

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

IORRANA FIGUEIREDO SACRAMENTO

**SOLOS E GEOAMBIENTES DA PORÇÃO NORTE DE HARMONY POINT, ILHA
NELSON, ANTÁRTICA MARÍTIMA**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2020

IORRANA FIGUEIREDO SACRAMENTO

**SOLOS E GEOAMBIENTES DA PORÇÃO NORTE DE HARMONY POINT, ILHA
NELSON, ANTÁRTICA MARÍTIMA**

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*.

Orientador: Carlos Ernesto G. R. Schaefer

Coorientadores: Guilherme Resende Corrêa
Roberto Ferreira M. Michel

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2020

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S123s
2020 Sacramento, Iórrana Figueiredo, 1995-
Solos e geoambientes da porção norte de Harmony Point,
Ilha Nelson, Antártica Marítima / Iórrana Figueiredo
Sacramento. – Viçosa, MG, 2020.
118 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Carlos Ernesto Goncalves Reynaud Schaefer.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.77-82.

1. Solos - Formação. 2. Solos - Composição. 3. Fosfatos.
4. Solos - Antártica, Península. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-Graduação em
Solos e Nutrição de Plantas. II. Título.

CDD 22. ed. 631.4

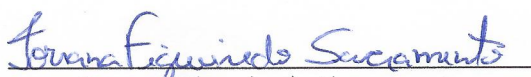
IORRANA FIGUEIREDO SACRAMENTO

**SOLOS E GEOAMBIENTES DA PORÇÃO NORTE DE HARMONY POINT, ILHA
NELSON, ANTÁRTICA MARÍTIMA**

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: 27 de outubro de 2020.

Assentimento:


Iorrana Figueiredo Sacramento
Autora


Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer
Orientador

Aos meus pais, meu porto seguro.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a vida e pela sua infinita misericórdia.

Aos meus pais, Cleiton e Edna, e à minha irmã Beatriz, por serem meu refúgio e pelo amor incondicional.

Aos meus parentes, especialmente minhas tias, Rita, Neia e Vanda, por todo apoio e carinho.

Aos meus amigos e colegas de longa data e os que Viçosa me proporcionou, em especial, Raiza, Emanuelle, Amanda, Nathália, Ykaro, Tássio, Christianne, Flaviana, Ana, Nadeline, Valéria, Demétrio, Gastón, Adalgisa, Felipe, Mayara, Raiza, Rayanne, Jordana... e tantos outros que me ajudaram até aqui.

Ao Rafael, por ter sido meu porto seguro em Viçosa, pela sua paciência, ajuda e carinho constantes e também aos seus pais por todo apoio e carinho.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de fazer o curso.

Ao meu orientador, Carlos Schaefer, por todas as oportunidades a mim oferecidas e pelo seu apoio e incentivo.

Ao meu coorientador Roberto Michel, por todo incentivo, apoio e paciência durante esses anos de vida acadêmica.

A todos os professores e técnicos do DPS, em especial, Márcio, Elpídio, João Ker, Liovando João José, pelos sábios ensinamentos e apoio durante minha caminhada, à Claudinha, pela sua fundamental ajuda nos assuntos burocráticos, e aos técnicos, Claudinho, Evandro e Jorge pelo auxílio em laboratório.

Aos professores Jair e Guilherme e ao alpinista Vandeira por todo apoio e ajuda para a realização do campo e pelas boas risadas durante os dias de acampamento.

Às amigadas proporcionadas pelo NApOc Ary Rongel que tornaram essa experiência ainda mais incrível, em especial, Isabel, Flávia, Luara, Renata, Fernanda, Clarice, Raquel e Will, Ygor.

Ao Programa Antártico Argentino por ter disponibilizado para nosso uso o Refúgio Gurruchaga.

Ao Programa Antártica Brasileiro e à Marinha do Brasil por todo apoio oferecido para a realização da XXXVII Operantar.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

RESUMO

SACRAMENTO, Iorrana Figueiredo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2020. **Solos e geoambientes da porção norte de Harmony Point, ilha Nelson, Antártica Marítima.** Orientador: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer. Coorientadores: Guilherme Resende Corrêa e Roberto Ferreira Machado Michel.

Na Antártica, a pedogênese ocorre em diferentes graus conforme a região, com os solos da Antártica Marítima sendo os mais desenvolvidos devido a uma série de fatores, como temperaturas mais amenas, maior umidade e significativa presença da vegetação e avifauna. Harmony Point, na ilha Nelson, é considerada uma Área Especialmente Protegida da Antártica, devido à sua relevância em termos de diversidade vegetal e de aves, os quais têm tido grande influência na formação dos solos. Assim, esta pesquisa pretendeu analisar o grau da influência ornitogênica na evolução dos solos da porção norte de Harmony Point, com ênfase na relação solo-organismos-paisagem. A coleta dos 24 perfis de solos foi realizada durante o verão austral de 2018-2019. Foi realizada a descrição da vegetação e das geoformas locais. A classificação dos solos foi feita com base na *Soil Taxonomy* e *World Reference Base for Soil Resources*. Os mapeamentos geomorfológico, pedológico e da vegetação foram feitos utilizando técnicas de geoprocessamento. As características físicas e químicas dos solos foram obtidas através do Laboratório de Rotina de Fertilidade do Solo (UFV-MG). As amostras de solos foram selecionadas para a caracterização mineralógica, utilizando Difractometria de Raio-X, e para a quantificação do Fe e Al pedogênicos. A semiquantificação de alguns elementos químicos foi obtida pela Microfluorescência de Raio-X e o teor de P total foi obtido por digestão ácida. A datação do radiocarbono foi realizada por Espectrometria de Massas com Aceleradores. Os solos com padrões foram a geoforma mais abrangente (13%). A unidade de mapeamento de solo mais ampla (12%) foi “Ornithogenic”/Typic Gelorthent. Os carpetes e tufo altos de musgos foram a classe de vegetação mais extensa (7%). A classe dos Inceptisols nos afloramentos rochosos apresentou maior grau de desenvolvimento pedogenético, com perfis profundos, elevados teores de acidez e de carbono orgânico, minerais secundários de fosfatos e complexos organometálicos, devido aos processos de acúmulo de matéria orgânica e fosfatização. O perfil 7, localizado em afloramento rochoso (56 m de altitude), apresentou idade de radiocarbono superior a 4.000 anos AP, devido ao maior tempo de exposição e prolongada influência dos organismos na pedogênese. Os solos da plataforma de crioplanção se destacaram pelo alto conteúdo de cascalho em superfície e de argila e silte em profundidade, causados pela crioturbação, e pela presença de minerais silicatados primários e secundários. Os

solos dos terraços marinhos se destacaram pelos elevados teores de areia e saturação por bases, comuns em ambiente marinho, maior P disponível, devido à influência ornitogênica atual, e predominância de minerais fosfáticos amorfos. Estas características destacaram a importância dos organismos enquanto fator diferenciador dos solos em Harmony Point, e do tempo em promover estabilização da paisagem e desenvolvimento pedogenético. Com este estudo foram apresentadas evidências do intemperismo químico em solos na Antártica Marítima, intensificado pela influência ornitogênica. Assim, Harmony Point, enquanto uma área protegida da Antártica, é um exemplo da importância em se compreender como as relações entre os organismos e os geoambientes são relevantes para o conhecimento de vários ciclos geoquímicos e da dinâmica climática, tanto a nível regional quanto global.

Palavras-chave: Pedogênese. Ornitogênese. Fosfatização. Crioturbação.

ABSTRACT

SACRAMENTO, Iorrana Figueiredo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2020. **Soils and geoenvironments in the northern of Harmony Point, Nelson island, Maritime Antarctica.** Adviser: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer. Co-advisers: Guilherme Resende Corrêa and Roberto Ferreira Machado Michel.

In Antarctica, pedogenesis occurs in different levels according to the region, with the soils of Maritime Antarctica being more developed due to a series of factors, such as warmer temperatures, higher moisture and significant presence of vegetation and birds. Harmony Point, at Nelson Island, is considered an Antarctica Specially Protected Area due to its relevance in terms of vegetation and birds' diversity, which have had great influence in soil formation. This way, this research intended to analyze the ornithogenic influence degree of the soils of the northern Harmony Point, emphasizing the soil-organisms-landscape interplays. The 24 soil profiles collecting were placed during the austral summer of 2018-2019. We described the local vegetation and landforms for each of them. The soils were classified according to the Soil Taxonomy and World Reference Base for Soil Resources systems. The geomorphological, pedological and vegetation mappings were made using geoprocessing techniques. Physical and chemical characteristics of soils were obtained through the Laboratório de Rotina de Fertilidade do Solo (UFV-MG). Soil samples were selected for mineralogical characterization using X-Ray Diffractometer e for pedogenic Fe and Al forms. The semiquantification of some chemical elements was obtained through Micro-X-Ray Fluorescence and the total P was also obtained through acid digestion. The radiocarbon dating was accomplished by Accelerator Mass Spectrometer. The patterned ground soils were the more extensive (13%) landform mapped. The wider soil mapping unit was the "Ornithogenic"/Typic Gelorthent. The carpets and tall moss turf formation was the more extensive vegetation class. The Inceptisols at volcanic outcrops showed the highest pedogenetic development degree, with deep profiles, high acidity, high organic carbon content, secondary phosphates minerals and organometallic complexes, due to the organic matter accumulation and phosphatization processes. The profile 7, localized at an outcrop (56 m altitude), showed radiocarbon age superior to 4,000 years BP, due to a great exposition time and a long influence of organisms in pedogenesis. The soils of the cryoplanated platform excelled due their high gravel contents at soil surface and clay and silt content in depth, caused by cryoturbation, and the presence of primary and secondary silicate minerals. The marine terraces soils excelled due to the great sand content and high bases saturation, common at marine environments, high available P, due to current ornithogenic influence and

predominance of amorphous phosphatic minerals. These characteristics highlighted the importance of organisms as a distinguishing factor of Harmony Point soils and of the time in promoting the landscape establishment and pedogenetic development. Therefore, Harmony Point stands out as an example of how protected areas in Antarctica are important to comprehend how the relationships between organisms and geoenvironments are relevant to the knowledge of various geochemical cycles and to the climatic dynamic, at regional and global scale.

Keywords: Pedogenesis. Ornithogenesis. Phosphatization. Cryoturbation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MÉTODO	12
2.1 Descrição da área de estudo	12
2.2 Coleta, descrição e classificação dos perfis de solo	15
2.3 Mapeamentos	15
2.4 Análises físicas e químicas.....	17
2.5 Análises mineralógicas	19
2.6 Datação do radiocarbono	19
2.7 Análises estatísticas.....	21
3 RESULTADOS	22
3.1 Mapeamento e descrição geomorfológica	22
3.1.1 Mapeamento geomorfológico	22
3.1.2 O geoambiente costeiro.....	24
3.1.3 Áreas periglaciais e suas geoformas	28
3.1.4 Áreas paraglaciais próximas à geleira.....	34
3.2 Mapeamento e classificação dos solos	35
3.2.1 Mapeamento dos solos	35
3.2.2 Classificação dos solos.....	39
3.3 Mapeamento e classificação da vegetação	41
3.3.1 Subformação de líquens.....	43
3.3.2 Subformação de macroalgas e cianobactérias	46
3.3.3 Subformação de líquens, carpetes e tufos baixos de musgos.....	46
3.3.4 Subformação de carpetes e tufos altos de musgos.....	48
3.4 Caracterização dos solos	49
3.4.1 Características gerais.....	49
3.4.2 Grupo dos solos de afloramentos rochosos	52
3.4.3 Grupo dos solos da plataforma de crioplanção	58
3.4.4 Grupo dos solos dos terraços marinhos.....	64
3.5 Idades convencionais por radiocarbono	65
4 DISCUSSÃO	66
4.1 Processos de formação dos solos.....	66
4.2 As relações pedogeoambientais.....	71
5 CONCLUSÃO.....	76

REFERÊNCIAS	77
APÊNDICES	83

1 INTRODUÇÃO

Os solos do arquipélago Shetland do Sul, localizado na região da Antártica Marítima, apresentam pedogênese mais intensa em comparação aos solos da Antártica Continental, devido às maiores temperaturas e a maior disponibilidade de água durante o verão, bem como à ornitogênese, processo responsável pela formação dos solos ornitogênicos (SIMAS et al., 2007; TATUR; MYRCHA, 1984). A expressiva presença da avifauna nessa região, especialmente das colônias de pinguins, é responsável pelos constantes fluxos de nutrientes entre o mar e as ilhas, e, consequentemente, pelo enriquecimento dos solos das áreas livres de gelo (MYRCHA; PIETR; TATUR, 1985; TATUR; BARCZUK, 1985; TATUR; MYRCHA, 1984).

A incorporação do guano ao material mineral do solo se dá pelo processo de fosfatização, responsável pela alteração dos minerais primários e formação de minerais secundários de fosfato, abundantemente encontrados nos solos ornitogênicos (SCHAEFER, 2004; SCHAEFER et al., 2008; TATUR; MYRCHA, 1984). Ao longo do tempo, a fosfatização provoca a acidificação dos solos ($\pm$ pH 4) devido a processos secundários como a nitrificação, que ocorrem a partir da percolação dos lixiviados do guano no perfil do solo (MYRCHA; PIETR; TATUR, 1985). Outros processos pedogenéticos também são bastante frequentes nas ilhas Shetland do Sul, como a gleização, paludização, melanização, podzolização, sulfurização e crioturbação, este último associado à presença do *permafrost* e aos ciclos de congelamento-descongelamento da camada ativa do solo (BOCKHEIM; UGOLINI, 1990; SIMAS et al., 2008, 2015). Estes ciclos também são responsáveis pelo intemperismo físico através do gelo (crioclastia) e pela atuação de processos geomórficos periglaciais que modelam a paisagem da Antártica Marítima (FRANCELINO et al., 2011; LÓPEZ-MARTÍNEZ et al., 2012; MICHEL et al., 2014).

As pinguineiras abandonadas nas ilhas Shetland do Sul se caracterizam por apresentarem cobertura vegetal abundante, desenvolvida devido à biodisponibilidade de nutrientes e à redução do pisoteio com a retirada dos pinguins (DAHER et al., 2018). Na Antártica Marítima, os solos ornitogênicos apresentam elevados teores de carbono associados à matéria orgânica (DAHER et al., 2018; MICHEL et al., 2006, 2014; SIMAS et al., 2007), representando áreas primárias de estoque de carbono no contexto regional (SCHAEFER et al., 2004). A matéria orgânica dos solos ornitogênicos é constituída principalmente por compostos facilmente termodegradáveis, tornando-os uma potencial fonte de CO₂ no contexto de mudanças climáticas (TURNER et al., 2005; MICHEL et al., 2006). Além dos solos

ornitogênicos, o próprio guano e as áreas vegetadas sem influência ornitogênica atuam como fonte de gases de efeito estufa, principalmente CO₂, o que pode vir a afetar consideravelmente os fluxos futuros de carbono nos ecossistemas antárticos terrestres (THOMAZINI et al., 2016; ZHU et al., 2009).

Harmony Point é uma Área Especialmente Protegida da Antártica (ASPA 133), devido à sua significância em termos de composição e diversidade biológica (ATCM XXXV, 2012). Espécies de aves endêmicas da Antártica como os pinguins e outras aves como os petréis gigantes utilizam esta península para o estabelecimento de colônias de reprodução, e extensas comunidades vegetais de musgos e líquens se desenvolvem em setores ornitogênicos e não ornitogênicos (ATCM XXXV, 2012; RODRIGUES et al., 2019). Estudos prévios já demonstraram que a influência ornitogênica em Harmony Point tem aumentado o intemperismo químico e, conseqüentemente, o desenvolvimento dos solos (RODRIGUES et al., 2019).

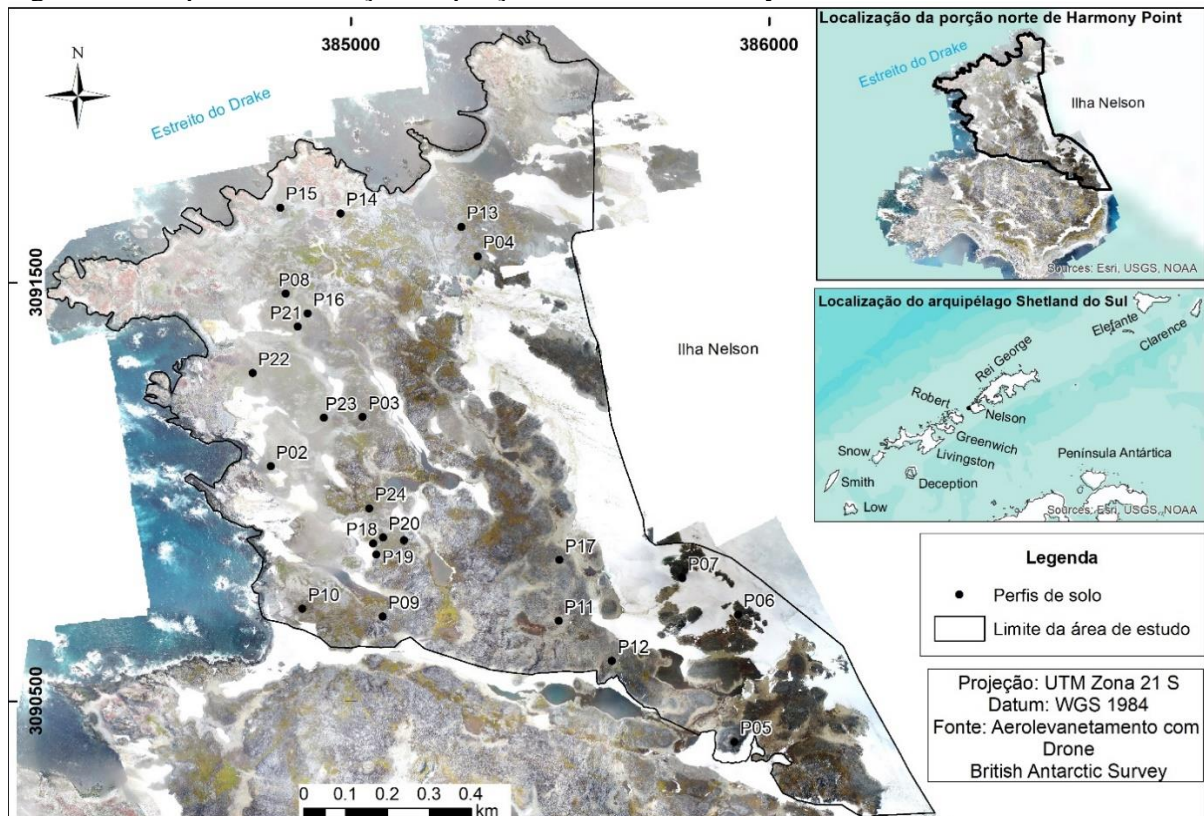
A paisagem periglacial desta área também se caracteriza pelo seu alto grau de estabilidade, com presença de extensos campos de solos com padrões e uma vegetação bem desenvolvida em terrenos protegidos com disponibilidade de água e nutrientes (RODRIGUES et al., 2019), o que influencia diretamente a gênese e propriedades dos solos. Assim, compreende-se a importância ecológica dos solos de Harmony Point como resultado da interação com a avifauna, vegetação e paisagem. Diante disso, com este estudo pretende-se analisar o grau de influência ornitogênica na evolução dos solos da porção norte de Harmony Point, com ênfase na relação solo-organismos-paisagem.

2 MÉTODO

2.1 Descrição da área de estudo

A ilha Nelson compõe o arquipélago Shetland do Sul e abrange 165 km², com apenas 5% de sua área sendo livre de gelo (RODRIGUES et al., 2019). Harmony Point é uma área livre de gelo localizada na porção oeste da ilha Nelson, nas coordenadas geográficas 59°12'46,68"W e 62°17'36,456"S e abrange 4 km² (Figura 1). Em Harmony Point não há uma estação meteorológica, mas de acordo com dados obtidos na estação Bellingshausen, localizada na Península Fildes – Ilha Rei George (a aproximadamente 15 km de distância), nos últimos 30 anos, a temperatura média anual na região foi de -2.1 °C e a temperatura média no verão é próxima de 0 °C (BAS, 2020). Já a precipitação média anual ficou entre 350 e 550 mm, com chuvas ocorrendo no verão.

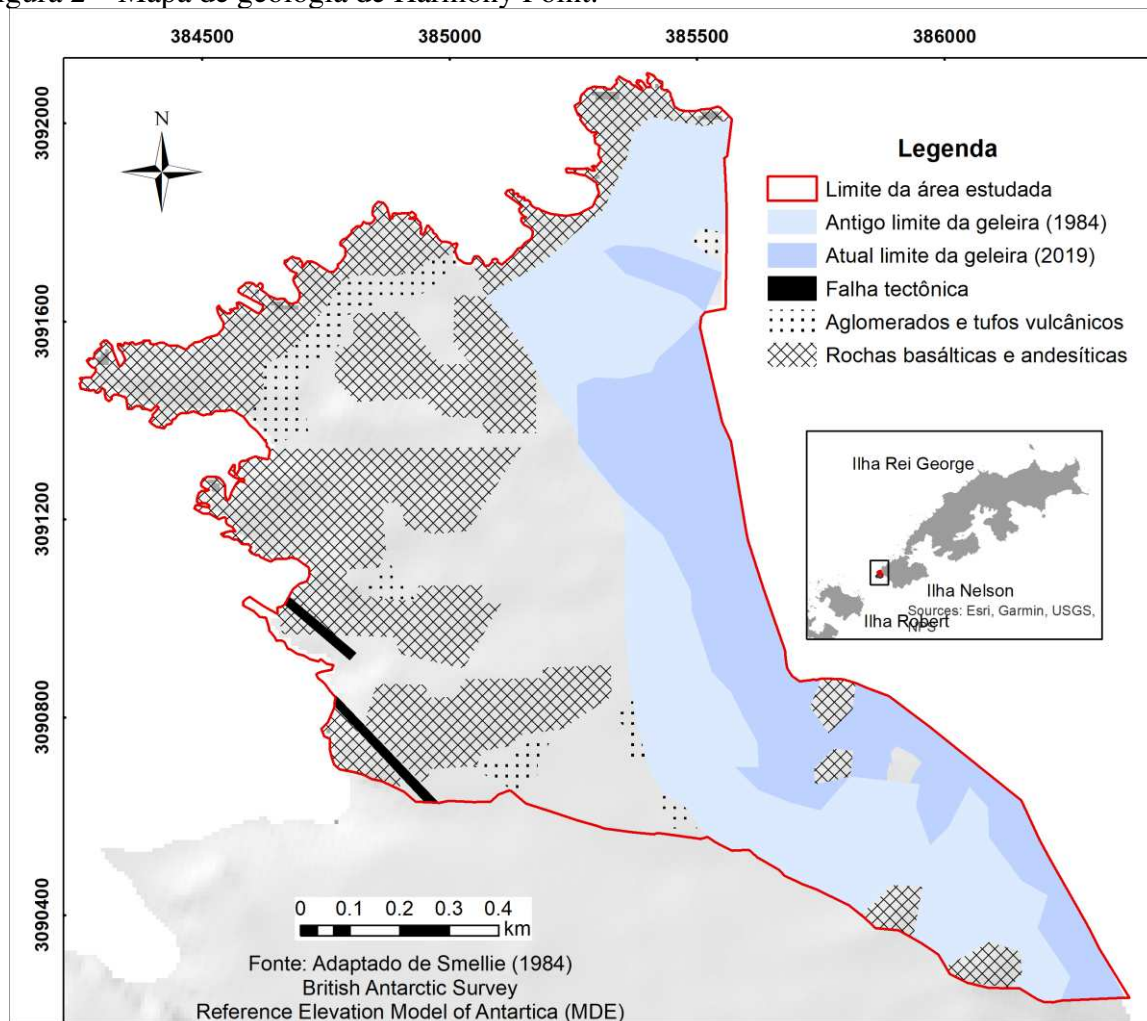
Figura 1 – Mapa de localização da porção norte de Harmony Point.



Fonte: A autora.

A geologia de Harmony Point apresenta uma idade incerta, porém se enquadra dentro do Cretáceo e Terciário inferior e é caracterizada principalmente por basaltos andesíticos e rochas piroclásticas, como aglomerados e tufos, que fazem parte do Bloco Península Fildes (SMELLIE, et al., 1984; FRANCELINO, 2004) (Figura 2). Assim como as demais áreas livres de gelo da Antártica Marítima, Harmony Point é composta por plataformas marinhas e praias soerguidas como resultado do soerguimento glacioisostático durante a deglaciação ocorrida após o Último Máximo Glacial no Holoceno, por volta de 9 mil anos AP (HJORT et al., 1998; JOHN; SUGDEN, 1971). A presença de drifts, rochas estriadas e blocos erráticos em Harmony Point são evidências do Último Máximo Glacial, momento de maior expansão do manto de gelo na Península Antártica e ilhas circunvizinhas (JOHN; SUGDEN, 1971).

Figura 2 – Mapa de geologia de Harmony Point.



Fonte: Adaptado de Smellie (1984).

Harmony Point apresenta colônias de reprodução de 12 espécies de aves, dentre as quais foram identificados aproximadamente 179 mil indivíduos do pinguim de barbicha (*Pygoscelis antarctica*), mais de 6 mil indivíduos do pinguim gentoo (*Pygoscelis papua*), aproximadamente 1.400 indivíduos de petrel gigante (*Macronectes giganteus*), mais de 250 indivíduos de gaivotão (*Larus dominicanus*) e mais de 140 indivíduos da skua-das-Falklands (*Catharacta antarctica*) e da skua-polar-do-sul (*Catharacta maccormicki*) (ATCM XXXV, 2012). Além de aves, encontram-se também espécies de mamíferos como a foca de Weddel (*Leptonychotes weddelli*), o lobo-marinho-antártico (*Arctocephalus gazela*) e o elefante marinho (*Mirounga leonina*) (ATCM XXXV, 2012).

A vegetação nesta península também é bastante abundante. Extensos carpetes de musgos são encontrados nas áreas mais protegidas e úmidas da península, na maioria das vezes associados a líquens e macroalgas, estas últimas quando há influência ornitogênica. De forma

geral, nas áreas mais expostas ao vento e, portanto, mais secas, predominam os líquens crustosos (ATCM XXXV, 2012).

2.2 Coleta, descrição e classificação dos perfis de solo

As coletas de campo foram realizadas entre janeiro e fevereiro de 2019, durante a XXXVII Operação Antártica (OPERANTAR) do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR). Os pontos de amostragem de solo foram definidos com base em dados prévios da geologia e geomorfologia da área. As amostras de cada horizonte dos 24 perfis de solo (Figura 1) foram coletadas para a realização das análises físicas, químicas e mineralógicas. Também foram coletadas 4 amostras para datação de ^{14}C (radiocarbono). As descrições dos perfis, da vegetação e das geoformas foram realizadas no entorno de cada perfil de solo e os registros foram feitos por meio de notas de campo e fotografias. As coordenadas geográficas de cada perfil foram coletadas utilizando-se o aparelho GPSMap Garmin 62S. As temperaturas do ar e dos horizontes de cada perfil foram obtidas por meio de um termômetro digital tipo espeto. As cores de cada horizonte foram obtidas com base na Carta de Munsell (1994) para amostras de solo seco e úmido. Os perfis de solo foram classificados de acordo com a Soil Taxonomy (SSS, 2014) e com a World Reference Base (WRB) da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2014).

2.3 Mapeamentos

O aerolevantamento de Harmony Point foi feito utilizando um Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT) modelo DJI Phantom 4. A resolução espacial do ortomosaico gerado a partir do imageamento foi de aproximadamente 0,05 m. O software utilizado para processamento dos dados do VANT foi o Agisoft® Photoscan. A partir disso foi gerado um ortomosaico (Figura 1) das imagens do VANT para servir com embasamento para os mapeamentos geomorfológico, pedológico e da vegetação.

O mapa geomorfológico foi gerado numa escala 1:10.000, a partir da técnica de fotointerpretação utilizando o ortomosaico e a altitude e declividade do relevo, gerados a partir do Modelo de Elevação de Referência para a Antártica (REMA em inglês). Este modelo possui 8 m de resolução espacial e é produto de um compilado de modelos digitais de elevação gerados para toda a Antártica por estereoscopia de imagens de quatro satélites WorldView-1,

WorldView-2, WorldView-3 e GeoEye-1 (HOWAT et al., 2019). As geoformas foram identificadas em campo e baseadas no mapeamento realizado previamente por Rodrigues et al. (2019) para a porção sul de Harmony Point. O software utilizado foi o Arcgis® 10.8.1.

O mapeamento pedológico foi feito em escala de 1:10.000, com base no mapa geomorfológico gerado neste trabalho e no mapa pedológico realizado por Rodrigues et al. (2019). As classes de solo representadas foram as do sistema Soil Taxonomy (SSS, 2014) e o software utilizado foi o Arcgis®.

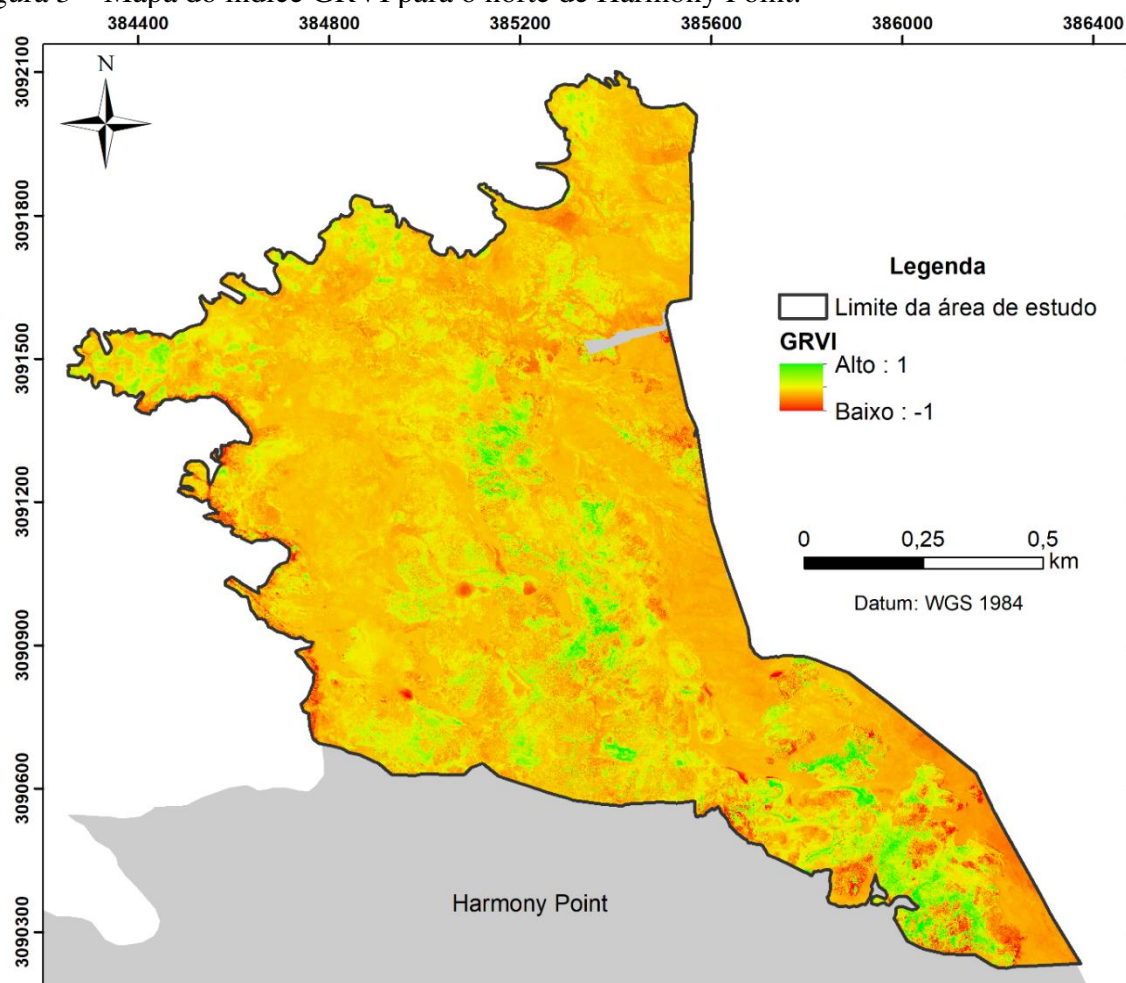
As classes de vegetação utilizadas no mapeamento de vegetação foram adaptadas de Longton (1988). O mapeamento da vegetação foi realizado utilizando as descrições da vegetação realizada em cada ponto de perfil de solo coletado e o ortomosaico do imageamento por VANT. O método aplicado foi o da classificação orientada a objeto de forma semiautomática, utilizando-se os algoritmos *Multiresolution Segmentation* e *Nearest Neighbour*. O algoritmo *Multiresolution Segmentation* corresponde a uma técnica de segmentação, ou fusão de pixels por regiões (objetos), cujo critério de fusão é baseado em atributos como cor (resposta espectral), textura e forma, e o tamanho do objeto é baseado no parâmetro de escala (BAATZ; SCHÄPE, 2000). O *Nearest Neighbour*, por sua vez, é um algoritmo de classificação supervisionada que classifica um objeto de acordo com a classe da amostra de treinamento mais próxima (TRIMBLE, 2014).

Para a classificação, foram coletadas 30 amostras de treinamento para as classes: água/solo e rocha exposta; neve/gelo; pinguineiras; carpetes e altas turfeiras de musgos; e líquens e baixas turfeiras de musgo. Para a segmentação e classificação automática, foram utilizadas as bandas RGB do ortomosaico e o índice GRVI (Green-Red Vegetation Index) (TUCKER, 1978), criado a partir da diferença normalizada entre as bandas do vermelho e verde (Equação 1 e Figura 3). Os valores desse índice variam entre -1 a 1.

$$GRVI = \frac{verde - vermelho}{verde + vermelho} \quad \text{Equação 1}$$

Após a obtenção da classificação, foram realizadas alterações manuais no mapa gerado. As classes água e solo/rocha exposta foram separadas; duas novas classes foram acrescentadas: líquens crustosos e macroalgas; e as outras classes existentes foram corrigidas visando um refinamento da classificação. O mapa final de vegetação foi produzido no ArcGIS® em escala 1:10.000.

Figura 3 – Mapa do índice GRVI para o norte de Harmony Point.



Fonte: A autora.

2.4 Análises físicas e químicas

Inicialmente foi obtida a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) de cada amostra de solo, a partir da moagem, secagem ao ar e peneiramento com peneira de abertura de 2 mm. As análises físicas e químicas passaram por procedimentos do Laboratório de Rotina de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos da UFV, adaptadas da EMBRAPA (2017). As frações areia grossa (0,2 – 2 mm), areia fina (0,05 – 0,2 mm), silte (0,002 – 0,05 mm) e argila (< 0,002 mm) foram obtidas utilizando 10 g de solo de cada amostra, as quais foram submetidas à dispersão mecânica, dispersão química (10 mL de solução dispersante de NaOH a 1 mol L⁻¹), peneiramento, sedimentação, sifonação, secagem em estufa a 100 °C e pesagem.

A análise do pH foi feita por meio de eletrodo mergulhado em água e solução de KCl, numa proporção solo:líquido de 1:2,5, utilizando 10 g de TFSA. P, K, Na disponíveis e os microelementos Cu, Mn, Fe e Zn foram obtidos utilizando 10 g de TFSA, solução extratora

Mehlich-1 (HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ e H_2SO_4 $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$). As determinações foram feitas por fotolorimetria (P), fotometria de emissão em chama (K e Na) e espectrometria de absorção atômica (microelementos). O Ca^{2+} , Mg^{2+} e a acidez trocável (Al^{3+}) foram obtidos utilizando 10 g de TFSA, solução extratora de KCl 1 mol L^{-1} . As determinações foram feitas por espectrometria de absorção atômica (Ca^{2+} e Mg^{2+}) e por titulação com solução de NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ (Al^{3+}). A acidez potencial (H+Al) foi obtida utilizando 5 g de TFSA, extração por solução de acetato de cálcio $[(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} \cdot \text{H}_2\text{O}]$ $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ tamponada a pH 7 e determinação por titulação com NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$. A partir desses resultados foram calculadas as informações sobre o complexo sortivo do solo: soma de bases (SB), CTC total (T), CTC efetiva (t), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) e saturação por sódio (ISNa) (EMBRAPA, 2017).

O S disponível foi obtido utilizando 10 g de TFSA, solução extratora de fosfato monocalcico $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$ em ácido acético 2 mol L^{-1} , sendo determinado por fotolorimetria. O P remanescente (P-rem) foi obtido utilizando 7,5 g de TFSA, solução extratora de CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e determinado por fotolorimetria, já o P total (PT) foi obtido com base no método proposto por Bowman (1988), utilizando 0.25 g de solo passado em peneira de 80 mesh e a partir da adição sequencial de H_2SO_4 concentrado, H_2O_2 a 40% e HF concentrado. A determinação foi feita por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES, em inglês). O C orgânico total (COT) foi obtido pelo método de combustão via úmida (YEOMANS; BREMNER, 1988), utilizando 5 g de TFSA, solução extratora de dicromato de potássio $[\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7]$ $0,0667 \text{ mol L}^{-1}$ e titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal $[(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ $0,102 \text{ mol L}^{-1}$. O N total (NT) foi obtido por meio do método de digestão via úmida Kjeldahl, utilizando 1 g de TFSA e titulação feita por solução de ácido sulfúrico aferida com solução de tris-hidroximetilaminometano.

Para a obtenção dos teores totais de Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, Si, Ti, P, S, Zn, Cu, Co e Mn foi pesado, aproximadamente, 1 g de solo de amostras selecionadas, em seguida, essas amostras foram trituradas e passadas em peneira de 200 mesh para, então, serem confeccionadas pastilhas de 2 mm de altura utilizando prensa hidráulica ajustada a uma pressão de 3 t cm^{-2} por 2 min. Essas pastilhas foram levadas para análise química semi-quantitativa (método dos parâmetros fundamentais) no espectrômetro de Microfluorescência de Raios-X Por Energia Dispersiva (μ -FRXED) modelo Shimadzu 1300 (ALVES et al., 2015).

2.5 Análises mineralógicas

As análises mineralógicas de amostras representativas também foram adaptadas da EMBRAPA (2017). Como um pré-tratamento, aquelas amostras que apresentaram teores elevados de COT tiveram a matéria orgânica removida pelo método do hipoclorito de sódio (NaClO) (5-6%) a pH 9,5.

As frações areia grossa, areia fina, silte e argila de cada amostra de solo foram obtidas utilizando 50 g de TFSA, solução dispersante de carbonato de sódio a pH 10, dispersão mecânica vertical, peneiramento, sedimentação e secagem em estufa a 40 °C. Em seguida, foram preparadas lâminas para obtenção da mineralogia através da leitura por Difractometria de Raio-X (DRX), utilizando o difratômetro PANalytical/X'PertPro, com radiação de $\text{CoK}\alpha$ e ângulo de varredura (2θ) entre 4 – 50°. Em algumas amostras de argila foram aplicados tratamentos para o melhor detalhamento da presença de minerais 2:1. Para isso, foram preparadas lâminas de argila desferrificada pelo método do Ditionito-Citrato-Bicarbonato (DCB) (MEHRA; JACKSON, 1960) e foi aplicada saturação com MgCl_2 0,5 mol L⁻¹, solvatação com glicerol a 10%, e saturação com KCl 1 mol L⁻¹ a 25, 350 e 550 °C.

Os compostos de Fe e Al cristalinos (Fe_d e Al_d) foram extraídos utilizando DCB e 1g de TFSA. Os composto de Fe e Al amorfos (Fe_o e Al_o) foram extraídos utilizando oxalato de amônio a pH 3 0,2 mol L⁻¹ (MCKEAGUE; DAY, 1966) e 0,5 g de TFSA. Os compostos de Fe e Al associados com a matéria orgânica (Fe_p e Al_p) foram extraídos com pirofosfato de sódio a pH 10 0,1 mol L⁻¹ (DAHLGREN, 1994) e 1 g de TFSA passado em peneira de 100 mesh. Os teores foram determinados por espectrometria de absorção atômica.

2.6 Datação do radiocarbono

A datação do ^{14}C (radiocarbono) foi realizada em 1 amostra de osso de petrel gigantes e 3 amostras de solo coletadas para obtenção da idade de formação dos solos e da ocupação da avifauna na área amostrada. O osso de petrel gigante foi coletado a 55 cm de profundidade no perfil 5 e amostras de solos foram coletadas no perfil 6 a 70 cm de profundidade e nos perfis 7 e 8 a 50 cm de profundidade.

A datação foi aplicada pelo método de Espectrometria de Massa por Aceleradores (AMS, em inglês) e realizada pelo laboratório especializado Beta Analytic (EUA). A AMS

consiste na detecção da concentração dos átomos de ^{14}C e dos demais isótopos de C por meio de um espectrômetro de massa de alta energia (LINICK et al., 1989).

Os organismos vivos incorporam C ao longo de toda a sua vida, sendo que, após sua morte o equilíbrio existente entre as razões isotópicas $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ e $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ é alterado, devido à redução da concentração de ^{14}C pelo seu decaimento radioativo (LINICK et al., 1989). Assim, para calcular o tempo desde a morte de uma organismo, utiliza-se a meia-vida (5.730 anos) do ^{14}C e sua concentração remanescente na amostra analisada (LINICK et al., 1989; MACARIO; ALVES, 2018).

Antes da análise, as amostras de solo passaram por um pré-tratamento, com remoção do material orgânico fibroso utilizando pinças, peneiramento e banho com HCl para remoção de possíveis carbonatos; a amostra de osso passou por trituração mecânica e banho com HCl para extração do colágeno, componente necessário para a datação por radiocarbono (BETA ANALYTIC, 2020).

Os procedimentos para a datação de ^{14}C são descritos em detalhe a seguir com base em Beta Analytic (2020), Linick et al., (1989) e Santos et al. (1999). Após o pré-tratamento, o material a ser datado sofreu combustão a uma temperatura de 800 °C em atmosfera de 100% de O_2 . Logo após, o CO_2 formado foi convertido em grafite através de reações de oxirredução: na primeira (Equação 2), o CO_2 é reduzido a CO na presença de H_2 ; na segunda (Equação 3), o CO é convertido em grafite pela redução na presença de um catalisador de átomos de Co (Equação 2).



No espectrômetro, as amostras de grafite e amostras de referência são transformadas em pellets (alvos) para o prosseguimento da análise, os quais são bombardeados com átomos de Cs para ionização do C. Os ânions C^- são enviados ao acelerador, onde são acelerados com uma carga de 2 milhões de volts e enviados para um terminal positivo. A presença de gás de Ar provoca a oxidação dos ânions C^- para cátions C^{3+} , os quais são repelidos do terminal positivo em direção a um campo magnético que provoca o desvio do caminho dos íons em movimento de acordo com sua relação massa/carga. Como os isótopos de C apresentam massas diferentes, os íons de C mais pesados (^{14}C) são menos desviados que os de íons de C mais leves (^{13}C e ^{12}C) e podem ser quantificados por detectores colocados em diferentes ângulos de deflexão. Por fim,

são obtidos tanto o número de íons de ^{14}C quanto o de ^{13}C e ^{12}C , permitindo-se calcular as razões entre os isótopos.

Os índices calculados foram corrigidos de acordo com as amostras de referência de ácido oxálico, cuja concentração de ^{14}C é conhecida e referente ao ano de 1950, e considerando o fracionamento isotópico (razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) (BETA ANALYTIC, 2020; LINICK et al., 1989; MACARIO; ALVES, 2018). O ano de 1950 é tomado como referência devido às alterações na concentração de ^{14}C na atmosfera provocadas pelos testes nucleares entre 1957-1962 (GORDON; HARKNESS, 1992). Após as correções, foi então obtida a Idade Convencional do Radiocarbono (ICR) em anos Antes do Presente (AP), sendo o presente o ano de 1950 (MACARIO; ALVES, 2018)(MACARIO; ALVES, 2018).

2.7 Análises estatísticas

A Análise de Componentes Principais (PCA, em inglês) foi aplicada com o objetivo de identificar padrões de similaridades entre as amostras e os atributos físicos e químicos dos solos através da disposição delas em um gráfico bidimensional simplificado. Para isso, foi utilizando o pacote stats do software geoestatístico R versão 3.5.1 (R CORE TEAM, 2019). O critério utilizado para selecionar as componentes principais (PCs) a serem representadas no gráfico foi um autovalor acima de 1.

O coeficiente de correlação de Spearman foi calculado a fim de identificar associações entre algumas variáveis químicas dos solos e estimar a força da relação entre elas. O método de correlação de Spearman é uma medida monotônica adimensional que varia entre -1 e 1, sendo que valores próximos dos extremos (-1 e 1) apresentam uma correlação muito forte e valores próximos de 0 uma correlação fraca. Além da força da correlação, este método também indica sua direção: valores positivos indicam variáveis na mesma direção e que estão diretamente associados enquanto que valores negativos indicam direções opostas e que as variáveis estão inversamente associadas. A significância dos resultados foi estimada a partir do valor P oriundo do teste t de hipótese, em que os resultados estatisticamente significantes foram aqueles que apresentaram valor P superior a 5%.

3 RESULTADOS

3.1 Mapeamento e descrição geomorfológica

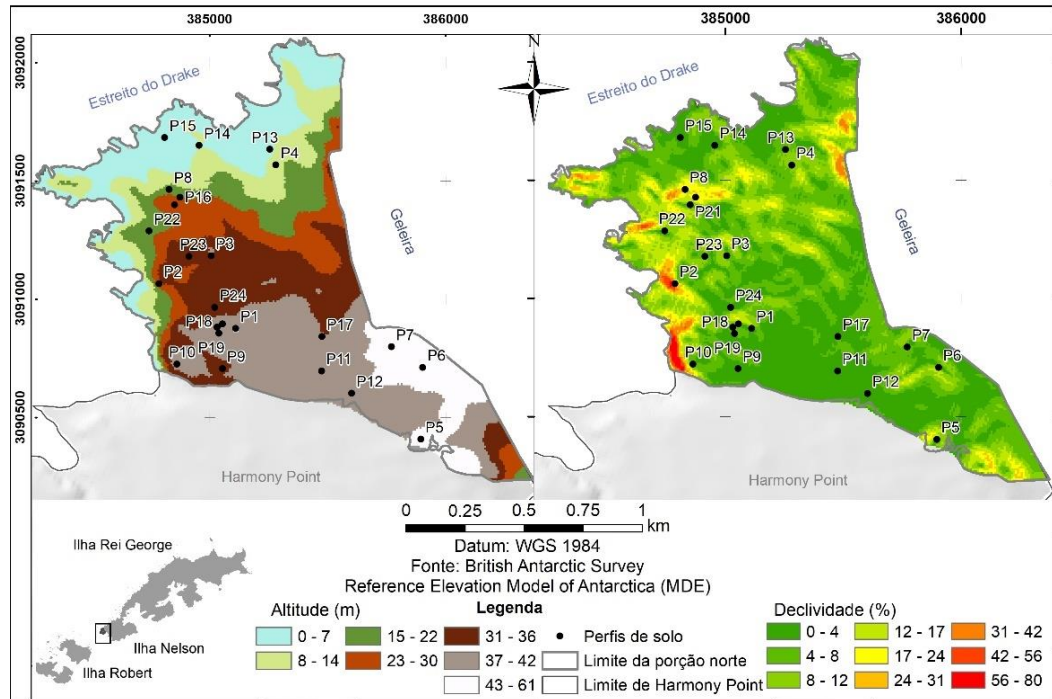
3.1.1 Mapeamento geomorfológico

A geomorfologia da porção norte de Harmony Point foi dividida em três geoambientes principais: os costeiros, as áreas periglaciais e as áreas paraglaciais próximas à geleira. As geoformas que se destacaram nos ambientes costeiros foram as escarpas costeiras e stacks vulcânicos, terraços marinhos, praias e encostas de detritos. Nas áreas periglaciais, as principais geoformas foram as áreas crioplanadas, solos com padrões, afloramentos rochosos, depressões e thermokarsts.

A altitude média da área é de 30 m, sendo que os ambientes costeiros, que se estenderam do litoral às encostas de detritos (limite de transição entre os terraços e as áreas periglaciais), encontraram-se entre 0 - 15 m, as áreas periglaciais entre 15 e 50 m e as áreas paraglacias próximas à geleira, que corresponderam às partes mais altas, se encontraram entre 12 e 60 m (Figura 4). A declividade média da área é de 8%, caracterizando um relevo suave ondulado e as maiores declividades corresponderam às áreas escarpadas próximas à costa e às encostas de detritos (Figura 4).

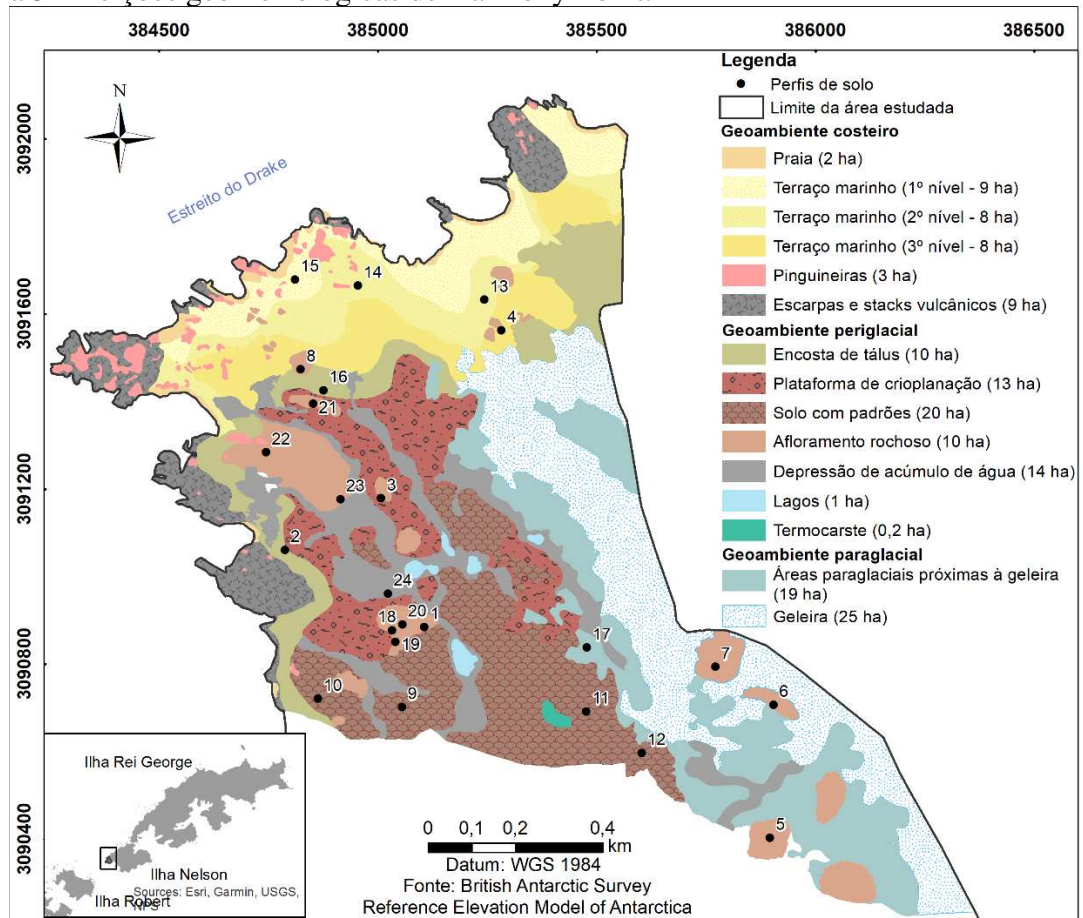
O mapeamento geomorfológico da área abrangeu 150 ha. A geleira foi a geoforma que apresentou maior área, correspondendo à aproximadamente 17% da área total, seguida pelos solos com padrões que abrangeram 13%. As feições que apresentaram menor área de abrangência foram os lagos e *thermokarst* ambos com menos de 1%. (Figura 5).

Figura 4 – Altitude e declividade da porção norte de Harmony Point.



Fonte: A autora.

Figura 5 – Feições geomorfológicas de Harmony Point.



Fonte: A autora.

3.1.2 O geoambiente costeiro

Os ambientes costeiros foram definidos neste trabalho como paraglaciais, primeiro por corresponderem a ambientes instáveis, expostos recentemente às condições atuais devido ao soerguimento glacioisostático provocado pela deglaciação e, segundo, por serem ambientes de deposição dos sedimentos glaciogênicos, os quais são retrabalhados pela ação marinha e contribuem para a formação do sistema costeiro (BALLANTYNE, 2013).

3.1.2.1 Escarpas e stacks vulcânicos

As escarpas costeiras e stacks representaram 6% (9 ha) da área total e estiveram concentrados nas porções norte e oeste da zona costeira (Figura 5), sendo mais expressivos nesta última. Essas feições alcançaram uma altitude de até 23 m e apresentaram em média 11% de declividade. As escarpas costeiras são encostas íngremes voltadas para o mar, para o Estreito de Drake, e os stacks vulcânicos são afloramentos rochosos emergidos (antigas ilhotas), que apresentam topo plano ou pontiagudo e são formados por rochas basáltico-andesíticas mais resistentes (Figura 6).

Figura 6 – Área costeira com escarpas, stacks e pinguineiras ao fundo.



Fonte: Guilherme Corrêa.

Essas feições são o resultado da ação erosiva marinha (abrasão), pela ação das ondas, que provoca a fragmentação das paredes rochosas pelo atrito de partículas de areia ou materiais mais grossos contra essas superfícies, promovendo sua suavização, polimento e ranhuras em pontos de fraquezas na rocha (GRIGGS; TRENHAILE, 1994). O processo de abrasão também é causado pela ação eólica, produzindo ventifactos, como facetamentos, tafonis e polimentos provocados pelos materiais transportados pelo vento. Nas escarpas costeiras também é bastante comum ocorrer movimentos de massa, quedas de grandes blocos rochosos, devido ao entalhe provocado pelas ondas nas áreas mais fraturadas, formando acumulações de detritos rochosos (GRIGGS; TRENHAILE, 1994).

As escarpas e os stacks litorâneos são muito utilizados pelas espécies de pinguins para estabelecimento de colônias de reprodução. Na porção norte de Harmony Point as pinguineiras (Figura 7), representando 2% da área total (3 ha), distribuíram-se principalmente ao longo da costa. As pinguineiras se distribuem tanto em terrenos abertos, parcialmente abrigados, quanto próximos ou em afloramentos rochosos, e são facilmente distinguíveis devido aos tons de rosa e vermelho da sua superfície, associados ao acúmulo de guano.

Figura 7 – Colônia de pinguins (*Pygoscelis antarctica*) próxima às escarpas e stacks na porção norte de Harmony Point.



Fonte: A autora.

3.1.2.2 Terraços marinhos

Os terraços marinhos mapeados na porção norte de Harmony Point apresentaram três níveis diferentes. O primeiro nível abrangeu as cotas de 2 – 5 m de altitude acima do nível do

mar, o segundo se encontrou entre 5 – 7 m e o terceiro nível entre 7 e 10 m (Figura 8). O terraço de 1º nível equivaleu a 6% da área total (9 ha) e cada um dos terraços de 2º e 3º nível corresponderam a 5,5% (8 ha), totalizando cerca de 17% da área correspondente a terraços marinhos (Figura 5). A altitude variou de 0 – 16 m e a declividade média foi de 6%.

Os terraços marinhos são feições resultantes da ação marinha, também chamados de praias soerguidas, cujos níveis dizem respeito aos diferentes momentos de soerguimento glacioisostático ocorridos durante o Holoceno (JOHN; SUGDEN, 1971). De acordo com datações realizadas em várias partes das Shetland do Sul, os terraços marinhos mais antigos apresentam idades máximas de 6.000 anos AP (CLAPPERTON; SUGDEN, 1988). Em Harmony Point, os níveis de terraços apresentaram-se bastante entrecortados, sendo delimitados pela presença de cordões arenosos e stacks vulcânicos, que marcam o início da deposição após cada pulso glacioisostático. O fato da porção norte de Harmony Point está voltada para o mar de Drake favorece uma intensa erosão costeira causada pelos fortes ventos de oeste que adentram perpendiculares à costa.

Figura 8 – Os três níveis de terraços marinhos da porção norte de Harmony Point.



Fonte: A autora.

Os terraços marinhos da porção norte de Harmony Point são áreas com superfícies suaves à planas associadas ao ambiente de deposição marinho e recobertas por seixos arredondados envoltos numa matriz arenosa, de diversos tamanhos e de origem basáltica e basáltico-andesítica. Os seixos arredondados foram bastante comuns nesses ambientes indicando o retrabalhamento dos blocos e cascalhos pelas ondas durante o transporte marinho (FRANCELINO et al., 2011). Fragmentos angulosos também foram encontrados, provenientes da fragmentação mecânica pela crioclastia dos stacks distribuídos ao longo dos terraços. Os terraços apresentam canais de água de degelo (tanto glacial quanto nival) que transportam e depositam sedimentos das partes mais altas sobre os sedimentos marinhos. A presença de blocos

erráticos de granito é evidência de que a glaciação alcançou extensões muito maiores que as atuais, permitindo que detritos transportados por icebergs fossem depositados a partir do degelo na região costeira de Harmony Point. Pinguineiras se concentraram no terraço marinho de 1º nível, mais próximo do nível do mar. Ninhais ativos de petréis, por sua vez, se concentraram nos stacks que pontilham os três terraços. A vegetação ficou concentrada principalmente nos terraços de segundo e terceiro níveis, expostos a mais tempo pela glacioisostasia.

3.1.2.3 Praias

As praias da porção norte de Harmony Point (Figura 9) abrangeram 1,3% (2 ha) da área total e estão distribuídas descontinuamente ao longo da costa (Figura 5). Elas foram formadas por seixos arredondados, cascalhos e areia, evidenciando a ação atual de remobilização e deposição marinha pelas ondas. A linha de costa apresentou uma geometria bastante recortada, assim como observado para outras áreas nas Shetland do Sul (VILAPLANA; PALLÀS; CALVET, 1993), o que levou a formação de praias estreitas, pouco desenvolvidas e com a presença de muitos stacks erodidos. Devido à instabilidade do ambiente, não ocorreu a formação de solos nesses locais. São áreas comuns de agrupamentos de mamíferos marinhos, como focas, lobos marinhos e elefantes marinhos.

Figura 9 – Limite de praia na porção norte de Harmony Point, como destaque para um litoral bastante recortado.



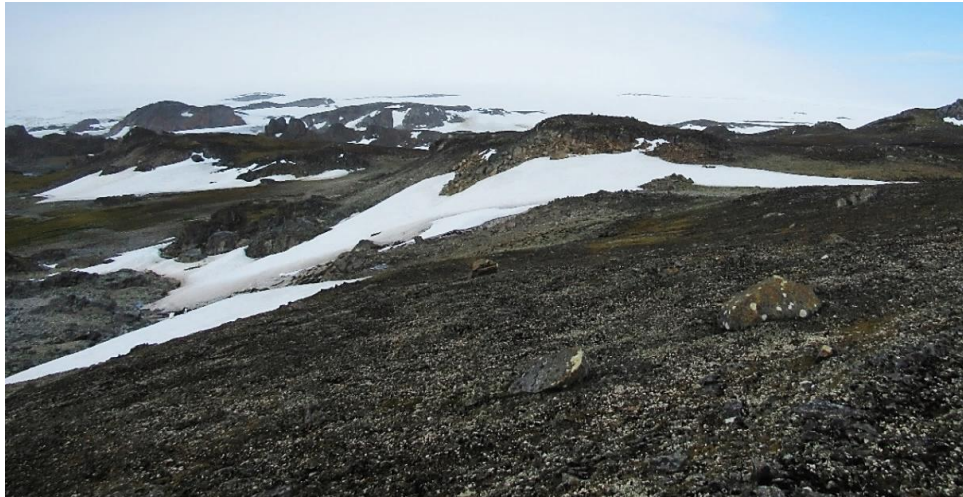
Fonte: Carlos Schaefer.

3.1.2.4 Encostas de detritos

As encostas de detritos corresponderam à transição entre os terraços e as áreas periglaciais (Figura 10). Esta feição abrangeu 6,6% (10 ha) da área total (Figura 5) e apresentou uma altitude que varia entre 3 – 35 m e uma declividade média de 22%. Estas encostas margeiam as áreas periglaciais e são formadas por blocos e fragmentos rochosos acumulados ao longo da encosta da plataforma de crioplanção pelo processo de solifluxão, que está associado tanto aos ciclos de congelamento-descongelamento da camada ativa como pelo derretimento nival, além de outros processos, como a ação gravitacional e eólica. As encostas são cortadas por canais de degelo e por campos de neve que se acumulam em ravinas e zonas côncavas da encosta. O derretimento da neve leva à erosão e ao fluxo de detritos nas áreas pronivais.

A presença de solo nesses ambientes não é muito comum, devido à sua inclinação e ao fato de ser uma área recente (FRANCELINO et al., 2011). Entretanto, a encosta de detritos presente na porção norte de Harmony Point apresentou certa estabilidade, evidenciada pela presença de vegetação e de solos nesse local.

Figura 10 – Encosta de detritos, marcando a transição entre os terraços marinhos e as áreas periglaciais.



Fonte: A autora.

3.1.3 Áreas periglaciais e suas geoformas

As áreas periglaciais correspondeu a um ambiente mais desenvolvido, quando comparado com os ambientes costeiros. O seu desenvolvimento diz respeito ao maior tempo de

exposição às novas condições pós-glaciação. Essas características correspondem aos ambientes periglaciais, os quais são definidos como paisagens sob a influência de ciclos frequentes de congelamento-descongelamento, associados à presença de *permafrost* congelado subjacente (SLAYMAKER, 2011). Estas paisagens muitas vezes já se encontram distantes da geleira e não sofrem mais a influência de processos glaciais, ao invés disso, prevalecem o intemperismo físico e processos criogênicos, relacionados ao *permafrost* e à neve (LÓPEZ-MARTÍNEZ et al., 2012).

3.1.3.1 Plataforma de crioplanação

A plataforma de crioplanação (Figura 11) se localiza na parte superior central de Harmony Point (RODRIGUES et al., 2019) e corresponde a um ambiente de superfície plana, de grande estabilidade e alto desenvolvimento da vegetação, característicos da paisagem periglacial. Na área de estudo, esta feição representou 8,6% (13 ha) da área total (Figura 5), sua altitude variou de 15 – 40 m acima do nível do mar e a declividade média é de 8%, caracterizando um relevo suave ondulado.

Figura 11 – Vista panorâmica da plataforma de crioplanação da porção norte de Harmony Point.



Fonte: A autora.

A plataforma corresponde a antigos drifts, depósitos glaciais de cascalhos e blocos basálticos, produzidos pelo avanço de geleiras de base seca durante o Pleistoceno, ao longo do Último Máximo Glacial (FRANCELINO et al., 2011; JOHN; SUGDEN, 1971). As estrias encontradas nas encostas dos afloramentos rochosos e em blocos sobre a plataforma são evidências da erosão pretérita da geleira sobre a superfície.

A crioplanação envolve processos que atuam em conjunto para a formação de plataformas, a partir do retrabalhamento criogênico da superfície do drift. Os processos

envolvidos são, essencialmente, a nivação, a crioclastia e os movimentos de massa periglaciais, como a solifluxão (HALL, 1997). A crioplanação se inicia quando a neve se acumula em depressões nas encostas, formando bancos de neve. A presença da neve provoca a fragmentação crioclástica da base rochosa, que leva à erosão e, consequentemente, ao recuo das encostas à medida que os detritos são removidos pela solifluxão e pelos canais pronivais. A ação continuada da erosão e do recuo das encostas leva ao aplainamento e à formação de plataformas crioplanadas (SUMMERFIELD, 1991).

3.1.3.2 Solos com padrões

Os solos com padrões são feições que se destacam na paisagem periglacial e que já foram amplamente mapeados no arquipélago Shetland do Sul (FRANCELINO et al., 2011; LÓPEZ-MARTÍNEZ et al., 2012; MICHEL et al., 2014; RODRIGUES et al., 2019). Estas feições representaram o máximo nível do periglacialismo em Harmony Point. Os solos com padrões representaram 13% (20 ha) do total da área de estudo (Figura 5), apresentaram uma altitude que variou entre 26 – 42 m e uma declividade média de 3,5%. Os solos com padrões se desenvolvem em relevo plano, típico de plataformas de crioplanação, que conferem estabilidade suficiente para o desenvolvimento de padrões na superfície.

A porção superior do *permafrost*, que descongela no verão, é denominada camada ativa, onde os ciclos de congelamento e descongelamento diários são responsáveis pela crioturbação do solo (movimentação induzida pelo gelo), envolvendo processos como *frost heaving*, *ice-segregation* e *sorting* (SUMMERFIELD, 1991). O congelamento da camada ativa se dá através de duas frentes, uma a partir da superfície do solo em contato com a atmosfera e outra a partir do topo do *permafrost*. Neste processo, a água do solo migra por capilaridade em direção às frentes de congelamento e forma lentes de gelo (*ice-segregation*) que são lentamente acrescidas, levando à expansão do solo (*frost heaving*) (FOWLER, 1989; HALLET, 2013). O descongelamento, por sua vez, ocorre a partir da superfície e é influenciado pelas águas mais aquecidas do derretimento nival e do descongelamento das camadas de solo em contato com a atmosfera. A água menos fria e densa da superfície do solo (mais próxima de 4°C) descende, levando ao derretimento localizado do gelo adjacente e ao consequente rebaixamento do solo (SUMMERFIELD, 1991).

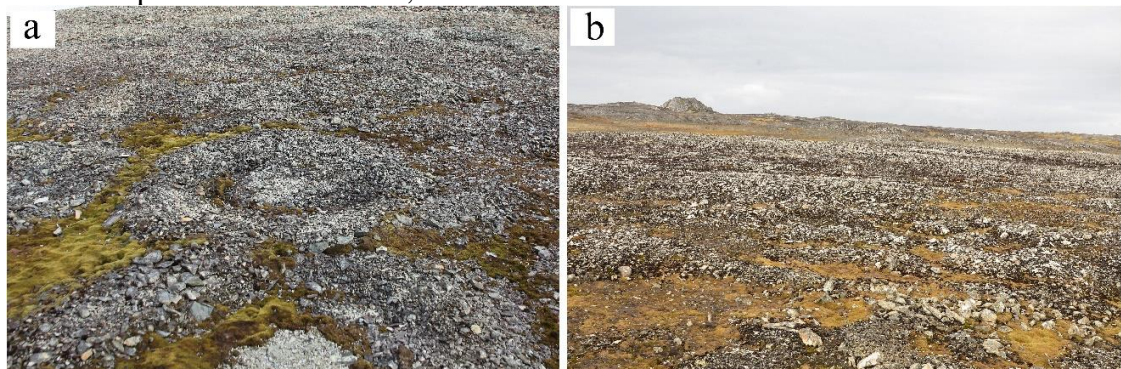
Os solos com padrões são considerados as principais evidências de crioturbação nos solos da Antártica (BALKS et al., 2013; SIMAS et al., 2015). Na porção norte de Harmony

Point foram encontrados solos com padrões circulares e formas transicionais (labirínticas a alongadas) tendendo a estriadas (Figura 12). A diferença entre essas formas e a sua nitidez está relacionada, basicamente, com a quantidade de ciclos de congelamento-descongelamento, ou seja, com o tempo de evolução da paisagem, e com a declividade do terreno. Círculos são comuns em áreas planas, as estrias ocorrem geralmente em áreas com declividade variando entre 5 e 30° e as formas transicionais ocorrem em áreas com declividade entre 2 e 5° (SUMMERFIELD, 1991).

A formação de solos com padrões é facilitada por dois fatores: a presença de água e o tamanho das frações do solo. A presença de água é proporcionada pelo descongelamento da camada ativa, ou da cobertura de neve, e seu acúmulo pela impermeabilidade do *permafrost*. Os materiais mais grosseiros, como cascalhos e matacões, menos aderidos à água do solo, são expulsos mais rapidamente das frentes de congelamento que os materiais mais finos durante o *frost heaving*, tendendo a um movimento ascendente e lateral (HALLET, 2013, SUMMERFIELD, 1991). A “crioexpulsão” é responsável pela seleção de materiais (*sorting*) que irá formar os padrões em superfície.

Assim, forma-se um núcleo central rico em material fino (*mud boil*) e bordas pedregosas ao redor do núcleo. A superfície no centro é convexa e suave enquanto que a transição entre o centro e a borda é abrupta. A borda, por sua vez, é convexa e íngreme (HALLET, 2013) devido à compressão sofrida pelo material grosseiro durante o *frost heaving*. A acentuada inclinação das bordas pedregosas promove à ocorrência de pequenas avalanches de cascalho no topo das bordas, o que induz a um dinamismo constante destas formas (KÄÄB; GIROD; BERTHLING, 2014).

Figura 12 – Solos com padrões da porção norte de Harmony Point. a) Solo com padrão circular; b) Solos com padrões transicionais, labirínticos.



Fonte: Carlos Schaefer (a) e Guilherme Corrêa (b).

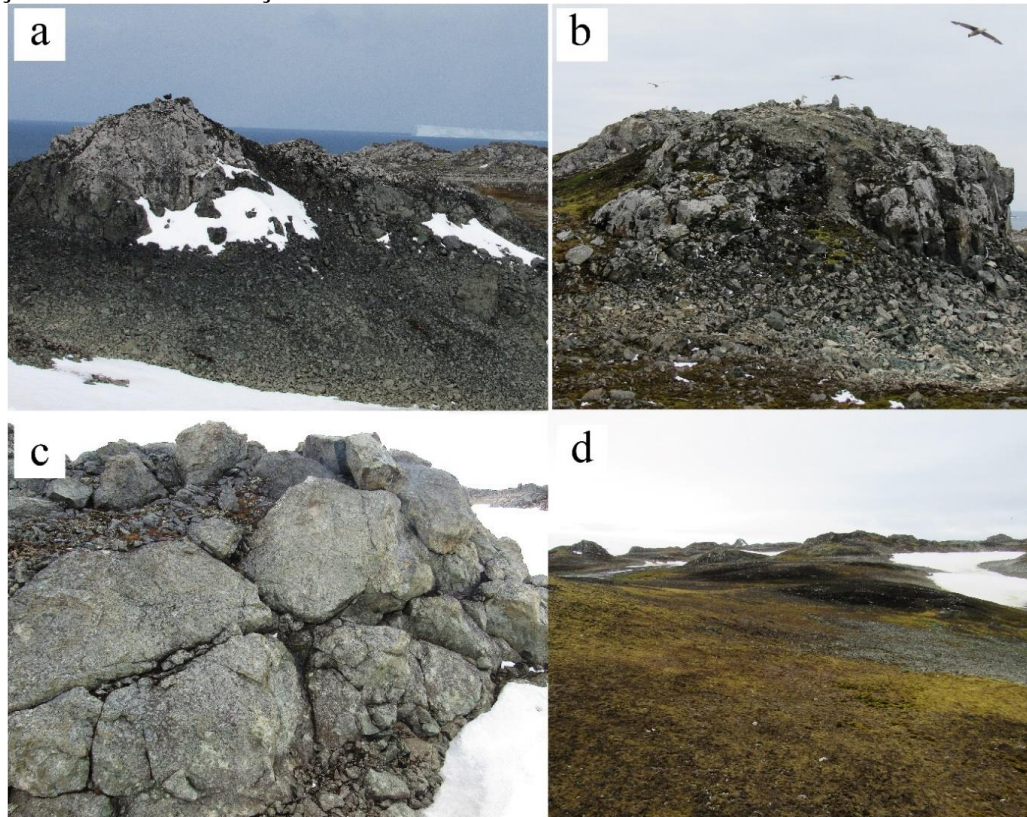
3.1.2.3 Afloramentos rochosos

Os afloramentos rochosos (Figura 13a) estão localizados nos terraços marinhos, nas adjacências da geleira e, principalmente, na plataforma de crioplaneação. No ambiente costeiro, os afloramentos rochosos nada mais são que antigos stacks vulcânicos fragmentados. Eles abrangem 6,6% (10 ha) da área total (Figura 5), sua altitude variou de 2 – 61 m e a declividade média é de 9%. Os afloramentos rochosos de Harmony Point são formados por basaltos andesíticos, portanto mais resistentes ao intemperismo. No entorno dos afloramentos acumulam-se detritos que apresentam, majoritariamente, fragmentos rochosos grandes e angulosos oriundos do intemperismo físico que ocorre *in situ*, principalmente a crioclastia. É comum encontrar as cristas dos afloramentos ainda preservadas devido à maior resistência ao intemperismo, as quais são amplamente ocupadas por petréis gigantes para a nidificação (Figura 13b).

Alguns afloramentos apresentaram em seu interior blocos arredondados (Figura 13c), resultados da atuação do intemperismo nas arestas dos fragmentos rochosos. Nesses locais, observou-se a presença de um saprolito, formado sob condições climáticas pretéritas mais quentes e úmidas durante o final do Cretáceo, que favoreceram o intemperismo químico nas fendas das rochas (BASTOS et al., 2013; LE ROUX, 2012). Atualmente o intemperismo químico das rochas é intensificado pelo processo de fosfatização. O guano depositado na superfície das rochas produz uma superfície escura com aspecto de verniz, resultado da reação entre os lixiviados do guano (ricos em fósforo) e os minerais da rocha (rica em minerais ferromagnesianos).

Diferentemente dos afloramentos dos terraços marinhos e das áreas próximas da geleira, que se configuram como afloramentos rochosos rodeados por depósitos de detritos, aqueles localizados no interior da plataforma de crioplaneação corresponderam a colinas com encostas convexas desenvolvidas a partir de antigos afloramentos. Estas colinas apresentaram-se mais evoluídas, devido ao maior tempo de exposição ao periglacialismo, favorecendo a formação de um relevo suave ondulado. Neste sentido, a vegetação e o processo de nivação desempenham papel fundamental para a convexização do relevo (Figura 13d). A ornitogênese é tanto atual quanto pretérita, havendo colonização por petréis e pinguins, e as áreas ocupadas por vegetação variam de fraca a densamente vegetadas.

Figura 13 – Afloramentos rochosos na porção norte de Harmony Point. a) Afloramento com encosta de detritos; b) Ninhal de Petrel Gigante no topo do afloramento; c) Blocos arredondados no interior do afloramento rochoso; e d) Área de afloramentos colinosos mais evoluídos, com presença de nichos de nivação.



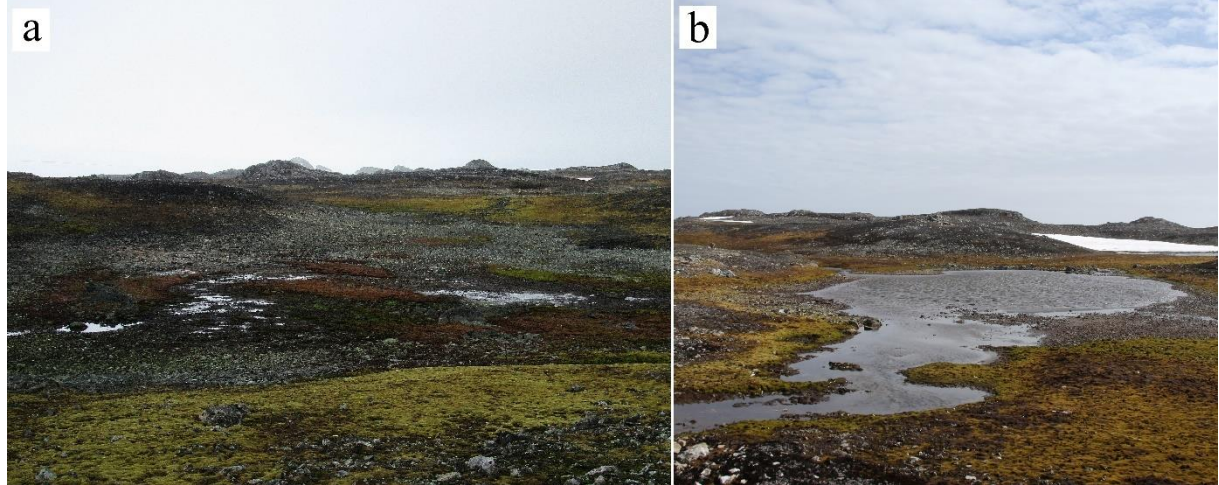
Fonte: A autora.

3.1.3.4 Depressões de acúmulo de água e lagos

As depressões de acúmulo de água e os lagos (Figura 14) abrangeram 9,9% (15 ha) da área total (Figura 5). Estas áreas apresentaram altitude variando de 5 a 41 m e declividade média de 6%. Elas são geralmente formadas por incisão de drenagem das águas de origem glacial, principalmente nas depressões próximas à geleira, e de origem nival, que se formam durante o verão, caracterizando canais de regime hídrico sazonal (FRANCELINO et al., 2011; SIQUEIRA, 2019). A origem dessas das depressões e lagos também está relacionada a processos de solifluxão e degradação do *permafrost* (RODRIGUES et al., 2019). Este último processo é evidenciado pela presença de thermokarsts, que correspondem a depressões pequenas e rasas muito comuns em áreas onde ocorre a atenuação ou inatividade de processos periglaciais associados ao *permafrost*, como o congelamento-descongelamento (LÓPEZ-MARTÍNEZ et al., 2012). Depressões e lagos apresentam altos teores de sais solúveis,

cianobactérias no fundo das depressões e carpetes de musgos ao redor e dentro das depressões (POELKING et al., 2015).

Figura 14 – Depressões de acúmulo de água (a) e lagos (b) na porção norte de Harmony Point.



Fonte: Carlos Schaefer e a autora.

3.1.4 Áreas paraglaciais próximas à geleira

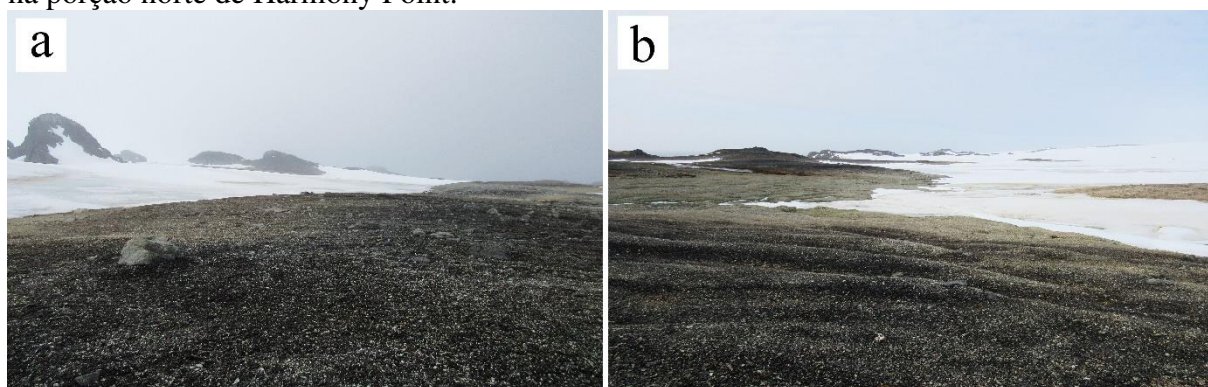
As áreas paraglaciais abrangeram 12,6% (19 ha) da área total (Figura 5) e estiveram localizadas mais próximas da geleira (Figura 15a). A altitude dessas áreas variou entre 12 – 49 m e a declividade média foi de 6%. As áreas paraglaciais são setores mais jovens em comparação com os ambientes periglaciais, representando paisagens de maior instabilidade em transição do ambiente glacial para uma nova condição não glacial (BALLANTYNE, 2013; SLAYMAKER, 2011). Tal condição de instabilidade é evidenciada pela grande mobilização dos sedimentos glaciogênicos recentemente expostos, principalmente por processos fluviais, gravitacionais e eólicos (BALLANTYNE, 2013).

Os processos fluviais identificados nestas áreas são influenciados principalmente pelo descongelamento da geleira, também responsável pela formação de lagos proglaciais. Os canais glaciofluviais são os principais responsáveis pela remoção dos sedimentos de drift glacial, que também caracterizam as áreas paraglaciais, transportando-os principalmente para os terraços marinhos.

Em Harmony Point, processos criogênicos associados ao *permafrost* também foram identificados nestas áreas, como a solifluxão, gelifluxão e o *frost creep* (BENEDICT, 1976; MATSUOKA, 2001). De forma geral, estes processos correspondem ao movimento lateral e descendente do solo induzido pelos ciclos de congelamento-descongelamento, que levam à

formação de padrões estriados de degraus convexos (crestline steps) (COSTIN et al., 1967) em terrenos com inclinação em torno de 5° (Figura 15b). Estes padrões estriados não apresentaram seleção de materiais grosseiros e finos, devido aos baixos teores de argila e silte nos solos paraglaciais menos desenvolvidos. A instabilidade da paisagem, associada à exposição recente pela geleira, também foi refletida pela escassa presença de vegetação na superfície (Figura 15), em contraste com os ambientes periglaciais mais desenvolvidos.

Figura 15 – a) Área paraglacial próxima à geleira e b) estrias de solifluxão em área paraglacial na porção norte de Harmony Point.



Fonte: A autora.

3.2 Mapeamento e classificação dos solos

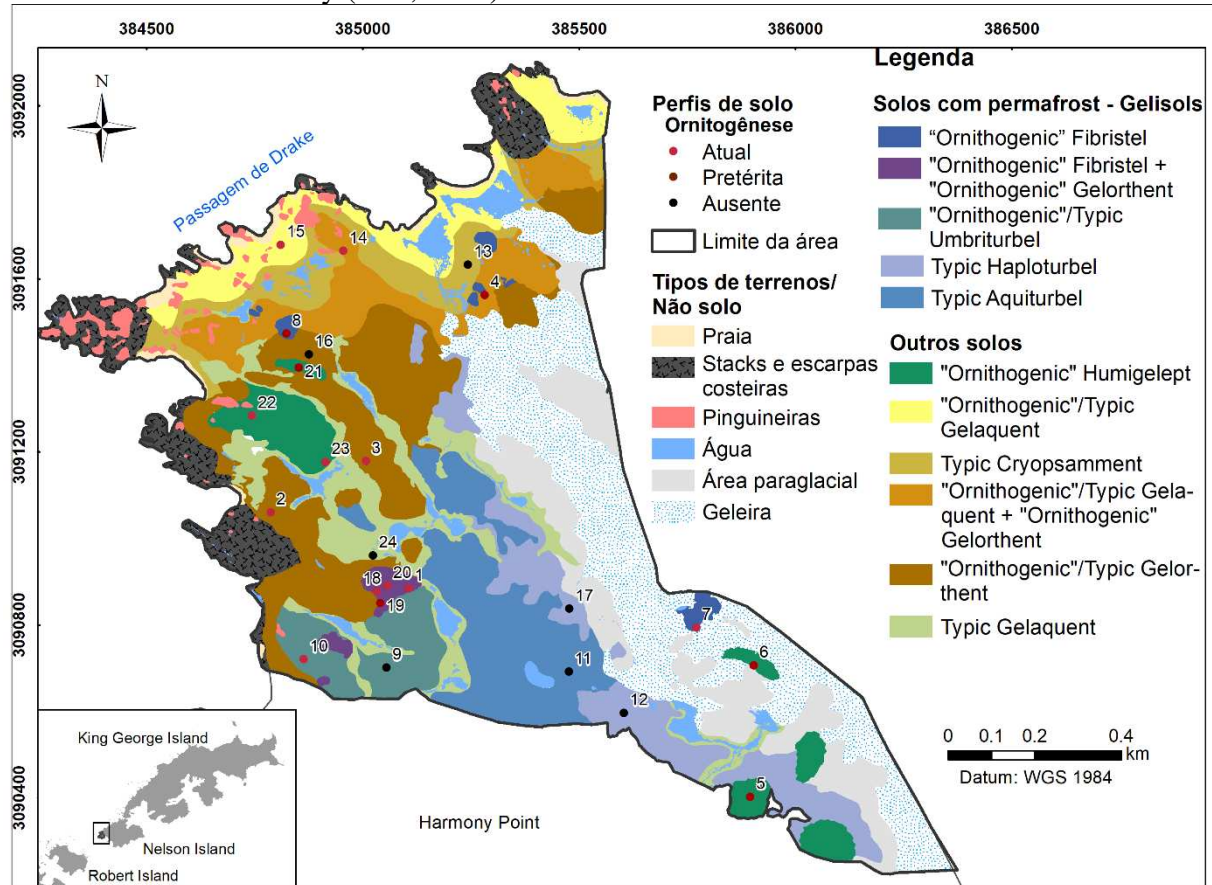
3.2.1 Mapeamento dos solos

De acordo com o mapeamento das classes de solo feito com base na classificação da Soil Taxonomy (SSS, 2014) (Figura 16), as áreas com presença de solos representaram 69% (104 ha) da área total. As áreas mapeadas que não apresentaram desenvolvimento de solos foram as geleiras e áreas paraglaciais adjacentes, praias, pinguineiras, escarpas costeiras e stacks vulcânicos, e corpos hídricos. A unidade de mapeamento de solo “Ornithogenic”/Typic Gelorthent abrangeu 9 há, representando 13% total mapeado e predominou na plataforma de crioplaneação. Em seguida, a classe Typic Aquiturbel abrangeu 8,7% (13 ha) da área total e predominou em grande parte das áreas de solo com padrões e nas depressões de acúmulo de água.

Dentre as ordens de solos, os Entisols abrangeram aproximadamente 36% (54 ha) da área total mapeada, ocorrendo nos terraços marinhos, encostas de transição, plataforma de crioplaneação e no entorno das depressões de acúmulo de água. Os Gelisols corresponderam aproximadamente 20% (29,5 ha) da área total mapeada e abrangeu os solos com padrões e área

próximas à geléria. Por fim os Inceptisols representaram 4% (6 ha) do total mapeado e ocorreram nas encostas de afloramentos rochosos. Ao mapearem a porção sul de Harmony Point, Rodrigues et al., (2019) também identificaram as três ordens de solo, com predominância de Entisols e presença mais localizada dos Inceptisols.

Figura 16 – Mapeamento pedológico da porção norte de Harmony Point, de acordo com as classes da Soil Taxonomy (SSS, 2014).



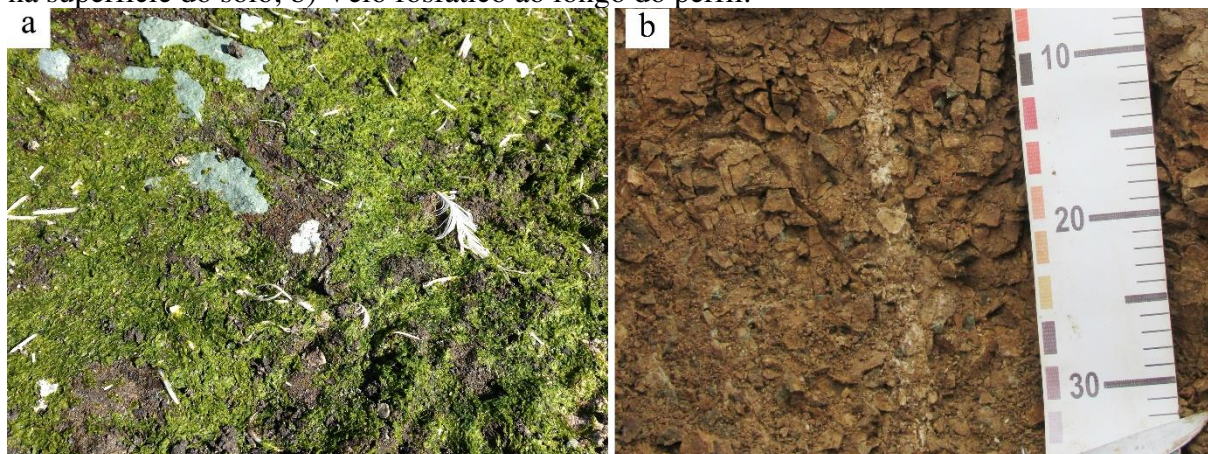
Fonte: A autora.

Dos 24 perfis coletados, 17 apresentaram influência ornitogênica, tanto atual (presença de pinguineiras ou ninhas de petrís) quanto pretérita (sítios abandonados) e tanto direta (locais de deposição de guano *in situ*) quanto indireta (locais afetados pela água de lixiviação e escoamento afetada pelo guano de pinguineiras adjacentes) (Quadro 1). Em Harmony Point, os solos apresentaram como evidências morfológicas da ornitogênese um ou mais dos seguintes critérios: presença de guano fresco, pedriscos de ninhas, ossos, penas, cascas de ovos, veios fosfáticos, horizontes ou superfícies rochosas esbranquiçadas (Figura 17). Tais solos também apresentaram teores de P extraído por Mehlich-1 maiores que 500 mg/kg e presença de fosfatos

cristalinos ou amorfos, e foram classificados com o subgrupo “Ornithogenic”, proposto por Simas et al., (2007) para a ST.

Dentre os perfis ornitogênicos, sete corresponderam à ordem dos Entisols, cinco à ordem dos Gelisols e cinco à ordem dos Inceptisols. A maioria dos perfis ornitogênicos (13 perfis) identificados na área se encontrou nos afloramentos, entre 22 – 61 m de altitude, os quais são comumente utilizados pela avifauna para nidificação. Três perfis sob influência ornitogênica foram encontrados nos terraços marinhos, entre 2 – 12 m de altitude, sob a influência de pinguineiras e um perfil ornitogênico foi encontrado em ambiente de solos com padrões, a 38 m de altitude, devido à presença de pinguineiras nas adjacências.

Figura 17 – Feições morfológicas ornitogênicas nos solos do norte de Harmony Point. a) Penas na superfície do solo; b) Veio fosfático ao longo do perfil.



Fonte: A autora.

O *permafrost* foi identificado em nove dos 24 perfis coletados, apresentando-se de forma descontínua, o que está de acordo com o padrão de distribuição do *permafrost* proposto para as áreas de altitude inferior a cem metros na Antártica Marítima (BALKS et al., 2013; SIMAS et al., 2015). A maioria dos perfis com *permafrost* corresponderam à ordem dos Gelisols, exceto um, que foi classificado como Entisol pois o *permafrost* não foi identificado dentro do perfil, mas na rocha subjacente. A presença do *permafrost* variou de 22 – 56 m de altitude, abrangendo afloramentos e áreas de solos com padrões. Um único perfil de Gelisol foi encontrado abaixo de 25 m, em um afloramento na transição terraço-plataforma de crioplanção, onde o *permafrost* é considerado ausente ou esporádico devido ao microclima litorâneo mais ameno (BALKS et al., 2013). Acima de 25 m, os Gelisols de Harmony Point ocorrem em associação com Entisols e Inceptisols, como observado em outras ilhas do arquipélago Shetland do Sul (SIMAS et al., 2015).

Quadro 1 – Altitude, principais geoformas e classes (Soil Taxonomy e WRB-FAO) dos perfis de solo da porção norte de Harmony Point.

Perfis	Altitude (m)	WRB-FAO	Soil Taxonomy	Geoformas
2	30	Dystric Cambic Folic Leptosol (Ornithic, Turbic)	“Ornithogenic” Gelorthents	Afloramentos rochosos
3	39	Cambic Lithic Leptosol (Loamic, Ornithic)		
19	39	Dystric Skeletic Leptosol (Humic, Ornithic)		
20	43	Leptic Folic Regosol (Loamic, Ornithic)		
22	23	Dystric Skelectic Regosols (Loamic, Humic, Ornithic)		
14	6	Dystric Skeletic Regosol (Arenic, Humic, Ornithic)		Terraço de 2º nível
16	27	Dystric Skelectic Regosol (Loamic, Humic)	Typic Gelorthent	Encosta de detritos
4	12	Eutric Stagnic Regosol (Arenic, Humic, Ornithic)	“O rnithogenic” Gelaquents	Terraço de 3º nível
15	2	Eutric Skelectic Stagnic Regosol (Arenic, Humic, Ornithic)		Terraço de 1º nível
24	35	Skeletic Stagnic Regosol (Gelistagnic, Humic)	Typic Gelaquent	Depressão de acúmulo de água
13	6	Eutric Arenosol (Humic)	Typic Cryopsamment	Terraço de 2º nível
1	44	Spodic Folic Leptic Cryosol (Dystric, Ornithic)	“Ornithogenic” Fibristels	Afloramentos rochosos
7	56	Cambic Folic Cryosol (Dystric, Ornithic)		
8	22			
18	39	Histic Leptic Cryosol (Dystric, Ornithic)		
10-E*	38	Skelectic Turbic Cryosol (Dystric, Humic, Ornithic)	“Ornithogenic” Umbristurbels	Solos com padrões
10-B*		Hyperskeletic Turbic Cryosol (Dystric, Ornithic)		
10-C*		Cambic Turbic Cryosol (Dystric, Humic, Ornithic)		
9-E*	37	Hyperskeletic Turbic Cryosol (Dystric, Humic)	Typic Umbristurbels	
9-B*		Hyperskelectic Turbic Cryosol (Dystric, Humic)		
9-C*		Skeletic Turbic Cryosol (Dystric, Humic)		
11-B*	45	Skeletic Turbic Cryosol (Dystric, Humic)	Aquic Haploturbels	
11-C*		Reductaquic Turbic Cryosol (Dystric)	Typic Aquiturbels	
12-B*	37	Hyperskelectic Turbic Cryosol (Eutric, Humic)		
12-C*		Turbic Cryosol (Eutric, Humic)		
17	40	Hyperskelectic Turbic Cryosol (Dystric, Loamic)		

5	59	Dystric Skeletic Cambisol (Humic, Ornithic)	“Ornithogenic” Humigelepts	Afloramentos rochosos
6	61	Folic Leptic Cambisol (Ornithic)		
21	28	Dystric Skeletic Cambisol (Loamic, Ornithic)		
23	34	Dystric Skelectic Cambisol (Humic, Ornithic)		

Fonte: A autora.

E*, B* e C* correspondem aos setores externo, da borda e do centro dos solos com padrões, respectivamente.

3.2.2 Classificação dos solos

3.2.2.1 Gelisols

Os Gelisols são caracterizados por apresentarem *permafrost* a 100 cm de profundidade ou materiais gélcos (crioturbação) a 100 cm e *permafrost* a 200 cm da superfície do solo (SSS, 1999). O *permafrost* é uma condição termal, na qual o solo, camada de sedimentos ou rocha permanece abaixo de 0 °C por, no mínimo, dois anos consecutivos (SSS, 2014). Os materiais gélcos são definidos como materiais ou feições que evidenciam a crioturbação, a qual ocorre na camada ativa geralmente em áreas com presença de *permafrost* úmido, e diz respeito a todo movimento do solo provocado pela ação do gelo (BOCKHEIM; TARNOCAL, 1998; SSS, 2014).

No norte de Harmony Point os Gelisols se encontraram a uma altitude variando de 22 – 56 m acima do nível do mar, se concentrando principalmente nas áreas mais centrais (Quadro 1). As subordens de Gelisols identificadas foram Histels e Turbels (SSS, 2014). Os Histels, foram classificados como Fibrístels (Folic Cryosols na WRB/FAO) por apresentarem matéria orgânica predominantemente fibrosa, devido à baixa decomposição da matéria orgânica associada ao regime térmico dos solos com *permafrost* (SSS, 2014). Na porção norte de Harmony Point, os Fibrístels foram encontrados principalmente nos depósitos de detritos dos afloramentos, onde o grande aporte líquido de material orgânico associado à atividade ornitogênica e às coberturas de musgo permitiram a formação de horizontes orgânicos de até 50 cm.

Os Turbels (Turbic Cryosols na WRB/FAO), por sua vez, são Gelisols que apresentam evidência de crioturbação em um ou mais de um horizonte e em Harmony Point foram divididos em Aquiturbels (de caráter áquico com presença de feições de redução), Umbríturbels (de horizonte superficial úmbrico) e Haploturbels (SSS, 2014). Em Harmony Point, os solos

crioturbados foram encontrados principalmente nos ambientes de solos com padrões. Outras evidências da crioturbação foram a presença de horizontes irregulares e/ou quebrados, acúmulo de material orgânico no topo do *permafrost*, linhas de pedras orientadas e feições de frost heaving e de solifluxão (BOCKHEIM; TARNOCAI, 1998).

3.2.2.2 Inceptisols

Os Inceptisols (Cambisols na WRB/FAO) são solos que apresentam horizonte câmbico dentro dos primeiros cem cm de profundidade do perfil, com espessura mínima de 15 cm (SSS, 2014). O horizonte câmbico é um horizonte diagnóstico com grau de pedogênese incipiente, resultado de alterações físicas e químicas conduzidas pela ação climática (BUOL et al., 2011). Apesar dos Inceptisols serem definidos pelo baixo grau pedogenético, em Harmony Point eles corresponderam aos solos com maior desenvolvimento, o que está associado ao maior tempo de exposição ao periglacialismo, à influência ornitogênica e à maior cobertura vegetal.

Os Inceptisols em Harmony Point foram classificados como Humigelepts (Dystric Skelectic Cambisol na WRB/FAO), devido à presença de horizontes orgânicos e/ou úmbricos, relacionados à presença de matéria orgânica fibrosa ou humificada (SSS, 2014). Os Humigelepts estiveram localizados a uma altitude que varia de 23 – 61 m e foram encontrados predominantemente nos afloramentos, correspondendo a paisagens mais evoluídas e estáveis.

3.2.2.3 Entisols

Os Entisols correspondem a solos com pouco ou nenhum desenvolvimento pedogenético e que não apresentam horizontes diagnósticos das outras ordens de solo (SSS, 1999). De forma geral, os Entisols foram identificados em Harmony Point nos solos com ausência de *permafrost*, impossibilitando a definição de Gelisols, e sem pedogênese suficiente para a definição de Inceptisols. Vários fatores podem contribuir para a formação de solos poucos desenvolvidos (BUOL et al., 2011). Em Harmony Point, além das baixas temperaturas associadas ao continente antártico, fatores locais que contribuíram para a atenuação da pedogênese e a identificação de Entisols foram a resistência do material de origem, a saturação por água e a presença de solos arenosos.

No arquipélago das Shetland do Sul, os Entisols são comumente encontrados nas porções costeiras abaixo de 25 m, onde o *permafrost* é esporádico, mas também nas superfícies

entre 25 – 80 m, de *permafrost* descontínuo (BALKS et al., 2013; LÓPEZ-MARTÍNEZ et al., 2012; SIMAS et al., 2015). Na porção norte de Harmony Point, os Entisols foram identificados entre 6 – 40 m acima do nível do mar (Quadro 1), sendo as principais classes de solos dos geoambientes costeiros, em acordo com o observado para o restante da Antártica Marítima.

Os Entisols identificados na área de estudo foram: seis Gelorthents, quatro Gelaquents e um Cryopsamment (SSS, 2014). Os Gelorthents corresponderam em sua maioria aos Leptosols (com contato lítico à menos de 25 cm de profundidade da superfície do solo) no sistema WRB/FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2014) e foram encontrados principalmente sobre afloramentos basáltico andesíticos mais resistentes ao intemperismo. Os Gelaquents (Regosols na WRB/FAO) foram encontrados nas depressões de acúmulo de água e nos terraços marinhos e são definidos pela saturação de água nos solos associada com feições hidromórficas. O Cryopsamment (Regosols na WRB/FAO), por sua vez, foi identificado no terraço marinho de 2º nível, apresentando textura arenosa típica dos ambientes de deposição marinha.

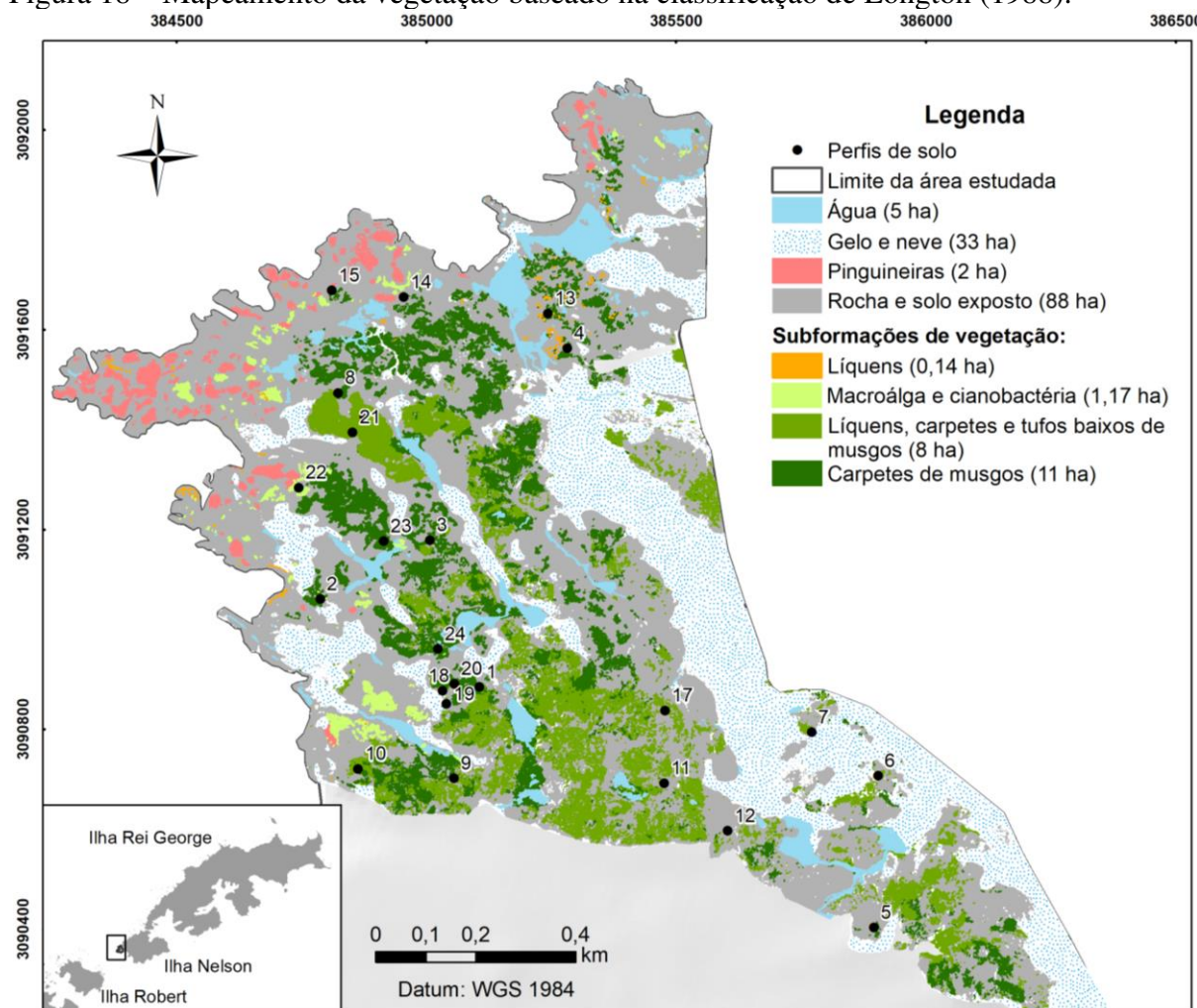
3.3 Mapeamento e classificação da vegetação

A cobertura vegetal no norte de Harmony Point abrangeu 17% (19,7 ha) da área total. Outras áreas na Antártica Marítima também apresentaram uma significativa cobertura vegetal como a Península Fildes, com 35% de cobertura (MICHEL, 2011) e a Península Potter com 23% de área coberta com vegetação (POELKING et al., 2015). As áreas com rocha e solo expostos representaram aproximadamente 59% (88 ha) do total mapeado (Figura 18). Dentre as classes de vegetação, os carpetes e tufos altos de musgos abrangeram a maior área, 7% (11 ha) da área total (Figura 18). As maiores coberturas vegetais se encontraram nas geoformas que predominaram na parte central da área (áreas periglaciais) – plataforma de crioplaneação, afloramentos e solos com padrões, como indicado pelos maiores valores de vegetação total (acima de 20%) (Tabela 1). As depressões de acúmulo de água, a encosta de detritos e as áreas paraglaciais próximas à geleira se encontraram moderadamente vegetadas (vegetação total entre 10 e 15%) (Tabela 1). E, por fim, os terraços marinhos e as escarpas costeiras e stacks vulcânicos foram as geoformas que apresentaram as menores coberturas vegetais (menos de 10% de sua área total vegetada) (Tabela 1).

A vegetação em Harmony Point correspondeu à tundra polar composta por briófitas, líquens ou algas e que, na Antártica Marítima, caracteriza-se por apresentar tanto uma cobertura

vegetal densa e fechada, em áreas mais úmidas, quanto uma cobertura vegetal aberta, em áreas de solo mais seco (LONGTON, 1988). As classes de vegetação foram adaptadas das classes de subformações de vegetação definidas por Longton (1988).

Figura 18 – Mapeamento da vegetação baseado na classificação de Longton (1988).



Fonte: A autora.

Tabela 1 – Área em porcentagem das classes de vegetação para cada geoforma no norte de Harmony Point.

Geoformas Vegetação	Líquens	Líquens, carpetes e tufos de musgo	Carpetes de musgos	Macroalga e cianobactéria	Vegetação total
	----- % -----				
Área paraglacial próxima à geleira	0	7,8	5,5	0	13,3
Depressão de acúmulo de água	0	1,5	13,4	0,2	15,1
Encosta de detritos	0,1	8,7	4,6	0,2	13,6
Escarpas costeiras e stacks vulcânicos	0,5	0	1,2	0,5	2,2
Afloramentos rochosos	0,2	6,7	18	1,8	26,7

Plataforma de crioplanação	0	9,7	15,5	2,2	27,4
Solos com padrões	0	16,3	6,1	1,0	23,4
Terraços marinhos	0,3	0	8,1	1,5	9,9

Fonte: A autora.

3.3.1 Subformação de líquens

Os líquens estiveram localizados principalmente no geoambiente costeiro e abrangeram apenas 0,1% da área total do norte de Harmony Point (Figura 18), tendo sido identificados nas escarpas costeiras e stacks vulcânicos (Figura 19), afloramentos, seixos e cascalhos dos terraços marinhos e encostas de detritos (Tabela 1). Em Harmony Point, os líquens apresentaram forma de crescimento atrelada principalmente a substratos rochosos, nos quais se fixam através das hifas medulares (OLECH, 2004), e a composição das comunidades esteve associada a condições ambientais como salinidade (líquens halófilos) e a influência de aves (líquens ornitocoprófilos), devido à maior disponibilidade de nutrientes. Assim, na área de estudo, os líquens ocorreram preferencialmente em locais sob influência do spray marinho e/ou sob influência ornitogênica, próximo a pinguineiras e áreas de nidificação.

Esta subformação abrangeu líquens crustosos, foliosos e fruticosos e algumas espécies de musgos (Figura 20). Entre os líquens crustosos halófilos, destaca-se a *Verrucaria sp.* Schrad, que foi identificada, principalmente, nas paredes rochosas voltadas para o mar. No interior da ilha, esta espécie foi encontrada em algumas depressões de acúmulo de água, afloramentos e nas encostas de detritos, indicando uma possível influência do spray marinho mesmo nas porções mais interioranas. Dentre os líquens ornitocoprófilos, destaca-se a associação *Caloplaca – Rusavskia (Xanthoria)*, encontrada principalmente nas escarpas rochosas costeiras sob influência do guano de pinguins (Figura 19) e nas áreas internas sob influência ornitogênica. A macroalga *Prasiola crispa* (Lightfoot) Kützing também pode ser encontrada em meio aos líquens ornitocoprófilos, bem como a sua forma liquenizada, *Mastodia tessellata* (Hook. f. & Harv.) (Quadro 2).

Quadro 2 – Principais espécies das subformações vegetais do norte de Harmony Point.

Subformações	Geoformas e solos	Espécies
Líquens	Faces verticais e horizontais de escarpas rochosas e stacks vulcânicos; Detritos sobre solos ornitogênicos e/ou hidromórficos dos terraços e depressões (P4, P13, P14, P24); Afloramentos e faces da encosta de detritos voltadas para a costa (P8 e P16).	• Líquens crustosos: <i>Verrucaria sp.</i>, <i>Acarospora macrocyclus</i> Vain. • Líquens foliosos: <i>Rusavskia elegans</i> (L.) S.Y. Kondr. & Kärnefelt, <i>Mastodia tessellata</i> Hook. f. & Harv.) Hook. f. & Harv. • Líquen fruticosos: • <i>Caloplaca regalis</i> (Vain.) Zahlbr., <i>C. cinericola</i> (Hue) Darb e <i>Lecania brialmontii</i> (vã). Zahlbr e <i>Polycauliona candelaria</i> (L.) Frödén, Arup, & Sjøchtin.
Macroalga e cianobactérias	Macroalga na plataforma e afloramentos sob influência ornitogênica ativa (P1, P10, P14, P20, P22) e em menor quantidade nas áreas de influência ornitogênica inativa (P3, P5, P18, P23); Cianobactérias em canais e depressões saturadas com água de degelo.	• Cianobactérias: <i>P. crista</i> e <i>Nostoc</i> spp. • Formas liquenizadas: <i>M. tessellata</i> e <i>Leptogium puberulum</i> Hue, respectivamente.
Líquens, carpetes e tufo de musgos	Solos crioturbados com domínio de solos com padrões (P9, P10); Afloramentos rochosos secos a levemente úmidos (P1, P16, P19 e P21).	• Musgos: <i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske, <i>S. georgicouncinata</i> J. Putzke & A. B. Pereira, <i>Andreaea gainii</i> Cardot, <i>A. depressinervis</i> Cardot, <i>Bryum archangelicum</i> Bruch & Schimp., <i>Polytrichastrum alpinum</i> (Hedw.) G.L. Sm., <i>Hennediella heimii</i> (Hedw.) R.H. Zander e <i>Ceratodon purpureus</i> Hedw. Brid; • Líquens: <i>Cladonia borealis</i> S. Stenroos, <i>C. rangiferina</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg., <i>C. metacoralifera</i> Asahina, <i>Ochrolechia frigida</i> (Sw.) Lynge, <i>Usnea antarctica</i> Du Rietz, <i>Buellia latemarginata</i> Darb. e <i>Cystocoleus niger</i> Har.
Carpetes de musgos	Solos em encostas estáveis de afloramentos e ambientes bem drenados, secos a levemente úmidos, e carpetes em áreas saturadas por água (P1, P2, P3, P5, P7, P8, P18, P23 e P24).	• Musgos: <i>S. uncinata</i>, <i>S. georgicouncinata</i>, <i>P. alpinum</i>, <i>Polytrichastrum juniperinum</i> Hedw., <i>Warnstorfia fontinaliopsis</i> (Müll. Hal.) Ochyra, <i>W. sarmentosa</i> (Wahlenb.) Hedenäs, <i>B. archangelicum</i>, <i>Andreaea gainii</i> e <i>Hennediella heimii</i>; • Líquens <i>C. borealis</i>, <i>C. rangiferina</i>, <i>C. metacoralifera</i>, <i>B. latemarginata</i>, <i>Verrucaria</i> spp., <i>Cystocoleus niger</i>, <i>A. macrocyclus</i>, <i>C. regalis</i>, <i>Rinodina petermannii</i> (Hue) Darb., <i>Psoroma hypnorum</i>

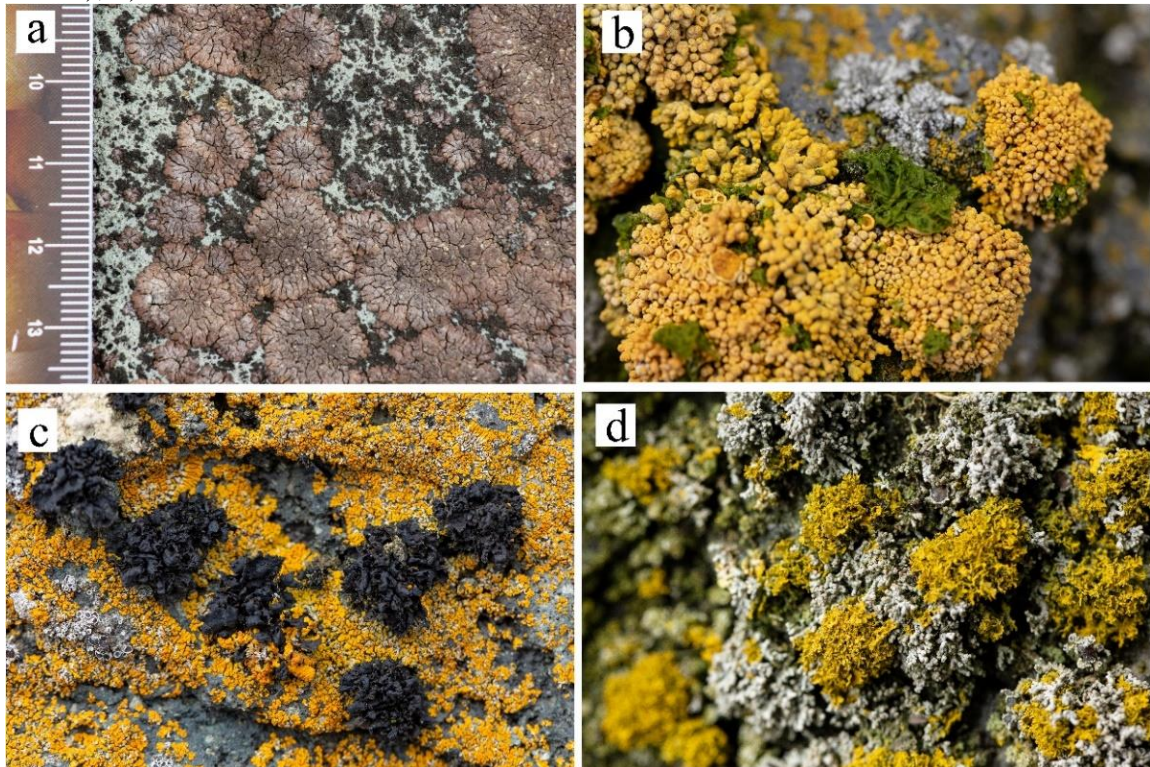
Fonte: Adaptado de Jair Putzke, 2019.

Figura 19 – Associação *Caloplaca* – *Rusavskia* da subformação de líquens em escarpas costeiras sob influência de pinguins *Pygoscelis antarctica*.



Fonte: A autora.

Figura 20 – Subformação de líquens no norte de Harmony Point. a) *A. macrocylus* (morrom); (b) *C. regalis* (amarela) e macroalga *P. crista* (verde); c) *M. tessellata* (escura) com *R. elegans* (amarela); d) *P. candelaria*.



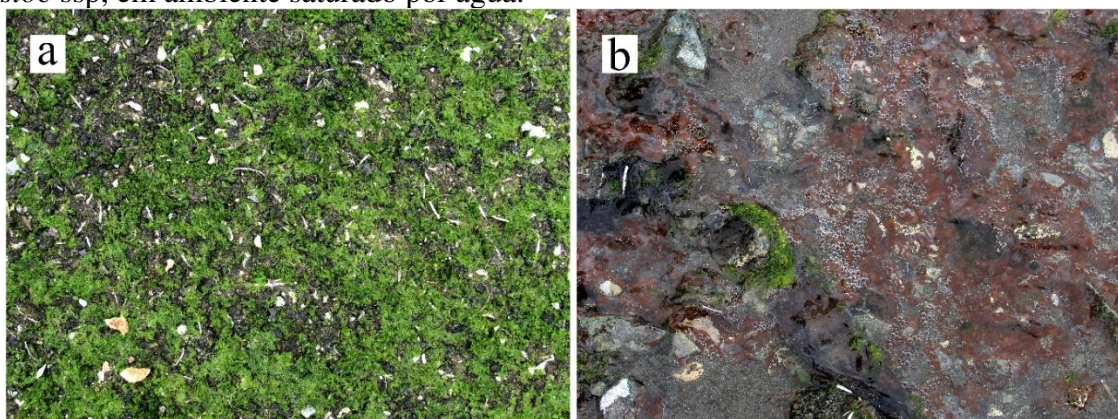
Fonte: Edson Vandeira.

3.3.2 Subformação de macroalgas e cianobactérias

A subformação de macroalgas e cianobactérias representaram 0,78% (1 ha aproximadamente) da área total mapeada do norte de Harmony Point (Figura 18). Esta subformação predominou na plataforma de crioplanção, abrangendo aproximadamente 2% da área desta classe e também foi comum em áreas sob influência ornitogênica, como afloramentos rochosos, terraços marinhos e solos com padrões (Tabela 1).

As coberturas da macroalga verde *P. crista* (Figura 21a) predominaram em áreas ornitogênicas sob influência atual de pinguins, onde a deposição contínua de guano fresco favorece à formação de solos alcalinos e com alta concentração de nutrientes (P, Na, C e N), em níveis considerados tóxicos para outros grupos vegetais, como as briófitas por exemplo (LONGTON, 1988). Nessas áreas, a *M. tessellata* também foi encontrada. As cianobactérias (*Nostoc* spp), por sua vez, foram encontradas principalmente nas áreas saturadas por água nas depressões e nos leitos de pequenos canais e lagos alimentados pela água de degelo. A *Nostoc* spp. também pode ser encontrada na sua forma liquenizada (*L. puberulum*; Figura 21b e Quadro 2).

Figura 21 – Subformação de macroalgas e cianobactérias no norte de Harmony Point. a) Macroalga verde *P. crista* em área sob influência ornitogênica de pinguins; b) Cianobactéria, *Nostoc* spp, em ambiente saturado por água.



Fonte: A autora.

3.3.3 Subformação de líquens, carpetes e tufos baixos de musgos

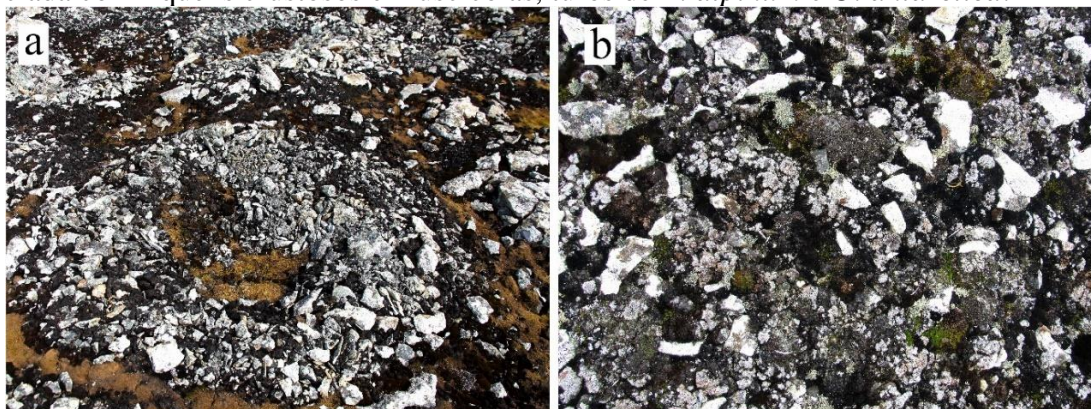
Os líquens, carpetes e tufos baixos de musgos representaram 5,14% (aproximadamente 8 ha) da área total mapeada (Figura 18). As comunidades de líquens, carpetes e tufos baixos predominaram nos solos com padrões (16% da área total da classe) e também foram comuns

em outras geoformas interioranas, como a plataforma de crioplanção, as encostas de detritos, os afloramentos rochosos e as áreas paraglaciais próximas a geleira (Tabela 1).

De forma geral, no norte de Harmony Point, a subformação de líquens, carpetes e tufos baixos de musgos correspondeu a tapetes baixos, discretos ou ondulados de musgos que predominaram em locais mais protegidos e úmidos, como nas fendas de rochas, em terrenos pedregosos, altos e planos (plataforma de crioplanção) ou declivosos (afloramentos rochosos), que podem apresentar crioturbação. Nas áreas mais expostas e secas, como nos topos dos afloramentos e nas bordas dos solos com padrões, ocorreu a predominância de líquens fruticosos e crustosos e almofadas de *A. gainii* (LONGTON, 1988), musgo que cresce diretamente em superfícies de rochas.

A *U. antarctica* (líquen fruticoso), associada à esta subformação, foi encontrada em ambientes pedregosos mais secos e sobre faces de rochas em afloramentos sob influência ornitogênica inativa nas áreas mais altas. Nas áreas de solos com padrões (P9 e P10), a associação *Sanionia* – *Andreaea* (Figura 22 e Quadro 2) foi predominante, sendo que a *S. uncinata* ocorreu no centro dos padrões em condições de menor umidade e a *S. georgicouncinata* em condições de maior umidade. Nas bordas predominou a *A. gainii*, na maioria das vezes associada com líquens muscícolas (que vivem sobre musgos). Na área de solos com padrões sob influência ornitogênica (P10), a *P. crispa* competiu em abundância com as espécies de *Sanionia*, e nas bordas predominaram líquens ornitocoprófilos. A associação *Sanionia* – *Andreaea* também ocorreu em afloramentos e nas encostas de detritos, com alguns tufos de *P. alpinum* e *B. archangelicum*, e muitos líquens fruticosos, principalmente do gênero *Cladonia* e *Ochrolechia*, e ornitocoprófilos em áreas ornitogênicas.

Figura 22 – Subformação de líquens, carpetes e tufos de musgos no norte de Harmony Point. a) Predomínio de *Sanionia* no centro e nas partes externas e *A. gainii* e líquens crustosos nas bordas em solo com padrão. b) Comunidade composta predominantemente por *A. gainii* associada com líquens crustosos e muscícolas, tufos de *P. alpinum* e *U. antarctica*.



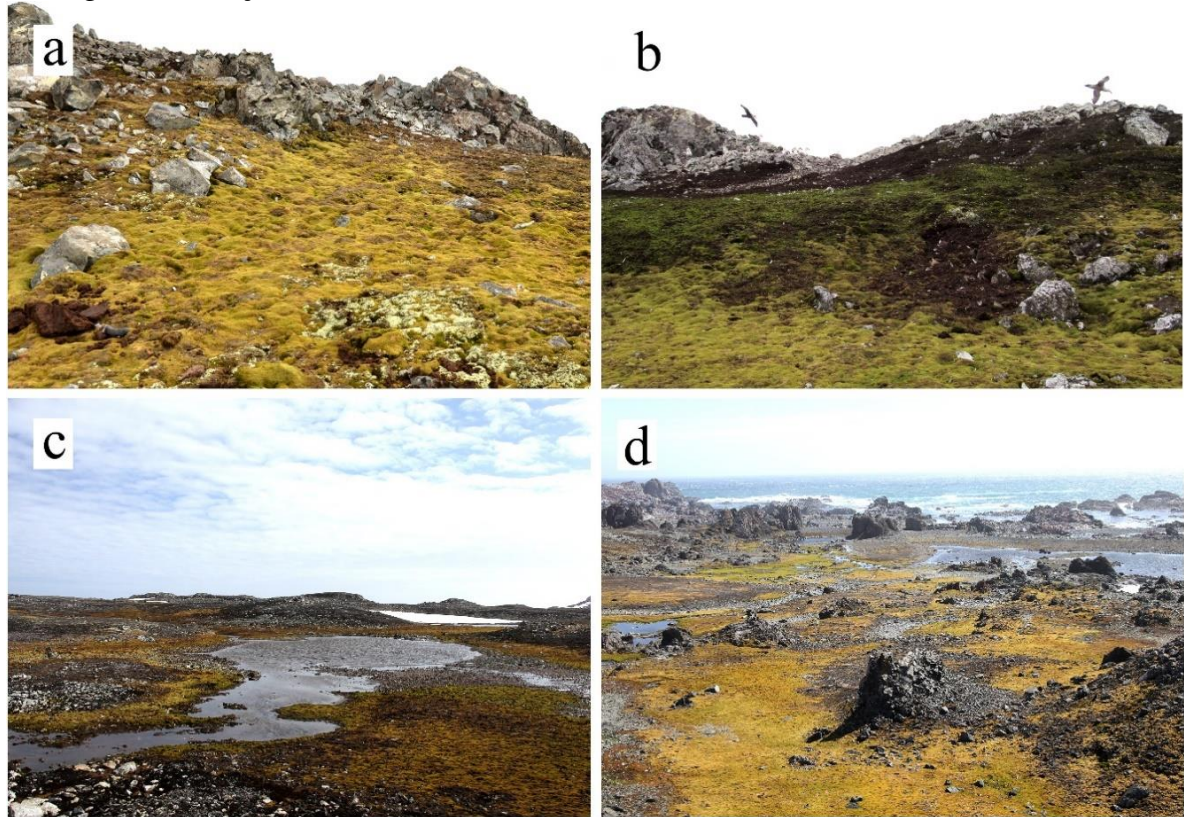
Fonte: Carlos Schaefer e a autora.

3.3.4 Subformação de carpetes de musgos

Os carpetes de musgos ocorreram predominantemente nos afloramentos rochosos (18% da área da classe), na plataforma de crioplanção e nas depressões de acúmulo de água (Tabela 1). No norte de Harmony Point, esta subformação formou extensos tapetes de superfície irregular a ondulada e ocorreram tanto em áreas planas hidromórficas, onde há acúmulo de água, quanto em áreas de encostas secas ou úmidas e estáveis, como também identificado por Poelking et al. (2015). Estes exuberantes carpetes são compostos por colônias mais ou menos compactas de musgos predominantemente pleurocárpicos, de aspecto ramificado (LONGTON, 1988).

Os afloramentos apresentaram uma cobertura predominante de *Sanionia* (tanto *S. uncinata* quanto *S. georgicouncinata*) muitas vezes associada com tufo de *P. alpinum* e *P. juniperinum*. A maioria dos solos coletados nos afloramentos sob carpete de musgos apresentaram os teores mais elevados de COT, formando horizontes orgânicos (O). Nas depressões de acúmulo de água houve a predominância da associação *Sanionia* – *Warnstorfia*, podendo ocorrer também cianobactérias (Figura 23c). Os carpetes de musgos também ocorreram nos terraços marinhos, em stacks vulcânicos mais estáveis e no entorno de canais e lagos costeiros (Figura 23d e Quadro 2). Nesta subformação, ocorreram líquens crustosos, foliosos e fruticosos nas áreas rochosas mais expostas, líquens muscícolas e líquens ornitocoprófilos nas áreas ornitogênicas, onde também ocorreu a *P. crispa* (Figura 23a e 24b).

Figura 23 – Subformação de carpetes musgos no norte de Harmony Point. a) Comunidade de *Sanionia* e líquens em afloramento; b) Carpetes de musgos, na parte inferior, e predominância de *P. crista*, na parte superior de afloramento com influência ativa de petrel gigante; c) Carpete de *Sanionia* e *Warnstorfia* no entorno de canais e lagos de degelo; e d) Carpetes e tufos altos de musgos em terraços marinhos.



Fonte: Carlos Schaefer, Guilherme Corrêa e a autora.

3.4 Caracterização dos solos

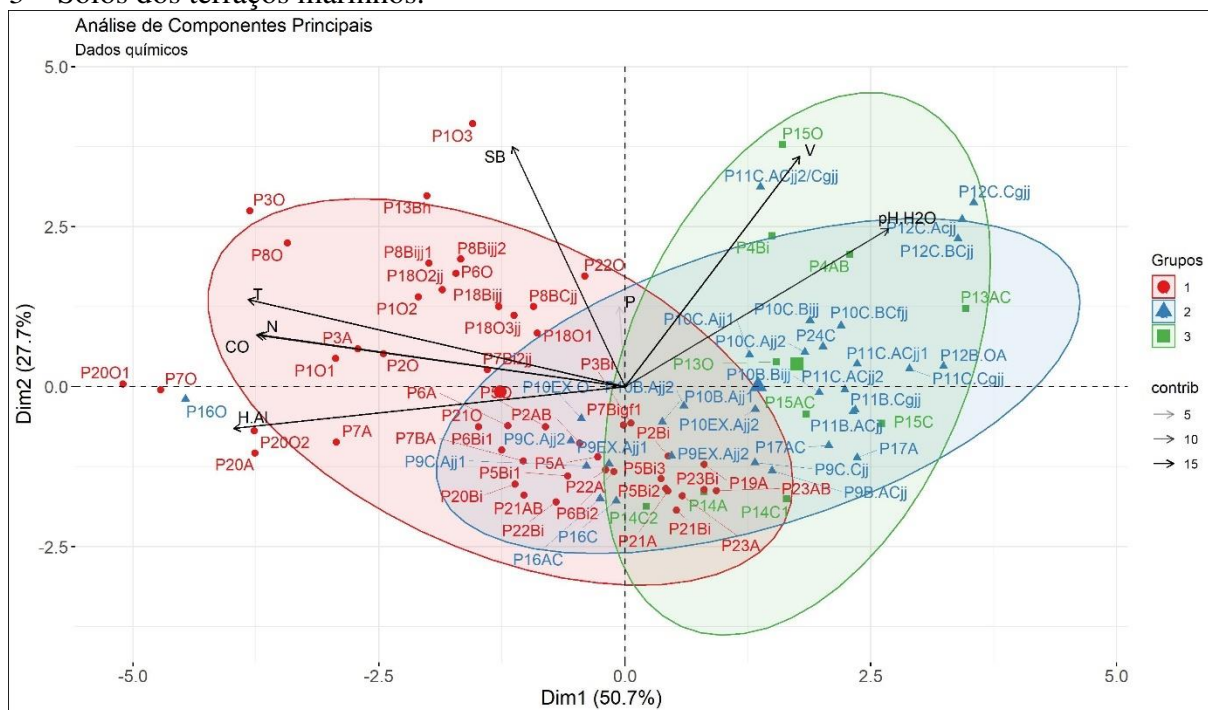
3.4.1 Características gerais

Os perfis de solos foram divididos em três grupos com base nos geoambientes mais representativos de Harmony Point: grupo 1 – composto pelos solos de afloramentos rochosos; o grupo 2 – formado pelos solos da plataforma de crioplaneação e da área paraglacial próxima à geleira; e o grupo 3 que corresponde aos solos dos terraços marinhos.

Os atributos físicos e químicos a serem representados nos gráficos das PCAs foram selecionados de acordo com sua maior contribuição para a explicação da variância dos dados. Assim, as Componentes Principais (PCs) 3 e superiores foram removidas da análise, por terem apresentado autovalores menores que 1. No gráfico da PCA dos atributos físicos dos solos (Figura 24), observa-se que as PCs 1 e 2 explicam 79% da variância total dos dados (a PC1 explica 51,8% e a PC2 explica 27,2%). As variáveis mais representativas da PC1 são areia

Fonte: A autora.

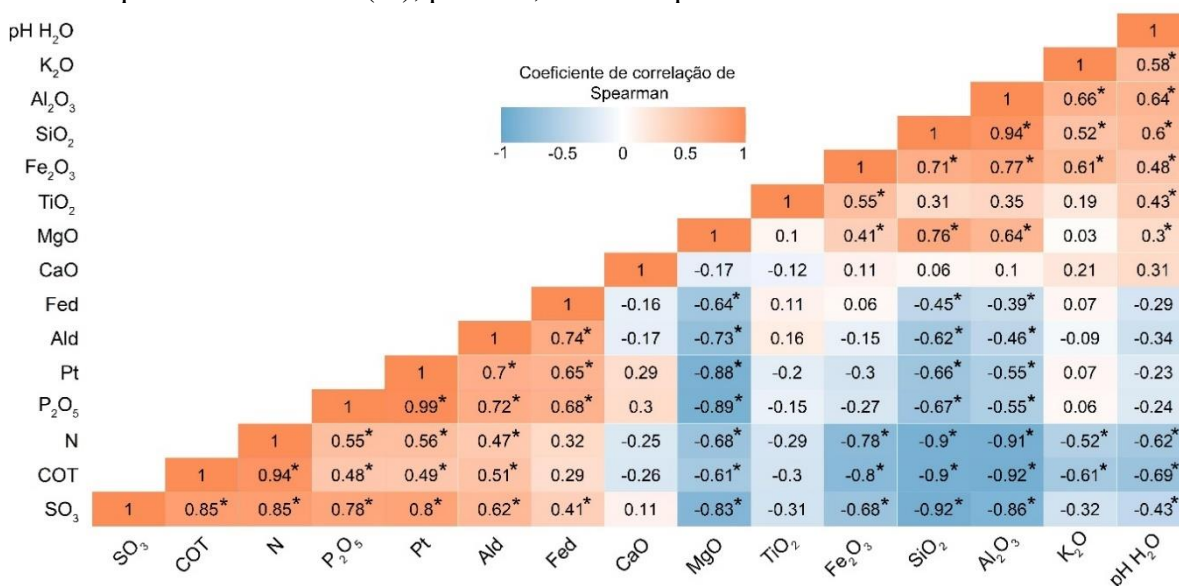
Figura 25 – Análise de Componentes Principais dos atributos químicos dos solos do norte de Harmony Point. Grupos: 1 – Solos de afloramentos; 2 – Solos da plataforma de crioplaneação; 3 – Solos dos terraços marinhos.



Fonte: A autora.

A matriz de correlação de Spearman permitiu identificar associações entre os principais atributos e elementos químicos de amostras representativas dos solos (Figura 26). Dois agrupamentos foram observados a partir das mais significativas correlações positivas. Um grupo está relacionado com solos que predominam minerais primários aluminossilicatados e ferromagnesianos, em que se destacaram o pH em H₂O, K₂O, Al₂O₃, SiO₂, MgO e Fe₂O₃. E o segundo grupo está mais relacionado à matéria orgânica e ornitogênese, destacando-se o SO₃, COT, NT, P₂O₅, PT, Ald e Fed, sendo estes quatro últimos associados a minerais secundários de fosfato. Observou-se uma correlação positiva muito forte ($r \geq 0,90$) entre o SiO₂ e Al₂O₃; P₂O₅ e PT; e COT e NT. Por outro lado, as correlações negativas muito fortes ($r \leq -0,90$) foram entre Al₂O₃ e SiO₂ com COT, N total e SO₃. Correlações positivas fortes ($0,70 \leq r \leq 0,89$) foram observadas entre o Fe₂O₃ e Al₂O₃; Fe₂O₃ e SiO₂; MgO e SiO₂; Ald e Fed; Ald e PT/P₂O₅; e SO₃ com COT, N total e P₂O₅/PT. Já as correlações negativas fortes ($-0,89 \leq r \leq -0,70$) foram entre Fe₂O₃ e N total; e MgO com Ald e SO₃.

Figura 26 – Matriz de correlação de Spearman a partir dos resultados da μ -FRXED e das análises químicas de P total (Pt), pH H₂O, COT e N para amostras selecionadas.



* Significância a 5%.

Fonte: A autora.

3.4.2 Grupo dos solos de afloramentos rochosos

O grupo 1 corresponde aos solos localizados nos afloramentos e abrange os seguintes perfis: 1, 7, 8 e 18 classificados como “Ornithogenic” Fibristels; 5, 6, 21 e 23, correspondentes à classe dos “Ornithogenic” Humigelepts; e 2, 3, 19, 20 e 22, classificados como “Ornithogenic” Gelorthents (Apêndice D). A maioria das amostras de solo deste grupo apresentou matiz entre 7,5 YR e 10YR, croma 4 e valor 3, com cores variando entre bruno e bruno-amarelado-escuro (Apêndice A), como resultado da incorporação de matéria orgânica nos solos. A maioria dos perfis apresentou horizontes com estrutura composta de blocos subangulares e grânulos, grau fraco e tamanho médio. A profundidade média dos perfis foi 57 cm, a maior dentre os três grupos, com alguns perfis alcançando até 80/90 cm de profundidade. A transição entre os horizontes foi predominantemente clara e ondulada.

As texturas predominantes nos solos de afloramentos foram franco-arenosa e franco-argilo-arenosa. Apesar de terem apresentado altos valores de areia grossa, devido à influência do material de origem basáltico-andesítico resistente ao intemperismo, este grupo se destacou dentre os demais pelos maiores teores de areia fina e silte, 24% e 28% em média, respectivamente (Tabela 2). Alguns horizontes apresentaram valores máximos de areia fina e silte de 43% e 46%, respectivamente. Por sua vez, o teor de argila do grupo 1 foi considerável (em média 20%), com horizontes apresentando um mínimo de 7% e máximo de 28%. Este

grupo apresentou o menor valor médio de fração grosseira, embora alguns horizontes tenham apresentado valores bastante elevados (máximo de 91%), o que também está relacionado ao material de origem mais resistente.

Os solos de afloramentos foram os que apresentaram maior acidez ativa (pH), sendo que o valor mínimo de pH em H₂O foi 3,65 (horizonte CR do P22) e o máximo 5,63 (horizonte O3 do P1). Associado a isso estão os maiores teores médios de acidez trocável (Al³⁺), acidez potencial (H + Al) e saturação por Al (m), bem como os elevados teores de COT e NT comparados com os outros grupos, associados principalmente com a matéria orgânica. Aqui, a matéria orgânica é o principal fator responsável em promover a acidificação dos solos. Os altos teores de Fe disponível (368 mg/kg) estão principalmente relacionados com a matéria orgânica e a complexação do Fe, principalmente, por meio de agrupamentos carboxílicos. O baixo PCZ (Ponto de Carga Zero) da matéria orgânica acaba favorecendo a predominância de cargas negativas nos solos. Os solos deste grupo apresentaram maior teor de soma de bases (SB), indicando um acúmulo de nutrientes devido à influência ornitogênica, entretanto a V apresentou o menor valor dentre os grupos, com solos predominantemente distróficos (Tabela 2). A alta T se justifica pelos elevados teores de H covalente observados pela diferença entre a acidez potencial e a trocável, indicando alta capacidade tampão promovida principalmente pela matéria orgânica.

Tabela 2 – Média dos resultados das análises físicas e químicas para cada grupo.

Grupo	Prof.*	FG*	AG*	AF*	SIL*	ARG*	pH H ₂ O	pH KCl	P**	SB	Al ³⁺	H+Al	
	cm	----- % -----							mg/kg	-----	cmol/kg	-----	
1	57	29	29	24	28	20	4,5	3,64	917,7	11,3	2,7	32,0	
2	45	57	39	17	23	21	5,3	4,01	704,6	7,7	2,2	15,7	
3	44	47	59	16	13	13	4,9	4,02	1843,5	9,4	1,3	11,0	
Grupo	t	T	V	m	ISNa	COT	NT	P-Rem	Cu	Fe	Mn	Zn	S
	cmol/kg		----- % -----			--- dag/kg ---		mg/L	----- mg/kg -----				
1	14,0	43,4	23,8	28,8	3,5	16,6	1,4	17	11,7	368,5	9	11,4	28,3
2	10	23,5	34,9	25,5	5,5	6,4	0,6	16	13,6	414,6	15,3	11,7	11,3
3	10,7	20,5	46,8	19,8	8,5	3,3	0,5	32	12,8	321,6	22,5	19,7	67,3

*Prof. – profundidade, FG – Fração grosseira, AG – Areia grossa, AF – Areia fina, SIL – Silte e ARG – Argila.

** P disponível.

Fonte: A autora.

A fosfatização nos solos de afloramentos é evidenciada pelo elevado teor de P disponível (em média 958 mg/kg). O P disponível dos solos sob influência de pinguins (perfis

2, 8, 22 e 23) foi elevado (em média 1.344 mg/kg) (Tabela 3), indicando forte grau de ornitogênese. Já o P disponível dos solos sob influência de petréis gigantes e de gaivotões (perfis 1, 3, 5, 7, 18, 20 e 21 – petréis gigantes e perfis 6 e 19 – gaivotões) foi intermediário a baixo (670 e 441 mg/kg, respectivamente) indicando um grau de ornitogênese moderado a fraco (Quadro 3). Em relação ao teor de P disponível e o P total nos guanos coletados, os de pinguins apresentaram em média 5.507 e 83.837 mg/kg, e os de petréis gigantes 836 e 25.939 mg/kg, respectivamente (Apêndice B). Daher et al. (2018) também identificou teores de P disponível superiores para o guano de pinguim em relação aos teores encontrados no guano de petrel, indicando diferenças na composição química de guanos entre diferentes espécies de aves.

Os perfis de afloramentos que apresentaram influência ornitogênica atual (ativa) apresentaram maiores teores de P disponível em superfície, devido à deposição atual de guano, e menores em profundidade, exceto para os perfis que apresentaram crioturbação (P1, P2, P8 e P18) (Apêndice B). Já nas áreas de ninhai abandonados (influência ornitogênica pretérita ou inativa), observou-se que os teores de P disponível crescem em profundidade, uma vez que a deposição em superfície é ausente.

Quadro 3 – Valores medianos de alguns atributos físicos e químicos dos solos ornitogênicos da porção norte de Harmony Point.

Grau de ornitogênese	Tipo de ornitogênese	Perfis	pH H ₂ O	P*	V	COT	NT	ARG
				mg/kg	-----%-----			
Forte	Ativa	2, 10, 14, 15, 22 e 23	4,6	1.004,9	29	4,7	0,7	18,6
	Inativa	4, 8 e 21	4,5	1800	36,9	12,9	1,1	19,9
Moderado a fraco	Ativa	1,3,7, 18 e 20	4,6	300	27,9	23,4	1,5	16,9
	Inativa	5, 6 e 19	4,5	502,4	14,4	12,1	1,2	10,2
Ausente	Ausente	9, 11, 12, 13, 16 e 17	5,4	206,6	35	2,9	0,3	18,4

*P disponível extraído por Mehlich-1.

Fonte: A autora.

O grupo de solos dos afloramentos apresentou certa variabilidade interna: diferentes classes de solos, diferentes tipos e graus de ornitogênese e, por conseguinte, diferenças em seus atributos físicos e químicos. A classe dos Inceptisols apresentou a maior profundidade média (61 cm), menor V (34,90%) e o maior teor médio de m (42,64 %), indicando lixiviação de bases e maior desenvolvimento pedogenético. Já a classe dos Gelisols apresentou o maior teor médio de argila (23,2%) devido à crioturbação, maiores de T (52,8 cmol_c/kg), V (34,9 %), PT, COT (22,5 dag/kg) e S (40,5 mg/kg). A classe dos Entisols, por sua vez, apresentou os maiores teores

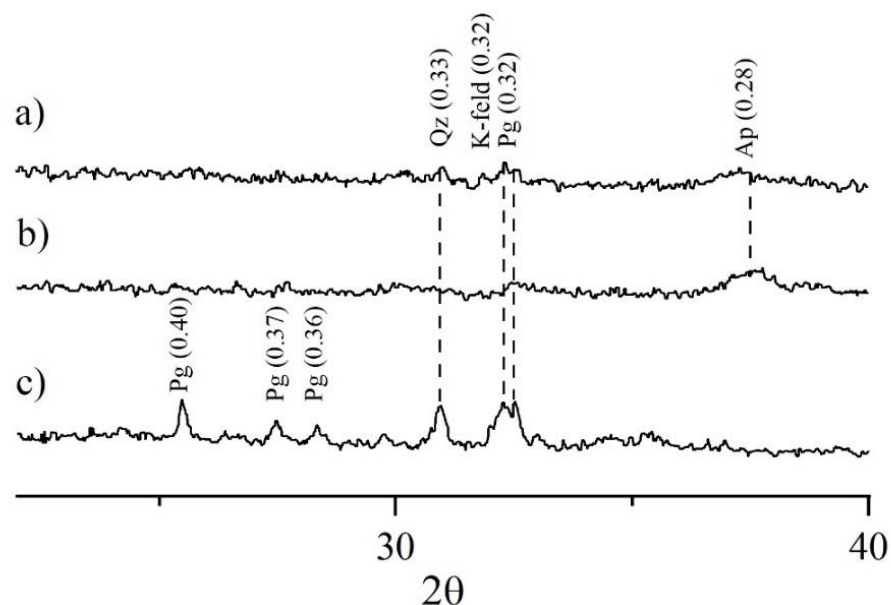
médios de P disponível e de NT, devido à predominância da ornitogênese promovida por pinguins.

As amostras de guanos de pinguins apresentaram apatita ($(\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl}))$) de baixa cristalinidade, como demonstrado pelo DRX (pico 0,28 nm) (Figura 27a e 28b) e corroborado pelos altos teores de CaO e P_2O_5 da μ -FRXED. O guano corresponde a uma mistura de resíduos orgânicos excretados pelos pinguins e a superfície do solo, o que justifica a presença de minerais primários no guano de petrel, como o quartzo, por exemplo (Figura 27c).

A fração argila de solos de afloramentos (P3, P6, P8 e P22) apresentou apatita, estruvita ($\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), leucofosfita ($(\text{NH}_4\text{K})_2(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})_4(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), miniulita ($\text{KAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH}, \text{F}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) e taranaquita ($(\text{KNH}_4)_3\text{Al}_5\text{H}_6(\text{PO}_4)_8 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$). A forte correlação entre Fed, Ald e $\text{P}_2\text{O}_5/\text{PT}$ observada nos resultados da μ -FRXED (Figura 26) confirma a existência dos minerais de fosfato secundários, indicando que os principais minerais pedogênicos dos solos dos afloramentos são os minerais de fosfato de Fe e Al. Simas et al. (2007) também identificou minerais de fosfato de Fe amorfos e cristalinos na fração argila, indicando a atuação da fosfatização na transformação de minerais máficos facilmente intemperizáveis.

O horizonte Bi do P3 apresentou elevados teores de K_2O , evidenciando a presença da leucofosfita. Os perfis 3, 6 e 20 apresentaram altos teores de Fe e Al extraídos por ditionito, oxalato e pirofosfato, porém teores de Fep e Alp maiores que os de Feo e Alo (Tabela 3), indicaram a predominância de compostos organometálicos na fração não-cristalina desses solos. O P8 apresentou elevados teores de CaO (Tabela 4), devido à presença de plagioclásios cálcicos e de apatita amorfa no solo, uma vez que não foram identificados picos cristalinos deste mineral pelo DRX. Este perfil também se destaca pelos elevados teores de Fed e Ald (baixa razão entre Feo/Fed e Alo/Ald) e de P total, indicando a presença de minerais de fosfato mais cristalinos. Além desses minerais, também foram identificados esmectitas com hidroxí entrecamadas, oriunda da esmectita pré-existente no saprolito pré-intemperizado, e minerais primários na fração argila como plagioclásios, feldspato potássico e quartzo, indicando a ação da crioclastia.

Figura 27 – Mineralogia das amostras de guano. a) Amostra de guano de pinguim gentoo; b) Amostra de guano de pinguim de barbicha; c) Amostra de guano de petrel gigante. “d” em nm.



Fonte: A autora.

Tabela 3 - Fe e Al extraídos por DCB, oxalato de amônio e pirofosfato de sódio, e P total de amostras de solos selecionadas.

Horizonte	Fe _d	Fe _o	Fe _p	Al _d	Al _o	Al _p	PT	Fe _o /Fe _d	Al _o /Al _d
	----- dag/kg -----						mg/kg		
P3A	1,2	0,9	1,4	0,6	0,5	1,1	10.059,7	0,8	0,7
P3Bi	2,7	1,3	1,7	1,6	1,4	1,8	55.694	0,5	0,9
P3 Guano							2.5938,9		
P6A	1,8	1,4	2,5	1,4	1,2	2,5	21.449	0,8	0,9
P6Bi1	2,4	2,1	3,5	1,7	1,4	3,2	28.056	0,9	0,8
P6Bi2	2,3	2,0	3,5	1,5	1,3	2,7	27.855,6	0,9	0,9
P8Bijj1	1,7	1,0	0,9	0,8	0,4	0,9	74.914,7	0,6	0,5
P8Bijj2	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0,9	96.669,1	0,7	0,8
P8BCjj	2,5	1,9	1,2	1,2	0,8	1,0	88.468,3	0,8	0,7
P10Ajj2-Ex*	1,8	1,0	1,0	1,0	0,7	1,0	31.396,2	0,5	0,7
P10Ajj1-B*	1,3	0,9	0,9	0,8	0,7	1,0	19.288,4	0,7	1,0
P10Bifjj-B*	2,2	1,0	1,0	1,6	1,2	1,0	66.944,6	0,4	0,8
P10Ajj1-C*	1,8	1,2	0,8	1,5	1,7	1,1	59.886,8	0,6	1,1
P10Bijj-C*	2,2	1,1	0,8	1,9	2,1	1,2	85.012,7	0,5	1,1
P10BCfjj-C*	2,1	1,1	0,9	1,8	1,5	1,2	59.301,4	0,5	0,8
P11ACjj2/Cgjj-C*	1,4	0,9	0,6	0,2	0,5	0,8	1.226,6	0,6	2,2
P11Cgjj-C*	0,6	0,5	0,4	0,2	0,3	0,7	1.425,2	0,8	1,3
P12OAjj-B*	0,6	0,6	0,4	0,3	0,4	0,3	3.917,7	1,0	1,3
P12Cgjj-C*	0,8	0,7	0,5	0,4	0,5	0,3	6.550,0	0,9	1,2
P12BCjj-C*	1,3	1,0	0,7	0,5	0,7	0,4	5.263,3	0,8	1,3
P14A	1,2	1,0	1,6	0,3	0,4	0,8	12.466,9	0,9	1,4
P14C2	2,5	2,6	3,3	1,6	1,6	2,7	47.493,2	1,1	1,0
P14 Guano							83837,3		
P17A	0,9	0,9	1,0	0,4	0,5	0,9	9039,7	0,9	1,0
P17AC	2,4	2,3	2,6	0,8	0,7	1,2	20212,7	1,0	0,9
P19A	1,8	1,3	1,4	1,2	1,0	1,6	11936,4	0,7	0,8
P20A	1,8	1,1	2,1	1,9	1,5	3,1	31.332,1	0,6	0,8
P20Bi	2,2	1,2	1,5	2,3	1,8	2,7	68.090,7	0,6	0,8
P22A	2,2	1,3	1,8	1,2	0,8	1,0	51.561,9	0,6	0,6

P22 Veio Fosfático

103.909,9

* Ex – Externo; B – Borda; C – Centro

Fonte: A autora.

Tabela 4 – Resultados da μ -FRXED e das análises químicas de pH H₂O, COT e NT para amostras selecionadas.

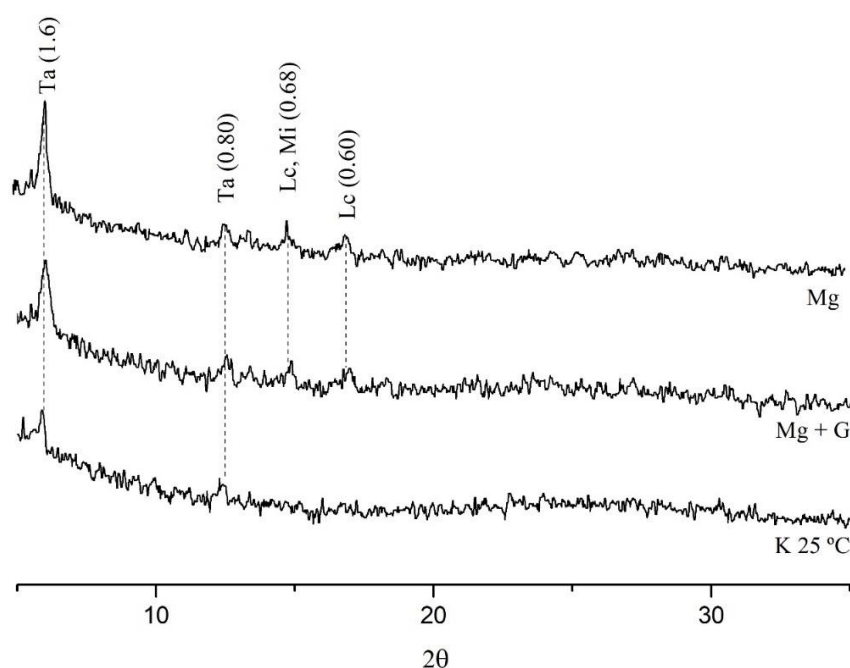
Horizonte	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SO ₃	COT	NT	pH H ₂ O
	----- dag/kg -----											
P3A	1,28	2,75	0,63	0,22	17,45	3,97	4,18	0,83	0,56	24,55	2,11	4,46
P3Bi	6,58	2,68	0,15	1,25	21,11	7,44	5,81	0,89	0,47	12,08	1,03	5
Guano	3,24	2,73	0,17	0,46	21,43	6,45	6,33	1,06	0,55	12,86	1,43	5,06
P6A	2,39	2,42	0,58	0,21	18,14	6,07	4,46	0,85	0,42	17,92	1,17	4,49
P6Bi1	3,53	2,31	0,56	0,24	19,65	6,85	5,18	0,96	0,37	12,86	1,1	4,39
P6Bi2	3,34	3,1	0,52	0,29	25,16	7,79	5,97	1,10	0,28	6,04	0,79	4,42
P8Bijj1	9	10,75	0,17	0,43	13,7	3,29	3,37	0,35	1,17	12,86	2,55	4,5
P8Bijj2	10,09	12,16	0,2	0,45	12,34	3,44	3,2	0,37	1,15	14,03	1,81	4,67
P8BCjj	10,71	11,94	0,06	0,61	17,42	4,79	5,05	0,54	0,8	11,49	1,08	4,59
P10Ajj2-Ex*	3,33	2,52	0,61	0,86	30,96	8,54	5,14	0,72	0,36	6,24	0,77	5,2
P10Ajj1-B*	2,03	2,41	0,64	0,91	29,17	9,93	5,31	0,66	0,32	7,79	0,96	4,48
P10Bifjj-B*	8,27	3,01	0,45	1,39	29,76	10,96	7	1,04	0,35	2,65	0,73	5,65
P10Ajj1-C*	7,89	5,32	0,42	1,17	29,06	9,94	5,82	0,87	0,42	4,21	0,64	5
P10Bijj-C*	9,2	5,02	0,21	1,44	24,38	9,75	5,74	0,96	0,46	3,43	0,72	5,66
P10BCfjj-C*	6,84	3,75	0,33	1,05	27,79	9,87	6,27	1,07	0,36	2,34	0,53	5,82
P11ACjj2/Cgjj-C*	0,32	3,54	1,99	1,8	39,27	15,61	6,28	0,70	0,01	0,23	0,02	5,18
P11Cgjj-C*	0,37	3,59	2,13	0,97	47,72	14,14	6,01	0,67	0,03	0,39	0,04	5,37
P12OAjj-B*	0,44	3,78	1,48	0,64	43,98	11,12	5,66	0,93	0,03	1,17	0,1	5,8
P12Cgjj	0,47	3,4	1,36	0,67	42,35	12,22	5,63	0,76	0,03	0,93	0,09	6,79
P12BCjj	0,68	3,63	1,24	0,5	36,12	10,65	5,87	0,93	0,05	1,72	0,16	6,64
P14A	1,46	3,46	1,49	0,41	35,04	9,4	5,67	0,72	0,25	4,68	0,63	4,05
P14C2	5,23	3,09	0,75	0,5	27,3	9,16	6,15	0,55	0,34	2,49	0,37	3,94
P14 Guano	10,73	16,35	0,19	0,23	11,7	1,78	2,16	0,3	1,56	12,08	1,82	5,6
P17A	1,29	4,35	0,88	0,72	39,59	10,82	6,68	1,24	0,11	2,34	0,27	5,35
P17AC	2,59	3,08	0,75	0,72	35,29	9,79	6,12	0,83	0,11	2,02	0,26	5,44
P19A	1,47	2,9	0,52	0,36	22,31	7,84	5,53	0,95	0,36	8,96	0,76	4,65
P20A	3,49	1,88	0,44	0,18	9,72	4,53	3,35	0,53	0,63	28,05	2,05	3,86
P20Bi	8,92	6,93	0,11	0,45	19,31	7,2	4,86	0,64	0,63	16,17	0,81	3,75
P22A	5,38	2,53	0,11	0,85	26,47	8,3	5,37	0,80	0,35	5,92	1,1	4,07
P22 Veio fosfático	11,66	1,1	0,08	1,02	20,06	11,78	3,51	0,16	0,51	6,82	0,85	3,62

* Ex – Externo; B – Borda; C – Centro

Fonte: A autora.

O perfil 22 foi coletado próximo à zona de acúmulo de guano de uma pinguineira e foi identificado um veio de material fosfatizado dentro do perfil (Figura 17). Tanto o P disponível quanto o PT obtidos do veio fosfático foram os mais elevados dentre todas as amostras de solo (8.170 e 103.910 mg/kg, respectivamente), o pH foi o mais baixo e a m muito elevada (3,62 e 42,4%, respectivamente). Além disso, o teor de P_2O_5 foi o mais alto (11,6%) e os de K_2O e Al_2O_5 foram bastante significativos (Tabela 4). Estas características confirmam a presença da taranaquita (Figura 28). Este mineral apresentou um intenso pico de 1,6 nm após o tratamento com Mg, permanecendo até a saturação por K a 25 °C.

Figura 28 – Mineralogia do material coletado do veio fosfático presente no P22, sob pinguineira ativa. Ta – Taranaquita e Lc – leucofosfita. d em nm.



Fonte: A autora.

3.4.3 Grupo dos solos da plataforma de crioplaneação

O grupo 2 abrange os solos localizados na transição terraço-plataforma (P16 – Typic Gelorthent), na plataforma de crioplaneação (solos com padrões: P9 e P12 – Typic Haploturbel, P10 – “Ornithogenic” Umbristurbel, P11 Borda – Aquic Haploturbel e P11 Centro – Typic Aquiturbel; e depressão de acúmulo de água: P24 – Typic Gelaquents) e na área paraglacial próxima à geleira (P17 – Typic Haploturbel). Os solos do grupo 2 apresentaram majoritariamente cores brunadas (matiz 10YR) e alguns apresentaram cores acinzentadas (matiz 2,5Y), tanto devido à condição hidromórfica quanto à presença de minerais fosfáticos;

o croma variou entre 3 e 4 e o valor predominante foi 2. A média da profundidade dos perfis foi de 45 cm (Tabela 2). A estrutura da maioria dos solos se apresentou fraca média blocos subangulares e a transição entre os horizontes foi, predominantemente, clara e ondulada.

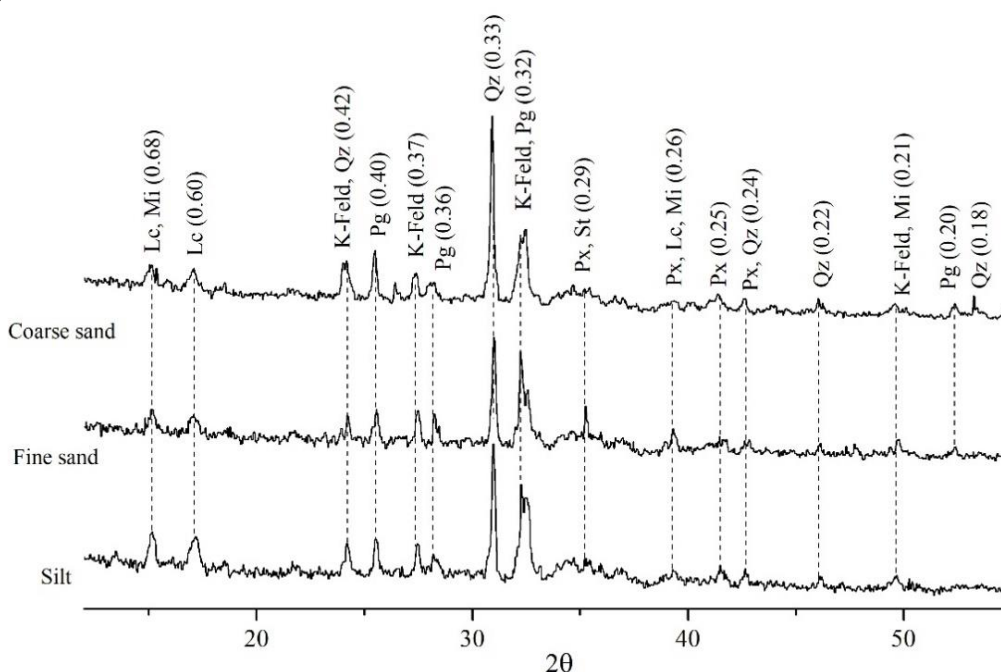
A textura dos solos da plataforma de crioplaneação variou entre franco-arenosa e franco-argilo-arenosa. Este grupo apresentou os maiores teores de argila (21%) e de fração grosseira (57%) em relação aos demais grupos, o que contribuiu para uma textura cascalhenta a muito cascalhenta principalmente nas zonas de bordas dos solos com padrões. Os Gelisols do grupo 2 apresentaram um incremento de material mais fino (silte+argila) em profundidade (Apêndice A), sendo que o horizonte BC localizado no centro do padrão do perfil 12 apresentou o maior teor de silte (35,6%) e os perfis 10 e 11 apresentaram horizontes no centro do padrão com os maiores teores de argila (em média 31%).

Os solos do grupo 2 apresentaram o maior valor médio de pH em água (5,37) (Tabela 2). A acidez trocável, acidez potencial, COT e N apresentaram valores intermediários. A média da V foi de 34,9%, embora os perfis 11 e 12 tenham apresentado valores V muito altos, alcançando 82 % no horizonte superficial do P12. Apesar da predominância de cargas negativas ($\Delta\text{pH} -1,25$), a T desses solos foi intermediária. Os baixos teores médios de P remanescente (16 mg/L) e de S disponível (13,3 mg/kg), bem como o alto teor de argila indicam uma maior capacidade de adsorção aniônica. O teor médio do Fe disponível nos solos foi elevado (412,5 mg/kg), devido às condições redutoras dos Aquiturbels e Gelaquents e dos maiores teores de matéria orgânica dos Umbríturbels.

Os perfis de solos com padrões foram coletados seguindo um gradiente de cobertura vegetal. Dentre os solos com padrões, o P9 foi o que apresentou maior cobertura vegetal e, consequentemente, os maiores teores de COT e N (valores máximos de 16 dag/kg e 2 dag/kg, respectivamente), além da maior acidez potencial (máximo de 24,5 cmol_c/kg) e m (máximo de 47,3 cmol_c/kg) (Apêndice B). Neste perfil, observou-se a matéria orgânica contribuindo para a formação do solo com padrão. O P10 também apresentou significativa cobertura vegetal e COT (máximo de 11,7 dag/kg) e apresentou os maiores valores de P disponível dos solos da plataforma de crioplaneação, com o horizonte A1 do centro do padrão alcançando 4.302 mg/kg e o horizonte Bi também do centro alcançando 85.012,7 mg/kg de P total. O P11 e o P12 corresponderam aos perfis das áreas moderada e fracamente vegetadas, cujos teores médios de COT e N foram, respectivamente, 1,5 e 0,1 dag/kg. O P11 apresentou horizonte gleizado e o P12 apresentou acúmulo de água na transição centro-borda do padrão, indicando *permafrost* mais raso (Apêndice D).

A mineralogia das frações areia grossa, areia fina e silte do P10 apresentou minerais primários como plagioclásio, feldspatos potássicos, piroxênios e quartzo (Figura 29). As fortes correlações entre o SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e MgO indicam a ocorrência de silicatos ferromagnesianos (Figura 26). Também foram identificados minerais de fosfato nessas frações, como leucofosfita e miniulita, o que está relacionado com microagregados fosfáticos oriundos da lixiviação de depósitos de P, como também identificado por Schaefer et al. (2008) e Pereira et al. (2013).

Figura 29 – Mineralogia das frações areia grossa, areia fina e silte do horizonte Bijj do P10 (origem de basalto andesítico) sob influência ativa indireta de pinguins. Lc – leucofosfita; Mi – miniulita; Pg – plagioclásio; K-feld – feldspato potássico; Px – piroxênio; e Qz – quartzo. d em nm.

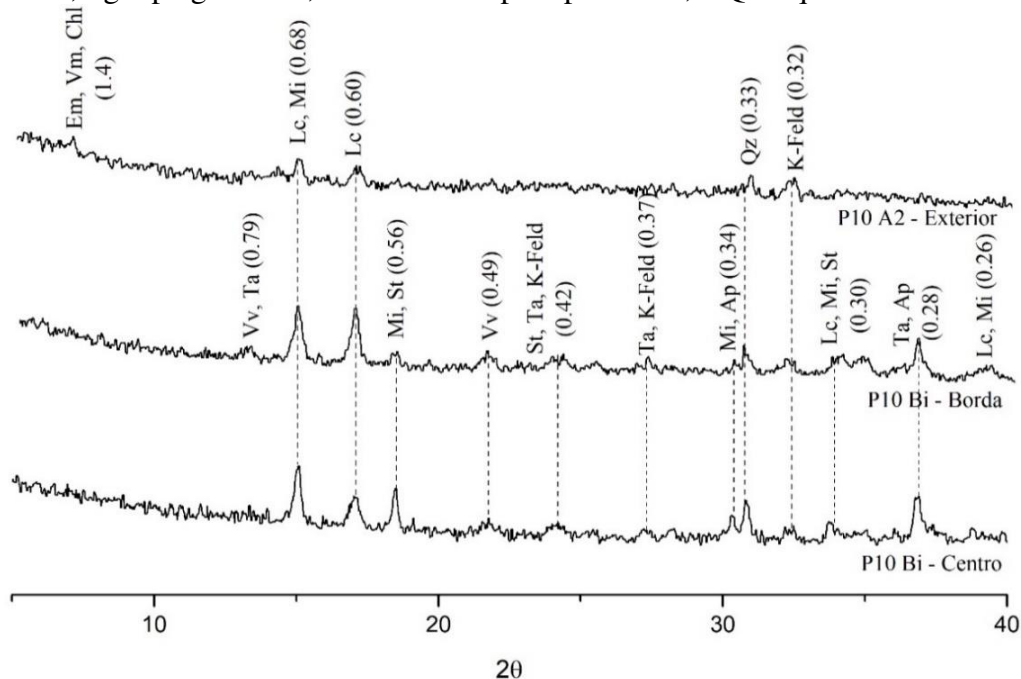


Fonte: A autora.

O P10, sob influência ativa indireta de pinguins, apresentou minerais de fosfato cristalinos devido aos altos valores de Feo/Fed e Alo/Ald , e de PT (Tabela 3). Leucofosfita e miniulita foram encontradas nos perfis do exterior, da borda e do centro do padrão (Figura 30). Picos de taranaquita e vivianita ($\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) foram identificados nos horizontes Bi da borda e do centro do padrão. A presença da taranaquita foi confirmada pelos altos teores de P_2O_5 , K_2O , Al_2O_5 , Ald e Alo encontrados nos horizontes Bi (Tabela 4). Já a vivianita foi confirmada pelo elevado teor de Fe_2O_3 (Tabela 4) e o significativo teor de Fed (Tabela 3) encontrados no Bi da borda do padrão. Este perfil apresentou acúmulo de água no topo do *permafrost*, a 50 cm de profundidade, condição favorável à formação da vivianita.

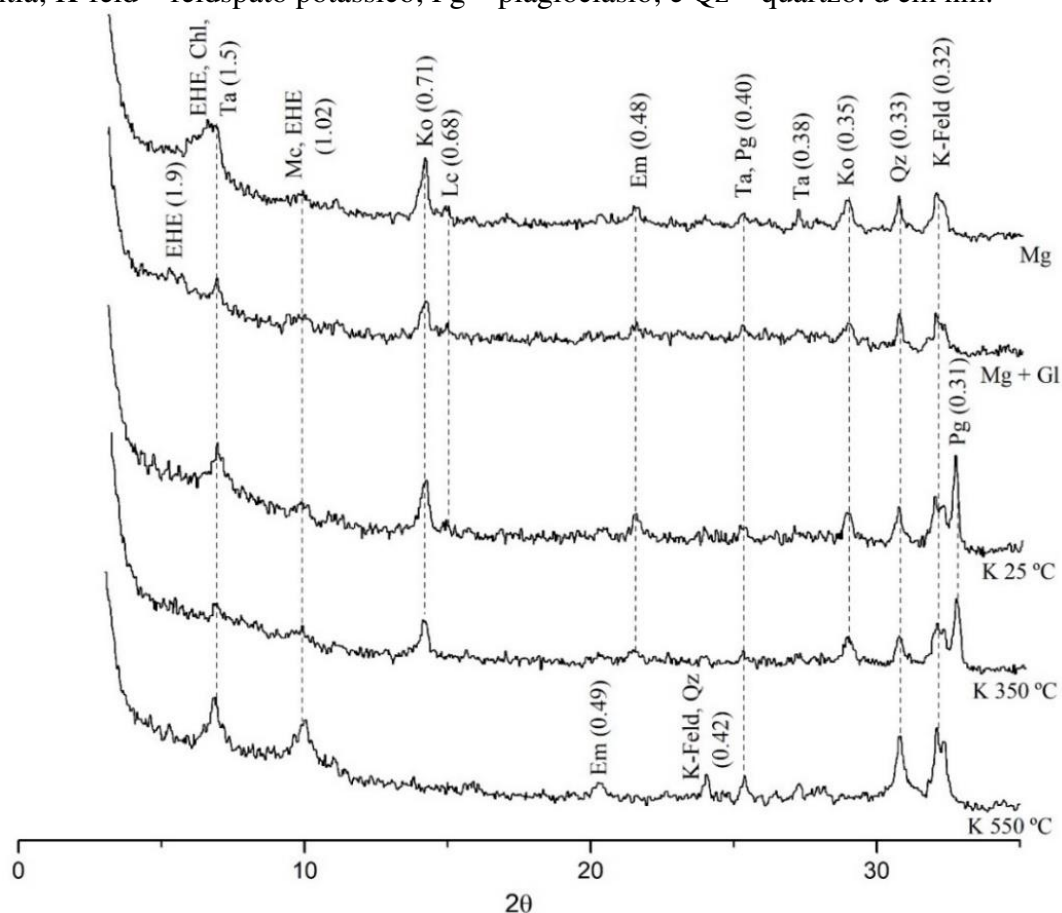
O P10 também apresentou picos de esmectita e clorita, os quais foram confirmados a partir de tratamentos nas lâminas de argila (Figura 31). Com a saturação com Mg o pico de 1,4 nm expandiu para 1,5 nm e após a solvatação com glicerol a expansão alcançou 1,9 nm, confirmando a presença da esmectita. Com o aquecimento, o pico da esmectita gradualmente colapsou para 1,20 nm, confirmando a presença da esmectita com hidróxi entrecamadas e a permanência do pico de 1,5 nm comprovou a presença da clorita. A presença de minerais de argila expansíveis também já foi encontrada em outros solos na Antártica Marítima, como identificado por Simas et al. (2007) e Daher et al. (2019). A presença do pico de 1,02 nm anteriormente ao aquecimento atestou a presença de minerais micáceos e o desaparecimento do pico de 0,71 nm com o aquecimento a 550 °C confirmou a presença da caulinita, mineral já identificado previamente em solos sulfatos na Antártica Marítima (SIMAS et al., 2006).

Figura 30 – Mineralogia da fração argila de horizontes da parte central, borda e exterior de solo com padrão (P10) sob influência ativa indireta de pinguins. Lc – leucofosfita; Mi – miniulita; St – estruvita; Ta – Taranquita; Vv – vivianita; Ap – apatita; Em – Esmectita; Vm- vermiculita; Chl – clorita; Pg – plagioclásio; K-feld – feldspato potássico; e Qz – quartzo. d em nm.



Fonte: A autora.

Figura 31 – Mineralogia da fração argila do horizonte A2 da parte externa de solo com padrão (P10) sob influência ativa indireta de pinguins. Lc – leucofosfita; Ta – Taranauita; EHE – Esmeclita com hidroxí entrecamadas; Chl – clorita; Mc – micas; Em – Esmeclita; Ko – caulinita; K-feld – feldspato potássico; Pg – plagioclásio; e Qz – quartzo. d em nm.

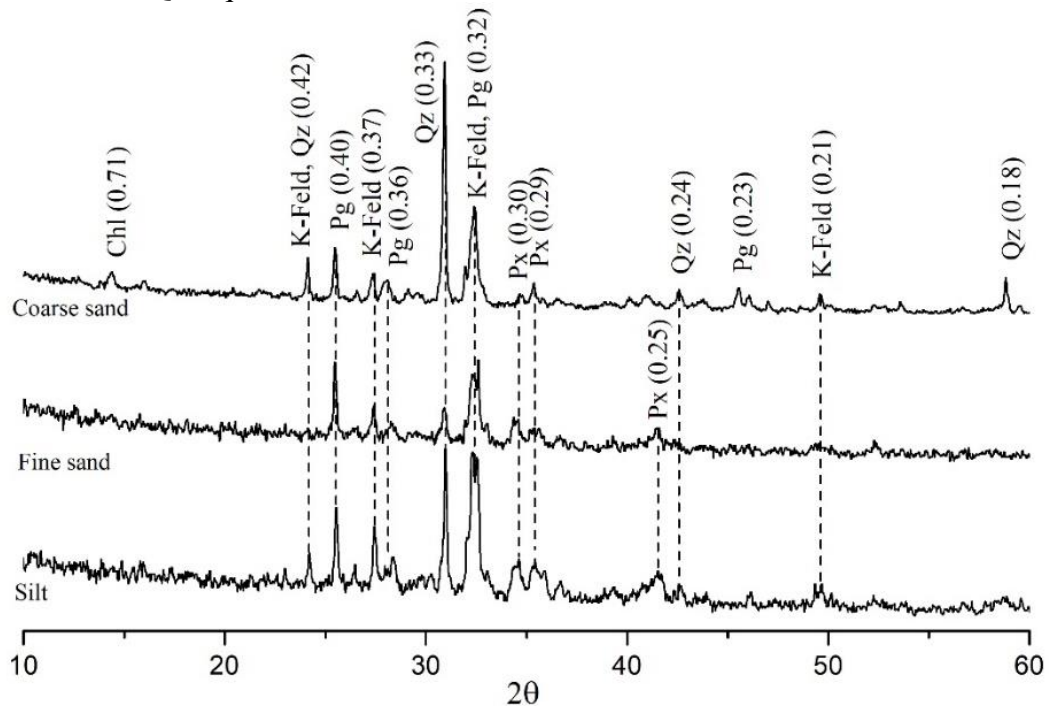


Fonte: A autora.

Os solos não-ornitogênicos (P11, P12 e P17) apresentaram baixos teores de P_2O_5 e SO_3 , e altos teores de Fe_2O_5 , MgO , SiO_2 e Al_2O_5 , indicando a predominância de minerais ferromagnesianos e aluminossilicatos (Tabela 4). A mineralogia das frações areia grossa, areia fina e silte do P12 (de tufo vulcânico) apresentou clorita, cuja origem está associada ao hidrotermalismo durante a cristalização de rochas vulcânicas (RODRIGUES et al., 2019; SCHAEFER et al., 2008). Além da clorita, ele também conteve minerais primários como plagioclásios, feldspatos potássicos, piroxênios e quartzo (Figura 32). A partir dos tratamentos na lâmina de argila do horizonte Cg do P12 foi possível confirmar a presença da esmeclita com hidroxí entrecamadas, da caulinita e da clorita (Figura 33). O pico de 0,71 nm não desapareceu totalmente após o aquecimento a 550 °C, indicando a presença da clorita, porém sua intensidade foi reduzida drasticamente, atestando também a presença da caulinita. Apatita, quartzo e feldspato potássico também foram encontrados na fração argila. A origem da apatita está

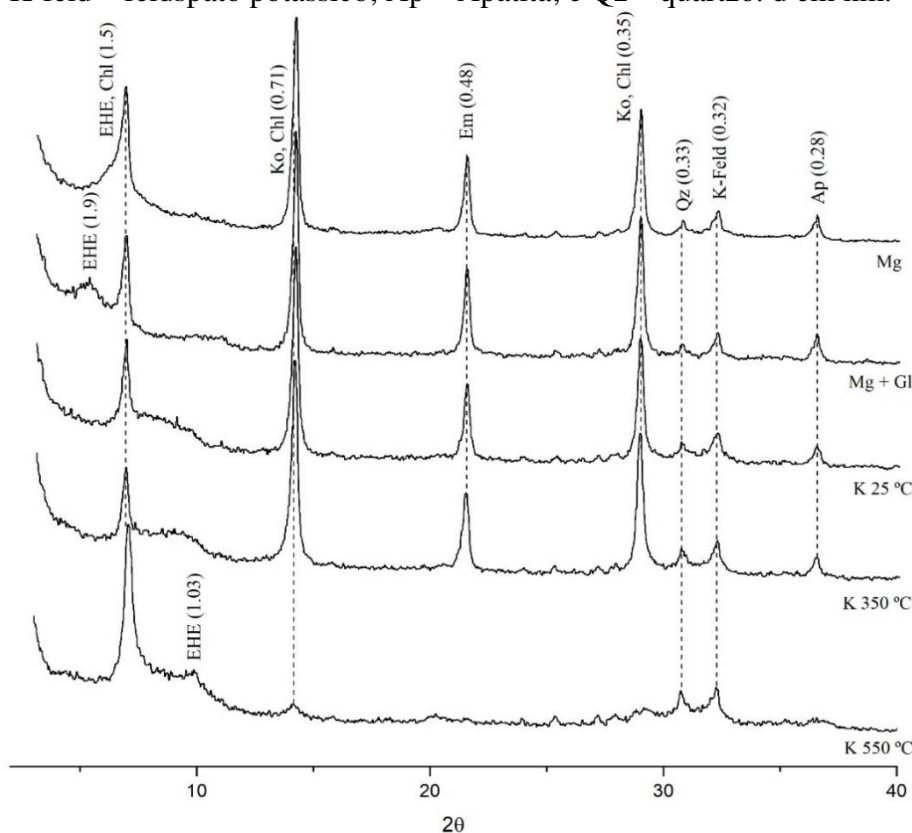
associada a uma fraca influência ornitogênica nas proximidades. A presença de minerais primários na fração argila de Gelisols está muito relacionada com a crioturbação favorecendo o fracionamento físico desses minerais.

Figura 32: Mineralogia das frações areia grossa, areia fina e silte do horizonte OA da borda do P12 (origem de tufo vulcânico). Chl – clorita; K-feld – feldspato potássico; Pg – plagioclásio; Px – piroxênio; e Qz – quartzo. d em nm.



Fonte: A autora.

Figura 33 – Mineralogia da fração argila do horizonte Cg de solo com padrão não-ornitogênico (P12). EHE – Esmectita com hidroxi entrecamada; Ko – caulinita; Chl – clorita; Em – Esmectita; K-feld – feldspato potássico; Ap – Apatita; e Qz – quartzo. d em nm.



Fonte: A autora.

3.4.4 Grupo dos solos dos terraços marinhos

Os solos do grupo 3 são aqueles localizados nos três níveis de terraço marinho identificados: 1º nível – P15 (“Ornithogenic” Gelaquent), 2º nível – P14 e P4 (“Ornithogenic” Gelorthent e “Ornithogenic” Gelaquent, respectivamente) e 3º nível – P13 (Typic Cryopsamment). A cor predominante nesses solos foi cinzento-escuro, matiz 5YR, croma 3 a 4 e valor 1, indicando a ocorrência de hidromorfismo e uma considerável contribuição da matéria orgânica na cor dos solos. A profundidade média desses solos foi de 44 cm. A estrutura dos solos foi fraca média granular e grão simples. A transição entre os horizontes foi predominantemente clara e plana.

A textura dos solos dos terraços marinhos variou de areia franca a franco-arenosa. Este grupo apresentou os maiores teores de areia grossa (59%), indicando novamente a influência do material de origem mais resistente ao intemperismo. Dentre os quatro perfis, apenas os perfis 14 e 15, localizados entre 0 – 6 m de altitude, apresentaram caráter esquelético, alta

porcentagem de cascalhos e seixos. A predominância de areia, seixos e cascalhos é característico do ambiente de terraço, devido à deposição fluvioglacial de sedimentos do interior da ilha, ao retrabalhamento dos sedimentos pela ação marinha e ao intemperismo físico dos stacks vulcânicos.

O grupo de solos dos terraços marinhos apresentaram uma acidez ativa intermediária, com valores de pH em H₂O variando de 3,9 a 5,8. Este grupo apresentou os maiores teores médios de V e perfis eutróficos (4, 13 e 15) com V alcançando até 81% no horizonte AC do P13. A saturação por sódio (ISNa) também foi a maior (Apêndice B), característico de um ambiente marinho deposicional e sob influência do spray salino. Os teores médios de P disponível (1.843 mg/kg), P remanescente (32 mg/L) e S disponível (67,4 mg/kg) foram os mais altos dentre todos os grupos de solos, indicando forte influência ornitogênica atual. O maior valor médio de S para este grupo está relacionado com a intensa influência ornitogênica. Apesar desta significativa influência ornitogênica e da presença de uma densa cobertura vegetal, os teores de CO e N foram os mais baixos. Os solos deste grupo apresentaram os maiores teores de Mn e Zn (Tabela 2), o que está associado à influência ornitogênica.

Na mineralogia do solo P14, predominaram minerais de fosfato amorfo de Fe em profundidade, evidenciado pelos maiores teores de P₂O₅ e Feo no horizonte C2 deste solo e alta relação Feo/Fed. (Tabela 3). O aumento do teor de Fep e Alp em profundidade também está de acordo com o aumento de COT em subsuperfície (Apêndice B), indicando a presença de complexos organometálicos.

3.5 Idades convencionais por radiocarbono

As amostras para datação foram coletadas em perfis de solos localizados em afloramentos rochosos tanto nas áreas paraglaciais quanto periglaciais. Todos correspondem a solos com influência ornitogênica pretérita, tendo o perfil 7 apresentado influência ornitogênica ainda ativa. A tabela a seguir apresenta os resultados das datações de radiocarbono para uma amostra de osso de petrel gigante (P7) e três amostras de solos (P5, P6 e P8). A amostra de solo do perfil 6 (área sob influência pretérita de gaivotão), localizado a 61 m de altitude, foi a mais recente, apresentando uma idade convencional de radiocarbono de 700 anos AP. A amostra de solo mais antiga foi a coletada no perfil 7 (influência pretérita e ativa de petrel gigante, localizado a 56 m de altitude, que apresentou uma idade de radiocarbono de 4.320 anos AP. A amostra de osso, localizada no perfil 5 (influência pretérita de petrel gigante) em afloramento

rochoso a 59 m de altitude, apresentou 580 anos AP e a amostra de solo do perfil 8 (influência pretérita de pinguim), localizado a 22 m, na zona de transição terraço-plataforma, apresentou 1.670 anos AP.

Quadro 4: Idades do radiocarbono datado para amostras de osso de petrel gigante e de solos no norte de Harmony Point.

Perfil	Tipo de amostra	Prof. de coleta (cm)	Altitude do perfil (m)	Idade radiocarbono A.P.
P5	Osso de petrel gigante	55	59	850 ± 30
P6	Solo	70	61	700 ± 30
P7	Solo	50	56	4.320 ± 30
P8	Solo	50	22	1.670 ± 30

Fonte: A autora.

4 DISCUSSÃO

4.1 Processos de formação dos solos

Os principais processos pedogenéticos identificados nos solos do norte de Harmony Point foram a fosfatização, o acúmulo de matéria orgânica e a crioturbação. A fosfatização é um processo pedogenético amplamente identificado e descrito na Antártica Marítima (MICHEL et al., 2006; RODRIGUES et al., 2019; SCHAEFER et al., 2008; SIMAS et al., 2007; TATUR; MYRCHA, 1984). A grande disponibilidade de água nas ilhas dessa região é um importante facilitador desse processo, favorecendo as reações entre o guano dos pinguins (rico em N e P) e o substrato rochoso. De acordo com Schaefer et al. (2008), a fosfatização ocorre nas fraturas e nos planos de clivagem de grandes clastos, a partir da reação entre a solução do solo (rica em lixiviados do guano) e a rocha. Como consequência disso, ocorre a remoção de Si da estrutura dos minerais da rocha e a reação do P com Al e Fe, dando origem a várias formas de minerais de fosfato amorfos e cristalinos.

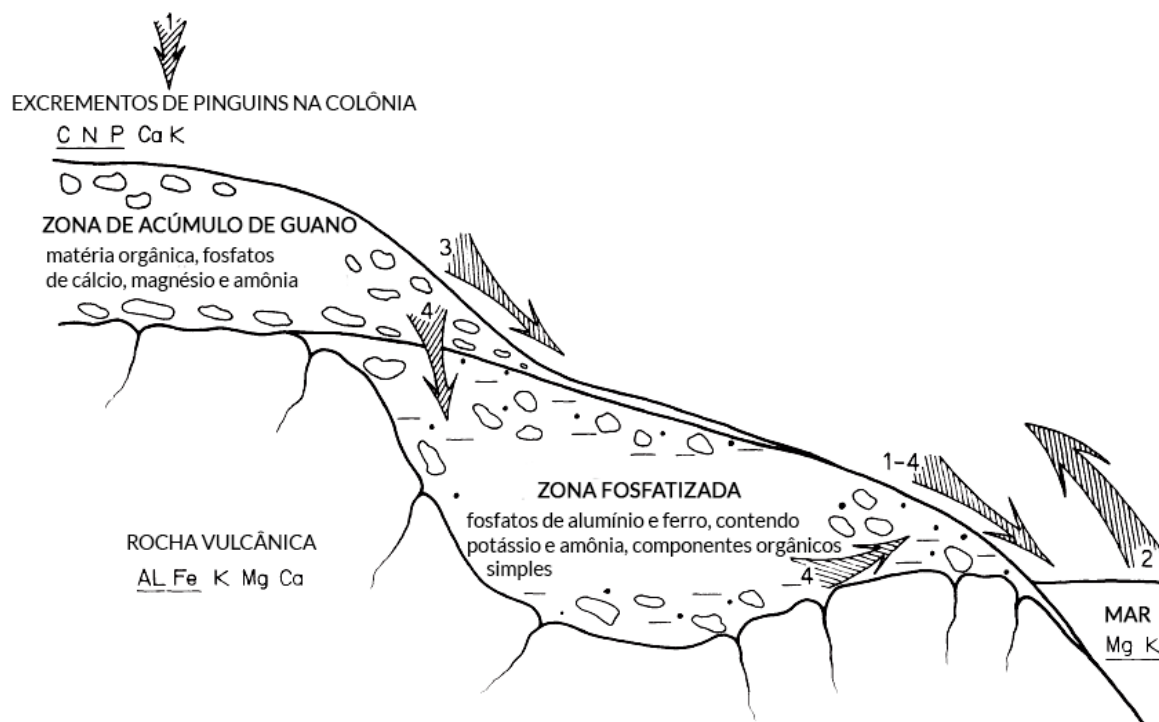
Os diferentes graus de ornitogênese nos solos de Harmony Point foram resultado dos diferentes graus de intensidade em que a fosfatização ocorreu, os quais estão relacionados com as diferenças químicas entre os guanos das aves e com a taxa de mineralização do guano durante sua percolação no perfil de solo. A partir das análises de P disponível e total, observou-se uma fraca a moderada influência ornitogênica dos gaivotões e petréis gigantes e uma forte influência dos pinguins. Cinco espécies de pinguins são as que mais excretam N e P por indivíduo, segundo Otero et al., (2018), dentre as quais se encontra o *P. antarctica*, devido a algumas características como a sua massa corpórea (70-130 cm e 5 – 40 kg) e tempo de permanência em

suas colônias, que pode durar mais de um ano. Os petrés gigantes, apesar de não aportarem muitos nutrientes ao solos por meio do guano, de acordo com Warham (1962), são aves fieis às suas colônias, permanecendo por anos no mesmo local e utilizando constantemente o mesmo ninho, o que também contribui para a fosfatização dos solos.

A mineralização do guano ocorre em etapas que resultam em diferentes zonas de fosfatização na paisagem e no solo, como descrito por Myrcha, Pietr e Tatur (1985). Em Harmony Point, observou-se que as áreas de deposição atual de guano, denominadas como zonas de acúmulo de guano, corresponderam às camadas superficiais do solo e apresentaram valores de pH, V e P disponível mais elevados, devido à entrada direta de nutrientes do guano. À medida que o guano foi decomposto, seus produtos foram lixiviados lateral e verticalmente ao longo do perfil do solo, dando origem às zonas fosfatizadas. Os solos dessas zonas (sob influência ornitogênica indireta) apresentaram-se mais ácidos, com consideráveis teores de V e teores de P disponível maiores em profundidade, devido aos lixiviados do guano, dando origem a minerais de fosfato amorfos e/ou cristalinos (Figura 34).

No processo de mineralização do guano, o N contribui para acidificação do solo. O guano de pinguim é rico em amônio (NH_4^+), forma de N predominante nas zonas de acúmulo de guano. À medida que os lixiviados do guano passam a percolar o solo, o amônio pode ser volatilizado, incorporado na fração sólida do solo (formando os minerais ricos em NH_4^+) ou transformado em nitrato pelo processo de nitrificação, que torna a solução do solo ácida, devido à liberação de H^+ , e o nitrato passa então a prevalecer sobre o amônio (MYRCHA; PIETR; TATUR, 1985; OTERO et al., 2018) (Figura 36).

Figura 34 – Fatores envolvidos da formação de solos ornitogênicos. 1: Água da chuva ou do degelo da neve escoar em direção ao mar; 2: Transporte de nutrientes do mar para a ilha feito pelos pinguins; 3: Superfície com lixiviados do guano, alta concentração de nutrientes, reação alcalina ($\text{NH}_4 > \text{NO}_3$); 4: Lixiviados do guano após a percolação no perfil de solo, reação ácida ($\text{NO}_3 > \text{NH}_4$).



Fonte: Adaptado de Myrcha, Pietr e Tatur (1985).

Os principais minerais de fosfato identificados nos solos foram a apatita e a estruvita, comumente encontrados em áreas de deposição de guano e a leucofosfita, encontrada nos horizontes superficiais do solo, ambientes providos de uma solução do solo concentrada (rica em Mg, K, NH_4^+ e P), o que indica uma influência ornitogênica mais recente nos perfis (P3, P8, P10, P22). A miniulita, a taranaquita e a vivianita ocorreram em maior profundidade nos perfis (P10, P22), em horizontes mais ácidos, sendo que estes dois últimos minerais ocorreram principalmente em horizontes saturados por água e/ou ácidos, indicando uma influência ornitogênica prolongada nessas áreas.

Além de influenciar nas propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos solos, e na cobertura vegetal, a ornitogênese também pode afetar o regime térmico do solo, a produção de gases do efeito estufa e a eutrofização das águas. Schaefer et al. (2017) observaram que a temperatura e umidade de um solo sob pinguineira atual e outro sob pinguineira abandonada variaram devido ao guano, que ao favorecer o aumento da atividade microbiana e, consequentemente, a decomposição da matéria orgânica, criou um microambiente mais quente. Já a mineralização do guano produziu uma massa semilíquida que favoreceu à manutenção da

umidade do solo. Zhu et al., (2009) identificaram maior emissão de CH₄ e CO₂ a partir de guanos de pinguins, devido à elevada atividade microbiana e à liberação do C facilmente disponível, e maior emissão de N₂O a partir de solos ornitogênicos, devido às altas taxas de desnitrificação. Estes processos são influenciados pelos ciclos de congelamento, em que no inverno há o acúmulo de gases no solo, e descongelamento, quando no verão ocorre a liberação dos mesmos. Otero et al. (2018) apontaram para a importância dos pinguins na remobilização de nutrientes (N e P) para lagos e oceanos, fenômeno que pode ser acelerado pelo aumento da erosão provocada pelo derretimento do solo, pelo aumento do nível do mar e pelo aumento da precipitação nas regiões da Antártica, favorecendo à “ornitotroficação”.

Nas áreas ornitogênicas de influência ativa direta do norte de Harmony Point, o pisoteio provocado pelos pinguins e a toxicidade apresentada pelo excesso de nutrientes oriundo do guano comprometeram a cobertura vegetal (TATUR; MYRCHA; NIEGODZISZ, 1997). Nestas áreas, líquens crustosos nitrófilos e ornitocorpófilos ocuparam cascalhos, blocos e cristas rochosas. Nas proximidades desses locais (áreas sob influência ativa indireta), o escoamento de uma solução do solo rica em lixiviados do guano favoreceu ao desenvolvimento da macroalga ornitocoprófila *P. crispa*. Segundo Wang et al. (2007), a abundância desta espécie varia quase que imediatamente de acordo com as mudanças nas populações de pinguins. A classe de vegetação das macroalgas e cianobactérias esteve presente apenas sobre os Entisols dos afloramentos, devido à predominância da influência ornitogênica direta sobre estes solos. Nas áreas do entorno das pinguineiras, os musgos se desenvolveram bastante e à medida que a pinguineira foi sendo abandonada eles também passaram a ocupá-la, uma vez que sua nutrição depende menos da riqueza nutricional do guano (WANG et al., 2007). Os afloramentos que corresponderam a pinguineiras abandonadas apresentaram grande abundância de líquens (predominantemente muscícolas) e musgos (principalmente *S. uncinata*), predominando as classes de líquens, carpetes e tufo baixos de musgos e de carpetes de musgos.

A vegetação se apresentou abundante no norte de Harmony Point, sendo a principal fonte de incorporação de CO nos solos. A acumulação de matéria orgânica também é um processo de formação de solos importante na Antártica Marítima (BOCKHEIM et al., 2015). O acúmulo de matéria orgânica é proporcionado pelas baixas temperaturas, que retardam a taxa de decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos saprófitos, favorecendo à melanização, que corresponde ao escurecimento de horizontes superficiais do solo pelo acúmulo de matéria orgânica (BOCKHEIM; UGOLINI, 1990). Portanto, os horizontes

superficiais identificados em Harmony Point, em sua maioria apresentara-se espessos e com acúmulo de matéria orgânica em diferentes graus de decomposição.

De forma geral, os perfis de solos no norte de Harmony Point apresentaram coloração variando de bruno-escuro a preta, indicando forte atuação da melanização. Os perfis com horizontes superficiais orgânicos corresponderam a horizontes folic ou folistic (segundo a WRB/FAO e a Soil Taxonomy, respectivamente), e os horizontes superficiais minerais, que apresentaram acúmulo de matéria orgânica, corresponderam a horizontes umbric, uma vez que a restrição de drenagem para estes horizontes ocorre sazonalmente e apresenta curta duração (RODRIGUES et al., 2019). Os solos que apresentaram horizontes orgânicos foram classificados como Fibristels, devido ao predomínio de material orgânico fíbrico, pouco humificado, e os solos que apresentaram horizontes umbric foram classificados como Umbríturbels. A maioria dos solos coletados obtiveram o qualificador humic, de acordo com a WRB/FAO, devido aos consideráveis teores de COT desses solos.

A matéria orgânica apresentou fundamental importância em promover o maior desenvolvimento dos solos no norte de Harmony Point. Tal desenvolvimento foi observado por meio da formação de estruturas em blocos e em grânulos, promovidas pela agregação proporcionada pela matéria orgânica; da maior acidez ativa, trocável e, principalmente, da acidez potencial, indicando uma maior capacidade de tamponamento dos solos; e dos maiores teores de micronutrientes. Além disso, a matéria orgânica também contribuiu para a formação de complexos organometálicos de Fe e Al, como apontado pelos resultados do pirofosfato para os solos ornitogênicos de afloramentos. Isto significa que a maior parte da fração mineral não-cristalina dos solos ornitogênicos corresponde a complexo organometálicos, como também apontado por Simas et al. (2007) e Rodrigues et al., (2019).

A crioturbação é um processo pedogenético amplamente encontrado nos solos da Antártica afetados pelo *permafrost* (BOCKHEIM; TARNOCAL, 1998). Em Harmony Point, nove dos 24 perfis coletados apresentaram *permafrost*, a uma profundidade média de 36 cm, como também identificado por Rodrigues et al. (2019). Os solos orgânicos afetados pelo *permafrost* foram classificados como Fibristels e os solos com padrões foram classificados como Umbríturbels, Haploturbels e Aquíturbels. Dentre as evidências de crioturbação foram encontrados acúmulo de matéria orgânica no *permafrost* (P1, P7, P18), pedras orientadas (P9, P10, P11 e P12), horizontes irregulares (P11) e migração de material mais fino em profundidade (P9, P10, P11 e P12). Esta última evidência corresponde ao processo denominado de

pervection, o qual está associado com o *sorting*, resultando no acúmulo de material mais fino em profundidade e seleção de material grosseiro (fração grosseira, areia) em superfície.

Os Fibrístels apresentam menor evidência de crioturbação, o que possivelmente está relacionado com o acúmulo de matéria orgânica nas camadas superficiais promovendo um amortecimento dos movimentos provocados pela crioturbação. Diferentemente, os solos com padrões apresentaram claras evidências desse processo, uma vez que são feições próprias da crioturbação. As maiores temperaturas na Antártica Marítima, comparadas com a Antártica Continental, favorecem à formação de uma camada ativa mais profunda. Assim, observou-se que em Harmony Point o fato de os solos com padrões estarem localizados em áreas planas, favoreceu ao acúmulo de água, o que levou à maior intensidade da crioturbação. Da mesma forma, o maior conteúdo de material fino (silte+argila) contribuiu para a formação dos padrões. O P9 se destacou pela maior contribuição da matéria orgânica ao invés da argila para a formação do padrão e o P10 se destacou pela forte influência ornitogênica, cujos minerais secundários de fosfatos foram os principais contribuintes para os altos teores de argila do solo. O P17 foi o único solo com padrão estriado, oriundo do processo de solifluxão.

4.2 As relações pedogeoambientais

No norte de Harmony Point, as paisagens paraglaciais são aquelas que foram mais recentemente expostas às condições não-glaciais atuais, portanto, são as mais instáveis. Tais paisagens correspondem aos ambientes costeiros e às áreas próximas à geleira. O ambiente costeiro, formado pelas praias, terraços marinhos, stacks vulcânicos e escarpas costeiras, estão sob a constante influência de processos erosivos marinhos, eólicos, glaciofluviais e gravitacionais que favorecem à remobilização dos sedimentos. Os terraços marinhos do norte de Harmony Point se apresentaram bastante entrecortados, com stacks vulcânicos bastante degradados, mas que ainda resistem ao intemperismo severo dos ventos que vêm da Passagem do Drake, devido à sua origem basáltico-andesítica. Este ambiente também costuma ser bastante ocupado por animais marinhos, principalmente, pelos pinguins.

Atualmente no norte de Harmony Point, os terraços marinhos são ocupados predominantemente pelos pinguins, os quais se localizam próximos às áreas costeiras devido à maior facilidade de acesso a alimentos através do mar (STONEHOUSE, 1967). Os pinguins se agrupam em colônias localizadas nas praias, stacks vulcânicos e terraços marinhos de primeiro e segundo níveis, sendo que no terraço marinho mais alto, de terceiro nível, e em afloramentos rochosos localizados na plataforma de crioplaneação, foram identificados solos com indícios de

antigas pinguineiras (presença de pedriscos e penas). O registro mais antigo da ocupação de pinguins *Pygoscelis* na Antártica Marítima foi encontrado em depósitos geológicos referentes ao Holoceno médio (7.000 – 5.000 anos atrás), sendo que o registro mais antigo de pinguineira abandonada de gentoo da Antártica Marítima não ultrapassou 1.000 anos corrigidos AP (EMSLIE et al., 2014; EMSLIE; BAUMANN; VAN TUINEN, 2011). Estudos demonstraram que o abandono de pinguineiras está associado a eventos geológicos ocorridos durante o Holoceno, que tornaram muitas pinguineiras distantes do acesso ao mar, e a eventos climáticos, que afetaram a disponibilidade de alimento e de locais adequados para a nidificação (EMSLIE et al., 1998; TATUR; MYRCHA; NIEGODZISZ, 1997).

Os solos dos terraços marinhos apresentaram claras evidências da influência do aporte atual de guano de pinguins, como altos teores de P disponível, P remanescente e V. A deposição constante de guano, rico em P, N, Ca e outros nutrientes, favoreceram à maior V e a influência do spray salino contribuiu para elevados teores de ISNa nos solos, colaborando para a formação de solos eutróficos. A mineralogia do P14 reflete a influência ornitogênica recente, havendo a predominância de minerais de fosfato mal cristalinos. Apesar da abundante cobertura vegetal, cuja classe predominante foi a dos carpetes de musgos, o conteúdo médio de COT desses solos foi o mais baixo, devido aos altos teores de areia nos solos, que não favorecem à aderência da matéria orgânica aos minerais do solo. Os altos teores de cascalho e de areia grossa desses solos indicaram a influência do material de origem na pedogênese, uma vez que o basalto andesítico é uma rocha mais resistente ao intemperismo (RODRIGUES et al., 2019). A recorrente presença de seixos rolados ao longo do perfil demonstrou a influência marinha pretérita, provocada pela ação abrasiva das ondas. As classes de solo predominantes foram os Entisols/Regosols (SSS e WRB/FAO, respectivamente), como também identificado em outros estudos na Antártica Marítima (DAHER et al., 2018; FRANCELINO et al., 2011; MICHEL et al., 2014; RODRIGUES et al., 2019), sendo que o P13 foi o único classificado como Psamment/Arenosol e o P4 e P15 os únicos que apresentaram hidromorfismo, classificados como Gelaquents.

A zona de transição do ambiente costeiro dos terraços marinhos para as áreas periglaciais apresentou relevo irregular, com uma encosta ora íngreme ora mais suave, convexizada, e entrecortada por canais de drenagem e depressões onde ocorre o acúmulo de neve. Ao longo da zona de transição existem muitos afloramentos rochosos, os quais correspondem a antigos stacks vulcânicos e antigas áreas de nidificação de pinguins e petréis, os quais ainda ocorrem atualmente em alguns locais. Geralmente, tais afloramentos apresentam a face norte (voltada para o mar) mais erodida que a face sul, devido à influência de fortes

ventos oriundos da Passagem de Drake. A influência dos ventos nos ambientes costeiros e de transição é evidenciada por ventifactos nas rochas e pela predominância de líquens crustosos, os quais ocorrem em ambientes mais secos (WANG et al., 2007). A estabilidade verificada nos tálus a sotavento dos afloramentos nesses ambientes favoreceu o desenvolvimento da vegetação e de solos. O P8, localizado em tálus de afloramento rochoso na zona de transição, correspondeu à classe Fibristel e apresentou uma densa cobertura vegetal (formação de tufos altos de musgos), com registros de antiga pinguineira (pedriscos e penas). O desenvolvimento pedogenético deste solo foi verificado pelos altos teores de argila, baixo pH, altos teores crescentes de P disponível e total em profundidade e também de Fed, indicando a presença de minerais fosfáticos de Fe bem cristalinos. O teor de COT em superfície é alto e aumenta no horizonte acima do *permafrost* devido à crioturbação.

A datação do radiocarbono de uma amostra do P8 coletada acima do *permafrost* indicou que sua formação ocorreu, no mínimo, a 1.670 ± 30 anos AP. A estabilização desses locais de afloramentos rochosos tem ocorrido ao longo do Holoceno, após a deglaciação, e tem sido favorecida pela presença das aves marinhas, nesse caso dos pinguins, uma vez que o aporte de nutrientes e a maior umidade da região, ao promover o intemperismo químico do substrato rochoso, possibilita a formação de solos. Assim, a partir da datação observou-se que a pedogênese nesse local vem sendo influenciada pelos organismos há um longo tempo.

Nas áreas periglaciais do interior de Harmony Point, os solos coletados nos afloramentos das áreas periglaciais foram os que apresentaram o maior grau de desenvolvimento pedogenético. Grande parte desses afloramentos apresentaram influência ornitogênica de pinguins, petréis gigantes e gaivotões tanto pretérita quanto atual e altos teores de COT, fatores que justificam tal desenvolvimento. Como resultado, os solos de afloramentos apresentaram, em média, alta acidez ativa e potencial, altos teores de Al^{3+} , alta SB, devido à fertilização ornitogênica, alta T, devido aos altos teores de argila, altos teores de COT, NT e microelementos, os quais estão bastante associados à matéria orgânica, e se apresentaram distróficos, devido à acidez e à lixiviação proporcionada pela boa drenagem dos solos. A elevada profundidade média desses solos também é um importante indicador de seu maior desenvolvimento pedogenético, incomum para solos de áreas mais declivosas. Os principais minerais identificados na fração argila desses solos foram minerais secundários de fosfato (principalmente, leucofosfita, miniulita e taranaquita) e minerais primários indicando a atuação da crioclastia. As classes de solos dos afloramentos foram Inceptisols/Cambisols,

Gelisols/Cryosols e Entisols/Regosols (SSS e WRB/FAO, respectivamente) e a classe de vegetação predominante foi a de carpete de musgos.

A ocorrência de petréis gigantes no topo dos afloramentos rochosos é justificada como locais para nidificação e aqueles localizados próximos à geleira, por serem os locais mais altos da paisagem foram e ainda é bastante ocupado por essa espécie. O P5, localizado a 59 m de altitude acima do nível do mar, apresentou evidências de ocupações pretéritas, como pedriscos de paleoninhais e ossos enterrados. O osso coletado a 55 cm de profundidade para datação do radiocarbono apresentou idade mínima de 850 ± 30 anos AP (sem correção do efeito reservatório marinho), indicando um longo período de ocupação de petréis nesse local. Assim, observou-se que a ocupação contínua e a longo prazo dos petréis gigantes nas áreas de afloramentos rochosos têm contribuído significativamente para a fosfatização e, consequentemente, desenvolvimento pedogenético dessas áreas. Além disso, o maior desenvolvimento pedogenético dos afloramentos rochosos é explicado pela presença de um do saprolito proveniente do intemperismo ocorrido durante o Cretáceo, em clima mais ameno, sobre esses afloramentos, como evidenciado pelo arredondamento de alguns blocos e presença de esmectitas nos solos da área periglacial. Assim, o P5 apresentou um horizonte orgânico e um horizonte mineral Bi profundo (50 cm de espessura), com incremento de P disponível em profundidade e elevados teores de COT em superfície, reflexo da presença atual e a longo prazo de organismos nesse local. Este perfil de solo foi enquadrado na classe dos Humigelepts e a sua cobertura vegetal à formação dos carpetes de musgos.

O P6, também classificado como Humigelept, apresentou 80 cm de profundidade, horizonte Bi de 30 a 55 cm de espessura e contato lítico a 60 cm de profundidade da superfície do solo, devido à maior declividade e altitude local (a 61 m acima do nível do mar). O horizonte O apresentou muito material fíbrico e o A apresentou talos de musgo enterrados (formação de carpetes de musgos), o que conferiu ao perfil altos teores de COT, T, Fep e Alp, indicando a presença de complexos organometálicos. Além de minerais secundários de fosfato, a mineralogia deste solo apresentou esmectita com hidróxi entrecamadas, indicativo do intemperismo químico de esmectitas oriundas do saprolito pré-intemperizado. Ao longo do perfil de solo foram encontradas evidências da influência pretérita de gaivotões, como pedriscos e conchas de *Nacella*. Os teores de P disponível em profundidade no solo corroboram tais evidências. A datação da amostra de solo, coletada a 70 cm de profundidade, apresentou idade mínima do radiocarbono de 700 ± 30 anos AP, indicando influência mais recente dos organismos para a formação do solo.

O P7, localizado em tálus de afloramento a 56 m de altitude acima do nível do mar, correspondeu a um Fibristel bastante profundo (70 cm de profundidade), com horizonte Bi (30 cm de espessura) completamente congelado. Este perfil apresentou ninhais ativos de petréis gigantes, com evidência de influência pretérita (penas, pedriscos e regurgito dentre 40 cm de profundidade do perfil). A acidez ativa e acidez potencial foram maiores em superfície, devido aos teores de P disponível e de COT, promovidos pelo guano dos petréis e pela pronunciável influência da vegetação (formação de carpetes de musgos). Este perfil apresentou maior grau de desenvolvimento que o P5 e P6, principalmente devido à maior contribuição da matéria orgânica para a formação do solo (horizonte orgânico de 15 cm). Tal grau de desenvolvimento é corroborado também pelo maior tempo de formação desse solo, cuja idade mínima do radiocarbono obtido para a amostra coletada a 50 cm de profundidade correspondeu a 4.320 ± 30 anos AP.

A paisagem periglacial na plataforma de crioplaneação apresentou ampla cobertura vegetal, a qual foi se tornando mais escassa conforme a transição para o ambiente paraglacial e a proximidade com a geleira. A plataforma de crioplaneação apresentou ampla área de solos com padrões, uma das feições periglaciais mais comuns e uma das mais típicas evidências da camada ativa nas ilhas Shetland do Sul (LÓPEZ-MARTÍNEZ et al., 2012). De forma geral, os perfis de solos com padrões (P9, P10, P11 e P12) apresentaram alto conteúdo de cascalhos e areia em superfície e conteúdo silte e argila decrescente em profundidade, devido à crioturbação; a acidez variou de leve a moderada; e os teores de Al^{3+} e COT foram baixos. Seguindo um gradiente de cobertura vegetal, o P9 foi o mais vegetado (formação líquens, carpetes e tufos baixos de musgo), portanto o que apresentou maior acidez ativa e acidez trocável devido ao maior conteúdo de COT. O P10 apresentou grande quantidade de *P. crispa* (formação de macroalga e cianobactérias), devido à influência ornitogênica ativa indireta, com altos teores de P disponível e total principalmente nos horizontes do centro do padrão, o qual também apresentou os maiores teores de argila, Fed e Alo, indicando a ocorrência de minerais de fosfato cristalinos e amorfos. Já os perfis 11 e 12 apresentaram predomínio de líquens crustosos com rara ocorrência de musgos, não apresentaram influência ornitogênica e se destacaram pelos altos teores de argila e pela presença de minerais filossilicatados muito cristalinos (clorita, esmectita e caulinita) e minerais ferromagnesianos (piroxênios).

A presença de clorita, esmectita e caulinita já foi identificada em outros locais na Antártica Marítima. Alguns estudos (JEONG; YOON, 2001; LEE; LIM; YOON, 2004) associaram a origem da clorita a rochas que sofreram um grau fraco de metamorfismo e a

origem da esmectita e da caulinita ao paleohidrotermalismo relacionado a intrusões ígneas seguidas de vulcanismo. Blume et al. (2002) identificaram superfícies corroídas de piroxênios, micas e feldspatos e a presença de ilitas e esmectitas na fração argila em vários solos da ilha Rei George, o que associaram à ocorrência do intemperismo químico promovido pela disponibilidade de água durante o verão quente e pela acidificação promovida pela matéria orgânica e pela mineralização do guano de aves marinhas. Outros autores (LOPES et al., 2019; SIMAS et al., 2006) relacionam o maior intemperismo químico na Antártica Marítima com o processo de sulfurização, que acontece em solos ácidos sulfatados, onde também ocorreu a presença da caulinita. No norte de Harmony Point, é possível que a origem da clorita e da caulinita esteja associada ao paleohidrotermalismo das rochas vulcanoclásticas e a origem esmectita com hidroxí entrecamadas esteja relacionada com o intemperismo químico das esmectitas provenientes do saprolito pré-intemperizado, provocado pela polimerização das formas de Al^{3+} no solo oriundas de aluminossilicatos como o plagioclásio (SIMAS et al., 2006).

5 CONCLUSÃO

- Dentre as geoformas mapeadas, os solos com padrões abrangeram a maior área (13% e 20 ha). A classe de solos mais abrangente foi dos “Ornithogenic”/Typic Gelorthents (12% e 18 ha). A formação dos carpetes e tufos altos de musgos foi a classe de vegetação mais extensas (7% e 11 ha);
- A paisagem do norte de Harmony Point apresentou grande estabilidade, evidenciada por uma cobertura vegetal bem desenvolvida, solos profundos e ricos em matéria orgânica e uma extensa área de solos com padrões, que indicam um avançado estágio do periglacialismo;
- Os organismos (aves e vegetação) foram o principal fator diferenciador dos solos do norte de Harmony Point e os principais processos pedogenéticos identificados foram a fosfatização, o acúmulo de matéria orgânica e a crioturbação;
- Os solos sob influência ornitogênica de pinguins apresentaram maior grau de ornitogênese que aqueles sob influência de petréis gigantes e gaivotões, evidenciado pelos elevados teores de P disponível e total naqueles solos.
- As datações de amostras de osso e de solos coletadas em solos de afloramentos indicaram que a formação de em Harmony Point é bastante antiga (superior a 4.000 anos), portanto o intemperismo químico dessas áreas tem sido promovido pelo maior

tempo de exposição desses afloramentos, pela presença de um saprolito pré-intemperizado e pela frequente e prolongada influência ornitogênica nessas áreas.

- De forma geral, a composição mineralógica dos solos do norte de Harmony Point se diferenciou entre aqueles solos predominantemente influenciados pela a ornitogênese (ocorrência de minerais de fosfato amorfos e cristalinos) e aqueles influenciados principalmente pela crioclastia e crioturbação, que favoreceram à predominância de minerais primários e secundários silicatados.
- Diante da importância de áreas como Harmony Point para a compreensão das relações entre a biota e os geoambientes e da dinâmica de ciclos biogeoquímicos frente as mudanças climáticas, fazem-se necessários novos estudos no futuro acerca do estoque de nutrientes (C, N e P) no solo e sua dinâmica no ecossistema, a fim de compreender melhor as transformações ambientais tanto a nível regional quanto global.

REFERÊNCIAS

ATCM XXXV. **Management Plan for Antarctic Specially Protected Area No 161** Final Report of the Thirty-fifth Antarctic Treaty Consultative Meeting. Hobart, Australia:

Secretariat of the Antarctic Treaty, 2012. Disponível em:

<https://documents.ats.aq/ATCM35/fr/ATCM35_fr001_e.pdf>.

BALKS, M. R. et al. Windows on Antarctic soil-landscape relationships: Comparison across selected regions of Antarctica. **Geological Society Special Publication**, v. 381, n. 1, p. 397–410, 2013.

BALLANTYNE, C. K. Paraglacial Geomorphology. **Encyclopedia of Quaternary Science: Second Edition**, v. 21, n. December 2001, p. 553–565, 2013.

BAS – British Antarctic Survey. **Antarctic Meteorology**. 2020. Disponível em:

<<https://legacy.bas.ac.uk/met/data.html>>. Acesso em 17 de junho de 2020.

BASTOS, B. L. et al. Uma flora do final do cretáceo na ilha nelson, ilhas Shetland do Sul, Península Antártica. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 16, n. 3, p. 441–464, 2013.

BENEDICT, J. B. Frost creep and gelifluction features: A review. **Quaternary Research**, v. 6, n. 1, p. 55–76, 1976.

BETA ANALYTIC. **Beta analytic testing laboratory**. Disponível em:

<<https://www.radiocarbon.com/portugues/index.htm>>. Acesso em 12 de junho de 2020.

BLUME, H.P. et al. Weathering and soil formation. In: BEYER, L.; BÖLTER, M. (Eds.). **Geocology of Antarctic Ice-Free Coastal Landscapes**. Berlin: Springer-Verlag. 2002. p. 114-138

BOCKHEIM, J. G. et al. Geoderma Distribution of soil taxa in Antarctica : A preliminary

analysis. **Geoderma**, v. 245–246, p. 104–111, 2015.

BOCKHEIM, J. G.; TARNOCAI, C. Recognition of cryoturbation for classifying *permafrost*-affected soils. **Geoderma**, v. 81, n. 3–4, p. 281–293, 1998.

BOCKHEIM, J. G.; UGOLINI, F. C. A Review of Pedogenic Zonation in Well-Drained Soils of the Southern Circumpolar Region. **Quaternary Research**, v. 34, p. 47–66, 1990.

BOWMAN, R. A. A rapid method to determine total phosphorus in soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, p. 1301–1304, 1988.

BUOL, S.W. et al. **Soil genesis and classification**. 6 ed. Wiley-Blackwell, 2011. 543 p.

CLAPPERTON, C. M.; SUGDEN, D. E. Holocene glacier fluctuations in South America and Antarctica. **Quaternary Science Reviews**, v. 7, p. 185–198, 1988.

COSTIN, A. B. et al. Nonsorted steps in the Mt Kosciuszko Area, Australia. **Geological Society of America Bulletin**, v. 78, p. 979–992, 1967.

DAHER, M. et al. Ornithogenic soils on basalts from maritime Antarctica Catena
Ornithogenic soils on basalts from maritime Antarctica. **Catena**, v. 173, n. October, p. 367–374, 2018.

DAHLGREN, R. A. Quantification of Allophane and Imogolite. In: AMONETTE, J. E.; ZELAZNY, L. W. (Eds.). **Quantitative Methods in Soil Mineralogy**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 430–451.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

EMSLIE, S. D. et al. Abandoned penguin colonies and environmental change in the Palmer Station area, Anvers Island, Antarctic Peninsula. **Antarctic Science**, v. 10, n. 3, p. 257–268, 1998.

EMSLIE, S. D. et al. Ornithogenic soils and the paleoecology of pygoscelid penguins in antarctica. **Quaternary International**, v. 352, n. 1, p. 4–15, 2014.

EMSLIE, S. D.; BAUMANN, K.; VAN TUINEN, M. Late Holocene occupation of Gentoo Penguins (*Pygoscelis papua*) on Byers Peninsula, Livingston Island, Antarctica. **Polar Biology**, v. 34, n. 2, p. 283–290, 2011.

FRANCELINO, M. R. et al. Geomorphology and soils distribution under paraglacial conditions in an ice-free area of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. **Catena**, v. 85, n. 3, p. 194–204, 2011.

GORDON, J. E.; HARKNESS, D. D. Magnitude and geographic variation of the radiocarbon content in antarctic marine life: implications for the reservoir corrections in radiocarbon. **Quaternary Science Reviews**, v. 1, p. 697–708, 1992.

HALL, K. Observations on “cryoplanation ” benches in Antarctica. **Antarctic Science**, v. 9,

n. 2, p. 181–187, 1997.

HALLET, B. Stone circles: form and soil kinematics. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 371, n. 2004, p. 20120357, 13 dez. 2013.

HJORT, C. et al. Holocene deglaciation and climate history of the northern Antarctic Peninsula region: A discussion of correlations between the Southern and Northern Hemispheres. **Annals of Glaciology**, v. 27, n. January 1998, p. 110–112, 1998.

HOWAT, I. M. et al. The Reference Elevation Model of Antarctica. **The Cryosphere Discussions**, v. 13, p. 665–674, 2019.

IUSS WORKING GROUP WRB. **World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps**. [s.l.: s.n.].

JEONG, G. Y.; YOON, H. I. The origin of clay minerals in soils of King George Island, South Shetland Islands, West Antarctica, and its implications for the clay-mineral compositions of marine sediments. **Journal of Sedimentary Research**, v. 71, n. 5, p. 833–842, 2001.

JOHN, B. S.; SUGDEN, D. E. Raised marine features and phases of glaciation in the South Shetland Islands. **British Antarctic Survey Bulletin**, v. 24, n. 24, p. 45–111, 1971.

KÄÄB, A.; GIROD, L.; BERTHLING, I. Surface kinematics of periglacial sorted circles using structure-from-motion technology. **Cryosphere**, v. 8, n. 3, p. 1041–1056, 2014.

LE ROUX, J. P. A review of Tertiary climate changes in southern South America and the Antarctic Peninsula. Part 2: Continental conditions. **Sedimentary Geology**, v. 247–248, p. 21–38, 2012.

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

LINICK, T. W. et al. MASS SPECTROMETRY : THE NEW REVOLUTION IN RADIOCARBON. **Quaternary International**, v. 1, p. 1–6, 1989.

LONGTON, R. E. **Biology of polar bryophytes and lichens**. New York, NY: Cambridge University Press, 1988.

LOPES, D. DO V. et al. Concretionary horizons, unusual pedogenetic processes and features of sulfate affected soils from Antarctica. **Geoderma**, v. 347, n. March, p. 13–24, 2019.

LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. et al. Geomorphology Periglacial processes and landforms in the South Shetland Islands (northern Antarctic Peninsula region). **Geomorphology**, v. 155–156, p. 62–79, 2012.

MACARIO, K. D.; ALVES, E. Q. Marine reservoir effect on the coast of Brazil. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 9, n. 1, p. 11–17, 2018.

Munsell Soil Color Charts. Baltimore: Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation, 1994.

MATSUOKA, N. Solifluction rates, processes and landforms: A global review. **Earth-Science Reviews**, v. 55, n. 1–2, p. 107–134, 2001.

MCKEAGUE, J. A.; DAY, J. H. Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 46, p. 13–22, 1966.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. **Clay and Clay Minerals**, v. 7, p. 317–327, 1960.

MICHEL, R.F.M. **Classificação, cobertura vegetal e monitoramento térmico da camada ativa de solos da Península Fildes, Ilha Rei George e Ilha Ardley, Antártica Marítima.** 2011. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

MICHEL, R. F. M. et al. Ornithogenic Gelisols (Cryosols) from Maritime Antarctica: Pedogenesis, Vegetation, and Carbon Studies. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, p. 1370–1376, 2006.

MICHEL, R. F. M. et al. Geomorphology Soils and landforms from Fildes Peninsula and Ardley Island, Maritime Antarctica. **Geomorphology**, v. 225, p. 76–86, 2014.

MYRCHA, A.; PIETR, S. J.; TATUR, A. The Role of Pygoscelid Penguin Rookeries in Nutrient Cycles. In: SIEGFRIED, W. R.; CONDY, P. R.; LAWS, R. M. (Eds.). **Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs**. [s.l.] Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1985. p. 156–162.

OLECH, M. **Lichens of King George Island, Antarctica.** Cracow: The Institute of Botany of the Jagiellonian University, 2004. 391 p.

OTERO, X. L. et al. Seabird colonies as important global drivers in the nitrogen and phosphorus cycles. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, 1 dez. 2018.

PEREIRA, T. T. C. et al. Genesis, mineralogy and ecological significance of ornithogenic soils from a semi-desert polar landscape at Hope Bay, Antarctic Peninsula. **Geoderma**, v. 209–210, p. 98–109, 2013.

POELKING, E. L. et al. Soil-landscape-plant-community relationships of a periglacial landscape on Potter Peninsula, maritime Antarctica. **Solid Earth**, v. 6, n. 2, p. 583–594, 2015.

RODRIGUES, W. F. et al. Soil-landscape interplays at Harmony Point, Nelson Island, Maritime Antarctica: Chemistry, mineralogy and classification. **Geomorphology**, v. 336, p. 77–94, 2019.

SANTOS, G. M. et al. Datação por ¹⁴C utilizando espectrometria de massa com acelerador de partículas. **Revista de Física Aplicada e Instrumentação**, v. 14, p. 18–26, 1999.

SCHAEFER, C. E. G. R. et al. Micromorphology and microchemistry of selected Cryosols from maritime Antarctica. **Geoderma**, v. 144, n. 1–2, p. 104–115, 2008.

SCHAEFER, C. E. G. R. et al. Penguin activity modify the thermal regime of active layer in Antarctica: A case study from Hope Bay. **Catena**, v. 149, p. 582–591, 2017.

SIMAS, F. N. B. et al. Clay-sized minerals in *permafrost*-affected soils (Cryosols) from King George Island, Antarctica. **Clays and Clay Minerals**, v. 54, n. 6, p. 721–736, 2006.

SIMAS, F. N. B. et al. Ornithogenic cryosols from Maritime Antarctica : Phosphatization as a soil forming process. **Geoderma**, v. 138, p. 191–203, 2007.

SIMAS, F. N. B. et al. Soils of the South Orkney and South Shetland Islands, Antarctica. In: BOCKEIM, J. G. (Ed.) **The Soils of Antarctica**. New York: Springer, 2015. p. 227–274.

SIMAS, F. N. B. et al. Genesis, properties and classification of Cryosols from Admiralty Bay, maritime Antarctica. **Geoderma**, v. 144, n. 1–2, p. 116–122, 2008.

SIQUEIRA, R.G. Solos, geoformas e interrelações da paisagem livre de gelo de Cape Lamb, ilha Vega, Antártica. 2019. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.

SLAYMAKER, O. Criteria to distinguish between periglacial, proglacial and paraglacial environments. **Quaestiones Geographicae**, v. 30, n. 1, p. 85–94, 2011.

SMELLIE, J.L., PANKHURST, R. J., THOMSON, M. R. A., DAVIES, R. E. S. **The geology of the South Shetland Islands: VI. Stratigraphy, geochemistry and evolution**. Cambridge: Cambridge, 1984.

SSS. **Soil Taxonomy: A basic system of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys**. 2. ed. [s.l.] United States Department of Agriculture, 1999.

SSS. **Keys to Soil Taxonomy**. 12. ed. [s.l.] United States Department of Agriculture, 2014.
TATUR, A.; BARCZUK, A. Ornithogenic Phosphates on King George Island in the Maritime Antarctic. In: SIEGFRIED, W. R.; CONDY, P. R.; LAWS, R. M. (Eds.). **Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs**. [s.l.] Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1985. p. 163–168.

STONEHOUSE, B. The general biology and thermal balances of penguins. In: CRAGG, J. B. (Ed.). [s.l.] **Advances in Ecological Research**, v. 4, 1967, p. 131–196.

SUMMERFIELD, M.A. **Global geomorphology: an introduction to the study of landforms**. [s.l.] Longman Scientific & Technical, 1991. 537 p.

TATUR, A.; MYRCHA, A. Ornithogenic soils on King George Island, South Shetland Islands (Maritime Antarctic Zone). **Polish Polar Research**, v. 5, n. June 2013, p. 31–60, 1984.

TATUR, A.; MYRCHA, A.; NIEGODZISZ, J. Formation of abandoned penguin rookery ecosystems in the maritime Antarctic. **Polar Biology**, v. 17, n. 5, p. 405–417, 1997.

THOMAZINI, A. et al. Science of the Total Environment Geospatial variability of soil CO 2

– C exchange in the main terrestrial ecosystems of Keller Peninsula , Maritime Antarctica. **Science of the Total Environment**, v. 562, p. 802–811, 2016.

TUCKER, C. J. **Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation**. Greenbelt: [s.n.].

VILAPLANA, J. .; PALLÀS, R.; CALVET, J. Geomorfología de la península del Cabo Shirref, Isla Livingston, Shetland del Sur, Antártida. **Geogaceta**, v. 14, p. 52–54, 1993.

WANG, J. et al. Penguins and vegetations on Ardley Island, Antarctica: Evolution in the past 2,400 years. **Polar Biology**, v. 30, n. 11, p. 1475–1481, 2007.

WARHAM, J. The biology of the Giant Petrel *Macronectes giganteus*. **The Auk**, v. 79, 1962. p. 139-160.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. May 2013, p. 1467–1476, 1988.

ZHU, R. et al. Greenhouse gas emissions from penguin guanos and ornithogenic soils in coastal Antarctica : Effects of freezing – thawing cycles. **Atmospheric Environment**, v. 43, n. 14, p. 2336–2347, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Profundidade, cor do solo seco e análises físicas no norte de Harmony Point.

Horizonte	Profundidade	Cor de Munsell (solo seco)		TFSA	Calhau	Cascalho	AG	AF	Silte	Argila	Classificação textural
	cm			----- % -----			----- % -----				
P1 - “Ornithogenic” Fibristel/ Spodic Folc Leptic Cryosol (Dystric, Ornithic)											
O1	0-22	7,5YR 3/2	Bruno-escuro	99.3	-	0.7	-	-	-	-	-
O2	22-35	10YR 2/2	Bruno muito escuro	98	-	2	-	-	-	-	-
O3	35-50	7,5YR 2,5/1	Preto	82.5	-	17.5	-	-	-	-	-
3Bfh	50-75	7,5YR 2,5/2	Bruno muito escuro	97.5	-	2.5	-	-	-	-	-
Guano Petrel	-	-	-	34.7	-	65.3	-	-	-	-	-
P2 - “Ornithogenic” Gelorthent/Dystric Cambic Folc Leptosol (Ornithic, Turbic)											
O	0-8	10YR 3/4	Bruno-amarelado-escuro	57.9	-	42.1	-	-	-	-	-
AB	8-20	10YR 4/4	Bruno-amarelado-escuro	67.3	-	32.7	21.3	22.1	45.7	10.9	Franca
Bi	20-30/40	2,5Y 7/3	Bruno-claro-acinzentado	81.5	-	18.5	26.1	23.7	36.8	13.4	Franca
Guano Gentoo	-	-	-	45.4	5.2	49.4	-	-	-	-	-
P3 - “Ornithogenic” Gelorthent/Cambic Lithic Leptosol (Loamic, Ornithic)											
O	0-5	7,5YR 2,5/3	Bruno muito escuro	100	-	-	-	-	-	-	-
A	5-25/40	10YR 3/3	Bruno-escuro	94.7	-	5.3	-	-	-	-	-
Bi	25/40-50	10YR 4/4	Bruno-amarelado-escuro	65.3	15.2	19.5	23.3	22.6	31.7	22.4	Franca
Guano Petrel				79.5	-	20.5	30.6	26.4	22.6	20.4	Franco-Argilo-Arenosa
P4 - “Ornithogenic” Gelaquent/Eutric Stagnic Regosol (Arenic, Humic, Ornithic)											
AB	0-15	5Y 3/2	Cinzento-oliváceo-escuro	97.1	-	2.9	16.9	57.1	20.3	5.8	Franco-Arenosa
Bi	15-35	5Y 6/3	Oliva-claro-acinzentado	40	21.1	38.9	40.4	23.5	23.1	13	Franco-Arenosa
P5 - “Ornithogenic” Humigelept/Dystric Skeletic Cambisol (Humic, Ornithic)											
O	0-5	7,5YR 3/3	Bruno-escuro	81.2	11.4	7.4	-	-	-	-	-
A	5-40	10YR 3/4	Bruno-amarelado-escuro	95.7	-	4.3	-	-	-	-	-
Bi1	40-70	10YR 3/4	Bruno-amarelado-escuro	35	22.5	42.5	-	-	-	-	-
Bi2	70-90	2,5Y 6/3	Bruno-amarelado-claro	59.3	3.9	36.8	22.8	23.1	34.1	20	Franca
Bi3	80-90	2,5Y 5/3	Bruno-oliváceo-claro	68.2	13	18.8	19.4	29.5	31.8	19.4	Franca
P6 - “Ornithogenic” Humigelept/Folic Leptic Cambisol (Ornithic)											
O	0-5	5YR 3/2	Bruno-avermelhado-escuro	90.7	-	9.3	-	-	-	-	-
A	11079	10YR 3/3	Bruno-escuro	75.9	6.4	17.7	29.5	35.3	20.6	14.7	Franco-Arenosa
Bi1	30-40/50	7,5YR 2,5/2	Bruno muito escuro	84	-	16	24.1	38.9	23.7	13.3	Franco-Arenosa
Bi2	40/50-60/80	10YR 3/3	Bruno-escuro	91.4	-	8.6	28.4	43.5	21	7.1	Franco-Arenosa

Horizonte	Profundidade	Cor de Munsell (solo seco)		TFSA	Calhau	Cascalho	AG	AF	Silte	Argila	Classificação textural
P7 - “Ornithogenic” Fibristel/Cambic Follic Cryosol (Dystric, Ornithic)											
O	0-15	7,5YR 3/4	Bruno-escuro	98	-	2	-	-	-	-	-
A	15-25	7,5YR 3/3	Bruno-escuro	71.9	11.6	16.5	-	-	-	-	-
BA	25-40	7,5YR 3/3	Bruno-escuro	99.2	-	0.8	-	-	-	-	-
Bigf1	40-55	10YR 3/2	Bruno-acinzentado muito escuro	100	-	-	28.3	26.2	28.6	16.9	Franco-Arenosa
Bif2	55-70	7,5YR 3/2	Bruno-escuro	96.7	-	3.3	17.6	37.1	28.5	16.8	Franco-Arenosa
P8 - “Ornithogenic” Fibristel/Cambic Follic Cryosol (Dystric, Ornithic)											
O	0-8	10YR 3/3	Bruno-escuro	100	-	-	-	-	-	-	-
Bijj1	8-22	7,5YR 4/4	Bruno	12.4	68.3	19.3	29.8	21.3	21.5	27.4	Franco-Argilo-Arenosa
Bifjj2	22-35	7,5YR 4/2	Bruno	50.1	17	32.9	24.1	23.8	26.9	25.2	Franco-Argilo-Arenosa
BCfjj	35-50+	7,5YR 4/3	Bruno	43.5	12.2	44.2	30.3	20.3	25.3	24.1	Franco-Argilo-Arenosa
P9 EXTERIOR - Typic Umbriturbel/Hyperskeletic Turbic Cryosol (Dystric, Humic)											
Ajj1	0-18	10YR 3/2	Bruno-acinzentado muito escuro	23.8	12.5	63.6	34	29.6	20.8	15.6	Franco-Arenosa
Ajj2	18-40	10YR 3/3	Bruno-escuro	11.5	3.7	84.8	53.9	12.2	12.3	21.6	Franco-Argilo-Arenosa
P9 BORDA - Typic Umbriturbel/Hyperskelectic Turbic Cryosol (Dystric, Humic)											
ACjj	0-40	10YR 3/2	Bruno-acinzentado muito escuro	7.5	23.9	68.6	60	13.8	10.9	15.3	Franco-Arenosa
P9 CENTRO - Typic Umbriturbel/Skeletic Turbic Cryosol (Dystric, Humic)											
Ajj1	0-10	10YR 3/2	Bruno-acinzentado muito escuro	29.9	11.2	59	21.6	40.5	21.4	16.5	Franco-Arenosa
Ajj2	10-35	10YR 3/2	Bruno-acinzentado muito escuro	18.2	17.1	64.7	37.7	25.3	20.9	16.1	Franco-Arenosa
Cjj	35-45	10YR 5/2	Bruno-acinzentado	32.3	21.6	46.1	47.1	12.8	21.3	18.8	Franco-Arenosa
P10 EXTERIOR - “Ornithogenic” Umbriturbel/Skelectic Turbic Cryosol (Dystric, Humic, Ornithic)											
Ajj1	0-6	10YR 3/4	Bruno-amarelado-escuro	55.7	8.4	36	40.4	20.3	15.4	23.8	Franco-Argilo-Arenosa
Ajj2	23-41	7,5YR 4/2	Bruno	28.8	2.8	68.4	49.5	13.7	17.5	19.2	Franco-Arenosa

Horizonte	Profundidade	Cor de Munsell (solo seco)		TFSA	Calhau	Cascalho	AG	AF	Silte	Argila	Classificação textural
P10 BORDA - “Ornithogenic” Umbriturbel/Hyperskeletal Turbic Cryosol (Dystric, Ornithic)											
Ajj1	6-23	7,5YR 3/2	Bruno-escuro	19.1	1.3	79.6	54.7	12.8	14	18.5	Franco-Arenosa
Ajj2	23-41	10YR 3/2	Bruno-acinzentado muito escuro	46.1	3.6	50.3	42.1	18.3	21	18.6	Franco-Arenosa
Bijj	52+	10YR 6/3	Bruno-claro-acinzentado	40.3	6.1	53.6	30.2	10.4	31.6	27.7	Franco-Argilosa
P10 CENTRO - “Ornithogenic” Umbriturbel/Cambic Turbic Cryosol (Dystric, Humic, Ornithic)											
Ajj1	0-6	2,5YR 7/2	Cinzeno-claro	35.9	7.1	57	39.3	8.7	26.2	25.8	Franco-Argilo-Arenosa
Ajj2	6-21	2,5YR 7/2	Cinzeno-claro	71.4	-	28.6	35.6	14.5	24.5	25.4	Franco-Argilo-Arenosa
Bijj	21-53	10YR 6/4	Bruno-amarelado-claro	90.6	-	9.4	30	9.7	28.3	31.9	Franco-Argilosa
BCfjj	53-77	10YR 6/2	Cinzeno-brunado-claro	52.3	6.2	41.5	36.5	12.6	30.4	20.5	Franca
P11 BORDA - Aquic Haploturbel/Skeletal Turbic Cryosol (Dystric, Humic)											
ACjj	0-20	10YR 5/2	Bruno-acinzentado	22	14.2	63.8	38.7	12.9	27.1	21.3	Franco-Argilo-Arenosa
Cgjj	20-40	10YR 5/2	Bruno-acinzentado	62.8	3.9	33.3	41.3	19	21.9	17.9	Franco-Arenosa
P11 CENTRO - Typic Aquiturbel/Reductaquic Turbic Cryosol (Dystric)											
ACjj1	0-10	10YR 6/3	Bruno-claro-acinzentado	60.9	3.6	35.5	37	12	27.7	23.3	Franco-Argilo-Arenosa
ACjj2	10-20	10YR 5/3	Bruno	63	8.1	28.9	38.2	14.1	24.2	23.5	Franco-Argilo-Arenosa
ACjj/Cgjj	10-40	10YR 6/6	Amarelado-brunado	74	-	26	29.5	9.7	29.2	31.6	Franco-Argilosa
Cgjj	20-40	2,5Y 7/2	Cinzeno claro	30.4	8.2	61.3	36.1	11.5	27.1	25.3	Franco-Argilo-Arenosa
P12 BORDA - Typic Haploturbel/Hyperskelectic Turbic Cryosol (Eutric, Humic)											
OAjj	0-30	2,5Y 4/2	Bruno-acinzentado-escuro	18.6	10.1	71.2	55.9	15.4	12.5	16.2	Franco-Arenosa
P12 CENTRO - Typic Haploturbel/Turbic Cryosol (Eutric, Humic)											
Cgjj	0-25	10YR 6/3	Bruno-claro-acinzentado	76.26	2.14	21.6	29.7	16.6	28.2	25.5	Franca
ACjj	0-25	10YR 4/3	Bruno	62.96	15.88	21.16	30.8	22.2	28.5	18.5	Franco-Arenosa
BCjj	0-25	10YR 6/2	Cinzeno-brunado-claro	97.88	-	2.12	24	20.2	35.6	20.2	Franca
P13 - Typic Cryopsamment/Eutric Arenosol (Humic)											
O	0-4	2,5Y 3/1	Cinzeno muito escuro	96.4	-	3.6	11.1	36.7	33.1	19	Franca
AC	4-70	5Y 4/1	Cinzeno-escuro	75.1	2.9	22	87	2	3.9	7.1	Areia

Horizonte	Profundidade	Cor de Munsell (solo seco)		TFSA	Calhau	Cascalho	AG	AF	Silte	Argila	Classificação textural
P14 - “Ornithogenic” Gelorthent/Dystric Skeletic Regosol (Arenic, Humic, Ornithic)											
A	0-7	2,5Y 3/3	Bruno-oliváceo-escuro	11.4	6.5	82	57.6	15.4	11.3	15.8	Franco-Arenosa
C1	7-33	10YR 4/3	Bruno	19.7	2.7	77.6	79.6	3.2	7.6	9.6	Areia Franca
C2	33-47	10YR 5/4	Bruno-amarelado	24.8	5.8	69.4	57	7.4	15.4	20.2	Franco-Argilo-Arenosa
Guano Barbicha	-	-	-	100	-	-	27.8	16.5	21.3	34.4	Franco-Argilosa
P15 - “Ornithogenic” Gelaquent/Eutric Skelectic Stagnic Regosol (Arenic, Humic, Ornithic)											
O	0-2	2,5YR 4/2	Bruno-acinzentado-escuro	61.5	5.7	32.8	65.8	7.5	9.2	17.4	Franco-Arenosa
AC	2-19	5Y 4/1	Cinzeno-escuro	56.9	12.6	30.5	85.1	1.4	1.2	12.2	Areia Franca
C	19-30	5Y 4/1	Cinzeno-escuro	37.2	4.9	57.9	89	0.7	1.3	9.1	Areia
P16 - Typic Gelorthent/Dystric Skelectic Regosol (Loamic, Humic)											
O	0-7	10YR 4/3	Bruno	39.3	10	50.7	-	-	-	-	Franco-Arenosa
AC	7-21	10YR 4/3	Bruno	27	11.3	61.7	35.7	16.8	29.2	18.3	Franco-Arenosa
C	21-50	10YR 4/3	Bruno	30	9.2	60.8	54.2	11.2	14.9	19.7	Franco-Arenosa
P17 - Typic Haploturbel/Hyperskelectic Turbic Cryosol (Dystric, Loamic)											
A	0-42	10YR 3/2	Bruno-acinzentado muito escuro	23.9	3.2	72.9	41.6	31.5	14.5	12.4	Franco-Arenosa
AC	42-60+	10YR 4/3	Bruno	28	15.5	56.5	50.9	17.6	23.2	8.3	Franco-Arenosa
P18 - “Ornithogenic” Fibristel/Histic Leptic Cryosol (Dystric, Ornithic)											
O1	0-12/20	10YR 3/3	Bruno-escuro	100	-	-	21.7	26.7	26.9	24.8	Franco-Argilo-Arenosa
Of2	12/20-22	10YR 3/4	Bruno-amarelado-escuro	100	-	-	-	-	-	-	
Of3	22-28	10YR 3/3	Bruno-escuro	100	-	-	18	22.4	36.8	22.8	Franca
Bif	28-40/55	10YR 3/4	Bruno-amarelado-escuro	100	-	-	17.2	17.2	38.1	27.5	Franco-Argilosa
P19 - “Ornithogenic” Gelorthent/Dystric Skeletic Leptosol (Humic, Ornithic)											
A	0-15	7,5YR 2,5/2	Bruno muito escuro	51.4	9.7	38.9	22.8	33.3	22	22	Franco-Argilo-Arenosa
P20 - “Ornithogenic” Gelorthent/ Leptic Follic Regosol (Loamic, Ornithic)											
O1	0-10	7,5YR 3/4	Bruno-escuro	100	-	-	-	-	-	-	-
O2	10-20	7,5YR 4/4	Bruno	100	-	-	-	-	-	-	-
A	20-35	10YR 3/3	Bruno-escuro	100	-	-	24.6	20.1	32.5	22.9	Franca
Bi	25-30	10YR 4/3	Bruno	58.6	8.1	33.3	23.6	29.2	28.2	19	Franco-Arenosa

Horizonte	Profundidade	Cor de Munsell (solo seco)		TFSA	Calhau	Cascalho	AG	AF	Silte	Argila	Classificação textural
P21 - “Ornithogenic” Humigelept/Dystric Skeletic Cambisol (Loamic, Ornithic)											
O	0-3	7,5YR 3/2	Bruno-escuro	16.7	2	81.3	46.3	13.8	18.9	21	Franco-Argilo-Arenosa
A	3-6	10YR 4/2	Bruno	30.7	-	69.3	24.9	28.7	30.7	15.7	Franco-Arenosa
AB	6-16	10YR 4/3	Bruno	32.1	1.7	66.2	33.3	17.5	29.5	19.8	Franca
Bi	16-55+	10YR 6/2	Cinzeno-brunado-claro	43.4	1.7	54.9	50.1	11.9	18	20	Franco-Argilo-Arenosa
P22 - “Ornithogenic” Gelorthent/ Dystric Skelectic Regosols (Loamic, Humic, Ornithic)											
O	0-3	2,5YR 5/1	Cinzeno	14.4	-	85.6	50.3	17.7	16.5	15.5	Franco-Arenosa
A	3-6	2,5Y 4/2	Bruno-acinzentado-escuro	53.8	0.8	45.4	32.4	22.4	27.5	17.8	Franco-Arenosa
CR	6-40+	10YR 5/4	Bruno-amarelado	8.8	0.8	90.3	30.5	16	32.2	21.3	Franca
Veio fosfático		10YR 7/3	Bruno muito claro-acinzentado	14.9	1.3	83.8	40.8	11.2	25.1	22.9	Franco-Argilo-Arenosa
P23 - “Ornithogenic” Humigelept/Dystric Skelectic Cambisol (Humic, Ornithic)											
A	0-5	10YR 4/2	Bruno	20	5.7	74.3	47.9	17.5	15.3	19.3	Franco-Arenosa
AB	5-16	10YR 5/2	Bruno-acinzentado	51.5	7.4	41.1	40.7	13.1	26	20.1	Franco-Argilo-Arenosa
Bi	16-30	10YR 6/3	Bruno-claro-acinzentado	76.3	-	23.7	36.5	14.1	21.6	27.8	Franco-Argilo-Arenosa
P24 - Typic Gelaquent/Skeletic Stagnic Regosol (Gelistagnic, Humic)											
C	0-20	10YR 4/2	Bruno	38.1	16	45.9	18.8	39.4	27.6	14.3	Franco-Arenosa

APÊNDICE B – Análises químicas dos perfis de solos do norte de Harmony Point.

Horiz.	pH H2O	pH KCl	ΔpH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	COT	NT	P- Rem	Cu	Mn	Fe	Zn	S
				----- mg/kg -----			----- cmol/kg -----						----- % -----			- dag/kg -		mg/L	----- mg/kg -----					
P1 - “Ornithogenic” Fibristel/ Spodic Folic Leptic Cryosol (Dystric, Ornithic)																								
O1	4.2	3,4	-0,7	85,1	97	376,1	10,8	4,9	4,1	46.3	17.6	21.7	63.9	27.5	19.1	2.6	21.8	1.6	6.3	0.8	19.8	403.4	16.3	-
O2	4.6	3.8	-0.8	151.8	176	348	15.6	5.4	1.4	35.8	23	24.3	58.8	39.1	5.7	2.6	19.5	1.6	9.5	1.1	38.7	331.3	36.4	24.9
O3	5.6	4.7	-0.9	146.2	213	669.1	17	19.4	0.5	26.2	39.8	40.3	66	60.3	1.2	4.4	25.7	1.3	9.4	0.6	50.1	943.3	11	-
3Bfh	5.1	4.3	-0.9	79.2	237	538.5	18.1	11.8	0.7	31	32.9	33.6	63.9	51.5	2.1	3.7	21	1.8	9.6	1	55.6	600.2	33	-
Guano Petrel	3.9	3.1	-0.7	1268.3	361	327.9	9.1	3.6	2.3	45.4	15	17.3	60.4	24.8	13.2	2.4	14	2.6	49.2	5.9	5.9	335.3	20.6	71.2
P2 - “Ornithogenic” Gelorthent/Dystric Cambic Folic Leptosol (Ornithic, Turbic)																								
O	4.4	3.4	-1	1671	225	287.7	10.5	2.1	4.2	41.1	14.3	18.6	55.4	25.9	22.8	2.3	21.4	1.8	15.5	6.6	5.2	134.1	7.2	-
AB	4.6	3.7	-0.9	1387.9	131	199.3	3.4	0.8	2.9	30.1	5.4	8.3	35.5	15.2	34.6	2.4	11.3	1	9.6	14.6	2.6	274.2	4.6	5.1
Bi	4.6	3.8	-0.8	2086	182	239.5	2.5	0.2	2.3	25.5	4.3	6.5	29.8	14.3	34.8	3.5	5.2	0.5	12.8	30.4	3.1	385.7	8.1	6
Guano Gentoo				5018	852	372.1	24.4	8.6	0.8	23.4	36.8	37.6	60.2	61.1	2.1	2.7	21.4	3.6	60	8.4	19.8	29.7	69.5	-
P3 - “Ornithogenic” Gelorthent/Cambic Lithic Leptosol (Loamic, Ornithic)																								
O	4.7	3.7	-1	1692	293	508.4	16.5	9.7	1.1	40.3	29.1	30.2	69.4	42	3.6	3.2	28.4	3	25.9	1	10.6	175.6	14.4	-
A	4.5	3.6	-0.9	266.4	115	323.9	9.8	4.2	3.5	39.8	15.7	19.1	55.5	28.2	18	2.5	24.5	2.1	7.4	4.1	6.6	276.3	8.3	-
Bi	5	3.6	-1.4	986	125	243.5	3.2	1.1	2.2	25	5.7	7.9	30.7	18.6	27.6	3.5	12.1	1	19.9	23.6	4.9	436.8	5.9	1.1
Guano Petrel	5.1	3.7	-1.4	403.3	404	255.6	2	1.3	1.6	28.1	5.5	7.1	33.6	16.3	22.4	3.3	12.9	1.4	15.7	10.4	3.2	539.1	2.1	37.4
P4 - “Ornithogenic” Gelaquent/Eutric Stagnic Regosol (Arenic, Humic, Ornithic)																								
AB	5.7	4.9	-0.8	3394	133	251.6	10.1	2.1	0	6.7	13.6	13.6	20.3	67	0	5.4	4.5	0.6	27.9	22.8	65.8	281.6	50.2	37.3
Bi	5.8	4.8	-1	2761.4	166	323.9	14.5	3.1	0.3	13.5	19.3	19.6	32.8	58.9	1.5	4.3	5.1	0.7	16.8	23.7	54.2	236.6	34.1	3.1

Horiz.	pH H2O	pH KCl	ΔpH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	COT	NT	P- Rem	Cu	Mn	Fe	Zn	S
				----- mg/kg -----			----- cmol _c /kg -----						----- % -----			- dag/kg -		mg/L	----- mg/kg -----					
P5 - “Ornithogenic” Humigelept/Dystric Skeletic Cambisol (Humic, Ornithic)																								
O	5	4	-1	359	109	231	4	2	3	30	7	10	37	20	30	3	15	1	8	4	5	321	4	33
A	5	4	-1	280	81	183	3	1	3	25	4	7	29	15	40	3	12	1	6	6	4	371	2	62
Bi1	4	4	-1	495	85	178	2	0	3	30	3	6	34	10	50	2	12	1	7	10	2	415	2	54
Bi2	5	4	-1	428	143	184	1	0	3	22	2	5	24	10	55	3	6	1	9	20	3	743	1	6
Bi3	5	4	-1	510	139	182	1	0	3	21	3	5	23	11	51	3	6	1	8	22	2	782	1	8
P6 - “Ornithogenic” Humigelept/Folic Leptic Cambisol (Ornithic)																								
O	4.6	4	-0.6	513.9	143	438.1	16.5	5.1	0.9	27.5	23.9	24.8	51.4	46.5	3.6	3.7	18.3	2	9.8	2.3	9.9	189.9	7	-
A	4.5	3.6	-0.9	787.2	123	303.8	4.5	1.5	2.3	34.1	7.6	9.8	41.7	18.1	23.1	3.2	17.9	1.2	15.3	4.9	3.2	326.8	2.8	29.5
Bi1	4.4	3.4	-1	804.1	137	287.7	3.4	1	3	38.7	6	9	44.7	13.4	33	2.8	12.9	1.1	14.1	7	3.2	393.6	1.3	4.7
Bi2	4.4	3.4	-1	1099.6	133	251.6	2.1	0.6	2.6	29.9	4.1	6.7	34	12.1	38.4	3.2	6	0.8	19.9	9.5	2	585.2	1.3	3.5
P7 - “Ornithogenic” Fibristel/Cambic Folic Cryosol (Dystric, Ornithic)																								
O	4.3	3.8	-0.5	866.2	141	384.1	4.4	3	5	61	9.4	14.5	70.4	13.4	34.7	2.4	44.4	1.9	13.3	1.8	3.9	264.3	7.3	-
A	4	3.3	-0.6	683.7	209	352	4	1.5	4	50.1	7.6	11.7	57.7	13.2	34.7	2.7	24.2	1.4	12.4	5	5.6	387.1	8.9	44.6
BA	4	3.5	-0.6	471.9	217	315.8	3.1	1.2	3.7	31.2	6.3	10	37.5	16.7	37.4	3.7	13.2	1.2	10.6	5.9	4.9	565.9	7.1	53.2
Bifg1	4.6	3.7	-0.9	323.3	277	376.1	3.8	1.5	2.2	22.9	7.6	9.8	30.5	25	22.1	5.4	14.4	0.9	11.9	5.4	6.9	654.5	9.8	63.5
Bif	4.5	3.8	-0.7	276.7	301	458.2	9.6	2	2.5	33.8	14.4	16.9	48.2	29.9	14.6	4.1	22.6	0.9	7.2	6.3	16	442.5	14.5	75.7
P8 - “Ornithogenic” Fibristel/Cambic Folic Cryosol (Dystric, Ornithic)																								
O	4.5	3.9	-0.6	203.9	365	789.6	13.1	9.7	2.3	34.6	27.1	29.4	61.7	43.9	7.7	5.6	43.6	2	55.4	0.6	7.5	110.4	8	-
Bijj1	4.5	3.7	-0.8	4711.9	297	659	13.6	2.8	0.8	30.6	20.1	20.9	50.7	39.6	3.8	5.7	12.9	2.5	40.4	30.1	19.5	165	73	30
Bijj2	4.7	3.7	-1	4559	273	588.7	16.1	2	1	32.7	21.3	22.3	54	39.4	4.4	4.7	14	1.8	37.8	26.3	18.4	129.9	84.7	16
BCfjj	4.6	3.4	-1.2	4763.8	245	518.4	12.5	1.3	1.7	32	16.7	18.4	48.7	34.3	9.1	4.6	11.5	1.1	48.2	19.6	14.2	189.6	60.3	16.7
P9 EXTERIOR - Typic Umbriturbel/Hyperskeletal Turbic Cryosol (Dystric, Humic)																								
Ajj1	4.4	3.9	-0.6	100.9	99	227.5	1.9	1.2	3.2	22.6	4.4	7.5	27	16.2	41.8	3.7	16	1	6.3	2.9	2.6	443.2	1.2	41.1
Ajj2	5.1	3.9	-1.1	222	65	143.9	1.6	1	2.9	22.6	3.4	6.3	26	13.2	45.4	2.4	11.3	0.8	5.6	5.2	2.1	574.5	0.9	2.1
P9 BORDA - Typic Umbriturbel/Hyperskeletal Turbic Cryosol (Dystric, Humic)																								
ACjj	4.8	3.7	-1	178.4	107	166	1.4	1	2.7	14.3	3.4	6	17.7	19.1	44	4.1	4.1	0.4	20.5	2.1	2.1	487.5	0.8	2.1

Horiz.	pH H2O	pH KCl	ΔpH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	COT	NT	P- Rem	Cu	Mn	Fe	Zn	S
				----- mg/kg -----			----- cmol/kg -----						----- % -----			- dag/kg -		mg/L	----- mg/kg -----					
P9 CENTRO - Typic Umbriturbel/Skeletic Turbic Cryosol (Dystric, Humic)																								
Ajj1	4.4	3.9	-0.5	104.7	73	192.1	1.8	1.1	3.1	23.7	4	7	27.7	14.3	43.4	3	15.6	1.3	6	3.7	1.9	529.4	1.2	56.2
Ajj2	5	4	-1	120.8	47	147.9	1.9	1	2.6	24.5	3.6	6.2	28.1	12.8	41.5	2.3	12.5	2.1	4.9	4.4	1.7	627.6	0.8	6.9
Cjj	5.1	3.8	-1.3	490.9	73	159.9	1.6	0.6	2.8	18.5	3.1	5.8	21.6	14.3	47.3	3.2	4.9	0.4	10	8	3.5	880.5	0.4	0.8
P10 EXTERIOR - “Ornithogenic” Umbriturbel/Skelectic Turbic Cryosol (Dystric, Humic, Ornithic)																								
Ajj1	4.4	3.5	-0.9	510.1	285	335.9	4.2	1.9	2.9	23.7	8.3	11.1	32	25.8	25.7	4.6	11.7	1.5	16.2	6	5.1	261.4	5	30.5
Ajj2	4.9	4.8	-0.1	10686.6	225	271.6	17.1	2.8	0.4	16.4	21.7	22.1	38.1	56.9	1.8	3.1	6.6	1.3	55.3	11.9	34.4	26.6	58	73.8
P10 BORDA - “Ornithogenic” Umbriturbel/Hyperskeletic Turbic Cryosol (Dystric, Ornithic)																								
Ajj1	4.5	3.7	-0.7	442.2	209	438.1	3.9	1.7	2.5	19.8	8.1	10.5	27.9	29	23.3	6.8	7.8	1	14.3	8.9	9.8	312.5	6	7.4
Ajj2	5.1	4.2	-0.9	561.4	155	307.8	3.9	1.5	1.7	20	7.1	8.8	27.1	26.2	19	4.9	9.5	1	6.7	18.9	34.8	336.6	13.4	3.7
Bijj	5.7	4.1	-1.6	796.8	188	327.9	2.6	0.9	1.3	11.7	5.4	6.7	17.1	31.7	19	8.3	2.7	0.7	17	17.4	22.7	358.7	12.9	0.8
P10 CENTRO - “Ornithogenic” Umbriturbel/Cambic Turbic Cryosol (Dystric, Humic, Ornithic)																								
Ajj1	5	3.9	-1.1	4301.8	217	488.3	4.7	1.3	1.1	15.8	8.7	9.8	24.5	35.5	11.1	8.7	4.2	0.6	26	53.7	37.3	237.8	94.4	15.5
ABjj	5.6	4.1	-1.5	3394	164	360	4	1.3	1.3	13.5	7.3	8.6	20.8	35.1	14.9	7.5	3.7	0.6	19.7	55.1	48.3	279.3	76.9	3.6
Bijj	5.7	4.2	-1.4	3495.3	149	558.6	4.8	1.6	0.7	11.9	9.2	9.9	21.1	43.6	7	11.5	3.4	0.7	19.8	51.2	52.4	183	83.4	0.8
BCfjj	5.8	4.2	-1.6	1900.5	107	568.6	5.2	1.8	0.7	11.2	9.7	10.4	20.9	46.5	6.6	11.8	2.3	0.5	20.3	30.7	26.1	276.2	45.1	6.4
P11 BORDA - Aquic Haploturbel/Skeletic Turbic Cryosol (Dystric, Humic)																								
ACjj	5.4	4	-1.4	217.4	158	223.4	2.4	1.4	2.2	9.9	5.2	7.4	15.1	34.4	29.5	6.4	2.7	0.2	23	9.8	4.9	516.2	0.9	0.8
Cgfjj	5.4	4.1	-1.3	148.2	151	231.5	2.4	1.4	1.5	9.3	5.2	6.7	14.5	35.8	22.2	7	2.7	0.3	10.2	7.5	6.9	516.8	0.8	3.1
P11 CENTRO - Typic Aquiturbel/Reductaquic Turbic Cryosol (Dystric)																								
ACjj1	5.6	3.9	-1.8	189.7	257	319.9	3.8	2.9	3.1	10.9	8.8	11.8	19.7	44.6	25.8	7.1	1.9	0.2	11.4	13.8	8.2	421.1	1.3	2
ACjj2	5.6	4	-1.6	188.8	157	190.1	3.4	2	1.6	11.4	6.6	8.2	18	36.7	19.3	4.6	3.1	0.3	8.3	15	9	668	0.7	2.5
ACjj/Cgjj	5.2	3.4	-1.8	41.6	533	380.1	25.1	6.7	10.6	12.8	34.9	45.5	47.7	73.1	23.4	3.5	0.2	0	7.6	2.3	10	100.7	1.9	19.3
Cgfjj	5.4	3.8	-1.6	162.3	201	174	3.9	2.2	3.4	6.2	7.4	10.7	13.6	54.2	31.3	5.6	0.4	0	14.8	8.3	2	177.9	0.9	15.4
P12 BORDA - Typic Haploturbel/Hyperskelectic Turbic Cryosol (Eutric, Humic)																								
OAJj	5.8	4.4	-1.4	155.6	91	176	2.3	1.8	0.3	4.4	5.1	5.4	9.5	53.4	5.6	8.1	1.2	0.1	12.6	4	15	281.6	1	8.9

Horiz.	pH H2O	pH KCl	ΔpH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	COT	NT	P- Rem	Cu	Mn	Fe	Zn	S
				----- mg/kg -----			----- cmol/kg -----						----- % -----			- dag/kg -		mg/L	----- mg/kg -----					
P12 CENTRO - Typic Haploturbel/Turbic Cryosol (Eutric, Humic)																								
Cgjj	6.8	5.1	-1.7	258.9	143	219.4	11.1	5	0	3.6	17.5	17.5	21.1	82.9	0	4.5	0.9	0.1	26.8	6.2	22	351.8	1	0.8
ACjj	6.7	5.2	-1.5	195.9	190	283.7	10.2	4.3	0	4.2	16.1	16.1	20.3	79.4	0	6.1	1.5	0.1	20.8	11.4	28.9	446.6	1.2	1.2
BCjj	6.6	5.1	-1.6	187.1	153	267.6	8.8	4	0	4.7	14.4	14.4	19.1	75.4	0	6.1	1.7	0.2	20.1	7.9	33.7	426.8	1.2	0.8
P13 - Typic Cryopsamment/Eutric Arenosol (Humic)																								
O	5	4.1	-0.9	1588.7	141	356	4.7	1.8	0.6	9.9	8.4	9	18.3	46	6.5	8.5	7.4	0.8	13.9	12.7	25.6	291.2	29	49.9
AC	5.5	4.2	-1.3	331.3	81	568.6	4.2	1.6	0.2	2	8.5	8.7	10.5	80.9	2.3	23.6	0.2	0	27.4	7.6	9.2	190.5	1.7	28.5
P14 - “Ornithogenic” Gelorthent/Dystric Skeletic Regosol (Arenic, Humic, Ornithic)																								
A	4.1	3.3	-0.8	406	121	235.5	1.6	0.8	3.7	16.6	3.7	7.4	20.3	18.2	50.3	5.1	4.7	0.6	53.1	6.6	2.5	471.3	1.1	19.8
C1	4	3.2	-0.8	772.9	93	287.7	1.3	0.3	3.6	11.4	3.2	6.7	14.6	21.7	53.1	8.6	0.8	0.1	24.7	7.5	1.8	530	1.4	35.8
C2	3.9	3.3	-0.7	1045.9	157	195.3	1.8	0.2	3.1	28	3.3	6.4	31.3	10.6	48.1	2.7	2.5	0.4	38.5	14.7	1.2	474.3	1.7	19.4
Guano Barbicha	5.6	5.1	-0.5	5995.4	281	618.8	17.9	6.8	0	13.3	28.1	28.1	41.4	67.9	0	6.5	12.1	1.8	19.3	5.3	43.4	21.9	34.7	227.9
P15 - “Ornithogenic” Gelaquent/Eutric Skelectic Stagnic Regosol (Arenic, Humic, Ornithic)																								
O	5.8	5.5	-0.3	6249.6	221	478.2	15.2	5	0	7	22.8	22.8	29.8	76.6	0	7	6.2	1.1	40.1	16.9	54.5	114.1	69.4	403.8
AC	4.5	3.5	-1	1422.6	176	291.7	3.9	1.2	1	10.4	6.8	7.8	17.2	39.7	12.7	7.4	1.6	0.3	38.8	10.3	7.7	423.9	7.2	42.6
C	4.6	3.4	-1.1	462.6	141	275.7	2.5	0.5	0.9	5	4.6	5.5	9.6	48	16.3	12.5	0.4	0.1	38.4	5.6	2.2	197.1	1.2	33.3
P16 - Typic Gelorthent/Dystric Skelectic Regosol (Loamic, Humic)																								
O	4	3.3	-0.7	416.7	221	360	4.2	3.2	5.3	50.1	9.5	14.8	59.6	15.9	36	2.6	44.4	2.4	46	4.4	4.6	128.6	2.6	-
AC	4.3	3.3	-1	708.3	145	187.3	1.1	0.3	3.7	31	2.6	6.2	33.6	7.6	59.1	2.4	6.6	0.8	7.8	11.9	0.7	510.1	1.1	11.1
C	4.1	3.1	-1	1102.6	186	174	1	0.4	3.9	30.1	2.6	6.6	32.7	8	60.2	2.3	3.8	0.7	18	12	0.9	663.7	0.8	26.3
P17 - Typic Haploturbel/Hyperskelectic Turbic Cryosol (Dystric, Loamic)																								
A	5.4	4	-1.4	355.2	81	129.8	0.8	0.5	1.2	8.6	2.1	3.2	10.7	19.3	36.5	5.3	2.3	0.3	25.5	4.7	2.8	388.7	0.7	9.5
AC	5.4	3.8	-1.7	388.2	113	145.9	1.4	0.9	1.4	13.3	3.2	4.6	16.5	19.6	30	3.8	2	0.3	22.3	7.2	2.9	637.3	0.6	5.4
P18 - “Ornithogenic” Fibristel/Histic Leptic Cryosol (Dystric, Ornithic)																								
O1	5	4.1	-0.9	210.2	149	267.6	9.5	4.1	1.6	26	15.2	16.8	41.2	36.9	9.4	2.8	21	1.4	16.4	8.8	9.1	279.4	5.7	-
Of2	4.9	4.2	-0.7	217.4	162	538.5	12.4	5.3	1.4	31	20.5	21.9	51.5	39.9	6.3	4.6	25.7	1.8	2.2	11.6	9.3	143.4	6.1	-
Of3	4.6	4.2	-0.4	174.1	147	327.9	12.4	5.2	1.1	25.7	19.4	20.5	45.1	43	5.3	3.2	21	1.3	2.5	24.8	18.2	222.5	5.9	-
Bif	4.9	4.2	-0.8	173.3	141	348	12.1	4.7	1.5	28.4	18.7	20.2	47.1	39.7	7.3	3.2	25.3	1.3	0.8	23	14.1	235.6	6.3	-

Horiz.	pH H2O	pH KCl	ΔpH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	COT	NT	P- Rem	Cu	Mn	Fe	Zn	S
				----- mg/kg -----			----- cmol/kg -----						----- % -----			- dag/kg -		mg/L	----- mg/kg -----					
P19 - “Ornithogenic” Gelorthent/Dystric Skeletic Leptosol (Humic, Ornithic)																								
A	4.7	4.2	-0.5	81.5	103	203.4	1.9	0.8	1.4	16.9	3.9	5.3	20.8	18.7	26.3	4.3	9	0.8	0.6	6.5	6.9	498.3	1.5	62.1
P20 - “Ornithogenic” Gelorthent/ Leptic Folic Regosol (Ornithic)																								
O1	4.5	3.3	-1.2	866.2	186	319.9	4.2	2.2	4.8	59.8	8.3	13.1	68.1	12.1	37	2	39	3.1	2.6	1.3	4.8	172.8	7	-
O2	4.2	3.3	-0.9	1002.8	95	271.6	3.6	1.5	7	56.2	6.5	13.4	62.7	10.3	52.1	1.9	27.3	2.1	12.5	2.1	3.2	247.1	4.1	-
A	3.9	3.3	-0.6	1564.9	123	227.5	2.5	0.6	5.4	54.3	4.5	9.9	58.8	7.6	55	1.7	28.1	2	8.2	12.8	4	281.3	5.4	83.8
Bi	3.8	3.3	-0.4	2884.4	111	215.4	1.5	0.2	2.8	33.5	2.9	5.6	36.4	7.9	49.3	2.6	16.2	0.8	12.8	30.2	8.3	462.3	14.6	29.5
P21 - “Ornithogenic” Humigelept/Dystric Skeletic Cambisol (Loamic, Ornithic)																								
O	4.4	3.3	-1.1	264.8	225	478.2	2.6	2.1	3.4	32.8	7.4	10.7	40.2	18.4	31.4	5.2	19.5	1.6	23.4	2.9	4.1	156.7	2.5	33
A	4.4	3.4	-1	653.1	87	203.4	1.2	0.4	3.2	22.6	2.7	5.8	25.3	10.6	54.3	3.5	5.8	0.7	16.2	6.7	1.7	369.3	3.1	7.1
AB	4	3.2	-0.8	838.5	73	235.5	1.4	0.4	4.4	35.8	3	7.4	38.8	7.8	59.7	2.6	9.7	1.1	17.5	14	1.1	437.5	1.4	5
Bi	4	2.6	-1.3	608.5	119	267.6	0.9	0.1	4.4	19.2	2.5	7	21.7	11.6	63.9	5.4	2	0.9	13.4	7.5	0.4	312.9	0.7	21.4
P22 - “Ornithogenic” Gelorthent/ Dystric Skelectic Regosols (Loamic, Humic, Ornithic)																								
O	4.4	4	-0.4	2193.1	453	588.7	12.2	4.4	1.4	16.1	20.2	21.6	36.3	55.8	6.4	7.1	10.9	1.9	35.5	20	5	193.8	22.9	121
A	4.1	3	-1.1	963.9	174	255.6	2.7	0.9	2.4	25.5	5.1	7.5	30.6	16.7	31.6	3.6	5.9	1.1	56.7	9.2	1.8	326	1.7	27.6
CR	3.7	2.8	-0.9	1380.4	217	211.4	2	0.4	3.5	33.5	3.9	7.3	37.4	10.4	47.3	2.5	4.1	0.9	38.4	8.4	1.2	763.3	1.3	28.9
Veio fosfático	3.6	3.2	-0.5	8169.7	143	161.9	1.1	0.2	1.8	22.3	2.4	4.2	24.7	9.8	42.4	2.9	1.6	0.5	36.1	6.9	0.4	751.9	12.4	127.5
P23 - “Ornithogenic” Humigelept/Dystric Skelectic Cambisol (Humic, Ornithic)																								
A	4.1	3.5	-0.6	866.2	158	166	1.5	0.5	3.4	21	3.1	6.5	24.1	13	51.9	3	5.1	0.5	33.9	11.8	1	329.3	1	6.6
AB	4.6	3.7	-1	17.5	182	195.3	1.2	0.2	2.7	19	2.7	5.3	21.7	12.3	50.1	3.9	4.3	0.6	14.2	24.5	0.8	484	1	4.9
Bi	4.6	3.6	-1	24	229	255.6	0.9	0.2	2.6	21.1	2.8	5.4	23.9	11.7	48.1	4.7	3.1	0.7	13.8	54.1	1.4	409.5	2.1	3.7
P24 - Typic Gelaquent/Skeletic Stagnic Regosol (Gelistagnic, Humic)																								
C	5.7	4.7	-1.1	256.4	147	279.7	4.4	2	0.3	8.5	8	8.3	16.5	48.5	3.6	7.4	6.8	0.9	9	19.2	27.8	355.9	2.6	51.9

APÊNDICE C – Análise semi-quantitativa de elementos químicos por μ -FRXED de amostras de solos selecionadas.

Horizonte	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	ZnO	CuO	Co ₂ O ₃	MnO
----- % -----														
P3 - “Ornithogenic” Gelorthent/Cambic Lithic Leptosol (Loamic, Ornithic)														
A	3.97	2.75	4.18	0.22	0.63	4.29	17.45	0.83	1.28	0.56	0.01	0.01	0.00	0.07
Bi	7.44	2.68	5.81	1.25	0.15	1.50	21.11	0.89	6.58	0.47	0.02	0.02	0.00	0.04
Guano	6.45	2.73	6.33	0.46	0.17	1.56	21.43	1.06	3.24	0.55	0.01	0.01	0.00	0.06
P6 - “Ornithogenic” Humigelept/Folic Leptic Cambisol (Ornithic)														
A	6.07	2.42	4.46	0.21	0.58	0.46	18.14	0.85	2.39	0.42	0.01	0.01	0.00	0.05
Bi1	6.85	2.31	5.18	0.24	0.56	1.15	19.65	0.96	3.53	0.37	0.01	0.01	0.00	0.05
Bi2	7.79	3.10	5.97	0.29	0.52	1.52	25.16	1.10	3.34	0.28	0.01	0.01	0.00	0.07
P8 - “Ornithogenic” Fibristel/Cambic Folic Cryosol (Dystric, Ornithic)														
Bi1	3.29	10.75	3.37	0.43	0.17	1.56	13.70	0.35	9.00	1.17	0.04	0.04	0.00	0.03
Bi2	3.44	12.16	3.20	0.45	0.20	1.31	12.34	0.37	10.09	1.15	0.05	0.04	0.00	0.02
BCjj	4.79	11.94	5.05	0.61	0.06	1.70	17.42	0.54	10.71	0.80	0.03	0.03	0.00	0.03
P10 EXTERIOR - “Ornithogenic” Umbriturbel/Skeletic Turbic Cryosol (Dystric, Humic, Ornithic)														
A2	8.54	2.52	5.14	0.86	0.61	1.46	30.96	0.73	3.33	0.36	0.01	0.01	0.00	0.05
P10 BORDA - “Ornithogenic” Umbriturbel/Hyperskeletal Turbic Cryosol (Dystric, Ornithic)														
A1	9.93	2.41	5.31	0.91	0.64	0.71	29.17	0.66	2.03	0.32	0.01	0.01	0.00	0.07
A2	7.95	2.52	5.28	0.73	0.54	1.05	22.24	0.83	3.68	0.40	0.01	0.01	0.00	0.06
Bi	10.96	3.01	7.00	1.39	0.45	2.00	29.76	1.04	8.27	0.35	0.02	0.01	0.00	0.05
P10 CENTRO - “Ornithogenic” Umbriturbel/Cambic Turbic Cryosol (Dystric, Humic, Ornithic)														
A1	9.94	5.32	5.82	1.17	0.42	1.51	29.06	0.87	7.89	0.42	0.04	0.03	0.00	0.08
Bi	9.75	5.02	5.74	1.44	0.21	1.30	24.38	0.97	9.20	0.46	0.04	0.03	0.00	0.07
BCjj	9.87	3.75	6.27	1.05	0.33	1.75	27.79	1.07	6.84	0.36	0.02	0.02	0.00	0.06
P11 CENTRO - Typic Aquiturbel/Reductaquic Turbic Cryosol (Dystric)														
AC/Cg	15.61	3.54	6.28	1.80	1.99	1.42	39.27	0.69	0.32	0.01	0.01	0.01	0.00	0.18
Cg	14.14	3.59	6.01	0.97	2.13	1.73	47.72	0.68	0.37	0.03	0.01	0.01	0.00	0.13

Horizonte	Al2O3	CaO	Fe2O3	K2O	MgO	Na2O	SiO2	TiO2	P2O5	SO3	ZnO	CuO	Co2O3	MnO
----- % -----														
P12 BORDA - Typic Haploturbel/Hyperskelectic Turbic Cryosol (Eutric, Humic)														
AO	11.12	3.78	5.66	0.64	1.48	1.14	43.98	0.93	0.44	0.03	0.01	0.01	0.00	0.13
P12 CENTRO - Typic Haploturbel/Turbic Cryosol (Eutric, Humic)														
Cg	12.22	3.40	5.63	0.67	1.36	1.74	42.35	0.76	0.47	0.03	0.01	0.01	0.00	0.12
BC	10.65	3.63	5.87	0.50	1.24	1.20	36.12	0.93	0.68	0.05	0.01	0.01	0.00	0.11
P14 - "Ornithogenic" Gelorthent/Dystric Skeletic Regosol (Arenic, Humic, Ornithic)														
A	9.40	3.46	5.67	0.41	1.49	1.13	35.04	0.73	1.46	0.25	0.01	0.01	0.00	0.08
C2	9.16	3.09	6.15	0.50	0.75	1.19	27.30	0.55	5.23	0.34	0.01	0.01	0.00	0.05
Guano	1.78	16.35	2.16	0.23	0.19	0.55	11.70	0.30	10.73	1.56	0.06	0.06	0.00	0.06
A	10.82	4.35	6.68	0.72	0.88	1.14	39.59	1.24	1.29	0.11	0.01	0.01	0.00	0.12
AC	9.79	3.08	6.12	0.72	0.75	0.26	35.29	0.83	2.59	0.11	0.01	0.01	0.00	0.07
P17 - Typic Haploturbel/Hyperskelectic Turbic Cryosol (Dystric, Loamic)														
A	7.84	2.90	5.53	0.36	0.52	0.00	22.31	0.95	1.47	0.36	0.01	0.01	0.00	0.08
A	4.53	1.88	3.35	0.18	0.44	2.33	9.72	0.53	3.49	0.63	0.01	0.02	0.00	0.02
P20 - "Ornithogenic" Gelorthent/ Leptic Follic Regosol (Ornithic)														
Bi	7.20	6.93	4.86	0.45	0.11	1.33	19.31	0.64	8.92	0.63	0.02	0.03	0.00	0.05
P22 - "Ornithogenic" Gelorthent/ Dystric Skelectic Regosols (Loamic, Humic, Ornithic)														
A	8.30	2.53	5.37	0.85	0.11	1.54	26.47	0.80	5.38	0.35	0.01	0.01	0.00	0.04
Veio	11.78	1.10	3.51	1.02	0.08	0.72	20.06	0.16	11.66	0.51	0.01	0.01	0.00	0.01

APÊNDICE D – Fichas de descrição dos perfis de solos do norte de Harmony Point

PERFIL 1



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 14/1/2019

Classificação World Reference Base - Spodic Folc Leptic Cryosol (Dystric, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Fibristel

Coordenadas UTM – 385112 O, 3090871 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – terço médio de encosta, sob campo de musgos *Sanionia uncinata* e *Andreaea gainii*, às vezes associados com *Polytrichastrum alpinum*.

Elevação – 44 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Ligeiramente pedregosa

Rochosidade – Moderadamente rochosa

Relevo Local – Ondulado

Relevo Regional – Suave ondulado

Erosão – Ligeira

Drenagem – Moderadamente drenado

Profundidade do Permafrost – 35 cm

Clima – EF, da classificação de Köppen-Geiger

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O1 0 – 22 cm; transição plana e clara; 0.7°C.

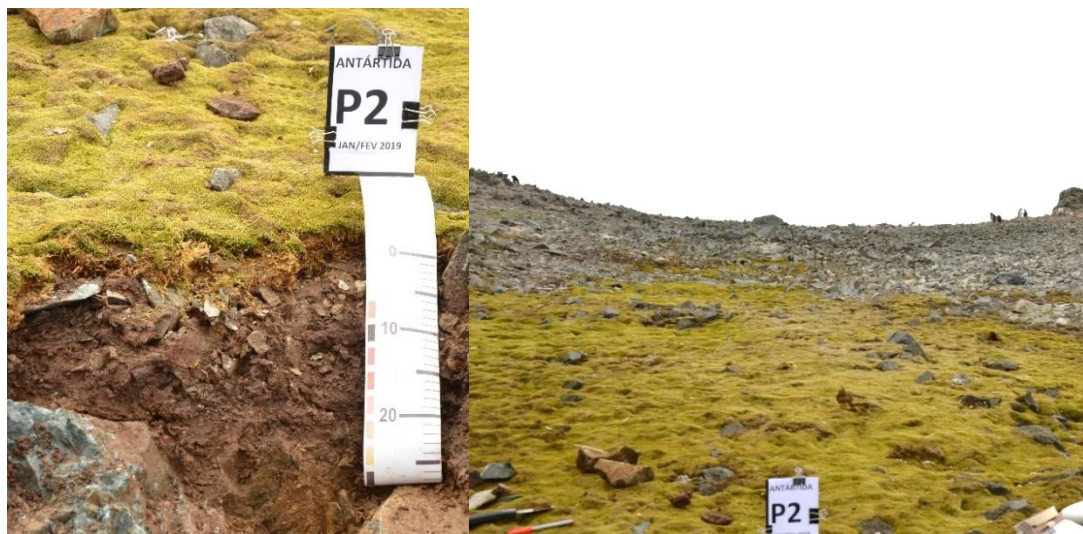
O2 20 – 35 cm; transição ondulada e clara; 0.5°C.

Of3 35 – 50 cm; granular; transição ondulada e clara; 0.3°C.

3Bfh 50 – 70 cm; granular; transição ondulada e clara; 0.3°C.

Observações - perfil 5 m abaixo de ninhal ativo de petrel gigante, constituindo uma sequência de horizontes hísticos enterrados (O1, O2, O3 e 3Bh). Horizonte O1 apresentou-se fibrício. Temperatura do ar 4.1 °C.

PERFIL 2



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 14/1/2019

Classificação World Reference Base - Dystric Cambic Folie Leptosol (Ornithic, Turbic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Gelorthent

Coordenadas UTM – 384787 O, 3091060 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – terço médio de afloramento rochoso, sob carpete de *Sanionia* spp.

Elevação – 30 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Extremamente pedregosa

Rochosidade – Moderadamente rochosa

Relevo Local – Suave ondulado

Relevo Regional – Ondulado

Erosão – Não aparente

Drenagem – Bem drenado

Profundidade do Permafrost – 40 cm

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O 0 -8 cm; transição ondulada e clara; 4.7°C.

AB 8 – 20 cm; franca; fraca pequena blocos subangulares e moderada média granular; transição irregular e clara; 3.2 °C.

Bi 20 – 30/40 cm; franca; fraca pequena blocos subangulares; 3.3 °C.

Observações – presença de fragmentos angulosos maiores que 5 cm, entremeados de pedriscos de ninhal de pinguim *Pygoscelis papua*. Horizonte O tem 60% de pedregosidade com material fibroso. Temperatura do ar 4.4° C.

PERFIL 3



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 14/1/2019

Classificação World Reference Base - Cambic Lithic Leptosol (Loamic, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Gelorthent

Coordenadas UTM – 385007 O, 309178 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – terço médio de afloramento rochoso, sob carpete de *Sanionia uncinata* com *Prasiola crispa* e muitas rochas cobertas por *Buellia* spp. e *Acarospora macrocylus*.

Elevação – 39 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Extremamente pedregosa

Rochosidade – Moderadamente rochosa

Relevo Local – Ondulado

Relevo Regional – Suave ondulado

Erosão – Não aparente

Drenagem – Bem drenado

Profundidade do Permafrost – Aparentemente sem *permafrost*

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O 0 – 5 cm; transição irregular e clara; 3.5°C.

A 5 – 25/40 cm; fraca média granular; transição irregular e clara; 2.2°C.

Bi 25/40 – 50 cm; franca; moderada pequena granular e fraca média blocos subangulares; transição ondulada e clara; 0.8°C.

Observações – afloramento rochoso com ninhal ativo de Petrel. Temperatura do ar 1.8° C; foi coletada amostra do A para análise micromorfológica e amostra de guano de petrel.

PERFIL 4



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 14/1/2019

Classificação World Reference Base - Eutric Stagnic Regosol (Arenic, Humic, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Gelaquent

Coordenadas UTM – 385282 O, 3091562 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – 3º nível terraço marinho soerguido sob carpete de *Sanionia uncinata*.

Elevação – 12 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Extremamente pedregosa

Rochosidade – Moderadamente rochosa

Relevo Local – Ondulado

Relevo Regional – Suave ondulado

Erosão – Não aparente

Drenagem – Bem drenado

Profundidade do Permafrost – Aparentemente sem *permafrost*

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 15 cm; franco-arenosa; forte média granular; transição ondulada e clara; 5.4°C.

Bi 15 – 35 cm; franco-arenosa; forte média granular; 3.7°C.

Observações – presença de seixos heterolíticos com basalto andesítico e tufos vulcânicos; influência pretérita de *Pygoscelis papua*; atualmente, stacks ao redor ocupados por ninhais de gaivotão e com abundante liquenização ornitocoprófila. O lençol freático se encontra a 40 cm de profundidade. 50% dos seixos presentes apresentam tamanhos que variam de 10 a 30 cm. Temperatura do ar 4.9° C.

PERFIL 5



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 15/1/2019

Classificação World Reference Base - Dystric Skeletic Cambisol (Humic, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Humigelept

Coordenadas UTM – 385896 O, 3090402 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – afloramento rochoso sob carpete de *Sanionia uncinata*, com vários tufo de *Polytrichastrum alpinum*, *Polytrichum juniperinum* intercalados e *Prasiola crispa* no topo.

Elevação – 59 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Muito pedregosa

Rochosidade – Muito rochosa

Relevo Local – Ondulado

Relevo Regional – Suave ondulado

Erosão – Não aparente

Drenagem – Moderadamente drenado

Profundidade do Permafrost – Aparentemente sem *permafrost*

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O 0 – 5 cm; transição ondulada e clara; 3.6°C.

A 5 – 40 cm; fraca média bloco subangular e moderada pequena granular; transição ondulada e clara; 2.2°C.

Bi1 40 – 70 cm; fraca média bloco subangular e moderada pequena granular; transição ondulada e gradual; 2°C.

Bi2 70 – 90 cm; franca muito cascalhenta; fraca média bloco subangular e moderada pequena granular; transição ondulada e gradual; 1.3°C.

Bi3 80 – 90 cm; franca muito cascalhenta; fraca média bloco subangular e moderada pequena granular; transição ondulada e gradual; 1.3°C.

Observações – presença de ossos fósseis e pedriscos de petrel gigante sob material anguloso a 30 cm de profundidade. Divisor dos setores norte e sul de Harmony Point. Temperatura do ar 5.4° C.

PERFIL 6



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 15/1/2019

Classificação World Reference Base - Follic Leptic Cambisol (Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Humigelept

Coordenadas UTM – 385904 O, 3090706 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – terço superior de afloramento rochoso sob carpete de *Sanionia uncinata*.

Elevação – 61 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Extremamente pedregosa

Rochosidade – Extremamente rochosa

Relevo Local – Ondulado

Relevo Regional – Suave ondulado

Erosão – Não aparente

Drenagem – Bem drenado

Profundidade do *Permafrost* – Aparentemente sem *permafrost*

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O 0 – 5 cm; transição ondulada e clara; 4.1°C.

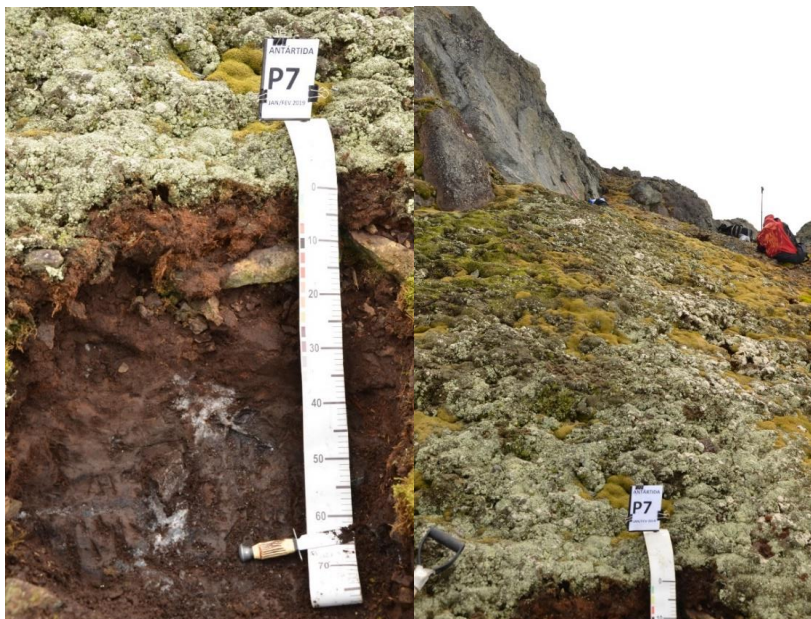
A 5 – 30 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; moderada média blocos subangulares e moderada média granular; transição irregular e difusa; 2.2°C.

Bi1 30 – 45/50 cm; franco-arenosa cascalhenta; moderada pequena/média blocos subangulares e forte média granular; transição ondulada e gradual; 1.7°C.

Bi2 45/50 – 60/80 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; moderada pequena/média blocos subangulares e forte média granular; transição ondulada e gradual; 1.7°C.

Observações – contato lítico em 60 cm. Conchas de *Nacella concinna* e pedriscos indicando antigo ninhal de gaivotão em todo perfil. Talos de musgos enterrados em A. Temperatura do ar 4.2°C.

PERFIL 7



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 15/1/2019

Classificação World Reference Base - Cambic Folic Cryosol (Dystric, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Fibristel

Coordenadas UTM – 385771 O, 3090793 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – tálus de afloramento rochoso sob carpete de *Sanionia uncinata* com algumas *Sanionia georgicouncinata* e alguns tufo de *Polytrichastrum alpinum*.

Elevação – 56 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Pedregosa

Rochosidade – Muito rochosa

Relevo Local – Ondulado

Relevo Regional – Ondulado

Erosão – Não aparente

Drenagem – Moderadamente drenado

Profundidade do Permafrost – 35 – 45 cm

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O 0 – 15 cm; transição ondulada e clara; 2.8°C.

A 15 – 25 cm; fraca média blocos subangulares e moderada média granular; transição ondulada e gradual; 0.8°C.

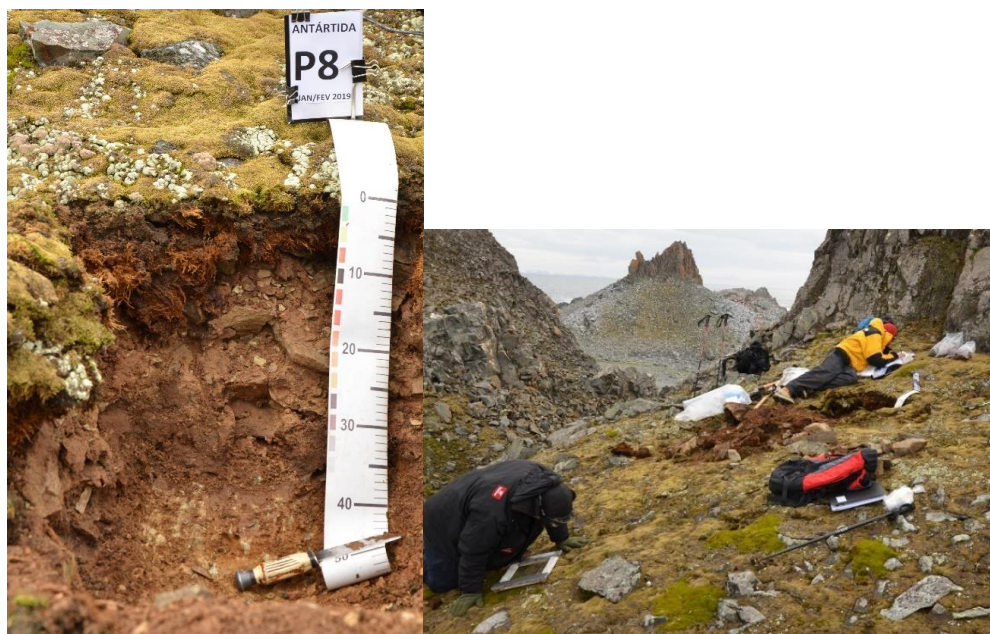
BA 25 – 40 cm; fraca pequena/média blocos subangulares e moderada média granular; transição ondulada e gradual; 0.3°C.

Bifg1 40 – 55 cm; franco-arenosa; moderada média granular; transição ondulada e gradual; 0.3°C.

Bif2 55 – 70 cm; franco-arenosa; transição irregular e gradual; 0.1°C.

Observações – pedriscos, penas e regurgito indicando área ativa de petrel. Temperatura do ar 5.5 °C.

PERFIL 8



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 15/1/2019

Classificação World Reference Base - Cambic Folic Cryosol (Dystric, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Fibristel

Coordenadas UTM – 384830 O, 3091458S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – tálus de afloramento rochoso sob carpete de *Sanionia* spp.

Elevação – 22 m

Litologia – Basalto

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Muito pedregosa

Rochosidade – Muito rochosa

Relevo Local – Ondulado

Relevo Regional – Ondulado

Erosão – Não aparente

Drenagem – Bem drenado

Profundidade do Permafrost – 22 cm

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O 0 – 8 cm; transição ondulada e clara; 3.8°C.

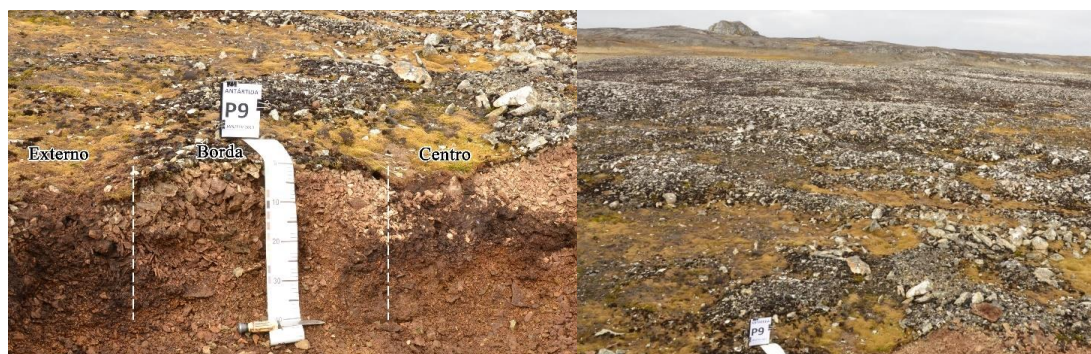
Bijj1 8 – 22 cm; franco-argilo-arenosa; moderada média blocos angulares/subangulares e moderada média granular; transição ondulada e clara; 1.7°C.

Bifjj2 22 – 35 cm; franco-argilo-arenosa; transição ondulada e abrupta; 0.9°C.

BCfjj 35 – 50 cm; franco-argilo-arenosa; transição ondulada e clara; 0.9 °C.

Observações – pinguineira inativa de pinguim-de-barbicha com atual ninhal de petrel gigante que não aporta guano. Pedriscos e penas de pinguim por todo perfil até a base. Eluviação de matéria orgânica detectada no topo do *permafrost*. Temperatura do ar 6.2 °C.

PERFIL 9



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 16-17/1/2019

Classificação World Reference Base – Externo e Borda: Hyperskeletal Turbic Cryosol (Dystric, Humic); Centro: Skeletic Turbic Cryosol (Dystric, Humic)

Classificação Soil Taxonomy – Externo, Borda e Centro: Typic Umbriturbel

Coordenadas UTM – 385055 O, 3090701 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – área de solos com padrões na superfície de crioplanção sob carpete de *Sanionia uncinata* e *Sanionia georgicouncinata*.

Elevação – 37 m

Litologia – Tufos vulcânicos

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Extremamente pedregosa

Rochosidade – Rochosa

Relevo Local – Plano

Relevo Regional – Plano

Erosão – Ligeira

Drenagem – Bem drenado

Profundidade do Permafrost – 45 cm

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

EXTERIOR

Ajj1 0 – 18 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; transição ondulada e gradual; 3.3 °C.

Ajj2 18 – 40 cm; franco-argilo-arenosa muito cascalhenta; fraca média granular; transição ondulada e gradual; 2.3 °C.

BORDA

ACjj 0 – 40 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; transição ondulada e clara; 2,8 °C.

CENTRO

Ajj1 0 – 10 cm; franco-arenosa cascalhenta; moderada média blocos subangulares e granular e fraca pequena média blocos subangulares e granular; transição ondulada e gradual; 3.7 °C.

Ajj2 10 – 35/40 cm; franco-arenosa cascalhenta; moderada média blocos subangulares e granular e fraca pequena média blocos subangulares e granular; sem consistência; transição ondulada e clara; 3.3 °C.

Cjj 35 – 45 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; transição ondulada e clara; 0.7 °C.

Observações – solo com padrões muito antigo e vegetado. Área de drift. Na parte externa, há presença de material não decomposto de musgo até 3 cm. Temperatura do ar 4.6 °C.

PERFIL 10



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 17/1/2019

Classificação World Reference Base – Externo: Skeletic Turbic Cryosol (Dystric, Humic, Ornithic); Borda: Hyperskeletic Turbic Cryosol (Dystric, Ornithic); Centro: Cambic Turbic Cryosol (Dystric, Humic, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – Externo, Borda e Centro: “Ornithogenic” Umbriturbel

Coordenadas UTM – 384863 O, 3090720 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – solo com padrão na superfície de crioplaneação sob carpete de *Sanionia* e *Prasiola crispa*.

Elevação – 22 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Extremamente pedregosa

Rochosidade – Rochosa

Relevo Local – Plano

Relevo Regional – Plano

Erosão – Não aparente

Drenagem – Mal drenado

Profundidade do Permafrost – 50 cm

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

EXTERIOR

Ajj1 0 – 6 cm; franco-argilo-arenosa muito cascalhenta; transição ondulada e clara; 4.8 °C.

Ajj2 23 – 41 cm; franco-arenosa; fraca média granular; transição ondulada e clara; 2.4 °C.

BORDA

Ajj1 6/8 – 45 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; fraca pequena blocos subangulares; transição ondulada e clara; 2.8 °C.

Ajj2 45 – 52 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; moderada média granular; transição ondulada e clara; 1.4 °C.

Bifjj >52 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; fraca média blocos subangulares; sem consistência; transição ondulada e clara; 1 °C.

CENTRO

Ajj 0 – 6 cm; franco-argilo-arenosa muito cascalhenta; moderada pequena média blocos subangulares; sem consistência; transição ondulada e clara; 5.2 °C.

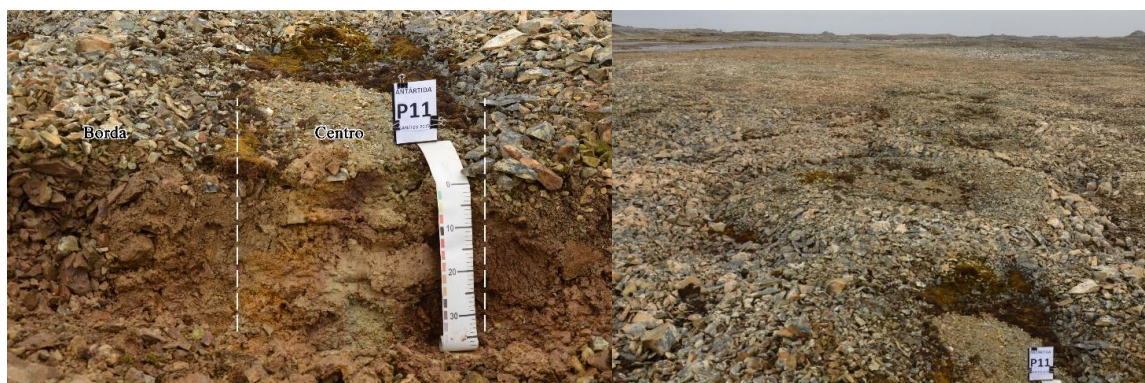
ABjj 6 – 21 cm; franco-argilo-arenosa cascalhenta; moderada pequena média blocos subangulares; sem consistência; transição ondulada e clara; 3 °C.

Bijj 25 – 53 cm; franco-argilo-arenosa; moderada pequena média blocos subangulares; sem consistência; transição ondulada e clara; 0.8 °C.

BCfjj 53 – 77 cm; franca cascalhenta; fraca pequena média blocos subangulares; sem consistência; transição ondulada e clara; 0.4 °C.

Observações – Local de pinguineira inativa próximo a pinguineira atualmente ativa. Horizontes da parte central muito úmidos. Presença de colêmbola. Foi encontrada água nos horizontes externos a 43 cm, nos de borda em 51 cm e nos de centro em 53 cm. Temperatura do ar 4.3 °C.

PERFIL 11



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 17/1/2019

Classificação World Reference Base – Borda: Skeletic Turbic Cryosol (Dystric, Humic); Centro: Reductaquic Turbic Cryosol (Dystric)

Classificação Soil Taxonomy – Borda: Aquic Haploturbel; Centro: Typic Aquiturbel

Coordenadas UTM – 385476 O, 3090691 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – solo com padrão na plataforma de crioplaneação moderadamente vegetado com *Polytrichastrum alpinum*.

Elevação – 45 m

Litologia – Tufo vulcânico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Muito pedregosa

Rochosidade – Extremamente rochosa

Relevo Local – Plano

Relevo Regional – Plano

Erosão – Moderada

Drenagem – Mal drenado

Profundidade do Permafrost – 35 - 50 cm

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

BORDA

ACjj 0 – 20 cm; Cor (x, úmido ou seco); franco-argilo-arenosa; 2.2 °C.

Cgjj 20 – 40 cm; Cor (x, úmido ou seco); franco-arenosa; 0.7 °C.

CENTRO

ACjj1 0 – 10 cm; franco-argilo-arenosa; fraca média laminar; transição irregular e clara; 3.6 °C.

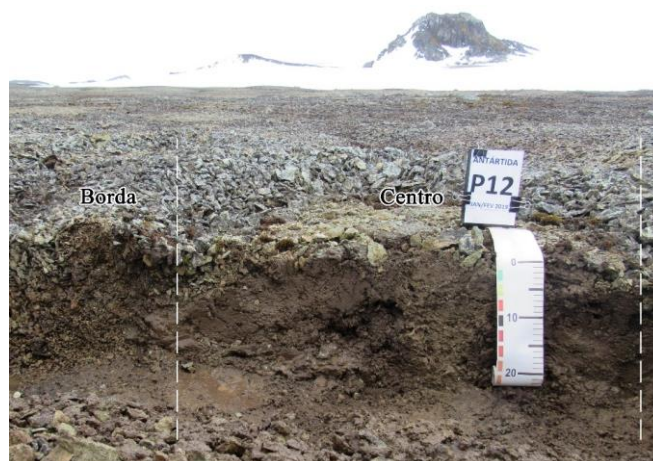
ACjj2 10 – 20 cm; franco-argilo-arenosa; fraca média blocos subangulares; transição irregular e clara; 1.6 °C.

ACjj2/Cgjj 10 - 40 cm; franco-argilosa; transição irregular e abrupta; 0.7 °C.

Cgjj 20 – 50 cm; franco-argilo-arenosa; fraca média blocos subangulares; 0.8 °C.

Observações – Horizontes pouco verticalizados – maior desenvolvimento lateral. Na borda, o *permafrost* estava a 31 cm de profundidade e no centro a 50 cm. O *permafrost* estava degradando após chuva forte. Temperatura do ar 4.3 °C.

PERFIL 12



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 20/1/2019

Classificação World Reference Base – Borda: Hyperskeletic Turbic Cryosol (Eutric, Humic); Centro: Turbic Cryosol (Eutric, Humic)

Classificação Soil Taxonomy – Borda e Centro: Typic Haploturbel

Coordenadas UTM – 385603 O, 3090596 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – área de solo com padrão na superfície de crioplanção, apresentando líquens e tufo de *Sanionia uncinata* e *S. georgiocouninata*.

Elevação – 37 m

Litologia – Tufo vulcânico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Extremamente pedregosa

Rochosidade – Ligeiramente rochosa

Relevo Local – Plano

Relevo Regional – Plano

Erosão – Não aparente

Drenagem – Mal drenado

Profundidade do Permafrost – 30 - 50 cm

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

BORDA

OAjj 0 - 30 cm; franco-arenosa; 3,5 °C (10 cm) e 1,6 °C (20 cm)

CENTRO

Cgjj 0 - 25 cm; franca; ondulada e clara; 3,6° (10 cm) e 1,2° C (20 cm).

ACjj 0 - 25 cm; franco-arenosa; ondulada e clara; 4 °C (10 cm) e 1,8 °C (20 cm)

BCjj 0 - 25 cm; franca; 3,8 °C (10 cm) e 1,6 °C (20 cm)

OBSERVAÇÕES – Área intermediária da plataforma de crioturbação com solos poligonais. Horizontes pouco verticalizados – maior desenvolvimento lateral. Não foi possível descrever a estrutura, pois o solo encontrava-se molhado. Temperatura do ar 3.7 °C.

PERFIL 13



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 21/1/2019

Classificação World Reference Base – Eutric Arenosol (Humic)

Classificação Soil Taxonomy – Typic Cryopsamment

Coordenadas UTM – 385603 O, 3090596 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – 2º nível de terraço marinho sob campo de *Sanionia uncinata* e algumas *S. giorgicouncinata*.

Elevação – 6 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Extremamente pedregosa

Rochosidade – Rochosa

Relevo Local – Plano

Relevo Regional – Plano

Erosão – Não aparente

Drenagem – Bem drenado

Profundidade do Permafrost – Aparentemente não tem

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 4 cm; franca; transição ondulada e abrupta; 5,3 °C.

AC 4 – 70 cm; areia; 4,6 °C (10 cm) e 3,8 °C (40 cm).

OBSERVAÇÕES – Aparentemente sem influência ornitogênica. Sedimentos marinhos e fluvioglaciais. Terraço seccionado por canal de degelo e localizado próximo a stacks. Presença de algas vermelhas em AC. Temperatura do ar 6,7 °C.

PERFIL 14



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 21/1/2019

Classificação World Reference Base – Dystric Skeletic Regosol (Arenic, Humic, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Gelorthent

Coordenadas UTM – 384956 O, 3091645 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – 2º nível de terraço marinho soerguido sob campo de *Saniona uncinata*, associada à *Prasiola crispa*

Elevação – 6 m

Litologia – Basalto e basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Extremamente pedregosa

Rochosidade – Extremamente rochosa

Relevo Local – Plano

Relevo Regional – Suave ondulado

Erosão – Não aparente

Drenagem – Moderadamente drenado

Profundidade do Permafrost – Aparentemente não tem

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

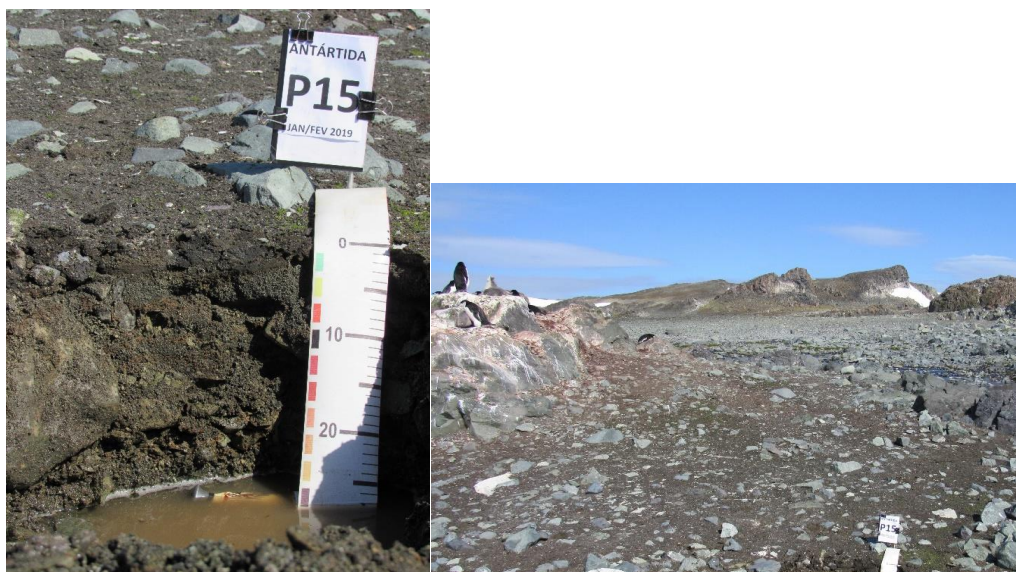
A 0 – 7 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; fraca pequena/média e blocos subangulares e fraca pequena granular; transição plana e clara; 7.4 °C.

C1 7 – 33 cm; areia-franca muito cascalhenta; transição plana e clara; 3.8 °C.

C2 33 – 47 cm; franco-argilo-arenosa muito cascalhenta; fraca pequena/média blocos subangulares e moderada média granular; transição plana e clara; 3.6 °C.

Observações – perfil com influência atual de *Pygoscelis antarctica* nas proximidades. Mistura de seixos e fragmentos angulosos. Temperatura do ar 5,6 °C.

PERFIL 15



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 21/1/2019

Classificação World Reference Base – Eutric Skelectic Stagnic Regosol (Arenic, Humic, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Gelaquent

Coordenadas UTM – 384810 O, 3091678 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – 1º nível de terraço marinho apresentando majoritariamente *Prasiola crispa*.

Elevação – 2 m

Litologia – Basalto e basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Muito pedregosa

Rochosidade – Rochosa

Relevo Local – Plano

Relevo Regional – Suave ondulado

Erosão – Ligeira

Drenagem – Mal drenado

Profundidade do Permafrost – Aparentemente não tem

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

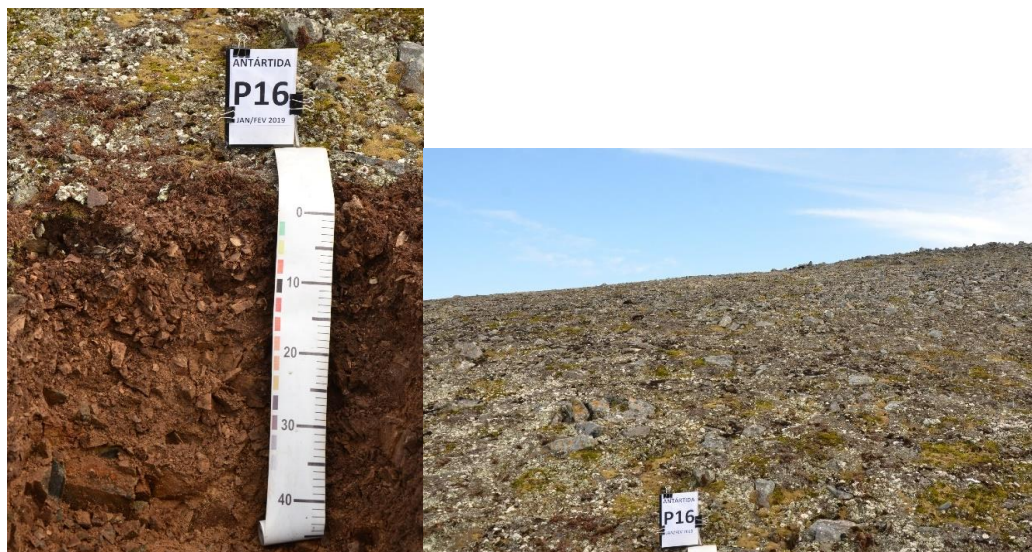
O 0 - 2 cm; franco-arenosa cascalhenta; transição plana e clara; 12.6 °C

AC 2 - 19 cm; areia franca cascalhenta; transição placa e clara; 7.6 °C.

C 19 - 30cm; areia; transição plana e clara; 3.5 °C.

OBSERVAÇÕES – área de pinguineira ativa. Fragmentos angulosos de afloramentos rochosos próximos e poucos seixos. Lençol freático a 25 cm. Ossos degradados de baleia próximos ao perfil. Próximo de canal de degelo. Temperatura do ar 5,8 °C.

PERFIL 16



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 21/1/2019

Classificação World Reference Base – Dystric Skelectic Regosol (Loamic, Humic)

Classificação Soil Taxonomy – Typic Gelorthent

Coordenadas UTM – 384875 O, 3091425 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – encosta de detritos sob campo de tufos de *Polytrichastrum alpinum* e *Andreaea gainii* e líquens muscícolas.

Elevação – 27 m

Litologia – Basalto e basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Extremamente pedregosa

Rochosidade – Rochosa

Relevo Local – Plano

Relevo Regional – Forte ondulado

Erosão – Não aparente

Drenagem – Bem drenado

Profundidade do Permafrost – Aparentemente não tem

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

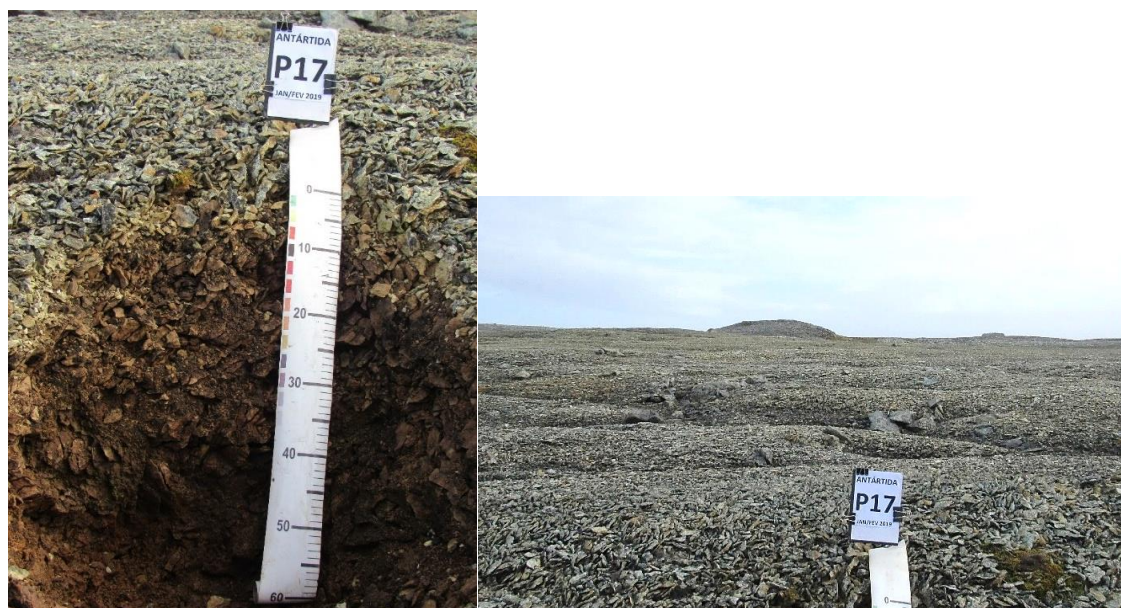
O 0 – 7 cm; franco arenosa muito cascalhenta; transição ondulada e clara; 5.7 °C.

AC 7 – 21 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; moderada pequena/média blocos subangulares; transição ondulada e clara; 2.8 °C.

C 21 – 50 cm; franco-arenosa muito cascalhenta 2.6 °C.

OBSERVAÇÕES – encosta voltada para o oceano. A partir de 50 cm de profundidade foram encontrados matacões grandes. Apresenta fragmentos angulosos. Aparentemente, sem influência ornitogênica. Temperatura do ar 6,2 °C.

PERFIL 17



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 21/1/2019

Classificação World Reference Base – Hyperskeletic Turbic Cryosol (Dystric, Loamic)

Classificação Soil Taxonomy – Typic Haploturbel

Coordenadas UTM – 384578 O, 3090837 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – área de solo estriado em área paraglacial próxima à geleira apresentando pequenos tufo de *Sanionia uncinata*, *Polytrichastrum alpinum* e líquens.

Elevação – 40 m

Litologia – Tufo vulcânico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Extremamente pedregosa

Rochosidade – Não rochosa

Relevo Local – Suave ondulado

Relevo Regional – Suave ondulado

Erosão – Não aparente

Drenagem – Bem drenado

Profundidade do Permafrost – Aparentemente não tem

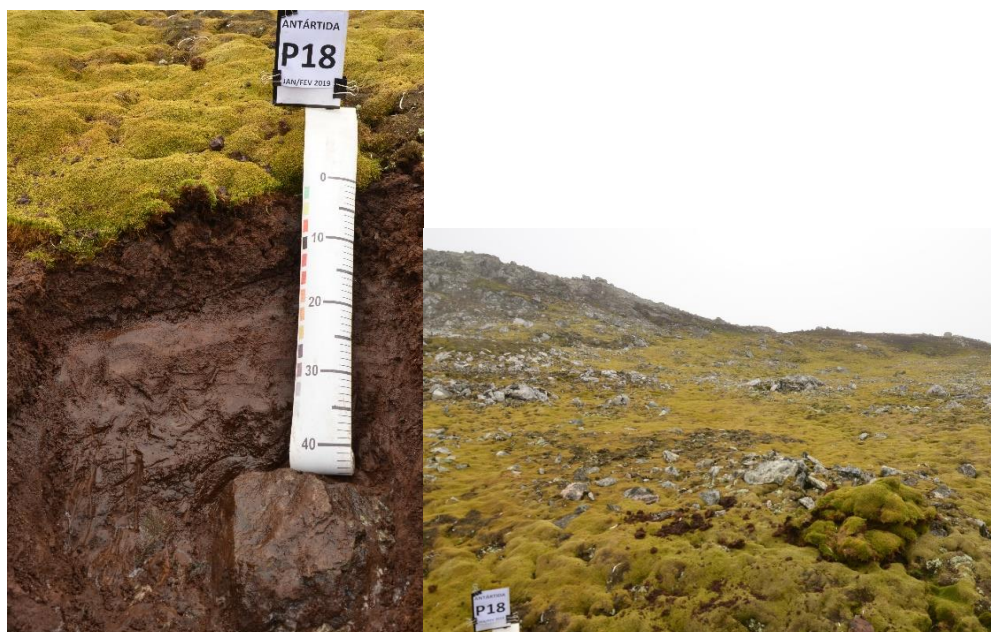
Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

A 0 – 42 cm; franco arenosa muito cascalhenta; fraca média granular; transição ondulada e gradual; 3.6 °C.

AC 42– 60+ cm; franco arenosa cascalhenta; grão simples; transição ondulada e gradual; 1.8 °C.

OBSERVAÇÕES – localizado a 100 m da geleira. Solos estriados cortados pela drenagem do degelo da geleira. Vegetação esparsa concentrada nos vales entre as estrias. Temperatura do ar 6,4 °C.

PERFIL 18



DESCRIÇÃO GERAL

Data – 22/1/2019

Classificação World Reference Base – Histic Leptic Cryosol (Dystric, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Fibristel

Coordenadas UTM – 384032 O, 3090877 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – encosta de detritos de afloramento rochoso em plataforma de crioplanção sob campo de *Sanionia uncinata* e *Sanionia georgicouncinata*.

Elevação – 39 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Moderadamente pedregosa

Rochosidade – Muito rochosa

Relevo Local – Ondulado

Relevo Regional – Ondulado

Erosão – Forte

Drenagem – Mal drenado

Profundidade do Permafrost – 20 cm

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O1 0 – 12/20 cm; franco-argilo-arenosa; transição ondulada e clara; 0.8 °C.

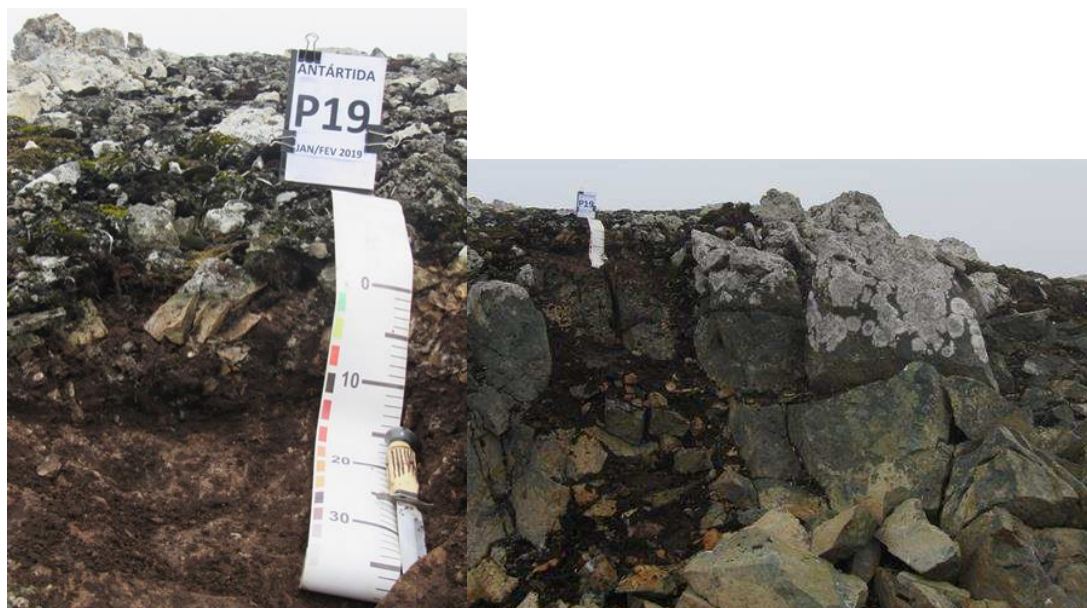
Of2 12/20 – 22 cm; transição ondulada e clara; 0 °C.

Of3 22 – 28 cm; franca; transição ondulada e difusa; 0.4 °C.

Bif – 28 – 40/55 cm; franco-argilosa; 0.2 °C

OBSERVAÇÕES – afloramento rochoso com ninhal ativo de petrel. Cabeceira de ninho de nivação próximo à pinguineira ativa de Papua. Superfície de fricção em Bi. Antiga zona de nidificação ou transição de pinguins. Não foi analisada a estrutura porque estavam congelados. Temperatura do ar 4,2 ° C.

PERFIL 19



Data – 22/1/2019

Classificação World Reference Base – Dystric Skeletic Leptosol (Humic, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Gelorthent

Coordenadas UTM – 384032 O, 3090877 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – terço superior de afloramentos rochosos, apresentando basicamente tufos de *Andreaea depressnervis* e *Andreaea gainii*, associados com muitos líquens muscícolas.

Elevação – 39 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Extremamente pedregosa

Rochosidade – Moderadamente rochosa

Relevo Local – Ondulado

Relevo Regional – Ondulado

Erosão – Forte

Drenagem – Bem drenado

Profundidade do *Permafrost* – Aparentemente sem *permafrost*

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 15 cm; franco-argilo-arenosa cascalhenta; fraca média blocos subangulares e forte média granular; transição irregular e abrupta; 5.2 °C.

OBSERVAÇÕES – Afloramento próximo à canal de degelo. Antigo ninhal de *Larus* com nacela liquenizada. Penetração de fosfato nas fraturas. Temperatura do ar 6,4 °C.

PERFIL 20



Data – 22/1/2019

Classificação World Reference Base – Leptic Follic Regosol (Loamic, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Gelorthent

Coordenadas UTM – 385056 O, 3090890 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – terço médio de afloramento rochoso apresentando *Prasiola crispa* subindo a encosta, *Sanionia georgiocouncinata* nas partes mais úmidas e *Sanionia uncinata* nas mais secas.

Elevação – 43 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Moderadamente pedregosa

Rochosidade – Moderadamente rochosa

Relevo Local – Ondulado

Relevo Regional – Ondulado

Erosão – Moderada

Drenagem – Moderadamente drenado

Profundidade do Permafrost – Aparentemente sem *permafrost*

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O1 0 – 10 cm; transição ondulada e clara; 5.3 °C.

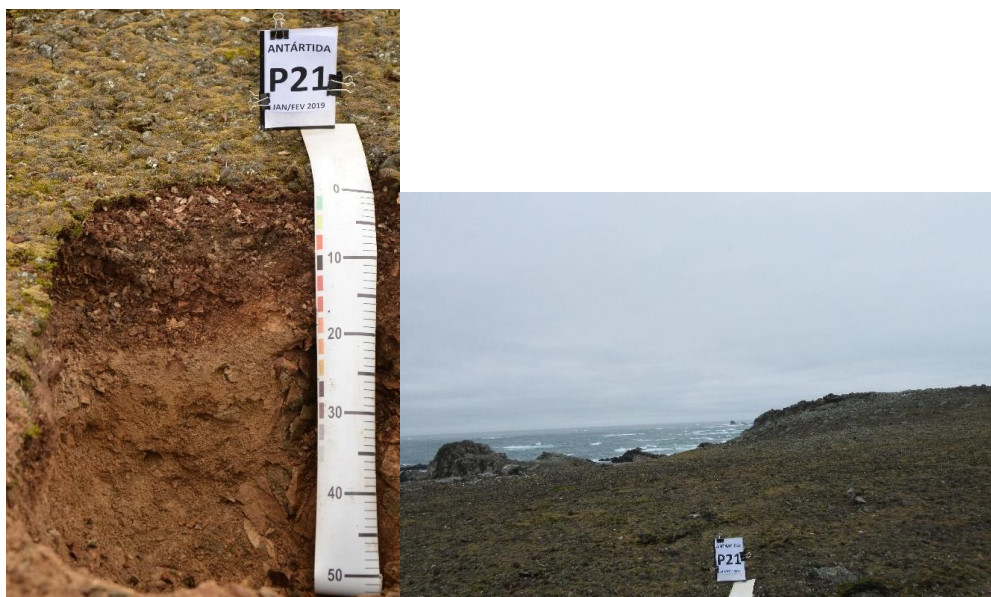
O2 10 – 20 cm; transição ondulada e clara; 4.3 °C

A 20 – 25 cm; franca; moderada média granular; transição ondulada e abrupta; 3.3 °C.

Bi 25 – 30 cm; franco-arenosa; moderada média granular; 1.9 °C.

Observações – toda a área era ninhal de petrel, presença de guano antigo e novo. Presença de pedriscos a 20 cm, acima de Bi. Fosfatização in situ. Temperatura do ar 3,4 °C.

PERFIL 21



Data – 23/1/2019

Classificação World Reference Base – Dystric Skeletic Cambisol (Loamic, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Humigelept

Coordenadas UTM – 385056 O, 3090890 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – topo de afloramento rochoso sob carpete predominante de *Sanionia uncinata*.

Elevação – 28 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Moderadamente pedregosa

Rochosidade – Moderadamente rochosa

Relevo Local – Suave ondulado

Relevo Regional – Ondulado

Erosão – Não aparente

Drenagem – Bem drenado

Profundidade do *Permafrost* – Aparentemente sem *permafrost*

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O 0 – 3 cm; franco-argilo-arenosa muito cascalhenta; transição ondulada e clara; 5.3 °C.

A 3 – 6 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; fraca pequena/média blocos subangulares; transição ondulada e clara; 5.8 °C.

AB 6 – 16 cm; franca muito cascalhenta; fraca pequena/média blocos subangulares; transição ondulada e clara; 4.5 °C

Bi 16 – 55 + cm; franco-argilo-arenosa muito cascalhenta; fraca pequena granular; transição ondulada e clara.

Observações – presença de vegetação e antigo guano de pinguim. Atualmente, há ninhais de petreus gigantes próximos, porém o aporte de guano é improvável. Local próximo à área de drenagem de degelo da geleira, onde há erosão. No local (mais plano) não ocorre erosão. Temperatura do ar 5,5° C.

PERFIL 22



Data – 23/1/2019

Classificação World Reference Base – Dystric Skelectic Regosols (Loamic, Humic, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Gelorthent

Coordenadas UTM – 384744 O, 3091283 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – topo de colina apresentando predominantemente *Prasiola crista*.

Elevação – 23 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Muito pedregosa

Rochosidade – Ligeiramente rochosa

Relevo Local – Plano

Relevo Regional – Ondulado

Erosão – Ligeira

Drenagem – Moderadamente drenado

Profundidade do *Permafrost* – Aparentemente sem *permafrost*

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

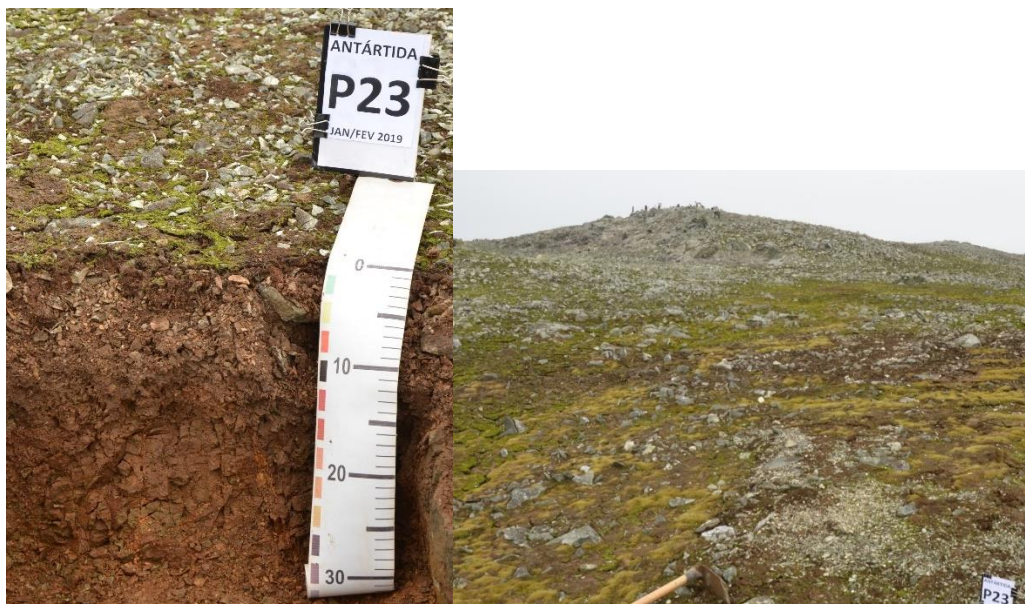
O 0 – 3 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; transição ondulada e clara; 8.7 °C.

A 3 – 6 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; fraca pequena blocos subangulares; transição ondulada e clara; 7.7 °C.

CR 6 – 40 + cm; franca muito cascalhenta; 5.4 °C.

Observações – Pinguineira ativa. CR representa rocha toda alterada. Veio de fosfato visível em antiga fratura, que inicia em 7 cm até 40 + cortando o perfil e tem 5 cm de espessura. Localiza-se a 4 m de distância de pinguineira. Erosão no entorno é forte. Temperatura do ar 6,2° C. Temperatura do veio de fosfato 5,5°C.

PERFIL 23



Data – 23/1/2019

Classificação World Reference Base – Dystric Skelectic Cambisol (Humic, Ornithic)

Classificação Soil Taxonomy – “Ornithogenic” Humigelept

Coordenadas UTM – 384914 O, 3091176 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – cela de colinas sob campo de *Sanionia uncinata*, *S. georgicouncinata*, *Polytrichastrum alpinum* e *Prasiola crispa* intercalada.

Elevação – 34 m

Litologia – Basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Extremamente pedregosa

Rochosidade – Rochosa

Relevo Local – Suave ondulada

Relevo Regional – Ondulado

Erosão – Não aparente

Drenagem – Moderadamente drenado

Profundidade do *Permafrost* – Aparentemente sem *permafrost*

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 5 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; fraca pequena granular; transição ondulada e clara; 7.7 °C.

AB 5 – 16 cm; franco-argilo-arenosa muito cascalhenta; transição ondulada e clara; 6.1 °C.

Bi 16 – 30 cm; franco-argilo-arenosa cascalhenta; transição irregular e abrupta; 3.6 °C.

CR 30 + cm; 4.2 °C.

OBSERVAÇÕES – apresenta atividade pretérita de pinguineira. Ambiente recortado por vales - erosão intensa no entorno. Pinguineira ativa de Papua a 20 m. Fragmentos de rocha angulares no entorno. Temperatura do ar 7,8° C.

PERFIL 24



Data – 23/1/2019

Classificação World Reference Base – Skeletic Stagnic Regosol (Gelistagnic, Humic)

Classificação Soil Taxonomy – Typic Gelaquent

Coordenadas UTM – 385023 O, 3090960 S, Zona 21

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – área de acúmulo de água sob campo de *Sanionia georgiocouncinata* associada com *Warnstorfia fontinaliopsis*, *Warnstorfia sarmentosa*, um pouco de *Sanionia uncinata* e cianobactéria nas partes com água.

Elevação – 35 m

Litologia – Tufo vulcânico e basalto andesítico

Cronologia – Cretáceo Superior-Terciário Inferior

Material Originário – Produto de alteração da rocha supracitada

Pedregosidade – Extremamente pedregosa

Rochosidade – Ligeiramente rochosa

Relevo Local – Plano

Relevo Regional – Plano

Erosão – Não aparente

Drenagem – Muito mal drenado

Profundidade do Permafrost – Aparentemente sem *permafrost*

Descrito e coletado por – Carlos E. G. R. Schaefer, Guilherme R. Corrêa e Iorrana F. Sacramento

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

C 0 – 7 cm; franco-arenosa muito cascalhenta; transição plana e abrupta; 5.1 °C.

OBSERVAÇÕES – Ambiente de drenagem fechada. Lençol freático bem raso. Temperatura do ar 5,3 °C.