,44	93,20	5,43	7,52	0,00	0,20	21,80	21,80	22,00	99,10	0,00	35,29	0,98	5,32
A2	3-15/20	8,87	113,60	8,87	113,60	5,90	8,27	0,00	0,20	23,11	23,11	23,31	99,10	0,00	34,23	0,65	12,26
Bi	15/20-27/30	8,46	95,00	8,46	95,00	7,62	8,59	0,00	0,20	21,67	21,67	21,87	99,10	0,00	21,93	0,91	15,68
BC1	27/30-35/40	8,18	93,20	8,18	93,20	11,96	10,25	0,00	0,20	28,86	28,86	29,06	99,30	0,00	19,48	0,78	24,89
C2	35/40-45	8,13	80,40	8,13	80,40	7,70	9,11	0,00	0,20	23,11	23,11	23,31	99,10	0,00	21,97	0,78	26,98
C3	45-80	8,39	138,50	8,39	138,50	5,04	10,62	0,00	0,20	25,36	25,36	25,56	99,20	0,00	32,91	0,78	30,40
P17 - Typic Psammorthel ¹⁴ / Arenic-Haplic Cryosol ¹⁵																	
A1	0-3	8,59	393,60	8,59	393,60	5,93	7,10	0,00	0,50	17,06	17,06	17,56	97,20	0,00	22,10	0,52	0,47
Bi	30-45	4,12	30,10	4,12	30,10	3,41	4,06	4,59	10,10	9,23	13,82	19,33	47,70	33,20	9,95	0,65	0,63
BC	45-70	6,02	109,00	6,02	109,00	6,63	8,64	0,00	2,10	18,82	18,82	20,92	90,00	0,00	13,09	1,04	1,96
P18 - Sulfuric Aquorthel ¹⁴ / Oxyaquic-Salic Cryosol ¹⁵																	
A1	0-3	4,69	24,20	4,69	24,20	6,00	3,50	0,39	4,00	17,37	17,76	21,37	81,30	2,20	43,93	0,78	3,17
AC	3-8/10	5,05	15,70	5,05	15,70	8,64	3,50	0,68	4,20	15,76	16,44	19,96	79,00	4,10	21,61	0,26	1,24
C1	8/10-55/66	8,20	75,20	8,20	75,20	3,13	10,41	0,00	0,20	16,12	16,12	16,32	98,80	0,00	15,96	1,63	2,18
C2	55/60-100	3,36	17,70	3,36	17,70	8,49	2,92	5,66	10,60	12,25	17,91	22,85	53,60	31,60	4,63	0,65	2,32
P19 - Sulfuric Aquiturbel ¹⁴ / Oxyaquic-Turbi Cryosol ¹⁵																	
A1	0-5	5,59	20,70	5,59	20,70	7,42	4,43	0,20	3,20	20,05	20,25	23,25	86,20	1,00	40,14	0,65	1,15
A2	5-10/15	8,16	19,00	8,16	19,00	11,28	4,79	0,00	0,60	20,29	20,29	20,89	97,10	0,00	20,73	0,65	1,39
CA	10/15-30/35	4,46	22,60	4,46	22,60	14,18	2,24	1,56	5,30	18,12	19,68	23,42	77,40	7,90	8,64	0,26	1,55
C1	30/35-55/60	3,37	7,80	3,37	7,80	7,91	3,53	4,78	10,00	12,38	17,16	22,38	55,30	27,90	5,47	0,52	1,86
C2	55/60-100	3,65	15,30	3,65	15,30	12,17	6,19	4,78	10,30	19,19	23,97	29,49	65,10	19,90	3,46	0,91	2,22
P20 - Salic Anhyorthel ¹⁴ / Aridic-Salic Cryosol ¹⁵																	
A1	0-3	8,78	46,50	8,78	46,50	8,90	13,40	0,00	0,00	42,80	42,80	42,80	100,00	0,00	46,99	0,39	76,28
A2	3-8	8,72	82,60	8,72	82,60	7,05	18,91	0,00	0,00	56,68	56,68	56,68	100,00	0,00	53,28	0,39	35,86
Cc	8-18/20	9,25	61,10	9,25	61,10	2,11	14,89	0,00	0,20	43,71	43,71	43,91	99,50	0,00	59,62	0,13	27,36
C2	18/20-50	9,37	65,90	9,37	65,90	2,29	11,32	0,00	0,00	35,98	35,98	35,98	100,00	0,00	60,74	0,39	25,97
C3	50-70	9,16	67,60	9,16	67,60	3,16	10,23	0,00	0,20	35,80	35,80	36,00	99,40	0,00	60,43	0,39	76,28
P21 - Sulfuric Anhyorthels ^{14,16} / Gypsic-Salic Crtoyosol ¹⁵																	
A	0-50/55	8,63	23,00	8,63	23,00	9,47	7,43	0,00	0,20	17,95	17,95	18,15	98,90	0,00	5,84	0,91	0,42
Cr1	50/55-70/75	3,70	25,10	3,70	25,10	19,45	7,47	5,76	11,30	27,75	33,51	39,05	71,10	17,20	2,48	0,13	2,72
Cr2	70/75-120	3,00	36,20	3,00	36,20	14,63	15,38	16,49	27,50	32,47	48,96	59,97	54,10	33,70	5,03	0,91	5,63

As cargas desses solos são derivadas das cargas permanentes de argilominerais do tipo 2:1, conforme indicam os valores muito baixos de H + Al (Tabela 4). Cargas advindas da matéria orgânica são muito pouco representativas, uma vez que os teores de COT não ultrapassam 1% em todos os solos (Tabela 3). Além disso, não foi constatada formação considerável de óxidos de ferro neste ambiente, outra fonte de cargas dependente de pH no solo.

O DRX indica que a fração areia dos solos desse grupo é composta principalmente por quartzo (picos em 3,34, 4,26, 2,46, 2,28 e 1,81 Å), feldspato-K (4,25 e 3,20 Å) e em menor importância, por Ilita e mica (3,34, 9,98 e 4,48 Å) (Figura 9). Tais minerais já foram reportados por Simas et al. (2006) em solos pouco intemperizados sobre substratos vulcânicos de áreas livres de gelo da Antártica Marítima.

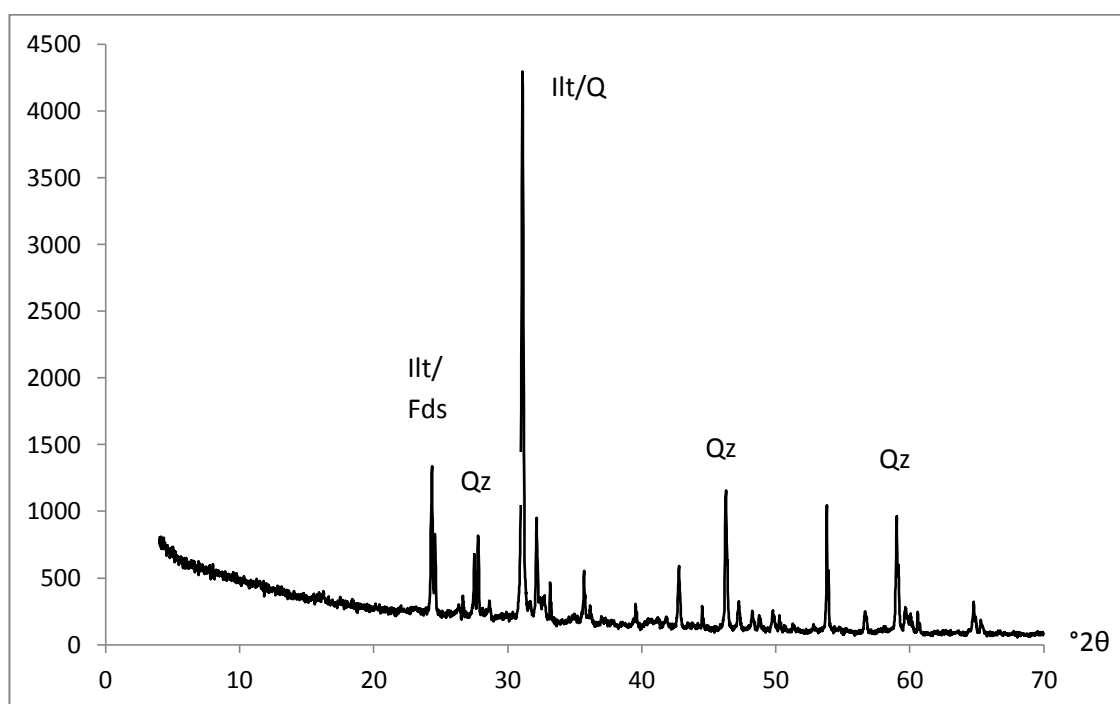


Figura 9: DRX da fração areia de horizonte representativo (P14 CR) de solos alcalinos pouco evoluídos sobre arenitos e siltitos. Ilit: Ilita/mica; Qz: quartzo; e Fds: feldspato.

A fração argila é basicamente composta por clorita (3,33, 7,10, 14,2, e 2,82 Å), montmorillonita (4,46, 12,4 e 3,09 Å) e traços de quartzo (3,34 e 1,81 Å) e natrojarosita (5,05, 5,94, 3,12 e 3,06 Å). Os tratamentos químicos diferenciais na argila corroboram a presença de esmectitas do tipo montmorillonita na fração argila dos solos deste grupo. O pico de 14 Å deste

mineral se intensifica após saturação com Mg, expandindo para 18 Å, quando saturado com Mg e solvatadas com glicerol. Quando saturadas com K à temperatura ambiente, a 350°C e 550°C, os picos de 14 Å colapsaram para 10 Å perdendo intensidade progressivamente, com o aumento da temperatura, até desaparecer a 550°C (Figura 10).

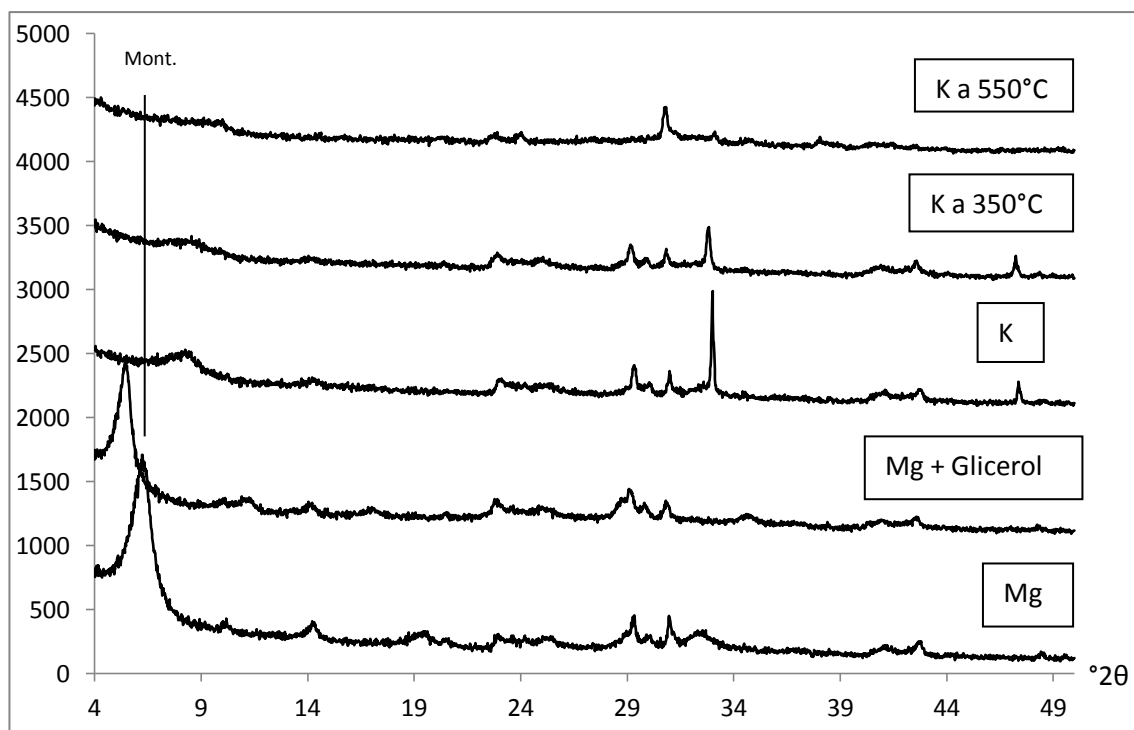


Figura 10: DRX da amostra P14 CR, representativa do comportamento dos minerais de argila frente aos tratamentos químicos diferenciais. Mont (Montmorillonita).

Devido à heterogeneidade dos perfis provenientes de pequenas nuances do material de origem e condições locais específicas, os solos desse grupo reúnem uma grande variedade de classes. Eles foram classificados como: Typic Anhyorthels, Salic Anhyorthels, Salic Psammorthels, Lithic Psammaquents, Typic Psammorthels, Salic Haplorthels, Salic Aquorthels e Glacic Anhyorthels (SSS, 2010). Seus correspondentes na WRB-FAO Aridic-Haplic Cryosol, Aridic-Salic Cryosol, Arenic-Salic Cryosol, Lithic-Salic Leptosol, Arenic-Skeletal Cryosol, Salic-Haplic Cryosol, Salic-Oxyaquic Cryosol e Aridic-Glacic Cryosol (IUSS, 2006) (Tabela 1).

3.3. Solos sulfatados

Enquadram-se nesta classe os perfis P4, P5, P7, P17, P18, P19 e P21 (Tabela 1). São os solos com maior expressão de intemperismo da ilha. Originam-se a partir do intemperismo de sedimentos ricos em sulfetos, que sofreram processo de oxidação (sulfurização) biologicamente mediado (TATUR et al., 1993), com queda acentuada do pH do solo e a precipitação de minerais secundários.

Existem duas situações distintas em relação aos solos sulfatados na ilha. Uma delas refere-se aos solos que apresentam horizontes ácidos sobre horizontes alcalinos indicando que parte desse sistema ainda não foi completamente oxidado. Neste caso, enquadram-se o P5, P7, P17 e P18. Parece ser o nível freático que condiciona essa disposição em que o permafrost representa uma barreira para oxidação das camadas subjacentes. Isso pode ser observado claramente em P5, P17 e P18. Constatam-se abruptas mudanças nos valores de pH, indicando elevada acidez nos horizontes oxidados sobre horizontes alcalinos nos quais ainda há resquícios do sulfeto original (Tabela 4). No caso do perfil P7, um horizonte acinzentado, alcalino, sobre o material oxidado, indica uma descontinuidade. Parece que a erosão de solos a montante depositou material sulfetado sobre o horizonte tiomórfico.

Alguns perfis (P4, P19 e P21), são generalizadamente ácidos, indicando que a oxidação ocorreu em profundidade. Possivelmente, são solos mais antigos ou nos quais não houve a presença de gelo no permafrost ou, ainda, solos com camada ativa mais espessa.

A CTC em pH 7,0 é maior que a CTC efetiva para os horizontes onde a oxidação de sulfetos e precipitação de sulfatos é ativa (Tabela 3). Ao contrário dos solos alcalinos, as cargas nos solos ácidos, não advêm somente dos minerais de argila silicatadas do tipo 2:1, mas também das cargas dependentes de pH dos minerais pouco cristalinos de ferro, subprodutos formados durante o processo de sulfurização, principalmente óxidos de ferro como a ferrihidrita (FANNING, FANNING, 1989). Tal característica foi reportada por Simas et al. (2006) e Simas et al. (2008) para solos tiomórficos da Baía do Almirantado, Antártica Marítima.

Os solos desse grupo apresentam elevados teores de bases trocáveis (Tabela 4), principalmente o Na, constituindo também solos com caráter *salic* e *natric* (SSS, 2010; IUSS, 2006). Além disso, são eutróficos (à exceção do P7 C1) e apresentam alguma saturação por alumínio (Tabela 3), produto do rebaixamento do pH que solubiliza Al e Fe, indício de maior intemperismo e lixiviação. Os valores de fósforo decaem acentuadamente devido ao surgimento de novos sítios de adsorção deste elemento (Tabela 3).

Os perfis P4, P5, P7 e P19 apresentam maior restrição à drenagem, devido sua posição na paisagem, apresentando feições discretas de crioturbação como, por exemplo, o arredondamento de clastos. Neste grupo de solos há presença de *patterned-ground*. No entanto, como já mencionado, tais feições são incompatíveis com o clima atual da ilha.

Dentre todos os grupos, este apresenta os solos com textura mais fina (Tabela 3), tendo horizontes enquadrados nas classes texturais argila e franco-argilosa, predominando horizontes franco-arenosos (Tabela 2), situação similar ao que Michel et al. (2006) e Simas et al. (2008) encontraram para solos sulfatados na Antártica Marítima. A maior presença de partículas finas nesses solos indica um maior grau de desenvolvimento pedogenético, uma vez que possuem importantes fontes de acidez e os processos de intemperismo químicos são mais ativos.

A formação de horizontes ácidos mais intemperizados pode ser identificada não somente pelos baixos valores de pH (Tabela 4), mas também pela mudança abrupta da cor dentro do perfil (Tabela 2). Os cromas encontrados nestes solos em Seymour são compatíveis aos observados por Michel et al. (2006), Simas et al. (2006), Simas et al. (2008) e Francelino et al. (2010) em solos sulfatados da Antártica Marítima.

De acordo com o DRX, a fração areia dos solos deste grupo é composta principalmente por quartzo (3,35, 4,26, 2,46 e 1,81 Å), plagioclásio (3,24 4,03 Å), feldspato potássico (3,76, 4,26 e 3,32 Å) e Ilita-mica (15,2, 5,0, 4,50, 3,01 e 2,51 Å).

A mineralogia da fração argila nos horizontes ácidos e oxidados revela a presença de sulfatos como a natrojarosita (3,07, 5,94, 5,06 e 3,12 Å), com forte predominância em superfície (associado aos sais superficiais), jarosita (3,08 e 3,11 Å), anidrita (3,49, 2,85 e 3,87 Å) e gipsita (6,65 e 3,04

Å), distribuídos ao longo do perfil. Gipsita e calcita estão associados a solos com maiores teores de cálcio e pH mais elevados.

Foram identificados na fração argila de solos deste grupo, também esmectita (15,7, 5,01 e 4,50 Å), vermiculita (14,5 e 7,14), clorita (3,52, 14,2 e 2,82), quartzo (1,81, 4,26 e 2,46 Å), plagioclásio (3,62, 3,17 e 2,95 Å), espinélio magnésiano (2,02 e 2,85 Å) e calcita (3,04, 2,49 e 2,28 Å) (Figura 11). Os tratamentos químicos revelaram a presença de esmectitas do tipo montmorillonita, já que o pico de 14 Å na amostra saturada com Mg desloca-se para 18 Å após solvatação com glicerol. Nas amostras saturadas com K à temperatura ambiente, o pico de 14 Å colapsa para 10 Å, perdendo intensidade com aquecimento a 350°C e desaparecendo após aquecimento a 550°C.

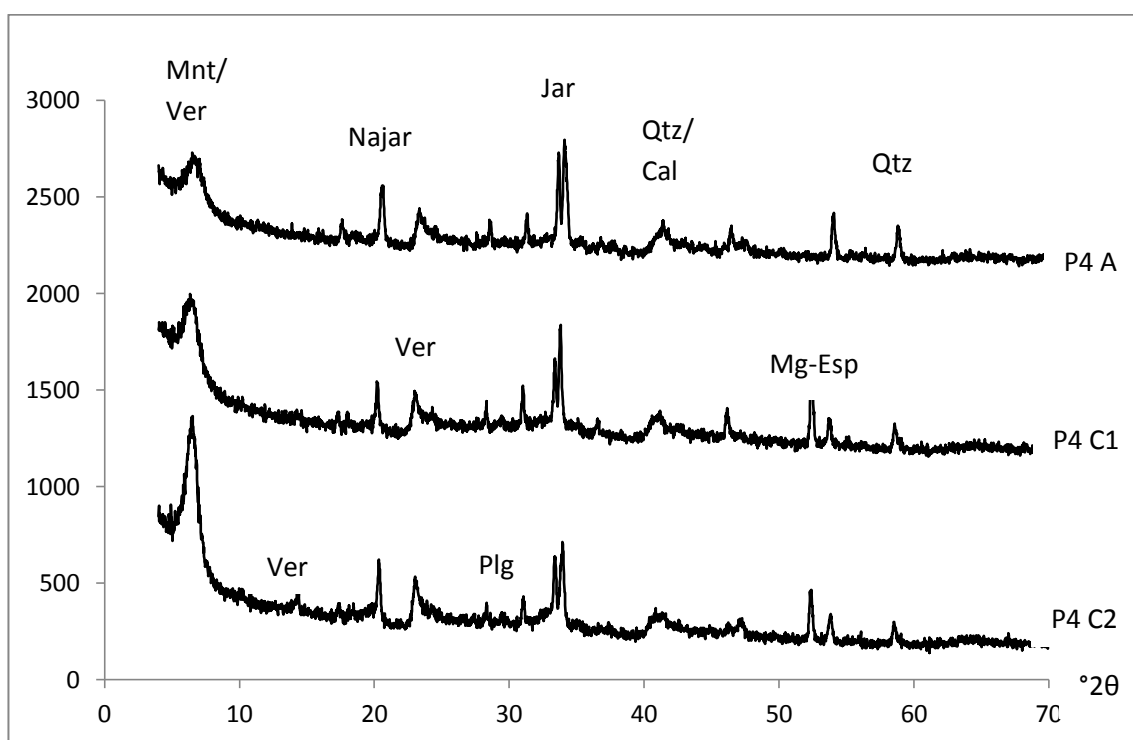


Figura 11: DRX da fração argila de perfil representativo dos solos sulfatado - perfil P4. Mnt: montmorillonita; Ver: vermiculita; Najar: natrojarosita; Jar: jarosita; Qtz: quartzo; Cal: calcita; Mg-Esp: espinélio magnésiano; e Plg: plagioclásio.

Em geral, na base dos perfis os picos das argilas 2:1 são mais definidos e simétricos, indicando maior cristalinidade, tornando-se progressivamente menos definidos em superfície até praticamente desaparecer nos horizontes mais superficiais. Isso é resultado da baixa

estabilidade desses minerais em condições ácidas. Por outro lado, os minerais sulfatados comportam-se de forma inversa - são mais cristalinos em superfície do que em profundidade. Este resultado demonstram de forma didática o efeito na acidez gerada pela oxidação de sulfetos na desestabilização dos aluminossilicatos, acentuando o intemperismo químico neste ambiente desértico e gelado.

Conforme já exposto no presente trabalho, ocorrem solos onde o horizonte ácido e oxidado apresenta transição abrupta em profundidade para um horizonte acinzentado com pH alcalino (ex. P7), indicando a presença de sulfetos em sub-superfície. A fração argila desses horizontes é composta principalmente por sulfatos como alunite (2,99, 3,50 e 1,90 Å) e anidrita (3,50 e 2,85 Å), e por minerais silicatados do tipo 2:1 como esmectita (15,7, 5,01 e 4,50 Å) e clorita (3,52, 14,2 e 2,82). A alunite é bastante similar à jarosita, porém é formada quando ocorre mistura de soluções contendo alumínio dissolvido com sulfatos ácidos em águas tamponadas com carbonatos, geralmente em pH acima de 5,0 (BIGHAM, NORDSTROM, 2000). Observou-se ainda resquícios dos sulfetos dos sedimentos originais parcialmente preservados. Isso é indicado pela presença traços de pirita (2,42, 1,70 e 1,63 Å) mesmo que de forma discreta.

Nas camadas ácidas sobrejacentes a esse material, foram observados minerais análogos aos encontrados nos sítios generalizadamente ácidos. Sulfatos como jarosita, natrojarosita e anidrita e argilominerais do tipo 2:1 como illita, além do quartzo.

Os solos sulfatados desenvolvidos na ilha Seymour foram classificados como Sulfuric Aquiturbel, Salic Aquiturbels, Sulfuric Aquorthels, Typic Psammorthel e “Sulfuric” Anhyorthels (SSS, 2010), pela Soil Taxonomy, e Oxyaquic-Turbi Cryosol, Oxyaquic-Salic Cryosol, Arenic-Haplic Cryosol e Gypsiric-Salic Cryosol (IUSS, 2006), pela WRB/FAO (Tabela 1).

Foi observado o processo de sulfurização em um perfil cujo permafrost não possui água intersticial, pois apesar de apresentar temperaturas abaixo de zero graus não foi observada a presença de gelo (P21). Como a Soil Taxonomy não prevê essa combinação de condições, sugere-se a inclusão do caráter *sulfuric* na Soil Taxonomy para solos em

regime climático árido (*Anhyorthels*) de regiões afetadas por permafrost seco.

3.4. Solos ornitogênicos

Os solos fosfatizados da Ilha Seymour são representados no presente trabalho pelos perfis P8, P10, P11 e P12. Os ninhais de pinguins ocupam os terraços marinhos atuais, terraços marinhos soerguidos, assim como, áreas a mais de 100 metros de altitude próxima ao mar. Existe uma gradação da posição relativa do perfil em relação ao nível atual de nidificação.

De forma geral, os solos aqui estudados, desenvolvidos sob influência de pinguins, possuem elevados teores de P (acima de 2000 mg.dm³), principalmente em superfície (Tabela 4). Possuem elevados teores de bases trocáveis, principalmente sódio e potássio, exceto o P11, exibindo o caráter *natric* (SSS, 2010; IUSS, 2006) e com valores de CE elevados, sendo por isso, considerados *salic*, (SSS, 2010; IUSS, 2006). Apesar de serem todos eutróficos, apresentam os valores mais baixos de saturação por base dentre os solos da ilha. São solos com elevada acidez potencial (H + Al), proveniente da matéria orgânica em superfície, indicado pelos maiores teores de COT dentre os solos estudados na ilha (Tabela 3).

Ao contrário do observado em outros sítios de fosfatização na Antártica (UGOLINI, 1970; UGOLINI, 1972; CAMPBELL E CLARIDGE, 1987; TATUR, 1989; MICHEL et al, 2006;. SIMAS et al, 2006; SIMAS et al., 2008; FRANCELINO et al., 2010), os solos desenvolvidos sobre ninhais em Seymour são em sua maioria (P8, P10 e P12) alcalinos e possuem baixíssimos teores de Al³⁺ (Tabela 4). O pH alcalino indica que o material orgânico aportado pelas aves é pouco decomposto, não tendo liberado ainda muita acidez para o ambiente, resultado do clima seco. Os baixos ou nulos teores de Al³⁺ são consequência do pH elevado, uma vez que tal elemento não é solúvel em ambientes alcalinos.

Somente o perfil P11 é generalizadamente ácido o que indica que o aporte de material orgânico é baixo atualmente e que o guano da superfície já foi parcialmente decomposto. A mineralização do material orgânico representa uma importante fonte de acidez em superfície para esse sistema.

Por outro lado, em sub-superfície, a acidez é derivada da oxidação de sulfetos do substrato (também observado nos P8 e P12). Essa acidez generalizada conferiu a esse perfil os maiores teores de Al^{3+} encontrados em solos ornitogênicos da ilha.

Existe uma grande variedade nas fontes de cargas nos solos ornitogênicos da ilha. São cargas permanentes quando proveniente dos minerais silicatados do tipo 2:1, e dependentes de pH, quando são advindas dos óxidos de ferro em sub-superfície (sulfurização) e da matéria orgânica e fosfatos superficiais (fosfatização). Isso pode ser observado pela grande diferença entre os valores de CTC efetiva e CTC a pH 7,0 (Tabela 4). Simas et al. (2006) reportam que em certos solos ornitogênicos da Antártica Marítima, mais de 50% da fração argila é composta por fosfatos de baixa cristalinidade. Estes compostos altamente reativos também contribuem para uma elevada acidez potencial.

Dentre os perfis analisados, somente o P12 demonstrou altos valores de P em profundidade (Tabela 4). Os elevados teores de P difusamente distribuídos no perfil (do topo até a base) indicam condições mais favoráveis à lixiviação de P em profundidade. No entanto, o pH relativamente alto ao longo de todo perfil indica que a estabilização microbiológica do guano ainda não gerou a acidez tipicamente encontrada em solos ornitogênicos de regiões mais úmidas da Antártica.

Depósitos recentes de guano normalmente apresentam pH alcalino tornando-se progressivamente mais ácidos com a transformação microbiana deste material, que libera ácidos fortes no solo como ácido nítrico e ácido sulfúrico (TATUR et al., 1997; SCHAEFER et al., 2010).

O perfil P8 caracteriza-se pela pouca interação da fosfatização superficial (aproximadamente 40 cm) com o substrato subjacente. Isso é indicado pelos teores de P elevados em superfície, decrescendo abruptamente em sub-superfície (Tabela 4). O pH alcalino em superfície associado aos altos valores de P, indica pouca transformação do guano, enquanto que em profundidade apresenta pH ácido e valores acentuadamente menores de P (Tabela 4). Neste caso, a acidez sub-superficial é atribuída à oxidação de sulfetos presente no material de origem, conforme indica a presença de jarosita na fração argila destes horizontes.

Em ninhais ativos e em horizontes superficiais, a deposição contínua de guano fresco, assim como o pisoteio dos pássaros inibe o estabelecimento da vegetação e evolução da paisagem (TATUR, 1989; TATUR et al., 1997). Os teores de matéria orgânica nos sistemas fosfatizados na ilha são baixos (Tabela 3), quando comparados aos sistemas ornitogênicos da Antártica Marítima (UGOLINI, 1970; UGOLINI, 1972; CAMPBELL E CLARIDGE, 1987; TATUR, 1989; MICHEL et al, 2006; SIMAS et al, 2006; SIMAS et al., 2008; FRANCELENO et al., 2010). Isso se deve ao clima seco que impede o desenvolvimento de comunidades vegetais mais complexas e com maior produtividade primária. Foi observada apenas a ocorrência de esparsos campos de *Prasiola crispa*, em áreas de nidificação mais antiga, hoje abandonadas pelos pinguins.

Apesar do maior desenvolvimento pedogenético em função da acidez e intemperismo químico nos solos ornitogênicos, estes apresentaram textura grosseira (franco-arenosa), semelhante aos outros solos da ilha. Esse comportamento foi reportado por Simas et al. (2008) em solos ornitogênicos da Antártica Marítima. Tatur et al., (1997), relaciona o baixo teor de partículas finas à acidólise de aluminossilicatos realizada pela acidez gerada pela decomposição microbiana do guano fresco que produz ácidos nítrico e sulfúrico.

Os solos ornitogênicos de Seymour têm uma morfologia bastante particular. São mais brunados em superfície, acompanhando a profundidade da fosfatização. Em sub-superfície podem ser *pálidos* pela presença de areias glauconíticas ou amarelados pela oxidação de sulfetos. Além disso, podem possuir zonas mais amareladas associadas a auréolas de oxidação de materiais piritizados por todo perfil (Tabela 2). Possuem diferentes níveis de decomposição de ossos e penas de aves, principalmente em superfície. Possuem estrutura mais evoluída que os outros solos da ilha, uma vez que possuem agentes cimentantes e agregantes como óxidos de ferro e matéria orgânica e forte ação microbiológica (Tabela 1).

O perfil P9, apesar de situado próximo aos ninhais, mostra atributos químicos e morfológicos que indicam não ter sofrido influência, pretérita ou atual, da fosfatização.

O DRX indicou que a fração areia dos solos ornitogênicos da ilha de forma geral é composta por quartzo (3,34, 4,23, 2,45, 2,27 e 1,81 Å), mirabilita (3,21 e 3,12 Å), Ilita (1,97 e 3,34 Å), K-feldspato (2,91, 3,91 e 3,32 Å) e plagioclásio (4,01 e 3,17 Å).

A mineralogia da fração argila dos horizontes mais superficiais dos perfis P8 e P12 é composta basicamente por minerais de baixa cristalinidade e apatita (3,04 e 2,80 Å), indicada pela elevação da linha de base do difratograma (Figura 12). A presença desse mineral indica que o aporte de material orgânico pelas aves nessas áreas é ativo, uma vez que o guano fresco é rico em apatita (TATUR, KECK, 1990). Não foram encontrados minerais típicos de zonas de guano fresco como os relatados por Tatur e Keck (1990), tais como strengita, variscita, leucofosfita etc.

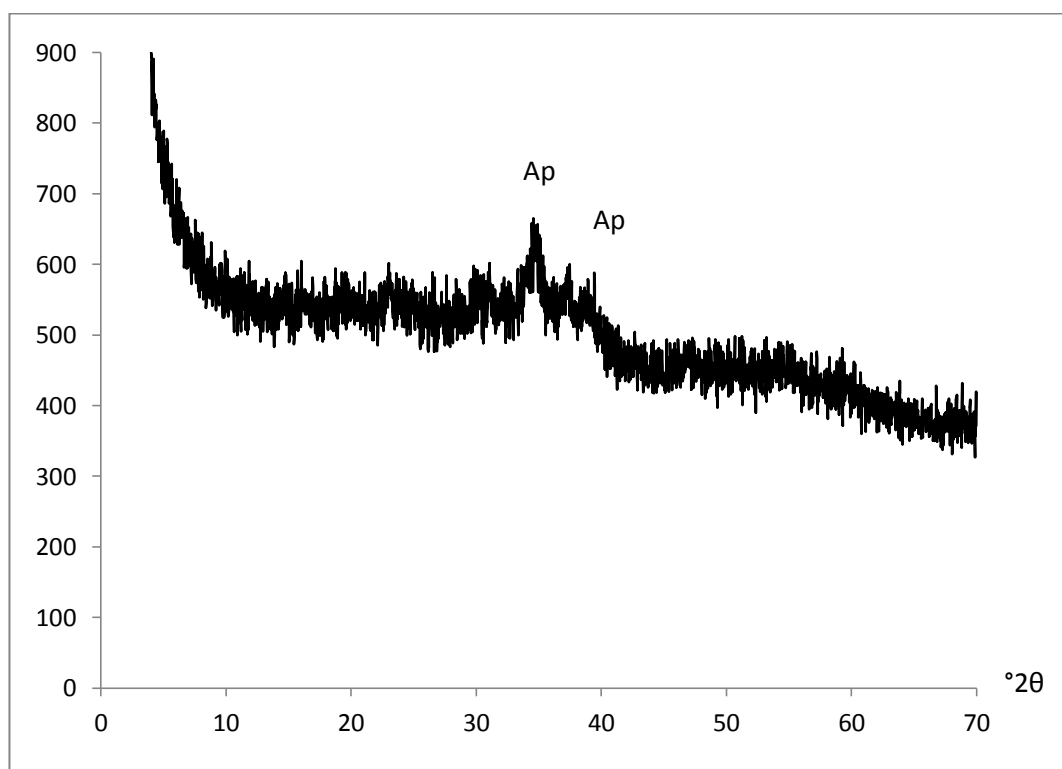


Figura 12: DRX da fração argila representativo de horizonte formado por minerais de baixa cristalinidade de solos ornitogênicos (P8 A1). Ap: apatita.

Em sub-superfície, na chamada zona de fosfatização, não foi identificado nenhum fosfato cristalino, indicando grau incipiente de evolução do sistema ornitogênico de Seymour. Tal afirmativa é corroborada pela presença de esmectitas (15,74, 5,01, 4,50, 3,02 e 2,50 Å), clorita (7,21, 14,3

e 3,54 Å) e quartzo (3,34, 4,26, 2,46 e 1,81 Å), que permanecem sem ter sido intemperizados.

Abaixo da zona de fosfatização, observou-se a presença de esmectitas (4,50, 15,4 e 3,02), Ilita (1,98, 10,0 e 3,34 Å), anidrita (3,49 e 2,85 Å), barita (3,49 e 3,90 Å), jarosita (3,07 e 3,11 Å) e natrojarosita (5,06, 5,89, 3,12, 3,06 e 2,77 Å). A presença de tais sulfatos indica que a acidez desses horizontes é advinda da oxidação de sulfetos do sedimento e não da decomposição microbiológica do guano depositado pelas aves.

O P11 foi o único perfil que apresentou minerais fosfáticos cristalinos na fração argila, tanto em superfície quanto na zona de fosfatização. Junto à Ilita (15,2, 1,98, 3,34 e 2,46 Å), jarosita (3,07 e 3,12 Å), natrojarosita (5,08 e 3,12 Å) e anidrita (3,49, 2,85 e 2,09 Å), foram identificados picos de minyulita (3,38, 3,07 e 2,38 Å), fosfato de alumínio frequentemente associado a áreas de fosfatização mais avançada (Figura 13).

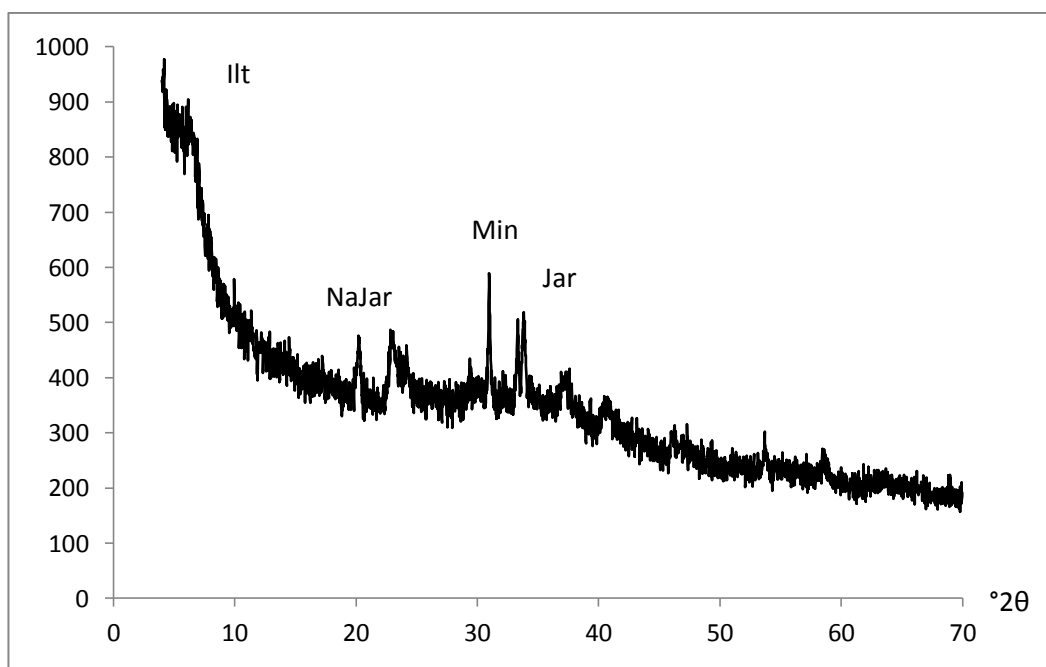


Figura 13: DRX da fração argila de horizonte de superfície de solo de pinguineira abandonada (P11 A1). Ilit: Ilita; Najar: natrojarosita; Jar: jarosita; e Min: minyulita.

Esse fato, associado a valores de pH mais ácidos e teores relativamente altos de Al^{3+} (Tabela 4), sugere que este sítio consiste em uma pinguineira abandonada, onde o processo de fosfatização teve condições de

avançar, com a acidificação do guano e formação de fosfatos secundários cristalinos (TATUR, KECK, 1990; SIMAS et al., 2006).

Os solos desse grupo foram classificados como: Ornithic-Oxyaquic Cryosol e Ornithic-Salic Leptosol (IUSS, 2006) (Tabela 1). A Soil Taxonomy não reconhece o caráter ornitogênico como caráter classificador, não sendo, portanto, tais solos passíveis de classificação neste sistema. Entretanto, assim como em outros trabalhos realizados em áreas fosfatizadas da Antártica (TARNOCAI et al, 2004; MICHEL et al, 2006; SIMAS et al., 2007a; SIMAS et al., 2008), sugere-se aqui a inclusão do caráter ornitogênico nesse sistema para o melhor enquadramento de solos fosfatizados. Dessa forma, os perfis aqui analisados seriam classificados como: “Ornithogenic” Salic Aquorthels e “Ornithogenic” Lithic Psammaquents (SSS, 2010).

4. CONCLUSÕES

Os solos da Ilha Seymour são completamente distintos daqueles encontrados na Antártica Marítima em termos das suas características químicas e processos pedogenéticos atuantes. No entanto, de forma semelhante aos solos de regiões mais úmidas da Antártica, observou-se que a definição dos diferentes pedoambientes na ilha está intimamente condicionada a influência do material de origem, sua natureza e constituição. A partir das características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, observou-se a definição de três diferentes grupos de solos. Solos alcalinos pouco evoluídos sobre arenitos e siltitos; solos sulfatados e solos ornitogênicos.

Os solos alcalinos pouco evoluídos sobre arenitos e siltitos constituem o maior grupo de solos as ilha. Tais solos não expressam características marcantes de modificação do substrato sobre o qual se desenvolvem, sendo, portanto, considerados pouco evoluídos pedogeneticamente.

Os solos sulfatados constituem os solos com maior expressão de intemperismo da ilha. Os baixos valores de pH, a formação de minerais como jarosita e natrojarosita, cromas mais alaranjados e o maior conteúdo de argila são alguns dos indícios da influência desse processo para a evolução dos sistemas pedogenéticos desenvolvidos a partir de sedimentos ricos em sulfetos marinhos na ilha.

O clima seco da ilha não favoreceu a evolução da fosfatização e consolidação de ecossistemas ornitogênicos tal como são encontrados nas áreas livres de gelo da Antártica Marítima. A interação do guano aportado pelas aves é limitada a superfície pelo impedimento da lixiviação imposta pelo clima. Além disso, a ocorrência de solos alcalinos, com baixos ou nulos teores de Al^{3+} e a predominância de minerais silicatados do tipo 2:1 em detrimento de fosfatos estáveis indicam a pouca modificação do guano aportado pelas aves. Apenas um perfil apresentou algum indício de maior grau de fosfatização, sendo considerado, portanto, área de nidificação antiga.

A presença de horizontes ácidos sulfatados pobres em P, abaixo de horizontes alcalinos com valores extremamente altos de P sugere o seguinte modelo para a formação destes solos ornitogênicos: a existência de solos ácidos tiomórficos sobre os quais foi depositado o guano. A reação alcalina do guano fresco promoveu a neutralização da acidez pré-existente, resultando na desestabilização dos sulfatos bem com dos fosfatos típicos do guano fresco gerando fases predominantemente amorfas na zona fosfatizada. O clima árido e a deposição relativamente recente do guano resultaram em zonas fosfatizadas superficiais alcalinas com transição abrupta para horizonte ácido.

A presença de minyulita no solo P11, sua maior acidez em superfície com elevados teores de P e sua posição mais elevada na paisagem indicam que este é o solo ornitogênico mais evoluído dentre os estudados no presente trabalho.

Diversos traços da paisagem como descontinuidades pedogenéticas sugerem uma condição paleoambiental mais úmida.

Os sistemas Soil Taxonomy e WRB/FAO não possuem critérios de classificação adequados para classificar todos os solos desenvolvidos em áreas de transição climática que sejam afetados por sais, fosfatização e sulfurização.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ V., V.H.; FONSECA, D.M. Definição de doses de fósforo para a determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfato e para ensaios de casa de vegetação. **R. Bras. Ci. Solo**, 14:49-55, 1990.
- BIGHAM, J. M.; NORDSTROM, D. K. Iron and aluminum hydroxysulfates from acid sulfate waters. In: ALPERS, C. N.; JAMBOR, J. L.; NORDSTROM, D. K. (Eds.), **Sulfate Minerals** - Crystallography, Geochemistry, and Environmental, 2000.
- BOCKHEIM, J; TARNOCAL, C. Nature, occurrence and origin of dry permafrost. **Permafrost -Seventh international conference** (Proceedings), Yellowknife (Canada), Collection Nordicana No 55, 1998.
- BOCKHEIM, J.G. Properties and Classification of Cold Desert Soils from Antarctica. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v. 61, p.224–231. 1997.
- CAMPBELL, I.B.; CLARIDGE, G.G.C. **Antarctica: soils, weathering processes and environment**. Elsevier-Amsterdam. 1987.
- CHEN, P-Y. **Table of key lines in X-ray powder diffraction patterns of minerals in clays and associated rocks**. Indiana: Department of Natural Resources Geological Survey. 1997. 67p. (Paper 21).
- CLARIDGE, G.G.C.; CAMPBELL, I.B. Some features of Antarctic soils and their relation to other desert soils. **Trans. 9th Int. Congr. Soil Sci.** v. 4, p. 541-549, 1968.
- CLARIDGE, G.G.C.; CAMPBELL, I.B. A comparison between hot and cold desert soils and soil processes. In: D.H, YAALON (ed). **Aridic soils and geomorphic processes**. Catena supplement: I. Braunschweig. p. 1-28, 1982.
- CONVEY, P. Terrestrial ecosystem response to climate changes in the Antarctic. In: WALTHER, G.R; BURGA, C.A; EDWARDS, P.J. (eds). **Fingerprints' of climate change** – adapted behavior and shifting species ranges. New York: Kluwer, p. 17-42, 2001.
- COOK, A.J.; FOX, A.J.; VAUGHAN, D.G.; FERRIGNO, J.G. Retreating glacier fronts on the Antarctic Peninsula over the past half-century. **Science**, v. 308, p. 541-544, 2005.
- COOKE. R.U.; SMALLEY, I.J. Salt weathering in deserts. **Nature**, v. 220, p. 1226-1217, 1968.
- DENT, D. **Acid Sulphate Soils: A Baseline for Research and Development**. International Land Reclamation Institute Pub. 39. Wageningen, The Netherlands. 1986.

- DUTRA, T.L. Paleofloras da Antártica e sua relação com os eventos tectônicos e paleoclimáticos nas altas latitudes do sul. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 3, n. 34, p. 401-410, 2004
- ELLENBERG, H. Vegetationecologyof Central Europe. Cambridge: **Cambridge University Press**, p. 731, 1988.
- ELLIOT, D.H.; TRAUTMAN T, A. Lower Tertiary strata on Seymour Island, Antarctic Peninsula. In: CRADDOCK, C. (ed.) **Antarctic Geoscience**. Part II. Scotia Arc Region. Madison: Univ. Wisconsin Press, p. 287-297, 1982.
- EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. p. 212, 1997.
- ERMOLIN, E.; DE ANGELIS, H. Procesos exógenos enel permafrost de lalsla Marambio (Seymour), Península Antártica. **ActasXVºCongreso Geológico Argentino**, Buenos Aires. T. II: p. 463-469, 2002.
- FANNING, D. S.; FANNING, M. C. B. **Soil Morphology, Genesis, and Classification**. New York: John Wiley, 1989.
- FERREIRA, T.O.; OTERO, X.L.; VIDAL-TORRADO, P.; MÁCIAS, F. R. Are mangrove forest substrates sediments or soils? A case study in southeastern Brazil. *Catena*, v. 70, p. 79-91, 2007a.
- FERREIRA, T.O.; OTERO, X.L.; VIDAL-TORRADO, P.; MÁCIAS, F. R. Redox process in mangrove soil under *Rhizophora mangle* in relation to different environmental conditions. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v. 71, p. 484-491, 2007b.
- FERRIANS, O.; JR., KACHADOORIAN, R.; GREENE, G.W. **Permafrost and related engeneering problems in Alaska**. United State Geological Survey Professional Paper 678. p. 37, 1669.
- FRANCELINO, M.R.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SIMAS, F.N.B.; FERNANDES FILHO, E.I.; SOUZA, J.J.L.L.; COSTA, L.M. Geomorphology and soils distribution under periglacial conditions in an ice-free area of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. **Catena**, p. 45-52, 2011.
- FRENCH, H.M. Periglacial geomorphology in North America: Current research and future trends. **Progress in Physical Geography**, v. 11, p. 569-587, 1987.
- FRENCH, H. M. **The Periglacial Environment**. 2nd ed. Canada: Longman, p. 341. 2001.
- FUKUDA, M.; STRELIN, J.; SHIMOKAWA, K.; TAKAHASHI, N.; SONE, T.; TROMBOTTO, D. Permafrost occurrence of Seymour Island and James Ross Island, Antarctic Peninsula Region. In YOSHIDA, Y.; KAMINUMA, K.; SHIRAISHI, K. (eds) **Recent progress in Antarctica earth science**. Tokyo: Terrapub, p. 745–750, 1992.

- HODKINSON, I.D.; WEBB, N.R.; BALE, J.S.; COULSON, S.J.; STRATHDEE, A.T. Global change and Arctic ecosystems: conclusions and predictions from experiments with terrestrial invertebrates on Spitsbergen. **Arctic and Alpine Research**, v. 30, p. 306–313, 1998.
- IUSS WORKING GROUP WRB. **World reference base for soil resources 2006**. World Soil Resources Reports No. 103. Rome: FAO. 2006.
- KITTRICK, J. A.; FANNING, D. S.; HOSSNER, L. R. (eds.). Acid Sulfate Weathering. **Soil Sci. Soc. Am. Spec. Pub. n. 10**, Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI. 1982.
- SOUZA, J.J.L.L.; SCHAEFER, C.E.G.R.; ABRAHÃO, W.A.; MELLO, J.W.V.; SIMAS, F.N.B.; SILVA, J.; FRANCELINO, M.R. Hydrogeochemistry of sulfate-affected landscapes in Keller Peninsula, Maritime Antarctica. **Geomorphology**, v. 138, dec. 2011.
- MACELLARI, C.E. Stratigraphy, sedimentology, and paleoecology of Upper Cretaceous — Paleogene shelf-deltaic sediments of Seymour Island. — In: FELDMAN, R.M; WOODBURN M.O. (eds). **Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula**. Geological Society of America Memoir, v. 169, p. 25-53, 1988.
- MEHRA, J.P.; JACKSON, M.L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with bicarbonate sodium. **Clays Clay Miner.** v.7, p.317-327, 1960.
- MICHEL, R.F.M.; SCHAEFER, C.E.G.R.; DIAS, L.; SIMAS, F.N.B.; BENITES, V.; MENDONÇA, E.S. Ornithogenic gelsols (cryosols) from Maritime Antarctica: pedogenesis, vegetation and carbon studies. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, p. 1370–1376, 2006.
- MUNSELL. **Soil color charts**. Baltimore: Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation, 1990.
- MURPHY, J.; RILEY, J.P. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chim. Acta**, v. 27, p. 31-36, 1962.
- NOZAL, F.; MONTES, M.; SANTILLANA, S.; MARTÍN-SERRANO, A. Cartografía Geomorfológica 1:10.000 en la Isla Marambio (Mar De Weddell). In: VI SIMPOSIO ARGENTINO Y III LATINOAMERICANO SOBRE INVESTIGACIONES ANTÁRTICAS - VI ARGENTINE AND III LATIN-AMERICAN SYMPOSIUM ON ANTARCTIC RESEARCH. 6, 2007, Argentina. **Anais do VI Simposio Argentino Y III Latinoamericano Sobre Investigaciones Antárticas - VI Argentine And III Latin-American Symposium on Antarctic Research**. Argentina: Dirección Nacional del Antártico / Instituto Antártico Argentino. 2007
- OSTERKAMP, T.E. Establishing long-term permafrost observatories for active-layer and permafrost investigations in Alaska: 1977-2002. **Permafrost and Periglacial Processes**, v. 14, p. 331-342. 2003.

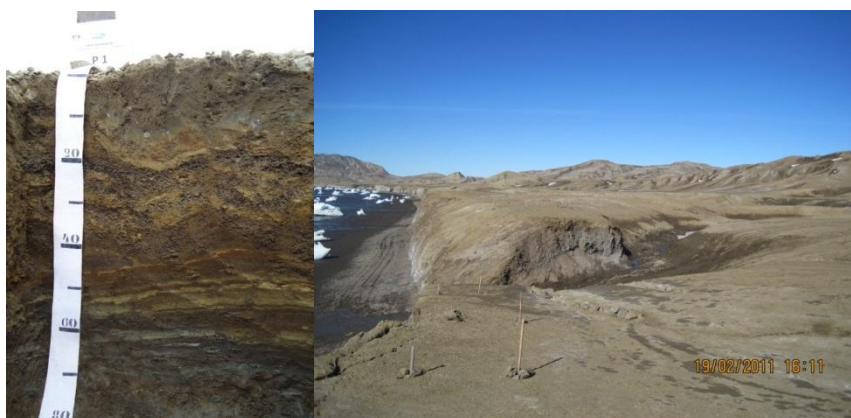
- OSTROUMOV, V. Impact of freezing on distribution of ions in soil. **Euro. Soil Sci.**, v. 5, p. 614-619. 1989.
- REYNOLDS, J.M. The distribution of mean annual temperatures in the Antarctic Peninsula. **British Antarctic Survey Bulletin**, v. 54, p. 123-133. 1981.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and Improvement of Saline and alkali Soils.** United States Department of Agriculture: Washington. 1954 (Agriculture Handbook No. 60)
- RUIZ, H.A. Dispersão física do solo para análise granulométrica por agitação lenta. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 30. Recife - PE. CD-ROM. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2005a.
- RUIZ, H.A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.297-300. 2005b.
- SADLER P. Geometry and stratification of uppermost Cretaceous and Paleogene units on Seymour Island, northern Antarctic peninsula. — In: FELDMAN, R.M.; WOODBURN, M.O. **Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula.** Geological Society of America Memoir, v. 169, p. 303-320, 1988.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; ALBUQUERQUE, M. A.; CAMPOS, J.C.F.; CHARMELO, L.L.; SIMAS, F.N.B. **Elementos da Paisagem e Gestão da Qualidade Ambiental.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 20-44, 2000.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; SIMAS, F.N.B.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; VIANA, J.H.M.; MICHEL, R.F.M.; TATUR, A. Fosfatização: Processo de formação de solos na Baía do Almirantado e implicações ambientais. p. 45–59. In: **Ecossistemas Terrestres e Solos da Antártica Marítima.** 1st edn. NEPUT. Viçosa. 2004.
- SILVA BUSSO, A.; SÁNCHEZ, R.; FRESINA, M. Caracterización del Comportamiento Hidrogeológico en la Isla Marambio, Antártida. Primer **Congreso Mundial Integrado de Aguas Subterráneas.** Abstracts, pag 292 en CD pag: . Fortaleza, Brasil. ALSHUD.AIH. 2000.
- SILVA BUSSO, A. Aspectos Hidrológicos Superficiales y Subterráneos del Área Norte de la Península Antártica, **Boletín Geológico Minero**, IGME, AIH, UNESCO, Madrid España, v. 114, n. 4, p. 419-432, 2004.
- SIMAS, F.N.B.; SCHAEFER, C.E.G.R.; ALBUQUERQUE, M.A.; MICHEL, R.F.M.; DIAS, L.E.; BORGES, J.R.; PRATES, M.L. Atributos químicos de criossolos ornitogênicos da Baía do Almirantado, Antártica. p. 39–44. In: **Ecossistemas Terrestres e Solos da Antártica Marítima.** 1st edn. NEPUT. Viçosa. 2004.

- SIMAS, F.N.B.; SCHAEFER, C.E.G.R.; MELO, V.F.; DE GUERRA, M.B.B.; SAUNDERS, M.; GILKES, R.J. Clay-sized minerals in permafrost-affected soils (Cryosols) from King George Island, Antarctica. **Clays Clay Miner.** v. 54, p. 721–736, 2006.
- SIMAS, F.N.B.; SCHAEFER, C.E.G.R.; MELO, V.F.; DE ALBUQUERQUE-FILHO, M.R.; MICHEL, R.F.; PEREIRA, V.V.; GOMES, M.R.M. Ornithogenic Cryosols from Maritime Antarctica: phosphatization as a soil forming process. **Geoderma**, v. 138, p. 191–203, 2007.
- SIMAS, F.N.B.; SCHAEFER, C.E.G.R.; MELO, V.F.; ALBUQUERQUE-FILHO, M.R.; FRANCELINO, M.R.; FERNANDES FILHO, E.I. & COSTA, L.M. Genesis, properties and classification of Cryosols from Admiralty Bay, maritime Antarctica. **Geoderma**, v. 144, p. 116-122, 2008.
- SLAVICH, P. G.; PETTERSON, G. H. Estimating the electrical conductivity of saturated paste extracts from 1:5 soil:water suspensions and texture. **Australian Journal of Soil Research**, v.31, p. 73–81, 1993.
- SSSA, Soil Survey Staff. **Keys to Soil Taxonomy**, 11th ed. USDA-NRCS, Washington, DC. 2010.
- TARNOCAI, C.; BROLL, G.; BLUME, H.P. Classification of permafrost-affected soils in the WRB. In: Kimble, J.M. (Ed.), **Cryosols– Permafrost-Affected Soils**. Springer-Verlag, Berlin, p. 637–657, 2004.
- TATUR, A.; BARCZUK, A; del VALLE, R.; SLETTEN, R.; KICIŃSKA, E. Surface mineralization on Seymour Island, Antarctica. **Polish Polar Research**, Cidade, v. 14, n. 2, p. 153-168, 1993.
- TATUR, A.; MYRCHA, A.; NIEGODZISZ, J. Formation of abandoned penguin rookery ecosystems in the maritime Antarctic. **Polar Biol.** v. 17, p. 405–417, 1997.
- TATUR, A. Ornithogenic soils of the maritime Antarctic. **Pol. Polar Res.** v. 4, p. 481–532, 1989.
- TATUR, A. Ornithogenic soils of the Maritime Antarctic: Taxonomic position. **Pol Polar Stu.** 24th Polar symposium. 1997.
- TATUR, A.; A. MYRCHA. Changes in chemical composition of water running off from the penguin rookeries at Admiralty Bay Region (King George Island, South Shetlands, Antarctica). **Polish Polar Res.** v. 4, p. 113–128, 1993.
- TATUR, A.; KECK, A. Phosphates in ornithogenic soils of the maritime Antarctic. *Proc. N1PR Sump.* **Polar Biol.**, v. 3, p.133-150. 1990.
- TURNER, J.; COLWELL, S.R.; MARSHALL, G.J.; LACHLAN-COPE, T.A.; CARLETON, A.M.; JONES, P.D.; PHIL, V.L.; REID, A.; IAGOVKINA S. Antarctic climate change during the last 50 years. **Int. J. Climatol.** v. 25, p. 279-294, 2005.

- UGOLINI, F.C. Antarctic soils and their ecology. In: Holdgate, M.W. (Ed.), **Antarctic Ecology**, vol. 2, London: Academic Press, pp. 673–692, 1970.
- UGOLINI, F.C. Ornithogenic soils of Antarctica. p. 181–193. In: LLANO, G.A. (ed.) **Antarctic terrestrial biology**. Am. Geographies. Washington: Union Antact. Re, 1972.
- UGOLINI, F.C., BOCKHEIM, J.G. Antarctic soils and soil formation in a changing environment: A review. **Geoderma**, v. 144, p. 1–8, 2008.
- WELLER, G., Regional impacts of climate change in the Arctic and Antarctic. **Annals of Glaciology**, v. 27, p. 543–552, 1998.
- WELLMAN, H.W.; WILSON, A.T. Salt weathering, a neglected geological erosive agent in coastal and arid environments. **Nature** v. 205, p.1097-1098, 1965.
- YEOMANS, J.M.; BREMNER, J.C. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Commun. **Soil Sci. Plant Anal.** v. 19, p. 1467–1476, 1988.
- ZINSMEISTER W.J. First U.S. expedition to the James Ross Island area, Antarctic Peninsula. **Antar. Jour. U.S.** v. 17, n. 5, p. 63 - 64, 1982.

ANEXOS

PERFIL 01



Data: 19/02/2011

Classificação: TypicAnhyorthels (SSS, 2010), Aridic-Haplic Cryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 512735 O, 2874368 S.

Perfil coletado em: Corte de drenagem na plataforma mais recente de soerguimento da ilha e primeiro ponto de três de topossequência.

Altitude: 8 m

Formação geológica: Siltito/Arenito da formação Lopes de Bertodano

Profundidade do permafrost: 60 cm seco

Pedregosidade: Pedregosa

Rochosidade: Ligeiramente Rochoso

Relevo local: Plano (3-8%)

Relevo regional: Suave ondulado

Erosão: Forte

Drenagem: Bem drenado

Vegetação primária: Sem vegetação

Clima: Continental costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-12 cm; franco argiloso siltoso, cascalhenta, arredondada; maciça pequena granular; ligeiramente duro, plástico e pegajoso; gradual e ondulada; 0°.
Obs.: horizonte claro, albitizado.
- AB 12-20 cm; franco; cascalhenta, arredondada; maciça pequena a média blocos subangulares; macio, plástico e pegajoso a muito pegajoso; clara e ondulada; 0,1°.
- Bi 20-42 cm; franco; cascalhenta, arredondada; maciça pequeno blocos angulares; macio, plástico e pegajoso a muito pegajoso; clara e ondulada; 0,1°.
- BC 42-58 cm; franco; cascalhenta, arredondada; maciça pequena a média blocos angulares; macio, plástico e pegajoso a muito pegajoso; clara e ondulada; 0,2°.
- Cr 58-90 cm; franco; cascalhenta, arredondada; maciça pequena a média blocos angulares; macio, plástico e pegajoso a muito pegajoso; 0,3°.

Obs.: Solo com evidencia de oxidação em superfície.

PERFIL 02



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 19/02/2011

Classificação: SalicAnhyorthels (SSS, 2010), Aridic-Salic Cryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 0512733 O, 2874058 S.

Perfil coletado em: Topo do segundo nível de soerguimento da ilha e segundo ponto da topossequência.

Altitude: 36 m

Formação geológica: Arenito e siltito da formação Lopes de Bertodano

Profundidade do permafrost: 80 cm

Pedregosidade: Muito pedregosa

Rochosidade: Moderadamente rochoso

Relevo local: Suave Ondulado (3-8 %)

Relevo regional: Suave Ondulado

Erosão: Forte

Drenagem: Bem drenado

Vegetação primária: Sem vegetação

Clima: Continental costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- | | |
|----|---|
| A | 0-12 cm; franco argiloso siltoso e angular; pequeno granular; ligeiramente duro, plástico e ligeiramente pegajoso; gradual e ondulada; 0,1°. |
| AB | 12-20 cm; franco argiloso siltoso e angular; pequeno granular; macio e muito friável, plástico e pegajoso; clara e ondulada; 0,1°. |
| Bi | 20-42 cm; franco argiloso arenoso e angular; médio blocos subangulares a granular; macio e muito friável, plástico e pegajoso; clara e ondulada; -0,1°. |
| BC | 42-50 cm; franco argiloso arenoso e angular; médio blocos subangulares a granular; macio e muito friável, plástico e pegajoso; abrupta e plana; -0,2°. |
| Cr | 50-90 cm; franco argiloso arenoso e angular; médio blocos subangulares a granular; macio e muito friável, plástico e pegajoso; -0,4°. |

Obs.: Solo na superfície crioplanada dissecação de nível intermediário. Sequência de horizontes semelhantes ao P1, porém com estrutura menos desenvolvida. Presença de gelo intersticial abaixo de 80 cm.

PERFIL 03



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 20/02/2011

Classificação: SalicPsammorthels (SSS, 2010), Arenic-SalicCryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 513360 O, 2873796 S.

Perfil coletado em: Terceiro nível de soerguimento e terceiro ponto da topossequência.

Altitude: 60 m

Formação geológica: Lopes de Bertodano

Profundidade do permafrost: 50 cm

Pedregosidade: Pedregosa

Rochosidade: Ligeiramente rochoso

Relevo local: Ondulado (8 - 20 %)

Relevo regional: Suave ondulado

Erosão: Muito forte

Drenagem: Bem drenado

Vegetação primária: Sem vegetação

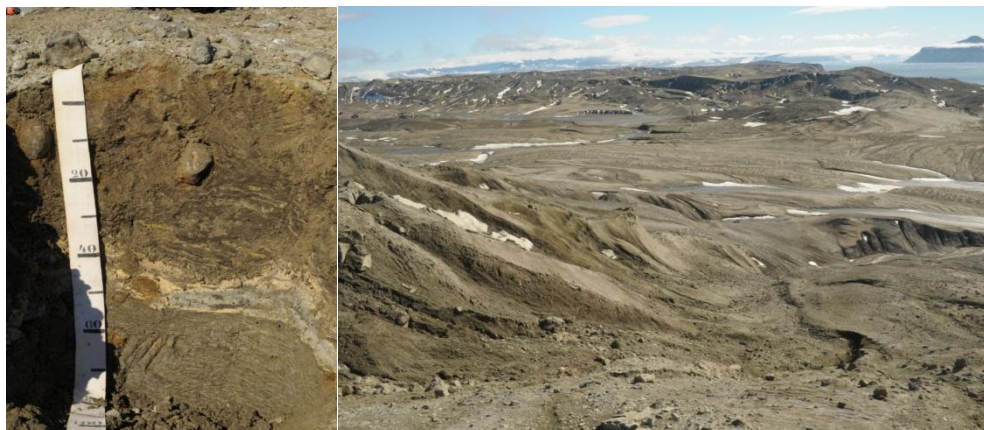
Clima: Continental costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-10 cm; franco argiloso; moderada pequena blocos subangulares a granular; duro e firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; francamente cimentado; transição clara e ondulada; $-0,1^{\circ}$.
- Bi1 10-30 cm; franco argiloso arenoso; moderada media blocos subangulares; muito duro e firme a muito firme e plástico e pegajoso; gradual e ondulada; $-0,1^{\circ}$.
- Bi2 30-50 cm; franco argiloso arenoso; moderada media a grande blocos subangulares a granular; duro e firme e plástico e pegajoso; $0,5^{\circ}$.
- CR 50-120 cm; franco argiloso arenoso; moderada media a grande blocos subangulares a granular; duro e firme e plástico e pegajoso; $0,4^{\circ}$.

Obs.: Permafrost duro, com água e crosta de gelo

PERFIL 04



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 20/02/2011

Classificação: SulfuricAquorthels(SSS, 2010), Oxyaquic-SalicCryosol (IUSS, 2006)

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 514709 O, 2872998 S.

Perfil coletado em: Rampa de sedimentos basálticos

Altitude: 101 m

Formação geológica: Saprolito de basalto em dique de basalto

Profundidade do permafrost: 40-50 cm

Pedregosidade: Muito pedregosa

Rochosidade: Rochoso

Relevo local: Suave ondulado

Relevo regional: Montanhoso

Erosão: Muito forte

Drenagem: Imperfeitamente drenado

Vegetação primária: Pouquíssimos líquens

Clima: Continental costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-5 cm; fraca pequeno granular; ligeiramente duro e friável e ligeiramente plástico e pegajoso; transição gradual e ondulada; 1.1°C
- AC 5-35 cm; moderada pequeno granular; macio e friável e plástico e pegajoso; transição gradual e ondulada; 0.8°C
- C1 35-40 cm; apédica; macio e friável e plástico e pegajoso; transição clara; 0°C
- C2g 40-55 cm; apédica; ligeiramente duro e friável e plástico e pegajoso; transição clara e ondulada; -0.8°C
- Cg 55-80 cm; apédica; ligeiramente duro e friável e plástico e pegajoso; -1.1°C

Obs.: Solo desenvolvido de saprolito de basalto, com características ândicas, incompatíveis.

PERFIL 05



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 20/02/2011

Classificação: SalicAquiturbels (SSS, 2010), Oxyaquic-SalicCryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21 K 514335 O, 2873173 S.

Perfil coletado em: Fundo de vale em transição para o terraço. Playa glacial.

Altitude: 30 m

Formação geológica: Sedimentos fluviais. Terraços fluviais em depósitos aluviais

Profundidade do permafrost: 45-50 cm

Pedregosidade: Ligeiramente pedregoso

Rochosidade: Não rochoso

Relevo local: Plano

Relevo regional: Plano

Erosão: Moderada

Drenagem: Imperfeitamente drenado

Vegetação primária: Sem vegetação

Clima: Continental costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-6 cm; argila arenosa; maciça pequeno médio granular; ligeiramente duro e friável e plástico e pegajoso; gradual; 4.3 °C
- ACg 6-20 cm; argila arenosa; granular (criogênica); macio e friável e plástico e pegajoso; gradual; 3.8 °C 10cm
- Cg2 20-50 cm; franco argiloso siltoso; maciça pequeno médio granular (criogênica); macio e friável e plástico e pegajoso; gradual; 0.7 °C 20cm; 0.5 °C 30cm
- Cg3 50-70 cm; franco argiloso siltoso; maciça pequeno médio granular (criogênica); macio e friável e plástico e pegajoso; 0.0°C 50cm; -1.1 °C 70cm

Obs.: Crosta salina de deserto polar. Solo com forte gradiente térmico. Solo com padrões poligonais. Presença de fósseis em pequenos montes (rochacidade ?) espaçados de 10cm.

PERFIL 06



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 21/02/2011

Classificação: TypicPsammorthels (SSS, 2010), Arenic-SkeletalCryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell, Fuso 21 K 516288 O, 2874476 S.

Perfil coletado em: Perfil coletado em rampa de solifluxão em base La Meseta.

Altitude: 103 m

Formação geológica: Matriz arenito com tilito

Profundidade do permafrost: 120 cm (seco)

Pedregosidade: Extremamente pedregoso

Rochosidade: Muito rochoso

Relevo local: Ondulado

Relevo regional: Ondulado

Erosão: Forte

Drenagem: Bem drenado

Vegetação primária: Sem

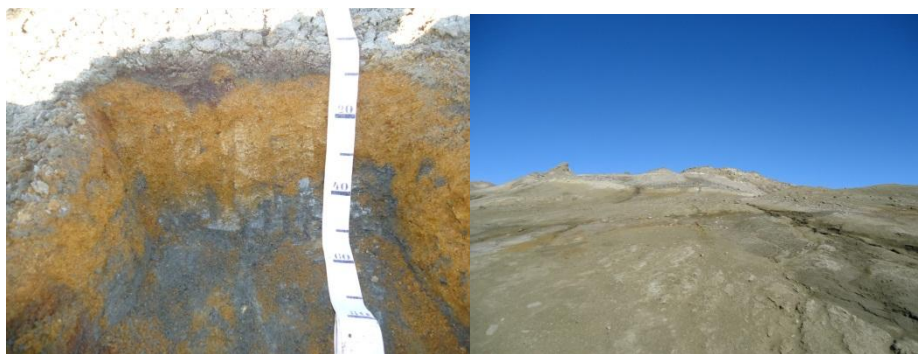
Clima: continental costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 5 cm; franco arenoso, com cascalho; granular; friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; gradual; 3.4 °C.
- AC1 5 - 20 cm; franco arenoso; grãos simples granular; friável, ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; gradual ondulada; 2.8 °C.
- C2 20 - 40 cm; franco arenoso com cascalho; grãos simples granular; friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; gradual ondulada; 2.2 °C.
- C3 40 - 60 cm; franco arenoso com cascalho; grãos simples granular; e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; clara plana; 1.8 °C.
- C4 60 - 80 cm franco arenoso com cascalho; grãos simples granular; e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; clara plana; 1.6 °C.
- C5 80 - 100 cm; franco arenoso com cascalho; grãos simples granular; e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; clara; 1.1 °C.

Obs.: Rampa de solifluxão com canais ativos próximos. Dissecação em ravinas que destrói nível de pedimentação em clima mais seco anterior. Matriz arenosa com tilito com rochas variadíssimas (quartzito, granito, gnaiss, xisto verde).

PERFIL 07



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 22/11/2011

Classificação: SulfuricAquic turbels (SSS, 2010), Oxyaquic-Salic Cryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 515288 O, 2873537 S.

Perfil coletado em: Canais de degelo

Altitude: 34m

Formação geológica: Sedimentos Quaternários (basálticos)

Profundidade do permafrost: 42cm

Pedregosidade: Moderadamente Pedregosa

Rochosidade: Não Rochoso

Relevo local: Suave Ondulado

Relevo regional: Suave Ondulado

Erosão: Muito Forte

Drenagem: Imperfeitamente Drenado

Vegetação primária: Sem Vegetação

Clima: Continental Costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 8 cm; franco argiloso; médio granular; macio e muito friável; não plástico e não pegajoso; abrupta e ondulada; 3.0 °C.
- C 8 - 38 cm; franco argiloso; médio granular; solto e muito friável; não plástico e não pegajoso; abrupta e ondulada; 0.9 °C.
- C2 38 - 60 cm; franco argiloso; médio grande blocos subangulares; duro e firme; não plástico e não pegajoso; -0.2 °C.

Obs.: Solo cromado com ferrihidrita em C1 e permafrost "ice cemented". Antiga planície fluvial. Criossolo (Neossolo Regolítico).

PERFIL 08



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 22/02/2011

Classificação: "Ornithogenic" Salic Aquorthels (SSS, 2010), Ornithic-Oxyaquic Cryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 514948 O, 287234 S.

Perfil coletado em: Terraço marinho em pinguineira na Praia da Punta Pinguino.

Altitude: 8m

Formação geológica: Arenito Glauconítico

Profundidade do permafrost:

Pedregosidade: Pedregosa

Rochosidade: Ligeiramente Rochoso

Relevo local: Suave Ondulado

Relevo regional: Plano (Terraço Marinho Soerguido)

Erosão: Forte

Drenagem: Moderadamente Drenado

Vegetação primária: Guano sem Prasiola

Clima: Continental Oceânico

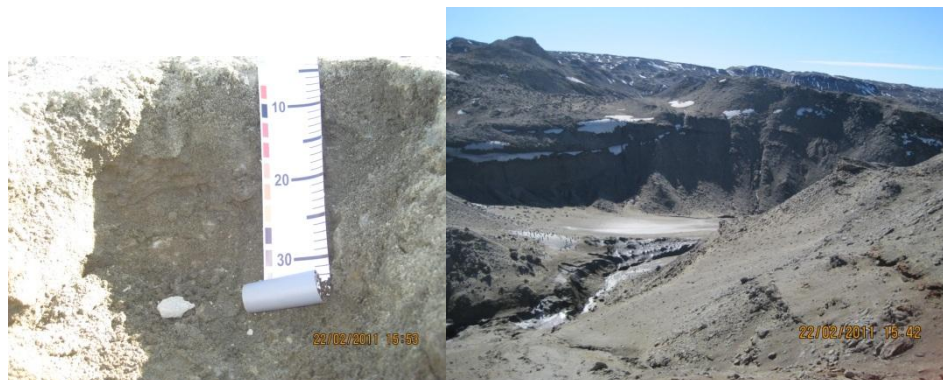
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0 - 3 cm; muito cascalhenta, arredondada, franco argiloso arenoso; moderada médio laminar; ligeiramente duro e friável/ firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; abrupta e plana; 8.4 °C.
- A2 3 - 8 cm; cascalhenta subarredondado/ arredondado franco argilo arenoso; moderada médio/grande blocos subangulares; ligeiramente duro e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; clara e ondulada; 8.2 °C.
- A3 8 - 20 cm; cascalhenta subarredondada/arredondada franco argilo arenoso; fraca médio/grande blocos subangulares; macio e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; clara e ondulada; 7.9 °C.
- A4 20 - 28 cm; cascalhenta subarredondada/arredondada franco argilo arenoso; fraca médio/grande blocos subangulares; macio e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; gradual e plana; 6.5 °C.
- A5 28 - 35 cm; textura; cascalhenta subarredondada/arredondada franco; fraca médio/grande blocos subangulares; macio e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; gradual e plana; 5.6 °C.
- AC 35 - 40 cm; cascalhenta subarredondada/arredondada franco argilo arenoso; fraca médio/grande blocos subangulares; macio e friável; ligeiramente

- plástico e ligeiramente pegajoso; gradual e plana; 4.8 °C.
- C1 40 - 60 cm; cascalhenta subarredondada/arredondada franco argilo arenoso; fraca médio/grande blocos subangulares; macio e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; gradual e plana; 3.2 °C.
- C2 60 - 80 cm; cascalhenta subarredondada/arredondada franco argilo arenoso; fraca médio/grande blocos subangulares; macio e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; gradual e plana; 1.3 °C.
- C3 80 - 100 cm; cascalhenta subarredondada/arredondada franco argilo arenoso; fraca médio/grande blocos subangulares; macio e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; gradual e plana; 0.7 °C.

Obs.: Segundo nível de soerguimento da pinguineira. Aproximadamente 40cm de horizonte ornitogênico subatual. Areias glauconíticas não mostram interação com guano acima do substrato.

PERFIL 09



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 22/02/2011

Classificação: LithicPsammaquents (SSS, 2010), Lithic-ArenoLeptosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 514948 O, 2870235 S.

Perfil coletado em: Terceiro Nível de Soerguimento, PuntaPinguino.

Altitude: 8 m

Formação geológica: Arenito

Profundidade do permafrost: Sem permafrost

Pedregosidade: Moderadamente Pedregosa

Rochosidade: Rochoso

Relevo local: Escarpado/Forte Ondulado

Relevo regional: Suave ondulado

Erosão: Muito Forte

Drenagem: Excessivamente Drenado

Vegetação primária:

Clima: Continental Costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- AC 0 - 2 cm; cascalhenta angular areia franca; solto e solto; não plástico e não pegajoso; gradual e plano; 11.1°C.
- C 2 - 20 cm; cascalhenta angular areia franca; solto e solto; não plástico e não pegajoso; gradual e plano; 2.1°C. 20cm

Obs.: Fracamente nidificado. Sem permafrost dentro da seção de controle.

PERFIL 10



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 22/02/2011

Classificação: “Ornithogenic” LithicPsammaquents(SSS, 2010), Ornithic-LithicLeptosol(IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 514663 O, 2869749 S.

Perfil coletado em: Nível mais Alto de Soerguimento da Pinguineira, PuntaPinguino.

Altitude: 48m

Formação geológica: Arenitos Tubáceos

Profundidade do permafrost: sem permafrost

Pedregosidade: Pedregosa

Rochosidade: Rochoso

Relevo local: Suave Ondulado

Relevo regional:

Erosão: Muito Forte

Drenagem: Bem Drenado

Vegetação primária: Raras Prasiolas

Clima: Continental Costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1F 0- 5 cm; franco argilo arenoso; médio laminar/blocos subangulares; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; clara e plana; 13.0 °C.
- A2F 5 - 15 cm; franco argilo arenoso; médio blocos subangulares/granular; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; clara e irregular; 10.3 °C.
- C/R 15 - 40 cm; franco; não plástico e não pegajoso; clara e irregular; 3.7 °C.
- C 40 - 70 cm; arenosa; não plástico e não pegajoso; 0.9 °C.

Obs.: Solo Ornitogênico do topo da Pinguineira face Mar de Weddell. Fosfatização

rasa sobre a rocha. Fosfatização nas fraturas. Matéria orgânica iluvial. Matéria orgânica puramente derivada de Prasiolas ou dejetos. Cimentado por crosta de Prasiolas. Estrutura composta.

PERFIL 11



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 22/02/2011

Classificação: “Ornithogenic” Salic Aquorthels (SSS, 2010), Ornithic-Oxyaquic Cryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 514730 O, 2869898 S.

Perfil coletado em: Paleoninhal de Pinguineira na Punta Pinguino.

Altitude: 22m

Formação geológica: Areias Glauconíticas com Pirita

Profundidade do permafrost: 80 - 100cm

Pedregosidade: Ligeiramente Pedregosa

Rochosidade: Ligeiramente Rochoso

Relevo local: Suave Ondulado

Relevo regional: Forte Ondulado

Erosão: Forte/Muito Forte

Drenagem: Moderadamente Drenado

Vegetação primária: Raras Prasiolas

Clima: Continental Costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- | | |
|-----|---|
| A1 | 0 - 3 cm; muito cascalhenta subarredondada franco argiloso; médio laminar; duro e firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; clara e plana; 13.1 °C. |
| A2 | 3 - 12 cm; muito cascalhenta subarredondada franco argiloso; médio blocos subangulares; duro e firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; gradual e ondulado; 7.4 °C. |
| AF3 | 12 - 25 cm; cascalhenta subarredondada franco argilo arenoso; médio blocos subangulares; ligeiramente duro e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; clara e plana; 4.3 °C. |
| A4 | 25 - 40 cm; cascalhenta subarredondada franco argilo arenoso; médio blocos |

- subangulares; ligeiramente duro e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; abrupta e plana; 2.5 °C.
- C1 40 - 80 cm; cascalhenta subarredondada franco argilo arenoso; ligeiramente duro e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; abrupta e plana; 0.0 °C.
- C2 80 - 100 cm; cascalhenta subarredondada franco argilo arenoso; ligeiramente duro e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; abrupta e plana; -0.3 °C.
- Obs.: Paleoninhal com fraca ocupação atual, sugerindo ocupação pretérita bem maior. Pedras e seixos. Fraca interação com areia glauconítica do substrato. Pirita? Oxidada para jarosita.

PERFIL 12



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 22/02/2011

Classificação: "Ornithogenic" Salic Aquorthels (SSS, 2010), Ornithic-Oxyaquic Cryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 514970 O, 2870014 S.

Perfil coletado em: Terraço Marinho Soerguido sobre Pinguineira na Punta Pinguino.

Altitude: 3m

Formação geológica: Areias Glauconíticas (Paleógeno).

Profundidade do permafrost: Aproximadamente 1,2m

Pedregosidade: Muito Pedregosa

Rochosidade: Moderadamente Rochosa

Relevo local: Suave Ondulado

Relevo regional: Plano.

Erosão: Forte

Drenagem: Bem Drenado

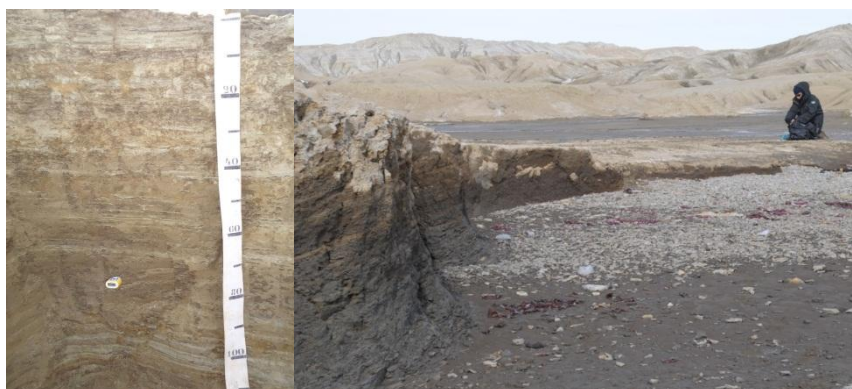
Vegetação primária: Rara Prasiola

Clima: Continental Costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0 - 3 cm; muito cascalhenta subarredondada franco argiloso; moderado médio laminar; duro e firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; clara e plana; 9.9 °C.
- A2 3 - 15 cm; muito cascalhenta subarredondada franco argiloso; moderada médio/grande blocos subangulares; duro e firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; gradual e plana; 3.6 °C.
- A3 15 - 50 cm; cascalhenta subarredondada franco argilo arenoso; fraca grande blocos subangulares; ligeiramente duro e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; gradual e plano; 3.4 °C.
- A4 50 - 85 cm; franco argilo arenoso; fraca blocos subangulares; ligeiramente duro e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; abrupta e ondulada; 1.6 °C.
- C 85 - 120 cm; franco arenoso; grãos simples; 0.5 °C
- Obs.: Ornitogênese profunda no terraço marinho soerguido frontal com sais no perfil até 85cm. Horizonte datável com ¹⁴C. o solo representa o sítio mais fortemente ocupado no passado. Fraca interação do material fosfático com as areias. Oxidação de pirita para jarosita.

PERFIL 13



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 23/02/2011

Classificação: SalicHaplorthels (SSS, 2010), Salic-HaplicCryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K.

Perfil coletado em: Campo de montículos de erosão eólica em foz drenagem fluvioglacial.

Formação geológica: Arenito Intercalado com Siltito - Deserto Polar

Profundidade do permafrost: 120cm

Pedregosidade: Moderadamente Pedregosa

Rochosidade: Não Rochoso

Relevo local: Ondulado

Relevo regional: Ondulado

Erosão: Muito Forte

Drenagem: Bem Drenado

Vegetação primária: Não Vegetação

Clima: Continental Costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 3 cm; cascalho/com cascalho; grãos simples/laminar; ligeiramente duro e crosta friável; não plástico e não pegajoso; clara e plana; 8.9 °C 5cm.
- AC 3 - 9 cm; cascalho/com cascalho; grãos simples/laminar; macio e friável; não plástico e não pegajoso; gradual e plano; 4.7 °C 10cm.
- C1 9 - 60 cm; cascalho/com cascalho; grãos simples/laminar; ligeiramente duro e friável; não plástico e não pegajoso; gradual e plana; 3.9 °C 20cm; 2.7 °C 40cm; 2.1 °C 60cm.
- C2 60 - 120⁺ cm; cascalho/com cascalho; grãos simples/laminar; duro e friável; não plástico e não pegajoso; gradual e plana; 1.2 °C 80cm; 0.1 °C 100cm.
- Obs.: Estrutura composta em A. crosta de sais fina e ablação eólica forte na paisagem. Cimentação fraca em A.

PERFIL 14



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 23/02/2011

Classificação: SalicAquorthel (SSS, 2010), Oxyaquic-SalicCryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 513946 O, 2874440 S.

Perfil coletado em: Aluvial do Cross Valley na saída (estuário) acima da maré mais alta

Altitude: 3m

Formação geológica: Sedimentos Aluviais

Profundidade do permafrost: 120cm

Pedregosidade: Não Pedregoso

Rochosidade: Não Rochoso

Relevo local: Plano

Relevo regional: Plano

Erosão: Extremamente Forte

Drenagem: Mal Drenado

Vegetação primária:

Clima: Continental Costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 3 cm; argila arenosa; maciça pequena laminar; plástico e pegajoso; clara e plana; 5.5 °C.
- A1 0 - 5 cm argila arenosa; maciça pequena laminar; plástico e pegajoso; clara e plana; 5.5 °C.
- C1 5 - 30 cm; argila arenosa; maciça pequena blocos subangulares; plástico e pegajoso; clara e plana; 2.6°C.
- CR 30 - 60 cm; textura; estrutura; consistência solo seco e solo úmido e plasticidade e pegajosidade; 1.5 °C.
- Cg 60 - 80⁺ cm; 0.4°C.

Obs.: Estrutura em C1 geogênica - siltito quebrado.

PERFIL 15



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 23/02/2011

Classificação: GlacicAnhyorthels (SSS, 2010), Aridic-GlacicCryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 514698 O, 2875137 S.

Perfil coletado em: Canal fluvioglacial sobre arenito com lentes siltito.

Altitude: 13 m

Formação geológica: Arenito. Lentes siltito

Profundidade do permafrost: 75-80 cm

Pedregosidade: Pedregosa

Rochosidade: Não rochoso

Relevo local: Plano

Relevo regional: Plano

Erosão: Muito forte

Drenagem: Moderadamente drenado

Vegetação primária:

Clima: Continental Costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0 - 3 cm; muito cascalho subarredondada/arredondada franco argiloso siltoso; fraca médio laminar; ligeiramente duro e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; abrupta e plana; 8.2 °C 5cm .
- A2 3 - 8 cm; cascalhenta subarredondada/arredondada franco argiloso siltoso;

- fraca médio blocos subangulares; macio e muito friável; não plástico e não pegajoso; clara e ondulada; 4.2 °C 20cm.
- AC 8 - 20/30 cm; com cascalho subangular franco; fraca médio blocos subangulares; macio e muito friável; não plástico e não pegajoso; clara e ondulada; 1.9 °C 40 cm.
- C1 20/30 - 60 cm; clara e ondulada; 0.8 °C 60 cm.
- 2C2 60 - 100 cm; gradual e ondulada; -0.3 °C 80cm.
- Obs.: Solo com forte ablação eólica e permafrost em processo de degelação e colapso. Presença de lamenas 20 cm de superfície de espriamento eólico. Crosta salina em microdepressões.

PERFIL 16



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 24/02/2011

Classificação: SalicPsammorthel (SSS,2010), Arenic-SalicCryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 516662 O, 2874377 S.

Perfil coletado em: No meio do platô da Formação La Meseta, sobre sedimentos conglomerados da mesma formação.

Altitude: 207 m

Formação geológica: sedimentos conglomerados da formação La Meseta

Profundidade do permafrost: 40 cm

Pedregosidade: Extremamente pedregosa

Rochosidade: Moderadamente rochoso/rochoso

Relevo local: Plano

Relevo regional: Plano

Erosão: Forte

Drenagem: Moderadamente drenado/imperfeitamente drenado

Vegetação primária:

Clima: Continental Costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0 - 3 cm; cascalho arredondada ; médio laminar ; consistência solo seco e solo úmido e plasticidade e pegajosidade; clara e plana; 3.5 °C 3 cm.
- A2 3-15/20 cm; cascalhenta arredondada; médio bloco subangulares que se

- desfaz em granular; consistência solo seco e solo úmido e plasticidade e pegajosidade; clara e ondulada; 2.4°C 10 cm.
- Bi 15/20-27/30 cm; com cascalho/calhau arredondada; médio/grande bloco subangulares; consistência solo seco e solo úmido e plasticidade e pegajosidade; gradual ondulada; 0.5 °C 20 cm.
- BC1 27/30-35/40 cm; com cascalho/calhau arredondada; médio/grande bloco subangulares; consistência solo seco e solo úmido e plasticidade e pegajosidade; gradual ondulada; -0.1 °C 30 cm.
- C2 35/40-45; gradual ondulada -0.4 °C 40cm
- C3 45-80; gradual ondulada -1.1 °C 60 cm
- Obs.: Estrutura composta em Bi. BC1 e C2 fracamente cimentados. Presença de gelo à 60cm.

PERFIL 17



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 24/02/2011

Classificação: TypicPsammorthel (SSS, 2010), Arenic-HaplicCryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 516740 O, 2873988 S.

Perfil coletado em: Escarpa na borda do platô da formação La Meseta. Face Mar de Weddell.

Altitude: 194 m

Formação geológica:

Profundidade do permafrost: 40-45 cm ondulado

Pedregosidade: Muito pedregosa

Rochosidade: Moderadamente rochoso

Relevo local: Montanhoso

Relevo regional: Montanhoso

Erosão: Extremamente forte

Drenagem: Imperfeitamente drenado

Vegetação primária:

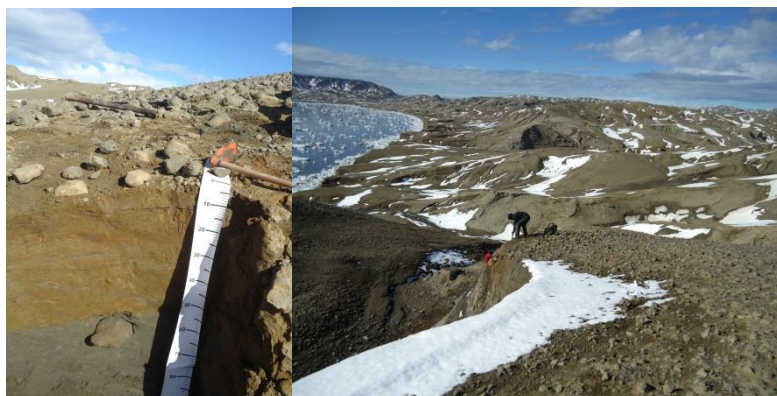
Clima: Continental Costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0-3 cm; cascalhenta e arredondada; laminar; clara e plana; 2 °C 3 cm.
 A2 3/5-15 cm; com cascalho e arredondada; blocos subangulares que se desfazem em granular; clara e ondulada; 2.8 °C 10 cm.
 AB 15-30 cm; com cascalho e arredondada; blocos subangulares que se desfazem em granular; clara e ondulada; 2.3 °C 20 cm.
 Bi 30-45 cm; com cascalho e arredondada; blocos subangulares que se desfazem em granular; clara e ondulada; 0.8 °C 30 cm.
 BC 45-70 cm; com cascalho e arredondada; 0.0 °C 40 cm; -0.1 °C 60 cm.

Obs.: Estrutura composta em A2, AB e Bi.

PERFIL 18



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 25/02/2011

Classificação: SulfuricAquorthel(SSS, 2010), Oxyaquic-SalicCryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 512063 O, 2874548 S.

Perfil coletado em: Canal de degelo em colinas da formação Lopes de Bertodano.

Altitude: 43 m

Formação geológica: Formação Lopes de Bertodano

Profundidade do permafrost: 70 cm

Pedregosidade: Muito pedregoso

Rochosidade: Rochoso

Relevo local: Ondulado

Relevo regional: Ondulado

Erosão: Forte/muito forte

Drenagem: Bem drenado

Vegetação primária:

Clima: Continental Costeiro

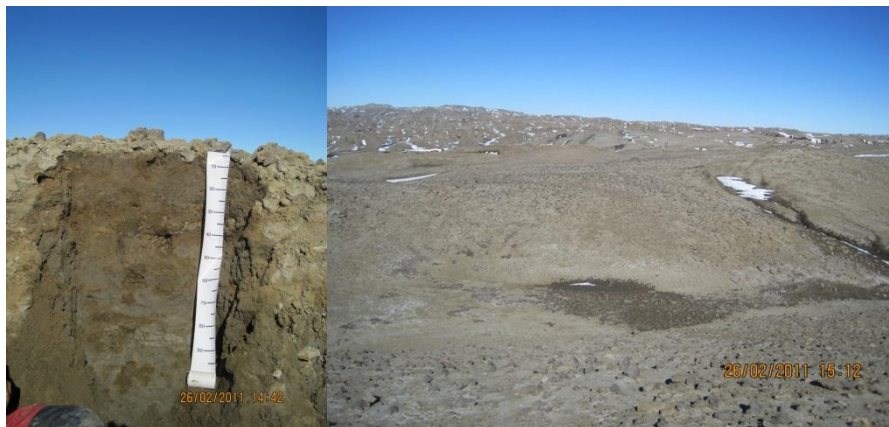
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0-3 cm; arredondada; moderada médio laminar; não plástico e ligeiramente pegajoso; clara e plana; 15.0 °C.
 AC 3-8/10 cm; arredondada; fraca médio blocos subangulares; não plástico e ligeiramente pegajoso; clara e ondulada; 8.7 °C (10 cm).
 C1 8/10-55/60 cm; arredondada; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; clara e ondulada; 2.6 °C (20 cm); 1.1 °C (30 cm); 0.9 °C (40 cm); 0.7 °C (50 cm).

cm); -0.1 °C (60 cm).
C2 55/60-90/100 cm; consistência solo seco e solo úmido e plasticidade e pegajosidade; -0.4 °C (80 cm); -0.6 °C (100 cm).

Obs.: A fracamente cimentado. Presença de lamelas (C1 e C2) superficiais. Solo muito oxidado. Possíveis lentes de material betuminoso. Permafrost "ice cemented". Horizonte com características de gleização. Muito cromado. Camada betuminosa como fonte de S para o sistema. Zonas oxidadas no entorno. Cor indica permafrost a 45-60 cm.

PERFIL 19



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 25/02/2011

Classificação: SulfuricAquiturbel (SSS, 2010), Oxyaquic-TurbiCryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 511761 O, 2874510 S.

Perfil coletado em: Topo de colina sobre Formação Lopes de Bertodano.

Altitude: 78 m

Formação geológica: Formação Lopes de Bertodano

Profundidade do permafrost: 70 cm duro, cimentado por gelo

Pedregosidade: Extremamente pedregosa

Rochosidade: Moderadamente rochoso

Relevo local: Suave ondulado

Relevo regional: Suave ondulado

Erosão: Muito forte

Drenagem: Bem drenado

Vegetação primária: Raros líquens

Clima: Continental Costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-5 cm; moderada pequeno/média laminar; macio e solto; ligeiramente plástico e não pegajoso; clara e plana; 14.9 °C (crosta).
- A2 5-10/15 cm; fraca médio blocos subangulares; solto e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; clara e ondulada; 10.2 °C (10 cm).
- CA 10/15-30/35 cm; fraca médio blocos subangulares; ligeiramente duro e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; gradual e ondulada; 4.4 °C (20cm); 1.9 °C (30 cm).

- C1 30/35-55/60 cm; fraca médio blocos subangulares; duro e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; gradual e ondulada; 1.0 °C (40 cm); 0.7°C (50 cm); 0.3 °C (60 cm).
- C2 55/60-100 cm; fraca médio blocos subangulares; consistência solo seco e solo úmido e plasticidade e pegajosidade; 0.1 °C (70 cm); -0.1 °C (80); -0.2 °C (100 cm).

Obs.: C1 e C2 fortemente cimentados (permafrost). Formação de sais próximo aos clastos (gipsita ?). Material pouquíssimo denso. Zona de oxidação de Fe associado aos clastos. Horizonte A mais desenvolvido que os descritos ate então. Feições de oxidação de 100 a 50 cm sobre a matriz gleizada. Perfil apresenta forte bicromia de 10 cm ate a base, com núcleos de oxidação formando lamelas (ferrihidrita ?). Área com inicio de formação de solos com padrões. Gradiente de gleização da superfície para a base do perfil. Indicio de crioturbação de 30-60 cm (40 cm) pelo arredondamento dos clastos. Índicios de oxidação dentro do permafrost indicando ser um permafrost fóssil.

PERFIL 20



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 28/02/2011

Classificação: SalicAnhyorthel (SSS, 2010), Aridic-SalicCryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 515107 O, 2873741 S.

Perfil coletado em: Borda de nível de sedimentos da Formação Sobral.

Altitude: 49 m

Formação geológica: Formação Sobral

Profundidade do permafrost: 50 cm

Pedregosidade: Moderadamente pedregoso

Rochosidade: Não rochoso

Relevo local: Suave ondulado

Relevo regional: Forte ondulado

Erosão: Muito forte

Drenagem: Bem drenado

Vegetação primária:

Clima: Continental Costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0-3 cm; muito cascalhenta/cascalhenta subangular; moderada pequeno laminar; ligeiramente duro; 4.0 °C (3 cm).
- A2 3-8 cm; cascalhenta subangular; moderada/forte médio granular; macio; 2.5 °C (5 cm).
- Cc 8-18/20 cm; cascalhenta subangular; moderada médio/grande blocos subangulares; duro; 4.0 °C (10); 3.5 °C (20 cm).
- C2 18/20-50 cm; cascalhenta subangular; moderada médio/grande blocos subangulares; duro; 3.3 °C (30 cm); 0.6 °C (40 cm); 0.0 °C (50 cm).
- C3 50-70 cm; cascalhenta subangular; moderada médio/grande blocos subangulares; muito duro; -0.7 °C (70 cm).

Obs.: traços de horizonte petrocálcico. Presença de tufos, material sedimentar, fóssil. Cimentação carbonática de C1 a C3. Solo com bicromica acentuada. Presença de núcleos de material betuminoso. Trancos fósseis com aureola de oxidação tufos ? jarosita ? CaCO_3 ?

PERFIL 21



DESCRIÇÃO GERAL

Data: 28/02/2011

Classificação: "Sulfuric" Anhyorthels (SSS, 2010), Gypsiric-Salic Cryosol (IUSS, 2006).

Localização e coordenadas UTM: Ilha Seymour, Mar de Weddell. Fuso 21K, 516013 O, 2873145 S.

Perfil coletado em: Topo

Altitude: 120 m

Formação geológica:

Profundidade do permafrost: 120 cm

Pedregosidade: Muito pedregosa

Rochosidade: Extremamente rochosa

Relevo local: Forte ondulado

Relevo regional: Montanhoso

Erosão: Extremamente forte

Drenagem: Bem drenado

Vegetação primária:

Clima: Continental Costeiro

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0-20/40 cm; grãos simples blocos subangulares; abrupta e ondulada; 4.2 °C

- (10 cm); 3.0 °C (20 cm); 2.6 °C (30 cm); 2.6 °C (40 cm).
20/40-50/55 cm; grãos simples blocos subangulares; abrupta e ondulada; 2.5 °C (50 cm).
- Cr1 50/55-70/75 cm; grãos simples blocos subangulares; clara e ondulada; 2.5 °C (60 cm); 2.4 °C (70 cm).
- Cr2 70/75-120 cm; grãos simples blocos subangulares; clara e ondulada; 2.9 °C (90 cm); 2.9 °C (80 cm); 2.4 °C (90 cm); 1.9 °C (100 cm).
- Obs.: Solos desenvolvidos sobre paleoregolito. Horizonte A com arenito silicificado acima do campo de solos com padrões.