

LUCAS MARINHO POEIRAS

VEGETAÇÃO E AMBIENTES EM LIONS RUMP E HOPE BAY,
ANTÁRTICA MARÍTIMA

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

LUCAS MARINHO POEIRAS

VEGETAÇÃO E AMBIENTES EM LIONS RUMP E HOPE BAY,
ANTÁRTICA MARÍTIMA

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

APROVADA: 27 de agosto de 2010

Andreza Viana Neri
(Co-Orientadora)

Antônio Batista Pereira

Amílcar Walter Saporetto Júnior

Felipe Nogueira Bello Simas

Carlos Ernesto G. R. Schaefer
(Orientador)

“A natureza reservou para si tanta liberdade que não a podemos nunca penetrar completamente com o nosso saber e a nossa ciência.”

Goethe

Aos meus pais, por ter me concedido à graça da vida e pelo apoio incondicional ao longo da minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais, pelos conselhos, apoio, carinho, amizade, confiança, criação, educação, por sempre estarem presente e todos os outros esforços que fizeram de mim a pessoa que eu sou hoje.

À Universidade Federal de Viçosa pela formação e completo suporte para a realização desse trabalho.

Ao professor Carlos Ernesto G. R. Schaefer, pela orientação, confiança, amizade e acima de tudo, pela oportunidade magnífica de participar do projeto Criossolos. Pela referência como profissional e como pessoa.

À Petrobrás, pela concessão da Bolsa.

À Marinha do Brasil, ao Ministério do Meio Ambiente e ao CNPq pelo apoio durante a Operação Antártica Brasileira (OPERANTAR) numero XXVII.

Ao professor Antônio Batista Pereira, pela co-orientação, ajuda nos trabalhos de campo da Antártica e pelos momentos de descontração nos acampamentos de Hope Bay e Lions Rump.

Aos pesquisadores Thiago Torres C. Pereira, Ivan C. Carreiro Almeida e Roberto F. Machado Michel, pelos conselhos e ajuda considerável em todas as etapas desse trabalho.

Aos amigos Reinaldo e Gustavo pela contribuição dada na confecção e apresentação desse trabalho.

Aos amigos Celso e Zé do Carmo, pela amizade no herbário VIC da UFV.

À Claudinha, pelo carinho e atenção, e por estar sempre disposta a ajudar.

Aos companheiros de acampamento Adriano Spielmann, Débora Machado, Bruno Mendonça, Márcio Francelino, Pedro Adnet, pela amizade e ajuda nos trabalhos de campo.

À tripulação do navio NapOc Ary Rongel da OPERANTAR XXI, pelo companheirismo e pelo suporte logístico dos acampamentos.

A todos da Base militar Argentina “Esperanza” em Hope Bay, por ter nos acolhido e suporte dado à pesquisa de campo.

A todos os amigos que participaram comigo durante essa jornada.

ÍNDICE

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Comunidades das áreas de degelo.....	2
2.2 Regiões fitogeográficas.....	3
2.3 Colonização, Sucessão e Desenvolvimento das Comunidades.....	4
2.4 A vegetação da Antártica e as mudanças climáticas.....	6
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	10
RESUMO	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1 Área de estudo.....	15
2.2 Levantamento e análise da vegetação	16
2.3 Variáveis pedológicas	17
2.4 Correlação entre variáveis pedológicas e a cobertura da vegetação	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1 Comunidades vegetais, valor de cobertura e similaridade.....	18
3.2 Solos das comunidades estudadas.....	31
3.3 Variáveis pedológicas e vegetação	37
4. CONCLUSÕES	44
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
RESUMO	48
1. INTRODUÇÃO	49
2. MATERIAL E MÉTODOS	50
2.1 Área de estudo.....	50
2.2 Mapeamento das comunidades vegetais	51
2.3 Levantamento florístico e caracterização das comunidades	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
3.1 Mapeamento e descrição das comunidades vegetais	52
3.1.1 Comunidade de Prasiola e Mastodia.....	54
3.1.2 Comunidade de Caloplaca e Acarospora	56
3.1.3 Comunidade de líquens e musgos.....	56
3.1.4 Comunidade de líquens crustosos e foliosos.....	59
3.1.5 Comunidades de líquens foliosos e musgos almofada.....	59
3.1.6 Comunidade de líquens crustosos e musgos almofadas.....	59
3.1.7 Comunidade de líquens fruticosos e crustosos	60
3.1.8 Comunidade de líquens crustosos	60
3.1.9 Comunidade de líquens, musgos almofada e musgos carpetes.....	61
3.1.10 Comunidade de Acarospora.....	61
3.1.11 Comunidade de líquens crustosos, musgos almofadas e musgos carpetes.....	61
3.2 A vegetação de Hope Bay e os aspectos ambientais.....	65
4. CONCLUSÃO	69
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

RESUMO

POEIRAS, Lucas Marinho, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto 2010. **Vegetação e ambientes em Lions Rump e Hope Bay, Antártica Marítima.** Orientador: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer. Co-orientadores: Andreza Viana Neri e Flávia Maria da Silva Carmo.

Embora inúmeras coleções de plantas e observações pontuais sobre a distribuição da vegetação ao longo do Continente Antártico têm sido feitas desde o final do século XIX, pesquisas botânicas com ênfase nas relações ecológicas têm sido relativamente limitadas. O presente trabalho, enfocou estudos ecológicos em duas importantes áreas livres de gelo segundo um gradiente climático, e foi dividido em dois capítulos. No primeiro capítulo objetivou-se estudar a estrutura das distintas comunidades vegetais correlacionando-as aos aspectos ambientais, especificamente pedológicos, da região sudeste da Ilha Rei George, conhecida como Lions Rump. Para isso, procedeu-se a abertura de perfis de solos em cada uma das 9 comunidades estudadas. Também foram levantadas a composição e cobertura da vegetação pela implantação de 30 parcelas de 25X25 cm nas respectivas comunidades. A Análise de Correspondência Canônica (CCA) foi utilizada para verificar o papel dos atributos dos solos sobre a distribuição das comunidades amostradas. Três diferentes fitofisionomias foram reconhecidas a partir da análise fitossociológica, as quais, através da CCA, apresentaram relações distintas com os solos associados. Os resultados demonstraram que a vegetação de Lions Rump distribui-se em Comunidades de *Usnea* associados a solos e substratos de pH básico em áreas de maior elevação, e comunidades de *Deschampsia* das áreas litorâneas, associadas com teor e saturação por Sódio relativamente maior. A comunidade de musgos dominada por *Sanionia uncinata* formou um grupo distinto, estando relacionada a outros parâmetros ambientais, como maior umidade, não quantificados no presente trabalho. O segundo capítulo teve como objetivo estudar a composição florística das comunidades vegetais encontradas na região da Península Antártica, observando os aspectos ambientais relacionados e mapeando as áreas de ocorrência. A

amostragem consistiu de 146 amostras aleatórias em 15 pontos de coleta de Hope Bay. Assim foram observados dois fragmentos formados por *Usnea antarctica*, cinco fragmentos contendo *Umbilicaria decussata*, uma comunidade de *Caloplaca sublobulata*, duas grandes comunidades formada principalmente por *Rhizoplaca aspidophora* e *Acarospora macrocyclos*, três pequenas formações de *Caloplaca sublobulata*, dois fragmentos dominados por *Rhizoplaca aspidophora* e um formado por apenas *Acarospora macrocyclos*. As principais espécies de musgos observadas foram *Polytrichum strictum*, *Syntrichia princeps* e *Ceratodon grossiretis*, e os mesmos ocorrem em duas ou mais comunidades. As comunidades de *Prasiola crispa* ocorrem preferencialmente ao redor das muitas pinguineiras formadas por populações de pinguins Adeliae (*Pygoscelis adeliae*). A afinidade dessa comunidade com elevadas concentrações de nutrientes, principalmente nitrogênio, explica a ocorrência dessas comunidades próximas as pinguineiras, assim como as comunidades de líquens ornitocoprofilos como *Caloplaca* e *Acarospora*. As demais comunidades ocorrem em áreas distantes das anteriores, onde fatores como a disponibilidade de água e exposição à radiação solar exercem maior influência sobre a distribuição das mesmas.

ABSTRACT

POEIRAS, Lucas Marinho, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, august 2010.
Vegetation and environments in Lions Rump e Hope Bay, Maritime Antarctic.
Adviser: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer. Co-Advisers: Andreza Viana Neri and Flávia Maria da Silva Carmo.

Although numerous plant collections and specific observations on the distribution of vegetation along the Antarctic continent have been made since the late nineteenth century, botanical research with emphasis on ecological relationships have been relatively limited. The present study focused on ecological studies in two important ice-free areas along a climatic gradient, and was divided into two chapters. The first chapter aimed to study the structure of different plant communities as correlated to environmental aspects, particularly soil, in a place at the southeast of King George Island called Lions Rump. For this, we proceeded opening of soil profiles in each of the nine communities studied. We also evaluated the composition and vegetation cover using 30 plots of 25X25 cm for each community. The Canonical Correspondence Analysis (CCA) was used to verify the role of soil attributes on the distribution of the sampled communities. Three different vegetation types were recognized from the phytosociological analysis, which, through the CCA, showed distinct relationships with associated soils. The results showed that the vegetation of Lions Rump is distributed in *Usnea* communities associated with soil on basic substrates and areas of higher elevation, while *Deschampsia* community are on coastal areas with relatively higher sodium saturation. The community dominated by mosses *Sanionia uncinata* formed a distinct group, being related to other environmental parameters, such as increased moisture, not quantified in this study. The second chapter studied the floristic composition of plant communities found in the region of the Antarctic Peninsula, illustrating the environmental aspects and mapping the areas of occurrence. The sample consisted of 146 random samples in 15 sampling points in Hope Bay, allowing the identification of two fragments formed by *Usnea antarctica*, five fragments containing *Umbilicaria decussata*, a community of *Caloplaca subglobulata*,

two large communities formed mainly by *Rhizoplaca aspidophora* and *Acarospora macrocyclos*, three small formations of *Caloplaca sublobulata*, two fragments dominated by *Rhizoplaca aspidophora* and comprised only *Acarospora macrocyclos*. The main species of mosses *Polytrichum strictum* were observed, and *Ceratodon grossiretis*, *Syntrichia princeps*, and they occur in two or more communities. Communities of *Prasiola crispa* occur preferentially around penguin nesting area formed by Adeliae penguins (*Pygoscelis adeliae*). The affinity of this community with high concentrations of nutrients, especially nitrogen, explains the occurrence of these communities around the penguin rookery, and the ornitocoprophilic lichen communities of *Caloplaca* and *Acarospora*. The other communities occur in areas distant from the previous one, where factors such as water availability and solar exposure exert more influence on the distribution.

1. INTRODUÇÃO

A Antártica é o quinto maior continente do mundo, totalizando uma área de 14 milhões de Km², compreendida abaixo do paralelo 60° e circundada pelo oceano austral (CAMPBELL & CLARIDGE 1987; SCHAEFER *et al.* 2004). Suas terras são, em sua maioria, cobertas por gelo, correspondente a aproximadamente 90% da água em estado sólido do planeta (ANISIMOV *et al.* 2007).

Neste sentido, o continente Antártico apresenta um papel fundamental no clima mundial, bem como na dinâmica dos oceanos e da atmosfera (CAMPBELL & CLARIDGE 1987). Além disso, a Antártica se destaca por reunir condições únicas para a pesquisa ambiental e monitoramento das condições climáticas globais, no caso uma baixa modificação antrópica de seus ecossistemas, mesmo tendo sofrido perturbações pretéritas, como a caça de baleias e pesca comercial.

Diante deste cenário, o governo brasileiro ratificou o Tratado da Antártica e assumiu compromissos internacionais que implicam no dever de realizar pesquisas científicas e de preservar o meio ambiente Antártico como um todo (VIEIRA 2006). Para cumprir com esse compromisso, foi induzida uma proposta de trabalho integrada entre diferentes grupos de trabalho. Assim, diversos projetos têm sido conduzidos no continente com intuito de se produzir conhecimento científico sobre seus diferentes ecossistemas.

O presente trabalho é parte integrante do Projeto do Ano Polar Internacional dedicado aos estudos de solos e ecologia Antártica, e teve como principal objetivo analisar as comunidades vegetais em duas áreas distintas da Antártica, Hope Bay e Lions Rump, formando um gradiente climático seco/frio para mais úmido/quente, respectivamente. De forma específica, o presente trabalho buscou descrever as espécies que compõem estes grupos, bem como compreender a influência de diferentes características pedológicas na estrutura e distribuição espacial de plantas. Em vista da carência de estudos específicas nestas duas áreas da Antártica Marítima, o presente estudo reúne subsídios e dados que podem contribuir para a preservação dos ecossistemas e monitoramento ambiental no continente Antártico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Comunidades das áreas de degelo

A vegetação terrestre da Antártica compreende cinco grandes grupos de organismos: (1) as plantas com sementes e flores (fanerógamas), (2) as briófitas, (3) líquens, (4) algas e (5) cianobactérias (LONGTON 1967; REDON 1985; LEWIS-SMITH & GIMINGHAM 1976). Em sentido estrito, líquens e cianobactérias não estão incluídos no reino vegetal, apesar de serem comumente citados nos trabalhos como produtores primários da Antártica e integrantes das comunidades vegetais terrestres. Neste sentido, parte-se de um conceito funcional de comunidades vegetais englobando, portanto todos os grupos acima citados.

As comunidades vegetais desses locais ocupam predominantemente alguns habitats restritos as zonas costeiras, os quais não estão cobertos pela neve no verão. Estas compõem um mosaico de unidades de pequena extensão, limitadas entre si por zonas desprovidas de vegetação, formando uma tundra aberta (CANÁDAS 2003). O padrão de distribuição das comunidades é determinado principalmente pelas condições climáticas, edáficas e pela incidência de radiação solar. Além disso, o isolamento do continente, circundado por águas marítimas, reduz a imigração de novas espécies, limitando consideravelmente a diversidade da flora Antártica.

Apesar da grande massa de terra do continente e ilhas próximas, apenas 1% de sua superfície é livre de gelo, fornecendo poucos habitats para a colonização vegetal (REDON 1985). Muitas dessas áreas estão condicionadas pelos fortes ventos, campos rochosos, solos instáveis pela ação do congelamento e descongelamento e erosão, substratos que raramente recebem água em estado líquido e zonas colonizadas por grandes populações de aves. Para o interior do continente, as condições de temperatura, umidade e radiação solar tornam-se ainda mais severas restringindo o estabelecimento de grande parte da riqueza vegetal existente na Antártica (RIFFENBURGH 2007).

Quando se comparam os pólos sul e norte, o ambiente boreal demonstra-se bem menos hostil para o crescimento da vegetação. Nestes, os verões curtos são relativamente quentes com disponibilidade hídrica bem maior, as paisagens são conectados com terras continentais ao sul facilitando o livre trânsito da flora e da fauna entre as regiões. Sua variedade biológica também é maior, com plantas diversas, mamíferos, aves, insetos, formando teias alimentares e processos ecológicos mais complexos (ANISIMOV *et al.* 2007).

A influência do clima e potencial da imigração parece determinar as diferenças de biodiversidade entre os dois pólos, sendo estas melhor exemplificadas pela distribuição vegetal. Na Antártica apenas duas espécies de plantas vasculares ocorrem, *Deschampsia antarctica* Desv. (*Poaceae*) e *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. (*Caryophyllaceae*), com ambas alcançando os 68 ° de latitude sul. Em contraste, mais de 1000 espécies existem na mesma latitude no Ártico, chegando-se a 100 espécies na terra de Peary, a 82 ° de latitude norte (RIFFENBURGH 2007).

2.2 Regiões fitogeográficas

A Antártica tem sido dividida em diversas regiões biológicas ou zonas. Um dos sistemas mais comuns utilizados para organismos terrestres baseia-se na distribuição de plantas, e em particular de fanerógamas, que respondem diretamente ao gradiente climático em vigor. Assim, a Antártica Marítima e a região que compreende o oeste da Península Antártica e grupos de ilhas ao norte (Shetland do Sul, Orkney do Sul, e as ilhas Sandwich e Bouvetøya), onde o clima mais ameno e úmido permite a ocorrência das duas espécies de plantas vasculares, *Colobanthus quitensis* e *Deschampsia antarctica*, bem como uma vasta gama de briófitas, líquens, algas e invertebrados (HOLDGATE 1964).

Na porção oriental da Península Antártica, bem como o resto do continente, as temperaturas mais frias junto às condições mais secas compõem a macro-região conhecida como Antártica continental. Nesta as plantas com flores são completamente ausentes e a diversidade de flora

resume-se a poucas espécies de líquens crustosos e algas endolíticas (sobrevivem no interior de rochas). Esta região é caracterizada por ventos intensos e médias de temperaturas em torno de -10°C no verão e -80°C no inverno, além de níveis de precipitação bem abaixo dos 45 mm por ano em muitas localidades (CAMPBELL & CLARIDGE 1987).

A zona sub-Antártica, acima do paralelo 60° de latitude, inclui as ilhas da Geórgia do Sul, Príncipe Edward, Crozet, Kerguelen, Macquarie, Heard e McDonald. A flora e a fauna dessas ilhas são bem mais ricas que o restante da Antártica, possuindo uma ampla variedade de comunidades vegetais e complexos processos ecológicos em seus ecossistemas (RIFFENBURGH 2007). Diante disso, dependendo do tamanho da ilha, o clima, a extensão das áreas livres de gelo e a distância de outras massas de terra, o número de plantas superiores varia de cerca de dez a quarenta espécies, excluindo as espécies introduzidas pelo homem. Assim como a Antártica Marítima e Continental, as ilhas Sub-Antárticas não possuem nenhum tipo de vegetação arbórea.

2.3 Colonização, Sucessão e Desenvolvimento das Comunidades

Na Antártica, o gelo é um importante reservatório de propágulos e nutrientes acumulados sobre e dentro dele. Conforme o gelo e a neve derretem nos períodos de verão, estes são depositados ao longo das margens de recuo das geleiras e linhas de drenagem (RIFFENBURGH 2007). Assim, se o substrato é razoavelmente estável, organismos colonizadores podem-se estabelecer nestes locais.

A sucessão inicia-se por microrganismos dos solos, como algas unicelulares, bactérias, cianobactérias e fungos, seguido dentro de alguns anos por algas filamentosas e briófitas (BEYER & BÖLTER 2002). As comunidades de líquens podem tornar-se visíveis a partir de uma década ou duas, embora o complexo processo de associação do componente fúngico e algas ou o desenvolvimento vegetativo de seus propágulos, já terá se iniciado discretamente muitos anos antes que essa fase seja alcançada. Na Antártica continental, as condições ambientais são tão severas que as comunidades

liquênicas podem demorar alguns séculos para se estabelecerem (CAMPBELL & CLARIDGE 1987).

Durante a sucessão microbiana e vegetal, uma crescente diversidade de invertebrados podem colonizar os solos ampliando o quantidade de matéria orgânica acumulada. Dependendo do tipo de associação com os organismos pioneiros e o tipo de habitat relacionado, esses podem controlar a natureza das associações formadas pelas espécies vegetais definindo a composição da comunidade. Quando várias comunidades relacionadas se desenvolvem diferindo apenas na abundancia das espécies componentes, é porque um determinado recurso ambiental permite uma ou outra espécie tornar-se predominante (BEYER & BÖLTER 2002). A associação das espécies dentro das comunidades define um ecossistema particular, como por exemplo: a formação vegetal de gramíneas, dominados pela espécie *D. antarctica* ou banco relvados de musgos, compostos principalmente por *Polytrichum alpestres* (LONGTON 1967).

Habitats recentemente criados resultantes da recessão do gelo são escassamente colonizadas nos estágios iniciais, mas, com o tempo, podem tornar-se amplamente cobertos pela vegetação, e, em áreas de escoamento do degelo, por tapetes de cianobactérias (RIFFENBURGH 2007). As áreas ricas em nutrientes próximas as colônias de pinguins são colonizadas pela alga terrestres *Prasiola crispa*.

Com o desenvolvimento e estabilização dos terrenos, uma variedade de comunidades formados por populações vegetais diferentes pode desenvolver-se. Assim, habitats úmidos sustentam comunidades dominadas por musgos, enquanto ecossistemas secos são tipicamente ocupados por diferentes comunidades de líquens. Uma vez que as comunidades se encontrem estabelecidas, tornam-se passíveis de sofrer modificações em sua estrutura e composição, através de eventos de perturbações afetando as suas condições de equilíbrio.

Muitas das espécies vegetais da Antártica são sensíveis a pequenas alterações no regime hidrológico, nas condições dos solos e nutrientes de seus habitats. Assim, o resultado das mudanças dos gradientes ecológicos e ambientais é refletido em uma mudança abrupta do tipo de comunidade a outra, fazendo com o que uma série de comunidades distintas seja encontrada

dentro de uma área pequena do terreno. Exemplos proeminentes na Antártica Marítima incluem a mudança fisionômica da vegetação, como exemplo, as populações de *Andreaea* spp, *Rhizocarpon* sp e *Usnea* spp. ocorrendo em terrenos rochosos, e as comunidades de *Schistidium* sp, *Syntrichia* e *Sanionia* ocorrendo sobre as áreas úmidas com solo desenvolvido.

A ocorrência e as diferenciações das comunidades são principalmente afetadas pelas condições climáticas, particularmente pela duração da cobertura de neve e vento, quantidade de água disponível e a presença de atividade animal.

2.4 A vegetação da Antártica e as mudanças climáticas

O painel intergovernamental de mudança climática (IPCC) prevê um acréscimo nas médias de temperatura da terra em cerca de 0,3°C por década. (ANISIMOV *et al.* 2007). A estimativa desse aquecimento é baseada em suposições sobre as emissões atuais e futuras de gases do efeito estufa, principalmente dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄). Em decorrência disso, as superfícies terrestres irão aquecer mais rapidamente do que os oceanos, e altas latitudes apresentarão médias de temperatura ainda mais elevadas que o resto do globo, especialmente no inverno (FRENCH 1996).

Os impactos que o acréscimo de temperatura acarretará sobre os ecossistemas da Antártica excederá a muitas outras regiões do planeta com conseqüências diretas sobre a vida terrestre. Vários parâmetros ambientais, como precipitação, radiação ultravioleta e direção de ventos, são passíveis de serem influenciados pelo aquecimento extra da atmosfera.

Diferenças pequenas nas condições climáticas podem resultar em alterações significativas no desenvolvimento e dinâmica das populações vegetais, principalmente devido ao fato dos habitats de líquens e musgos serem muito específicos e com distribuição limitada a poucas áreas. Melick e Seppelt (1997) atribuem às condições climáticas o principal fator atuante sobre os padrões de crescimento e estabelecimento da vegetação na Antártica.

As maiores concentrações dos gases de efeito estufa promovem a redução do gelo oceânico, modifica a circulação dos ventos e eleva os níveis

de umidade relativa atmosférica (KENNEDY 1995). O ar denso e frio da Antártica é incapaz de suportar um alto teor de umidade, de modo que uma duplicação dos níveis CO₂ poderá acarretar num aumento de 20 a 30% nos regimes de chuvas e/ou neve, sobretudo na porção da Antártica Marítima (CHWEDORZEWSKA 2009). Turner *et al.* (1997) observaram desde 1956 um aumento na precipitação em duas áreas ao oeste da Península Antártica nos períodos de verão.

O maior suprimento hídrico pode ser ainda mais importante do que a temperatura sobre a atividade biológica na Antártica, mesmo diferenças pequenas no teor de água dos solos tem um efeito significativo sobre a composição das comunidades vegetais (KENNEDY 1993). Muitas espécies de musgos e hepática ocorrem naturalmente em locais úmidos, de modo que se espera uma expansão dos seus habitats pela elevação da precipitação. As fanerógamas *Deschampsia antarctica* e *Colobanthus quitensis* também ocorrem em ambientes úmidos, e algumas de suas comunidades apresentam padrões de desenvolvimento mais pronunciado devido sobretudo ao incremento da temperatura e umidade da suas áreas (LEWIS-SMITH 1994).

Além disso, o aquecimento na Antártica pode favorecer o aparecimento de novas áreas livres de gelo pelo recuo esperado de geleiras e neveiros, ampliando assim os locais para o estabelecimento da vegetação (VALLADARES & SANCHOS 1995). Entretanto, esse aumento de superfície de colonização pode não ser tão útil às comunidades locais como esperado. As espécies vegetais Antárticas possuem uma taxa de crescimento e reprodução relativamente lenta, o que limita a colonização de novas áreas pelas mesmas. Adicionalmente, a diminuição da barreira climática pela melhoria do clima facilita a entrada de espécies exóticas, pelo advento de novos propágulos trazidos pelas alterações na circulação dos ventos e oceânica. A invasão por espécies exóticas já ocorrem em muitas ilhas Antárticas com impactos poucos pronunciados sobre a vegetação nativa (LONGTON 1966; LONGTON 1964; FOWBERT & SMITH 1994).

A maioria de espécies invasoras que ocorrem na Antártica são transitórias ou persistente, e não são capazes de espalhar sobre a vegetação local (CHWEDORZEWSKA 2009). No entanto, a atual mudança nas condições do clima pode alterar o status de várias dessas espécies, melhorando os seus

potenciais competitivos e ampliando o domínio sobre as comunidades existentes (KENNEDY 1995).

Levando em consideração os ecossistemas de menor latitude, pode-se ter uma idéia do efeito maléfico que as espécies imigrantes acarretam sobre a vegetação natural do ambiente. Extinção local de espécies, decaimento na abundância das populações e evolução fisionômicas das comunidades são algumas das consequências já observadas em ilhas sub-antárticas pela introdução de espécies exóticas. Na Ilha Marion, por exemplo, ao sul do continente Africano, as espécies *Agrostis stolonifera* e *Sagina apetala* excluíram as espécies endêmicas por competição, enquanto a entrada de predadores herbívoros alterou a morfologia da vegetação (KENNEDY 1995). A simplicidade dos ecossistemas da Antártida torna-os vulneráveis a essas introduções, enquanto a ausência de predadores, patógenos e táxons mais competitivos facilitam ainda mais a competição por espécies de invasoras.

Além do mais, mudanças na estrutura das comunidades são passíveis de ocorrer, tanto pela entrada de novas espécies como pela adaptação daquelas com melhor potencial de sobrevivência às novas condições.

Níveis mais elevados de radiação ultravioleta podem promover significativas alterações nos padrões das comunidades, principalmente pela exclusão de espécies mais sensíveis a radiação. As consequências biológicas do aumento da radiação ionizante sobre a vegetação incluem alterações morfogênicas, crescimento desigual, aumento da resistência estomática, diminuição nas concentrações de clorofila, lipídios e proteínas, bem como danos ao aparelho fotossintético. O grau de sensibilidade ao UV diz respeito à eficiência do mecanismo de reparo da fotossíntese de cada espécie e a existência de estratégias de combate contra moléculas reativas (TAIZ & ZEIGER 2009).

Em relação às espécies vasculares da Antártica, muitos estudos encontraram poucos efeitos sobre a taxa fotossintética dos indivíduos expostos a radiação UV, mais que o crescimento era drasticamente afetado (LUD *et al.* 2001; DAY *et al.* 2001; LEWIS-SMITH 1994). Alguns dos táxons antárticos possuem a capacidade de sintetizar pigmentos de proteção extracelular, como no caso da cianobactéria *Nostoc*, ou intracelular, como no caso *Gleocapsa* sp. . Pigmentos extracelulares agem como protetores solares filtrando a radiação

UV enquanto aqueles localizados no interior das células atuam como agentes dissipadores de energia, evitando a formação tóxica de oxigênio reativo. A relativa capacidade de sintetizar moléculas fotoprotetores pode exercer uma função estruturante na sucessão futura das comunidades da antártica frente aos aumentos a exposição à UV (KENNEDY 1995).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANISIMOV, O. A.; VAUGHAN, D. G.; CALLAGHAN, T. V.; FURGAL, C.; MARCHANT, H.; PROWSE, T. D.; VILHJÁLMSSON, N. & WALSH, J. E. 2007. *Polar regions (Arctic and Antarctic)*. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 653-685. PARRY, M.L.; CANZIANI, O.F.; PALUTIKOF, J. P.; VAN DER LINDEN, P. J. & HANSON, C. E. Cambridge University Press.
- BEYER, L. & BÖLTER, M. 2002. **Geocology of Antarctic ice-free coastal landscapes**. Springer. New York, 425p.
- CAMPBELL, I. B. & CLARIDGE, G. G. C. 1987. **Antarctica: soils, weathering processes and environment**. Elsevier Science Publishers B. V., New York. 368p.
- CHWEDORZEWSKA, K. J. 2009. Terrestrial Antarctic ecosystems in the changing world: An overview. **Polish Polar Research**. 30: 263-276.
- DAY T., RUHLAND C. & XIONG F. 2001. Influence of solar ultraviolet-B radiation on Antarctic terrestrial plants: results from a 4-year field study. **Journal of Photochemistry and Photobiology**. 62: 78–87.
- FOWBERT, J.A. AND R. SMITH, 1994: Rapid population increases in native vascular plants in the Argentine Islands, Antarctic Peninsula. **Arctic Alpine Research**. 26: 290-296.
- FRENCH, H. M. 1996. **The periglacial environment**. Addison Wesley Longman. Canada, 341p.
- HOLDGATE, M. W. 1964. *Terrestrial ecology in the Maritime Antarctic*. In *Biologie Antarctique*, pp. 181-94. Holdgate, M. W. and Prévost, J. Ed. Carrick, R. Paris: Herman.
- KENNEDY, A. D. 1993. Water as a limiting factor in the Antarctic terrestrial environment: A biogeographical synthesis. **Arctic and Alpine Research**. 25: 308-315.
- KENNEDY, A. D. 1995. Antarctic terrestrial ecosystem response to the global environmental change. **Annual Review of Ecology and Systematics**. 26: 683-704.

- LONGTON, R. E. 1967. Vegetation in the Maritime Antarctic. **Biological Sciences**, 252: 213-235.
- LEWIS-SMITH, R. I. 1994. Vascular plants as bioindicators of regional warming in Antarctica. **Oecologia**. 99: 322-328.
- LEWIS-SMITH, R. I. & GIMINGHAM, C. H. 1976. Classification of cryptogamic communities in the Maritime Antarctic. **British Antarctic Survey Bulletin**. 43: 25-47.
- LONGTON, R. E. 1964. Additions to the alien flora of South Georgia. **British Antarctic Survey Bulletin**. 5: 47-49
- LONGTON, R. E. 1966. Alien vascular plants on Deception Island, South Shetland Islands. **British Antarctic Survey Bulletin**. 9: 55-60
- LUD, D.; HUISKES, A. H. L.; MOERDIJK, T. C. W. & ROZEMA, J. 2001. The effects of altered levels of UV-B radiation on an Antarctic grass and lichen. **Plant Ecology**. 154: 89-99.
- MELICK, D.R. & SEPPELT, R.D. 1997. Vegetation patterns in relation to climatic and endogenous changes in Wilkes Land, continental Antarctica. **Journal of Ecology** 85: 43-56.
- REDON, J. 1985. **Liquenes antárticos**. Instituto Antártico Chileno, Santiago. 121p.
- RIFFENBURGH, B. 2007. **Encyclopedia of the Antarctic**. Taylor & Francis Group, New York. 1146p.
- SCHAEFER, C. G. E. R.; PEREIRA, A. B.; FRANCELINO, M. B.; FILHO, E. I. F.; SIMAS, F. N. B.; COSTA, L. M. & OLIVEIRA, A. C. 2004. *Comunidades vegetais na península Keller: ecologia e padrões de distribuição*. In: *Ecosistemas costeiros e monitoramento ambiental da Antártica marítima: Baía do Almirantado, Ilha Rei George*, pp. 65-72. Schaefer, C.N.; Francelino, M.R.; Simas, F.N.B.; Albuquerque Filho, M.R. Ed. Viçosa: NEPUT.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. 2009. **Fisiologia vegetal**. Editora Artmed. São Paulo, 722p.
- VALLADARES, F. & SANCHOS, L. G. 1995. Lichen colonization and recolonization of two recently deglaciated zones in the Maritime Antarctic. **Lichenologist**. 27: 485-493.

VIEIRA, F. B. 2006. O Tratado da Antártica: perspectivas territorialistas e internacionalista. **Cadernos PROLAM/USP**. 2: 49-82.

Capítulo 1

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS COMUNIDADES VEGETAIS EM LIONS RUMP, ILHA REI GEORGE, ANTÁRTICA MARÍTIMA

Lucas Marinho Poeiras¹; Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer¹; Thiago Torres Costa Pereira¹; Antonio Batista Pereira² & Ivan C. Carreiro Almeida¹.

RESUMO

As comunidades vegetais da Antártica distinguem-se amplamente pela composição de suas espécies e estrutura, formando fitofisionomias vinculadas a parâmetros ambientais bem estabelecidos. Este trabalho objetivou estudar a estrutura das comunidades vegetais ocorrentes em diferentes ambientes pedológicos da região sul da Ilha Rei George conhecida como Lions Rump. A metodologia consistiu de abertura de perfis de solos em cada uma das 9 comunidades estudadas, sendo que a vegetação foi levantada pela implantação de 30 parcelas de 25X25 cm nas respectivas comunidades. A Análise de Correspondência Canônica (CCA) foi utilizada para verificar o papel dos atributos dos solos sobre a distribuição das comunidades amostradas. Três diferentes fitofisionomias foram reconhecidas a partir da análise fitossociológica, as quais, através da CCA, apresentaram relações distintas com os solos associados. Os resultados demonstraram que a vegetação de Lions Rump distribui-se em Comunidades de *Usnea* associados a solos e substratos básicos em área de maior elevação e comunidade de *Deschampsia* das áreas litorâneas com teor e saturação por Sódio relativamente maior. A comunidade de musgos dominada por *Sanionia uncinata* formou um grupo distinto, estando relacionada a outros parâmetros ambientais, não abordados nesse estudo, como maior umidade e exposição.

Palavras-chave: Antártica Marítima, Líquen, comunidades, pinguineira, ornitocoprófilos, CCA.

1. INTRODUÇÃO

As comunidades vegetais das Shetland do Sul são compostas predominantemente por uma flora cryptogâmica de baixa diversidade e dependente da proximidade marinha para a sua sobrevivência (OLECH 1993). Sua riqueza vegetal resume-se a duas espécies de Magnoliophytas (*Deschampsia antarctica* Desv. Poaceae e *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. Caryophyllaceae), sessenta espécies de musgos (Bryophyta), vinte e duas espécies de hepáticas (Marchantiophyta), quatrocentos e sessenta de líquens, dentre muitas algas de vida livre (PUTZKE & PEREIRA 2001; ØVSTEDAL & LEWIS-SMITH 2001; REDON 1985; OCHYRA 1988). Muitas dessas espécies, principalmente os líquens, exibem afinidades distintas com as condições ambientais dos habitats relacionados.

Fatores dos solos tais como salinidade, estabilidade da superfície, natureza do substrato, tipo de rocha e disponibilidade de nutrientes, são críticos para a distribuição das espécies vegetais na Antártica e nas ilhas Shetland do sul especificamente (CAMPBELL & CLARIDGE 1987). Sendo assim, a análise conjunta da diversidade e distribuição de espécies vegetais junto aos fatores edáficos pode revelar as características particulares dos solos atuantes sobre os padrões de distribuição de suas comunidades vegetais.

Uma análise da correlação da vegetação ao longo de um gradiente ambiental pode ser feita a partir de diversos métodos de análise multivariada, sendo a Análise de Correspondência Canônica (CCA) uma forma direta de correlação (TER BRAAK 1987). Este método é baseado em médias ponderadas das variáveis ambientais dos locais onde um determinado grupo de espécies ocorre. A análise produz, graficamente, uma ordenação onde a distribuição de espécies e as amostras são representadas por pontos, e as variáveis ambientais contínuas aparecem como setas indicando a direção de seu aumento no espaço de ordenação e com distância da origem proporcional à sua importância na explicação da variância projetada em cada eixo. Mesmo não sendo um método que permite o teste de hipótese, a CCA permite ilustrar

padrões de distribuição e com isso propor hipótese que, sem ela, passariam despercebidas na paisagem (VALENTIN 1995).

Essa correlação pode ser facilmente avaliada através do valor de cobertura das comunidades vegetais em associação com os parâmetros ambientais como clima, solos e influência biológica. Além disso, a estimativa da extensão das coberturas das comunidades vegetais é uma importante forma de se avaliar a sua dinâmica temporal e estudar em maior detalhe as relações ecológicas com os diferentes atributos do meio físico (solos, rochas, relevo). Sua quantificação mais precisa também auxilia nas estimativas de estoque de carbono nos ecossistemas terrestres da Antártica, bem como sua evolução (SIMAS *et al.* 2008).

Na expectativa de se avaliar os fatores dos solos atuantes sobre a vegetação, o presente trabalho propõe como objetivo, correlacionar os parâmetros ambientais de natureza edáfica com o padrão de distribuição e cobertura das espécies vegetais encontradas nas áreas de degelo de Lions Rump, Ilha Rei George, Antártica Marítima.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Com uma área de aproximadamente 2,5 Km², Lions Rump é uma pequena área livre de degelo ao sul da Ilha Rei George, no arquipélago das Shetland do Sul. A sua área exposta encontra-se entre o Glaciar White Eagle e a Baía Rei George, fazendo fronteira ao sul com Low Head. A área leva o nome do monte rochoso, de forma sugestiva ao Dorso do Leão, situado na desinência sudeste da Baía Rei George (Fig. 1).

Geologicamente, Lions Rump consiste de lavas, piroclásticos e tufos, contendo finas camadas de carvão e pequenos fragmentos de madeira fossilizada, datadas do terciário. A frente do Glaciar White Eagle é marcada por grandes morainas em forma de cúpula que pertencem as varias fases de recuo e avanço da geleira no Holoceno. Por possuir uma diversidade geológica e biológica relevantes, a área foi designada em 1991 como um local de especial

interesse científico (*Site of Special Scientific Interest-SSSI* nº34), atualmente ASPA 151 (*Antarctic Specially Protected Area*).

Expressivas populações de lobos (*Arctocephalus gazella*) e elefantes marinhos (*Mirounga leonina*) utilizam a porção nordeste de Lions Rump como local de repouso e reprodução. Sua zona litorânea possui diversas comunidades vegetais compostas principalmente por *Deschampsia antarctica* e *Colobanthus quitensis*, e a região abriga ainda uma das floras mais ricas encontradas nas Shetland do Sul, apesar de pouco estudada (OLECH 1993).

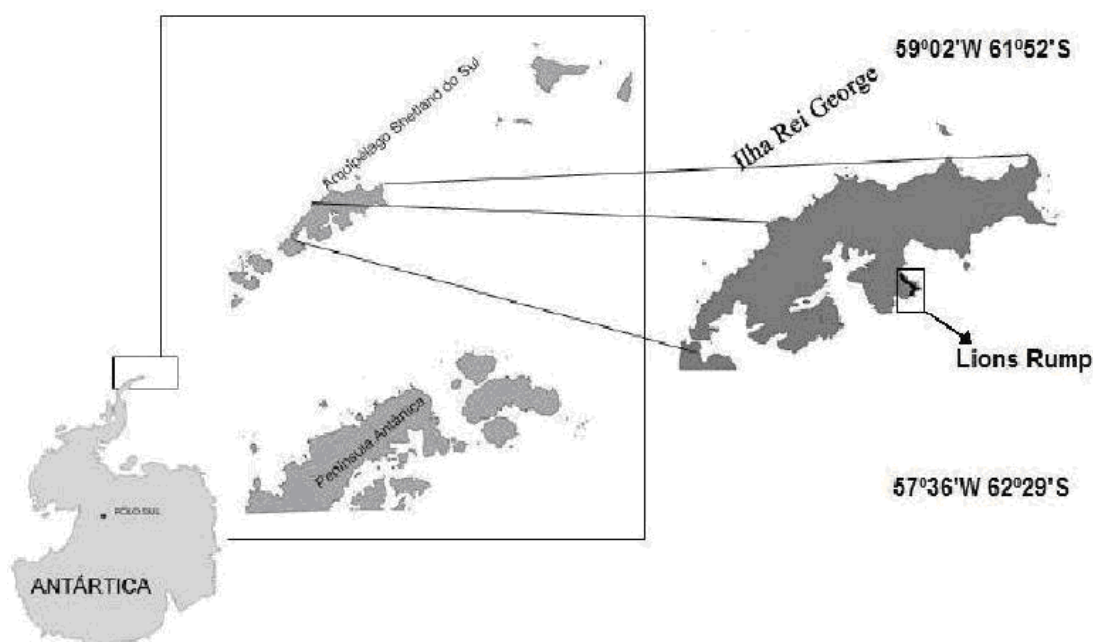


Figura 1. O arquipélago das Shetland do Sul mostrando a Ilha Rei George e a sua porção ao sul conhecido como Lions Rump. Fonte: Francelino 2004 (Modificado).

2.2 Levantamento e análise da vegetação

As espécies foram amostradas utilizando-se quadrados de 25X25 cm dentro de nove sítios com vegetação previamente escolhidas. Em cada sítio foram aplicadas 30 parcelas distribuídas aleatoriamente. Os indivíduos observados foram identificados segundo seus respectivos táxons. Com os dados obtidos, procedeu-se os cálculos de valor de cobertura e freqüência, absoluta e relativa, bem como o valor de importância de cada espécie (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG 1974).

O grau de cobertura foi medido em cada parcela individualmente pelo método de Braun-Blanquet (1932), com estabelecimento do valor de cobertura

como segue: grau 5 - de 100 a 75% de cobertura da espécie dentro da área do quadrado; grau 4 – de 75 a 50% de cobertura; grau 3 – 50 a 25% de cobertura; grau 2 – 25 a 5% de cobertura; grau 1 – de 5 a 1% de cobertura.

Para comparar a estrutura das formações observadas nesse estudo, além do grau de cobertura, foi calculado a frequência absoluta, como estimativa de distribuição das espécies dentro das respectivas comunidades, além da análise qualitativa dos dados mediante a elaboração de matrizes de presença/ausência de espécies sendo abordado o índice de Sørensen.

A identificação do material botânico foi feita utilizando-se chaves dicotômicas existentes para as espécies da Antártica, baseada em Putzke & Pereira (2001) para musgos, e Øvstedal & Lewis-Smith (2001) e Redon (1985) para os líquens. A classificação das comunidades e a descrição detalhada das mesmas foram baseadas em Longton (1967), com adaptações.

2.3 Variáveis pedológicas

Para obtenção dos atributos químicos do solo, foram coletadas amostras de perfis de solos com cerca de 0,5L, em todos os 9 sítios do levantamento florístico-fitosociológico. A definição das 9 áreas de estudo teve como base a prévia demarcação da distribuição espacial das comunidades em toda a área de Lions Rump. As variáveis do solo determinadas foram: pH em água e pH em KCl; teores de P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Al³⁺, Zn, Fe, Mn e Cu; acidez potencial (Al+H); soma de bases (SB) e saturação por bases (V); capacidade de troca catiônica total -CTC- (T); saturação por alumínio (m), além dos teores de matéria orgânica (MO), fósforo remanescente (P-rem) e saturação por sódio (IsNa), segundo EMBRAPA (1997). As amostras coletadas foram encaminhadas para análise química de rotina no Laboratório de Análise de Rotina de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

2.4 Correlação entre variáveis pedológicas e a cobertura da vegetação

Para a determinação da influência das variáveis pedológicas sobre a cobertura das espécies encontradas em cada fragmento foi realizada uma análise de correspondência canônica (CCA) (TER BRAAK, 1987), utilizando-se o programa PC-ORD for Windows versão 4.14 (MCCUNE & MEFFORD, 1999). A matriz da vegetação foi confeccionada a partir dos dados de valores de coberturas das espécies dentro de cada fragmento.

A matriz pedológica foi composta por 6 fatores químicos dos solos de cada fragmento. No processamento da CCA levou-se em consideração alguns atributos mais relevantes e que se mostraram bem diferenciados, como os teores de fósforo (P), fósforo remanescente (P-rem), soma de bases (SB), matéria orgânica (MO), pH e saturação por sódio (IsNa).

O teste de permutação de Monte Carlo foi aplicado para verificar a significância das correlações entre os padrões de coberturas das espécies e as variáveis pedológicas na finalização da análise.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Comunidades vegetais, valor de cobertura e similaridade

Os 9 sítios de vegetação abordados nesse trabalho foram caracterizados a partir da análise fitossociológica de 27 espécies integrantes das comunidades vegetais, sendo que 2 foram as fanerógamas *Deschampsia antarctica* e *Colobanthus quitensis*, 8 espécies de briófitas e 17 espécies de líquens. No total foram levantados 815 indivíduos dentro das parcelas dos distintos sítos estudados.

As espécies que apresentaram maior valor de cobertura, e que caracterizaram as fitofisionomias das comunidades analisadas, foram *Deschampsia antarctica* nos sítios 1, 2, 3, 4, 6 e 9, *Usnea aurantiaco-atra* no sítio 5, *Usnea antarctica* no sítio 7 e *Sanionia uncinata* no 8. A comunidade do sítio 7 foi a que apresentou maior biodiversidade vegetal, com 17 espécies.

O mapa da área mostra seu formato aparente de um pé de bota, abrigando as comunidades de *Deschampsia* na face litorânea ao norte representadas em verde claro. As comunidades de *Usnea aurantiaco-atra* e *Usnea antarctica*, em azul e rocha respectivamente, localizam-se sobre a

sequência de cristas “Choppin Ridge” na parte mais elevada do terreno, bem como a comunidade de *Sanionia uncinata* em vermelho (Fig. 2).

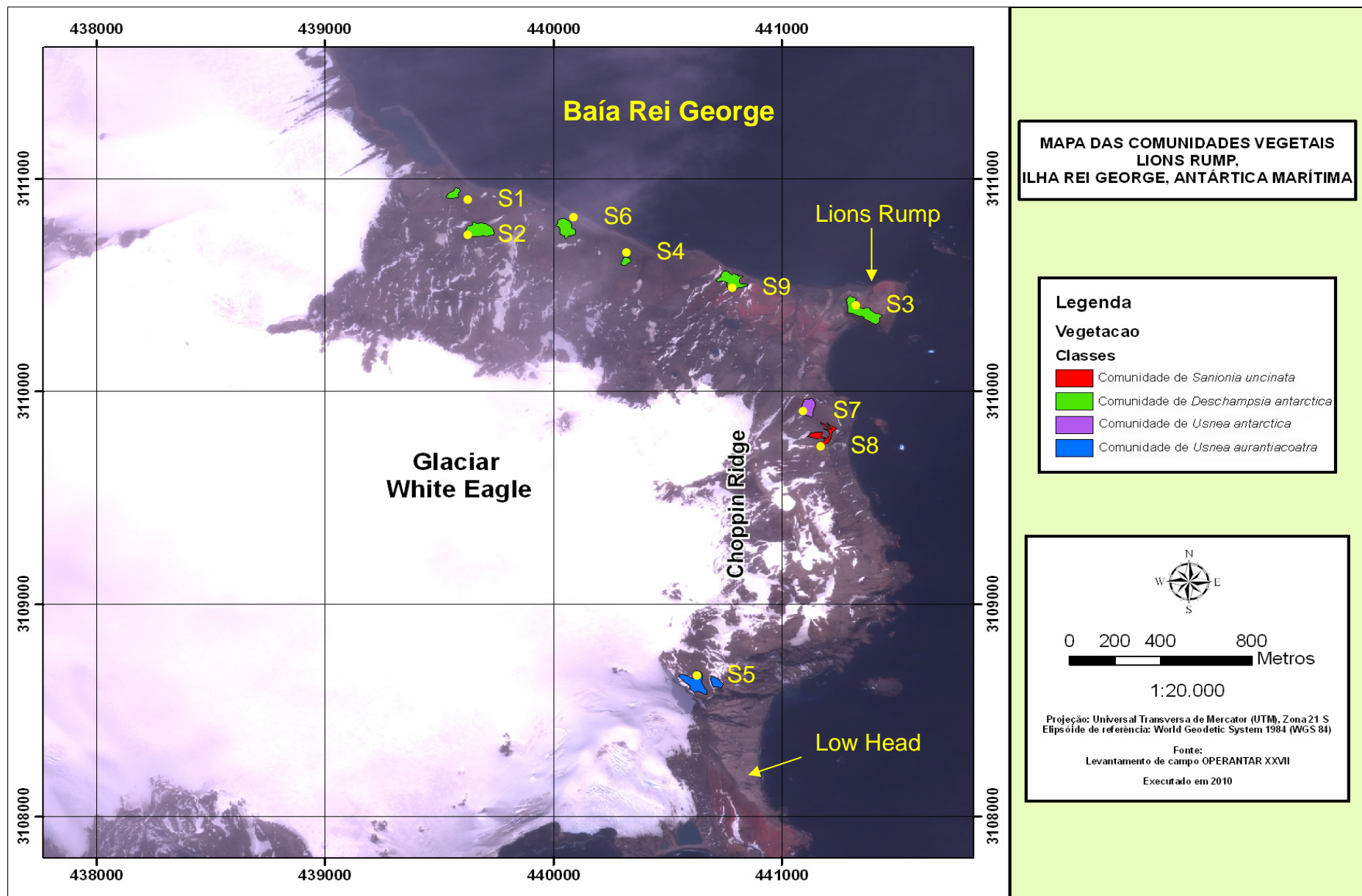


Figura 2. Mapa das comunidades vegetais abordadas no levantamento fitossociológico, mostrando as respectivas localizações de seus sítios (S).

O sítio 1 ocorreu a 50 metros da praia em área de terraço marinho soerguido. O local possui cerca de 50m² de área e é ocupada com uma densa formação de *D. antarctica* associados a pequenos céspedes de *C. quitensis*. A Gramínea seguida por *C. quitensis* foram as espécies com maior valor de cobertura avaliada, 51,37% e 2,39% respectivamente. Algumas espécies de líquens crustosos ocorriam em pequenos seixos de rocha rodeados pela gramínea, com baixo valor de cobertura dentro da comunidade. A área é localmente utilizada para descanso por pequenas populações de lobos marinho, os quais causam impacto moderado sobre a cobertura das espécies observadas (Fig. 3).

A comunidade do sítio 2 encontra-se a 62m acima da linha do mar, sobre um platô soerguido de rocha vulcânica e solo fracamente ornitogênico. A pouca influência de aves sobre a comunidade é percebida pela presença de líquens ornitocoprófobos, como *Placopsis*, *Leptogium* e *Usnea* (REDON, 1985). Nesta a gramínea *D. antarctica* possui ampla distribuição com Frequência de 100% e baixa valor de cobertura, 3,55% (Tab. 1). A comunidade como um todo possui uma fraca cobertura vegetal, assim como *D. antarctica* e *C. quitensis* existe pequenos exemplares de líquens crustosos e fruticosos (Fig. 4).

O sítio 3 ocorre sobre a crista rochosa ao nordeste da face litorânea sobre solo muito desenvolvido e com material ornitogênico fosfatizado bastante antigo e pedogenizado. Essa condição permitiu o amplo desenvolvimento dos indivíduos de *D. antarctica* (VC 54,67%) associados a diversas espécies de briófitas e líquens ornitocoprófilos. O musgo *Syntrichia princeps* apresentou o segundo maior valor de cobertura da comunidade e distribuía-se amplamente por toda a área da comunidade. O terreno apresenta declividade razoável (20%) e boa exposição à radiação solar. Abaixo da crista, ocorre uma pinguineira de pinguins Adélia, indicando que esta possuía uma distribuição mais ampla no passado. Sua porção superior apresenta afloramentos rochoso cobertos por líquens das espécies, *Xanthoria candelaria*, *Caloplaca regalis* (Vain.) Zahlbr. e *Ramalina terebrata* Hook. f. et Tayl. em um nicho distinto do campo gramíneo (Fig. 5).

O sítio 4 possui uma comunidade declinante de *D. antarctica* e *C. quitensis* associados com a briófita *S. princeps*, em uma área de 20m² a 19m de altura do mar. A gramínea possui valor de cobertura igual 21,53% (Tab. 1)

com boa distribuição. Pequenos afloramentos de rocha dentro da comunidade sustentam algumas espécies de líquens crustosos, sendo a espécie muscícolas, *Ocheléquia frigida* (Sw.) Lynge, a mais abundante dentre os líquens. A comunidade encontra-se em segundo nível de elevação em solo bem drenado com erosão moderada (Fig. 6).

A comunidade de *Usnea aurantiaco-atra* do sítio 5, foi observada próximo a divisa com Low Head, em platô situado a 257 metros de altitude. A espécie *Usnea aurantiaco-atra* era nitidamente dominante, com 32.83% cobertura (Tab. 1), contra 5,35% do valor de cobertura somados das espécies *Deschampsia antarctica*, *Syntrichia saxicola*, *Buellia* sp., *Leptogium puberulum*, *Ochrolequia frigida* e *Placopsis contortuplicata*. Trata-se de área muito antiga de exposição, onde não há processo de fosfatização pelas aves (Fig. 7).

Tabela 1. Lista de espécies levantadas nos nove sítios de estudos de Lions Rump, onde: n= nº de parcelas que a espécie ocorreu; FA= frequência absoluta; VC%= porcentagem de cobertura da espécie.

Fragmento	Espécie	n	FA	VC%
1	<i>Colobanthus quitensis</i> (Kunth.) Bart.	18	60.0	2.39
	<i>Deschampsia antarctica</i> Desv.	30	100.0	51.37
	<i>Syntrichia princeps</i> (De Not.) Mitt.	8	26.7	1.33
	<i>Acarospora</i> sp.	6	20.0	0.41
	<i>Buellia</i> sp.	13	43.3	0.93
	<i>Rhizoplaca</i> sp.	10	33.3	0.38
2	<i>Colobanthus quitensis</i> (Kunth.) Bart.	22	73.3	1.24
	<i>Deschampsia antarctica</i> Desv.	24	80.0	3.55
	<i>Schistidium falcatum</i> (Hook. F. & Wils.) B. Bremer.	18	60.0	2.42
	<i>Buellia</i> sp.	14	46.7	1.64
	<i>Leptogium puberulum</i> Hue	21	70.0	1.93
	<i>Placopsis contortuplicata</i> Lamb	2	6.7	0.10
	<i>Psoroma hypnotum</i> (Vahl) Gray	1	3.3	0.03
	<i>Rhizoplaca</i> sp.	10	33.3	0.33
	<i>Usnea antarctica</i> Du Rietz	15	50.0	1.06
3	<i>Deschampsia antarctica</i> Desv.	30	100.0	54.67
	<i>Syntrichia princeps</i> (De Not.) Mitt.	27	90.0	10.47
	<i>Acarospora</i> sp.	3	10.0	0.70
	<i>Buellia</i> sp.	6	20.0	0.78
	<i>Caloplaca cinericola</i> (Hue) Darb.	3	10.0	0.10
	<i>Physcia caesia</i> (Hoffm.) Hampe	17	56.7	1.08
	<i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th. Fr.	17	56.7	0.96
4	<i>Colobanthus quitensis</i> (Kunth.) Bart.	30	100.0	8.27
	<i>Deschampsia antarctica</i> Desv.	28	93.3	21.53
	<i>Syntrichia princeps</i> (De Not.) Mitt.	23	76.7	8.53
	Indet. sp2	1	3.3	0.10
	<i>Ochrolechia frigida</i> (Sw.) Lynge	5	16.7	0.43
	<i>Psoroma hypnotum</i> (Vahl) Gray	2	6.7	0.17
5	<i>Deschampsia antarctica</i> Desv.	1	3.3	1.37

Tabela 1. continuação

5	<i>Syntrichia saxicola</i> (Card.) Zand.	7	23.3	0.60
	<i>Buellia</i> sp.	2	6.7	0.13
	<i>Leptogium puberulum</i> Hue	13	43.3	0.87
	<i>Ochrolechia frigida</i> (Sw.) Lynge	13	43.3	1.80
	<i>Placopsis contortuplicata</i> Lamb	14	46.7	0.58
	<i>Usnea aurantiaco-atra</i> (Jacq.) Bory	30	100.0	32.83
6	<i>Colobanthus quitensis</i> (Kunth.) Bart.	20	66.7	5.07
	<i>Deschampsia antarctica</i> Desv.	26	86.7	21.17
	<i>Syntrichia princeps</i> (De Not.) Mitt.	12	40.0	2.70
7	<i>Colobanthus quitensis</i> (Kunth.) Bart.	18	60.0	2.34
	<i>Deschampsia antarctica</i> Desv.	6	20.0	0.93
	<i>Polytrichastrum alpinum</i> (Hedw.) G. L. Smith	5	16.7	0.35
	<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske Var.	1	3.3	0.07
	<i>Syntrichia princeps</i> (De Not.) Mitt.	2	6.7	0.19
	<i>Bacidia</i> sp.	1	3.3	0.03
	<i>Buellia</i> sp.	1	3.3	0.07
	<i>Cladonia</i> sp.	1	3.3	0.07
	<i>Cornicularia aculeata</i> (Schreb.) Ach.	1	3.3	0.17
	<i>Indet. sp1</i>	3	10.0	0.18
	<i>Leptogium puberulum</i> Hue	11	36.7	0.88
	<i>Ochrolechia frigida</i> (Sw.) Lynge	26	86.7	3.87
	<i>Placopsis contortuplicata</i> Lamb	2	6.7	0.05
	<i>Psoroma hypnotum</i> (Vahl) Gray	3	10.0	0.18
	<i>Rhizoplaca</i> sp.	1	3.3	0.02
	<i>Usnea antarctica</i> Du Rietz	30	100.0	65.30
	<i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th. Fr.	3	10.0	0.20
8	<i>Colobanthus quitensis</i> (Kunth.) Bart.	16	53.3	1.54
	<i>Deschampsia antarctica</i> Desv.	9	30.0	0.73
	<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske Var.	24	80.0	23.50
	<i>Bryum dichotomum</i> Hedw.	1	3.3	0.07
	<i>Polytrichum juniperum</i> Hedw.	4	13.3	1.90
	<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	5	16.7	5.20
	<i>Placopsis contortuplicata</i> Lamb	5	16.7	0.33
9	<i>Colobanthus quitensis</i> (Kunth.) Bart.	26	86.7	7.47
	<i>Deschampsia antarctica</i> Desv.	30	100.0	58.23
	<i>Syntrichia princeps</i> (De Not.) Mitt.	5	16.7	0.15
	<i>Buellia</i> sp.	10	33.3	0.70
	<i>Caloplaca cinericola</i> (Hue) Darb.	18	60.0	1.57
	<i>Heamathomma</i> sp.	2	6.7	0.10
	<i>Rhizocarpon</i> sp.	3	10.0	0.23

No sítio 6, situado a 20 metros do mar, a comunidades de *D. antarctica* sofre um certo grau de impacto devido a constantes presença de populações de lobos marinhos (*Arctocephalus gazella*), o que pode ser constatado pelo baixo valor de cobertura apresentado pela gramínea (21,7%). As espécies *Syntrichia princeps* e *Colobanthus quitensis* ocorrem em pequenas unidades de baixa contribuição de biomassa para a comunidade (Fig. 8). A ausência de

seixos rochosos e o constante pisoteio dos lobos dificultam o desenvolvimento de espécies liquênicas nessa comunidade.

Sobre a moraina lateral do Glaciar Eagle na cota dos 100 metros de altitude, está localizada a comunidade do sítio 7. Nesta, os indivíduos de *Usnea antártica* formam uma cobertura homogênea com valor de 65,3% (Tab. 1). Os musgos ocorrem em pequenas populações com pouca distribuição dentro da comunidade, e esses são marcadamente limitados pela baixa umidade do substrato e elevada exposição à dessecação. As fanerógamas, neste local, apresentaram pouca cobertura, no entanto *Colobanthus quitensis* ocorreu em 60% das parcelas. Os líquens saxícolas e terrícolas apresentam cobertura pouco expressiva nessa comunidade, os quais podem estar associados à natureza dos seus habitats, que se encontram sobre blocos de rochas soltas em área excessivamente aberta e exposta aos ventos do Estreito de Bransfield, sofrendo forte crioturbação nos períodos de degelo ou ainda por serem parcialmente cobertos por sedimentos finos no mesmo período (Fig. 9)

O sítio 8 está localizado em terreno de declive suave onde predomina uma comunidade descontínua de musgos em carpete, o qual é fortemente impactada pela ação erosiva da água de degelo em linhas de drenagem. As briófitas *Sanionia uncinata*, *Bryum argenteum*, *Bryum dichotomum* e *Polytrichum juniperum* foram amostradas com distribuição desigual dentro da comunidade. A espécie *Sanionia uncinata* apresentou o valor de cobertura mais expressivo da área com 23.5%, seguida por *Bryum argenteum* com 5.2% (Tab. 1). A única espécie de líquen amostrado na área foi *Placopsis contortuplicata*, ao qual o caráter nitróforo dessa espécie a torna um excelente indicador de solos com baixa quantidade de compostos nitrogenados (REDON, 1985), típico dos locais com solos rasos e de baixa influência ornitogênica da Antártica. (Fig. 10).

Por ultimo, a comunidade do sítio 9 localiza-se sobre a moraina mais antiga do Glaciar Eagle, próximo a margem de divisa com o mar a 18m de altitude. Novamente a gramínea *D. antarctica* ocupa a maior parcela da superfície da comunidade, com 58,23% de valor de cobertura. A espécie *C. quitensis* possui ampla distribuição, com frequência de 86.7 e cobertura de apenas 7,47%. O entorno da comunidade é intensamente habitada por populações de lobos, que causam impacto moderado na sua porção periférica.

A espécie liquênica mais representativa dessa comunidade é *Caloplaca cinnericola*, com 1,57% de cobertura vegetal (Fig. 11).



Figura 3. Comunidade de *Dechampsia* do sítio 1 no primeiro nível de soerguimento de terraço marinho.



Figura 4. Comunidade de *Deschampsia* do sítio 2 em platô soerguido de rocha basáltica.



Figura 5. Comunidade de *Deschampsia* do sítio 3 em crista rochosa sobre influência de pinguineira.



Figura 6. Comunidade *Deschampsia* do sítio 4 sobre borda de moraina próximo ao litoral.



Figura 7. Comunidade de *Usnea* do sítio 5 próxima a divisa com Low Head.



Figura 8. Comunidade de *Deschampsia* do sítio 6 ocupando o primeiro nível de terraço marinho.



Figura 9. Comunidade de *Usnea* do sito 7 sobre moraina lateral do Glaciar Eagle



Figura 10. Comunidade de *Sanionia* em face declivosa com erosão superficial



Figura 11. Comunidade de *Deschampsia* do sítio 9 em moraina frontal do Glaciar Eagle.

A análise de similaridade florística realizada para as nove comunidades estudadas (Figura 12) evidenciou a formação de dois grandes grupos, aonde as comunidades de *Deschampsia* das áreas litorâneas formaram um grande agrupamento com 90% de similaridade florística e as comunidade de *Usnea*, *Deschampsia* e musgos da áreas elevadas formaram o outro, com 40%. Dentro desse grupo os sítios 2 e 7 foram mais similares entre si, principalmente por compartilharem espécies como: *Colobanthus quitensis*, *Leptogium puberulum*, *Psoroma hypnotum*, *Placopsis contortuplicata* e *Usnea antártica*. As comunidades de *Deschampsia* dos sítios 1, 9 e 3, assim como aquelas dos sítios 4 e 6, apresentaram-se fortemente relacionadas, com 100% de similaridade.

Os resultados obtidos por meio das análises de similaridade florística nos permitiram reconhecer dois diferentes grupos de formações na área de LionsRump. Tais semelhanças podem ser explicados pela diferença altitudinal das áreas de ocorrência da mesmas, os quais determinam a maior ou menor influência do mar e da colonias de aves concentradas no litoral. Espécies halófitas com afinidade aos depósitos de guano localizam-se na áreas litorâneas, enquanto aquelas de habitas mais secos e tolerantes a dessecação sobre os terrenos elevados. A comunidade de musgos do sítio 8 é uma exceção,

já que seu habitat possui boa disponibilidade hídrica, mesmo estando localizado nas cotas mais altas de Lions Rump.

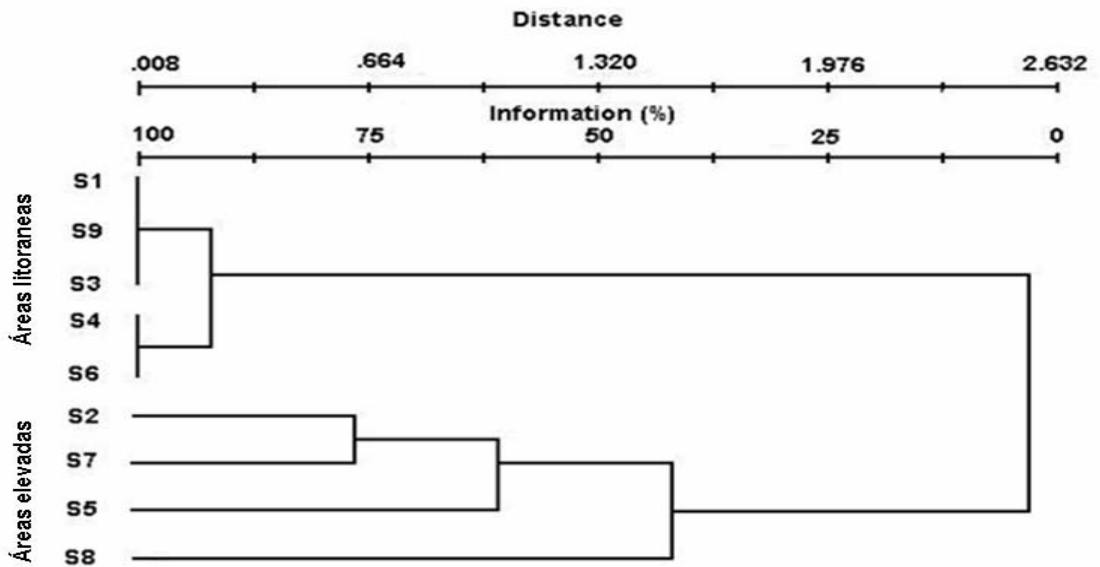


Figura 12. Dendrograma de análise de similaridade a partir de presença/ausência de espécies dos sítios levantados em Lions Rump. (S) sítios levantados.

As espécies de plantas vasculares *D. antarctica* e *C. quitensis* ocorrem em comunidades distribuídas principalmente nas áreas costeiras livres de gelo da Antártica Marítima (KOMÁRKOVÁ 1985; FOWBERT & SMITH 1994). No entanto seus habitats podem ser encontrados em uma variedade de locais que compartilham características ambientais semelhantes, e dessa forma, em Lions Rump, essas espécies distribuem-se por praticamente todas as comunidades estudadas, sendo a cobertura dos seus indivíduos expressivos em comunidades localizadas abaixo da linha dos 100m de altitude.

As fanerógamas preferem as encostas que desfrutam de boa exposição solar, e nestes casos a cobertura das duas espécies facilmente ultrapassa os 50% do valor de cobertura da comunidade (FOWBERT & SMITH 1994). Diversas espécies de musgos podem se associar com tais espécies, sendo as espécies *Syntrichia princeps*, *Politrychastrum alpinum* e *Sanionia uncinata* mais comumente encontradas (ZARZYCKI 1993). *C. quitensis* corriqueiramente apresenta menor valor de cobertura que *D. antarctica* quando associadas e seus indivíduos raramente são observados isolados da gramínea (LONGTON 1967; EDWARDS E LEWIS-SMITH 1988).

Os sítios 2 assim como aqueles dominados por espécies liquênicas dos sítio 5 e 7, localizam-se nos terrenos elevados, expostos e rochosos,

compreendendo boa parte das espécies de líquens ornitocopróforas. Suas comunidades formam extensas coberturas em cotas altimétricas bem acima das praias, em encostas rochosas voltadas para o mar. As espécies *Usnea antarctica*, *Usnea aurantiaco-atra*, *Himantormia lugubris* e *Umbilicaria antarctica* naturalmente ocorrem nos áreas mais áridas e expostas da Antártica, com uma evidente tolerância aos ventos fortes e frios desses ambientes (OLECH 1993; LONGTON 1967). *Pseudephebe minuscula*, *Umbilicaria decussata*, e *Usnea aurantiaco-atra* ocupam habitats semelhantes na região sudoeste da Península Antártica, bem como em toda a costa da Antártida continental, estendendo para o interior, em cotas altimétricas superiores (RIFFENBURGH 2007).

3.2 Solos das comunidades estudadas

Muito pouco se conhece sobre a natureza físico-química e gênese dos solos derivados de rochas vulcânicas na Antártica Marítima, e pouco se fez em termos pedológicos desde o primeiro trabalho de compilação ampla de dados sobre Criossolos da Antártica realizado por Campbell & Claridge (1987). O entorno de Lions Rump é formado por litologias vulcânicas de composição variada, desde tufos ácidos até basaltos, com predomínio de andesitos e rochas relacionadas. Em função de fatores como relevo, litologia, colonização biológica, aporte de sais marinhos, presença de aves e exposição de vertente, os solos de Lions Rump apresentam notáveis variações morfológicas e químicas, apesar da constância do frio e da presença de permafrost.

Dos solos analisados, o Cambissolo Gélico háplico, o Cambissolo Gélico ornitogênico (sítio 3), o Umbrissol Gélico ornitogênico (sítio 4), o Regossolo Gélico (sítio 6) e o Cambissolo Gélico ornitogênico (sítio 9), foram amostrados nas comunidades de *Deschampsia* do litoral. Desses, os solos ornitogênicos foram comumente observados nos terraços marinhos ao longo da costa norte onde a atividade de aves, principalmente *P. adeliae*, é a principal via de transferência de nutrientes do mar para a terra (Tabelas 1, 2 e 3).

Os solos ornitogênicos podem ocorrer tanto em terraços atuais, em pingüineiras ativas, ou em paleoterraços (soerguidos isostaticamente devido ao recuo das geleiras), onde antigas pingüineiras foram abandonadas pelas aves

em busca de áreas mais próximas ao mar (SIMAS *et al.* 2008; MICHEL *et al.* 2006).

Os solos desenvolvidos em pingüineiras atuais ou abandonadas distinguem-se claramente dos solos dos topos áridos em relação a diversas características químicas como: valores de pH mais baixos (4,3-5,9), valores de P disponível muito altos, alta atividade de Al^{3+} e níveis variáveis de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . Os valores de Ca^{2+} do Cambissolo Gélico ornitogênico do sítio 3 forma os menores encontrados dentre todos indicando o pouco potencial de neutralização da acidez que esse solo possui. Os solos próximos as pingüineiras atuais (S3 e S9) apresentaram os maiores teores de P disponível pelo extrator de Melich-1, sendo que no sítio 9 a ornitogênese é bem menos pronunciada conforme análise da distribuição de P em profundidade. Os teores de Al^{3+} trocável são mais altos, portanto, grande parte do P pode estar em compostos Al-P de baixa cristalinidade, como proposto por Tatur & Myrcha (1984).

Tabela 2. Atributos químicos dos solos amostrados nas áreas 1, 2 e 3 em Lions Rump, Ilha Rei George, Antártica Marítima, onde: SB= Soma de Bases; t= capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva; T= CTC total; V= Saturação por Bases; m= Saturação por Alumínio; IsNa= Saturação por Sódio; MO= Matéria Orgânica; P-rem= Fósforo Remanescente.

Hor.	Prof. (cm)	pH		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	V	m	IsNa	MO	P	P _{rem}	Zn	Fe	Mn	Cu
		H ₂ O	KCl																		
Área 1 - Cambissolo Gélico Háplico																					
A	0-8/10	6.29	4.19	20.69	8.27	0.24	1.05	0.00	3.00	30.25	33.25	91.00	0.00	3.47	1.28	97.70	46.90	9.33	666.00	162.00	17.13
Bi1	8/10-28/32	7.23	4.80	28.08	7.05	0.04	0.87	0.00	1.30	36.04	37.34	96.50	0.00	2.43	0.64	79.10	44.60	9.78	508.00	206.10	15.76
C/B	28/32-70	7.61	5.09	28.05	7.61	0.04	0.74	0.00	0.80	36.44	37.24	97.90	0.00	2.04	0.64	70.80	42.60	6.50	345.00	104.40	10.03
Área 2 - Cambissolo Gélico túrbico																					
A	0-5	7.52	4.61	18.84	16.46	0.24	1.53	0.00	1.90	37.07	38.97	95.10	0.00	4.12	0.38	109.50	43.90	3.74	415.40	154.50	12.32
AB	5-17/20	7.74	4.93	26.30	20.01	0.17	1.18	0.00	1.10	47.66	48.76	97.70	0.00	2.47	0.26	170.80	46.20	3.94	371.10	139.00	12.15
Bi	17/20-47/52	7.98	5.60	26.31	14.19	0.14	0.92	0.00	0.30	41.56	41.86	99.30	0.00	2.21	0.13	167.20	47.50	5.05	464.50	184.60	17.42
BC	47-52-70	8.48	6.24	30.45	12.07	0.14	0.79	0.00	0.00	43.45	43.45	100.0	0.00	1.81	0.26	176.30	48.30	6.05	455.50	208.70	16.44
Área 3 - Cambissolo Gélico ornitogênico																					
O	0-5	4.88	3.77	1.85	2.45	0.09	0.45	0.48	4.50	4.84	9.34	51.80	9.00	8.43	39.66	79.60	60.00	5.28	346.30	15.30	6.32
A	5-12	4.37	3.13	3.82	6.42	0.70	1.53	8.00	22.30	12.47	34.77	35.90	39.10	7.46	7.04	390.40	35.20	5.87	665.00	27.20	13.55
AB	12-18	4.04	3.00	0.91	1.29	0.42	1.22	8.00	29.60	3.84	33.44	11.50	67.60	10.33	6.40	603.40	39.20	4.08	511.60	7.50	17.18
BA	18-32	3.88	3.00	0.29	0.35	0.93	0.92	6.46	8.40	2.49	10.89	22.90	72.20	10.26	2.05	1199.30	54.40	2.17	352.90	3.30	10.53
B1	32-70	3.94	3.00	0.95	0.58	1.26	0.79	6.84	41.80	3.58	45.38	7.90	65.60	7.56	2.05	1065.80	52.90	2.34	323.40	4.20	10.78
B2	70-100	3.98	3.00	0.85	0.65	1.81	0.71	6.65	44.50	4.02	48.52	8.30	62.30	6.69	2.18	1093.80	52.40	2.65	342.00	4.10	11.25
B3	100-120	3.85	3.00	0.41	0.38	1.08	0.71	6.17	50.60	2.58	53.18	4.90	70.50	8.16	2.05	1468.50	53.30	3.26	374.10	3.70	12.42

Tabela 3. Atributos químicos dos solos amostrados nas áreas 4, 5 e 6 em Lions Rump, Ilha Rei George, Antártica Marítima, onde: SB= Soma de Bases; t= capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva; T= CTC total; V= Saturação por Bases; m= Saturação por Alumínio; IsNa= Saturação por Sódio; MO= Matéria Orgânica; P-rem= Fósforo Remanescente.

Hor.	Prof. (cm)	pH		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	V	m	IsNa	MO	P	P _{rem}	Zn	Fe	Mn	Cu
		H ₂ O	KCl																		
Área 4 - Umbrissol Gélico ornitogênico																					
A	0-9	7.01	5.05	24.07	13.80	0.37	3.79	0.00	3.20	42.03	45.23	92.90	0.00	9.02	2.88	251.50	46.10	4.40	660.30	170.60	12.19
E	9-17/18	7.27	4.89	26.04	12.35	0.22	4.40	0.00	3.20	43.01	46.21	93.10	0.00	10.23	1.92	191.50	37.60	5.83	676.40	201.50	12.84
2A	17/18-25/28	7.40	5.14	27.57	11.98	0.19	3.48	0.00	2.90	43.22	46.12	93.70	0.00	8.06	2.24	338.70	39.60	7.03	536.40	159.70	13.29
2ABi	25/28-36/41	7.16	5.14	26.44	10.51	0.17	3.35	0.00	4.80	40.47	45.27	89.40	0.00	8.29	2.56	1184.80	35.10	15.32	502.30	79.10	13.42
2Bi	36/41-49/53	7.09	4.88	33.45	24.46	0.34	3.75	0.00	4.30	62.00	66.30	93.50	0.00	6.04	1.03	897.20	35.60	11.30	378.60	110.10	15.43
2Bi2	49/53-63/65	7.31	4.89	25.48	20.97	0.43	4.01	0.00	1.90	50.89	52.79	96.40	0.00	7.87	0.26	390.40	48.40	8.53	170.40	170.90	18.30
2BC	63/65-90	7.40	5.03	35.98	23.20	0.57	3.27	0.00	1.90	63.02	64.92	97.10	0.00	5.18	0.26	827.70	45.10	22.60	478.10	133.40	24.70
2C	90-120	7.50	5.00	32.56	21.76	0.59	3.22	0.00	1.90	58.13	60.03	96.80	0.00	5.54	0.13	528.10	44.60	27.60	500.90	154.20	19.20
Área 5 - Litossolo Gélico																					
A	0-8	7.33	5.06	15.60	24.91	0.54	1.87	0.00	1.30	42.92	44.22	97.10	0.00	4.36	1.42	138.90	42.20	7.09	373.30	305.10	9.44
C	8-25/30	7.41	5.06	20.86	25.01	0.54	1.83	0.00	1.60	48.24	49.84	96.80	0.00	3.79	0.78	117.70	44.20	8.84	315.70	134.90	9.24
Área 6 – Regossolo Gélico																					
A	0-4	6.58	4.83	12.64	23.48	0.40	1.44	0.00	3.80	37.96	41.76	90.90	0.00	3.78	2.58	52.50	44.50	4.67	830.40	164.90	10.44
AC	4-12/15	6.28	3.97	12.73	23.55	0.46	1.70	0.87	5.60	38.44	44.04	87.30	2.20	4.32	0.78	80.50	36.60	5.09	605.90	96.20	13.16
C1	12/15-30/35	6.54	4.02	9.16	22.25	1.47	1.74	1.06	4.80	34.62	39.42	87.80	3.00	4.88	0.26	88.40	39.00	4.89	532.60	39.80	12.07
C2	30-35-70	6.91	4.32	7.30	30.89	1.98	2.22	0.19	3.70	42.39	46.09	92.00	0.40	5.21	0.26	85.10	43.60	5.60	486.90	36.30	11.89

Tabela 4. Atributos químicos dos solos amostrados nas áreas 7, 8 e 9 em Lions Rump, Ilha Rei George, Antártica Marítima, onde: SB= Soma de Bases; t= capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva; T= CTC total; V= Saturação por Bases; m= Saturação por Alumínio; IsNa= Saturação por Sódio; MO= Matéria Orgânica; P-rem= Fósforo Remanescente.

Hor.	Prof. (cm)	pH		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	V	m	IsNa	MO	P	P _{rem}	Zn	Fe	Mn	Cu
		H ₂ O	KCl																		
Área 7– Cambissolo Gélico léptico																					
A	0-8	7.15	4.88	10.88	19.49	0.31	1.65	0.00	1.10	32.33	33.43	96.70	0.00	5.11	0.90	116.30	48.10	5.44	279.00	87.70	8.35
Bi	8-27	7.81	5.02	19.51	16.62	0.13	0.70	0.00	0.60	36.96	37.56	98.40	0.00	1.88	0.13	202.80	51.30	10.27	272.30	99.90	11.15
BC	27-80	7.75	5.12	24.89	18.54	0.15	1.09	0.00	0.60	44.67	45.27	98.70	0.00	2.43	0.00	160.20	55.90	6.71	199.20	79.00	9.61
Área 8 - Cambissolo Gélico túrbico																					
O	0-3/4	6.55	5.19	9.47	18.96	0.23	0.65	0.00	1.60	29.31	30.91	94.80	0.00	2.22	16.15	47.40	54.10	7.58	571.80	65.40	5.57
A	¾-8/10	6.92	4.54	14.72	22.34	0.20	1.26	0.00	1.70	38.52	40.22	95.80	0.00	3.27	0.39	62.40	41.60	6.19	213.40	83.10	5.96
AB	8/10-18/20	7.58	4.97	17.69	18.28	0.13	1.04	0.00	0.60	37.14	37.74	98.40	0.00	2.81	0.13	88.30	46.30	5.48	191.10	73.80	4.98
Bi	18/20-45/50	8.02	5.77	18.14	14.61	0.05	1.04	0.00	0.60	33.84	34.44	98.30	0.00	3.08	0.00	192.60	53.50	8.35	165.70	67.80	4.83
BC	45/50-65	8.20	6.14	20.60	13.43	0.03	0.87	0.00	0.60	34.93	35.53	98.30	0.00	2.49	0.00	220.80	56.20	12.54	165.50	58.90	5.45
Área 9- Cambissolo Gélico ornitogênico (túrbico)																					
A/O	0-6/10	5.93	4.32	23.33	22.02	0.23	2.18	0.00	7.60	47.76	55.36	86.30	0.00	4.56	4.52	575.40	34.10	13.26	456.90	75.60	16.60
AB	6/10-23	7.53	5.37	37.78	27.92	0.46	2.22	0.00	1.60	68.38	69.98	97.70	0.00	3.25	0.26	147.10	34.10	7.96	346.90	104.00	13.92
Bi	23-38	8.36	6.32	44.69	22.08	1.98	0.74	0.00	0.60	69.49	70.09	99.10	0.00	1.06	0.13	97.60	44.90	7.99	676.80	124.40	14.93
BC	38-60	8.33	6.42	41.79	19.19	0.20	0.70	0.00	0.60	61.88	62.48	99.00	0.00	1.12	0.26	118.70	45.30	11.79	471.50	122.20	16.90

Os solos litorâneos dos sítios 1 e 6 encontram-se mais afastados das colônias de pinguins e não apresentaram o caráter ornitogênico como aqueles observados nos sítios 3, 4 e 9, sendo seus teores de P menos elevados. Apresentam caráter básico, com teores mais elevados de Ca^{2+} e Mg^{2+} e menores de K^+ trocável, sendo este devido ao menor aporte de guano (rico em K) pela avifauna e maior desenvolvimento e lixiviação.

Os solos das áreas mais elevadas, como aqueles do sítio 2, 5, 7 e 8, apresentam características químicas comparáveis aos solos de desertos polares da Antártica, nos quais o teor de sais é bastante elevado. Em relação aos solos de áreas mais baixas, os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ são mais elevados, o pH também, e os teores de Al^{3+} comparados com o sítio 3, mais baixos. A estrutura granular presente parece estar associada à flocculação de partículas finas devido à alta salinidade e a processos mecânicos durante os ciclos de congelamento (SIMAS *et al.* 2008; SCHAEFER *et al.* 2004).

Na área mais elevada da toposequência, com características de solos rasos e rochosos (Litossolo Gélico, S5), os teores de P, embora elevados, está entre os mais baixos dentre os solos estudados (Tabela 3), em virtude da baixa intensidade de aportes biogênicos. Os teores de Ca^{2+} são relativamente elevados e o Na^+ , oriundo de spray salino marinho, também. No solo do sítio 7 sob campo de *Usnea*, os teores de P são similares aos encontrados no sítio 5, ambos em virtude do baixo grau de desenvolvimento e limitado aporte de excrementos. Assemelha-se também no pH, apresentando aspecto básico com nenhuma atividade de Al^{3+} , fato provavelmente associado ao menor teor de carbono em função da baixa acumulação de restos dos líquens ali presentes. O sítio 7 destaca-se ainda por apresentar índice de saturação por sódio mais elevado dentre os sítios afastados do litoral, o que pode estar associado ao maior nível de exposição ao spray dessa área.

O sítio 8, campos de musgos, é uma área com solo imperfeitamente drenado com erosão moderada. Seu pH é ácido nos horizontes superficiais, sobretudo pela decomposição da matéria orgânica oriunda dos restos vegetais dos musgos, formando horizonte O. Os teores de Ca^{+2} aumentam expressivamente com a profundidade e o spray marinho para contribuir pouco com os teores de Na^+ . Quando comparado com o sítio 5 e 7, a saturação por sódio (IsNa) também é menor nos horizontes superficiais.

3.3 Variáveis pedológicas e vegetação

Os atributos pedológicos utilizados na matriz ambiental da CCA foram: SB (soma de bases), pH, IsNa (saturação por sódio), MO (matéria orgânica), P e P rem. (Fósforo remanecente). A matriz de vegetação foi composta por duas espécies de fanerógamas, 8 espécies briófitas e 17 espécies de líquens, em nove áreas abordadas nesse estudo. O autovalor apresentado pela CCA para o primeiro eixo foi alto, 0.917 (Tab.5), indicando a existência de ambientes distintos, com algumas espécies ocorrem somente em determinados locais.

O eixo 1 explicou 28.4% da variância global acumulada, demonstrando que as variáveis integrantes da matriz ambiental foram suficientes para explicar somente parte da distribuição das espécies, uma vez que a maior parte da variância global, 71,6%, permaneceu sem explicação. A porcentagem da distribuição que permaneceu sem explicação é devido a outros fatores ambientais não utilizados na matriz ambiental, como teor de umidade dos solos, taxa de radiação, interações biológicas ou ainda impactos antrópicos. Entretanto, valores baixos de porcentagem de variância explicada são normais em estudos de vegetação em análise pela CCA e não impedem o valor de significância da relação espécie-ambiente. O teste de permutação de Monte Carlo indicou que os valores de cobertura amostrados foram correlacionados significativamente no eixo 1 ao nível de 0,05% de probabilidade (0,036). O eixo 2 não apresentou valor significativo de correlação.

Tabela 5. Resultado da Análise de Correspondência Canônica (CCA) da porcentagem do valor de cobertura das 27 espécies amostradas ao longo das 9 áreas estudadas e correlacionadas aos parâmetros edáficos locais, em Lions Rump, Ilha Rei George.

RESUMO ESTATÍSTICO DOS EIXOS	Eixo 1	Eixo 2
Autovalores	0.917	0.783
% Variância global dos dados	28.4	24.2
% Variância global dos dados acumulada	28.4	52.6
Correlação de Pearson, (espécies-variáveis)	1	0.954
Correlação por postos Kendall (espécies-variáveis)	0.611	0.667
Teste de Monte Carlo (Para correlação espécies-ambiente)	0.036	0.678

O primeiro eixo de ordenação foi predominantemente determinado pelo teor de saturação por sódio (IsNa) e pH. IsNa apresentou forte correlação positiva com o eixo 1 enquanto o pH apresentou leve correlação negativa.

A partir da análise do gráfico de ordenação das áreas nos ambientes estudados (Fig. 13), observa-se a separação das comunidades de *D. antarctica* no canto inferior direito, definida pelo maior índice de saturação por sódio das áreas litorâneas, locais que recebem e concentram a maior parte do spray salino do mar. O outro extremo do gradiente foi caracterizado pelo vetor de pH, no canto superior direito, onde se agrupam as comunidades de *Usnea* dos sítios 5 e 7, bem como a comunidade de *D. antarctica* do sítio 2, relacionadas aos ambientes das áreas mais elevadas com baixa influência das colônias de aves e desenvolvimento mais antigo.

A comunidade de musgos almofada do sítio 8 forma um grupo distinto dos demais e fracamente relacionado aos índices de saturação por sódio e pH, sendo portanto uma comunidade relacionada a outros parâmetros ambientais além desses verificados na CCA, já que se associa a áreas onde há acumulação superficial de água e má drenagem.

Os parâmetros de umidade, distância do mar e face de exposição parecem ser fatores mais importantes para explicar a variação na composição de espécies em comunidades dominadas por *Usnea*, conforme verificado por Gremmen *et al.* (1994). Entretanto, neste trabalho foi possível verificar também que a distribuição das comunidades de *Usnea* e suas espécies relacionadas, como *P. contortuplicata*, *O. frigida* e *L. puberulum*, respondem moderadamente à variação de pH, sendo favorecidas, sobretudo em substratos formados de rocha e solos de reação básica/alcalina, mais ricos em cálcio.

A natureza básica dos substratos das áreas mais elevadas e com baixa influência das avifauna local, especialmente aquelas das áreas 2, 5, 7 e 8, se deve principalmente a ocorrência do basalto encontrado por toda a área de estudo e pelo pouco acúmulo local de matéria orgânica e menor acidez. As espécies encontradas nessas áreas são citadas na literatura como não tolerantes às concentrações de nitrogênio (amônia e nitrato) das pinguineiras, sendo, portanto encontradas em áreas mais afastadas das mesmas (REDON 1985; ØVSTEDAL & LEWIS-SMITH 2001). Neste sentido, algumas espécies como *Schistidium falcatum*, *Ochrolequia frigida* e outras do gênero *Syntrichia*, são relacionadas à basicidade dos substratos aos quais estas se associam (LONGTON 1967) e as mesmas foram também encontradas parcialmente em Lions Rump sobre áreas de solos básicos.

Os solos mais ácidos concentravam-se próximos às colônias de aves do litoral. Nestes, a decomposição microbiana da matéria orgânica decorrente das pinguineiras produz amônia, o qual pode ser oxidada no solo formando o ácido nítrico (HNO_3), reduzindo o pH dos substratos (SIMAS *et al.* 2008). A comunidade do sítio 3 situa-se sobre o solo mais ácido dentre as áreas estudadas (Tabela 4).

As áreas com solos mais ácidos e com maior índice de saturação por sódio foram os locais de ocorrência preferencial das comunidades de *D. antártica* e *C. quitensis*. Nessas, a Saturação por Sódio foi o fator edáfico determinante, segundo a CCA, na distribuição e abundância das espécies dentro das comunidades. A Saturação por Sódio mede a quantidade de sódio no complexo de troca do solo, sendo que seus valores foram mais pronunciados nas áreas de maior influência marítima, apesar de não serem tão elevadas de forma geral.

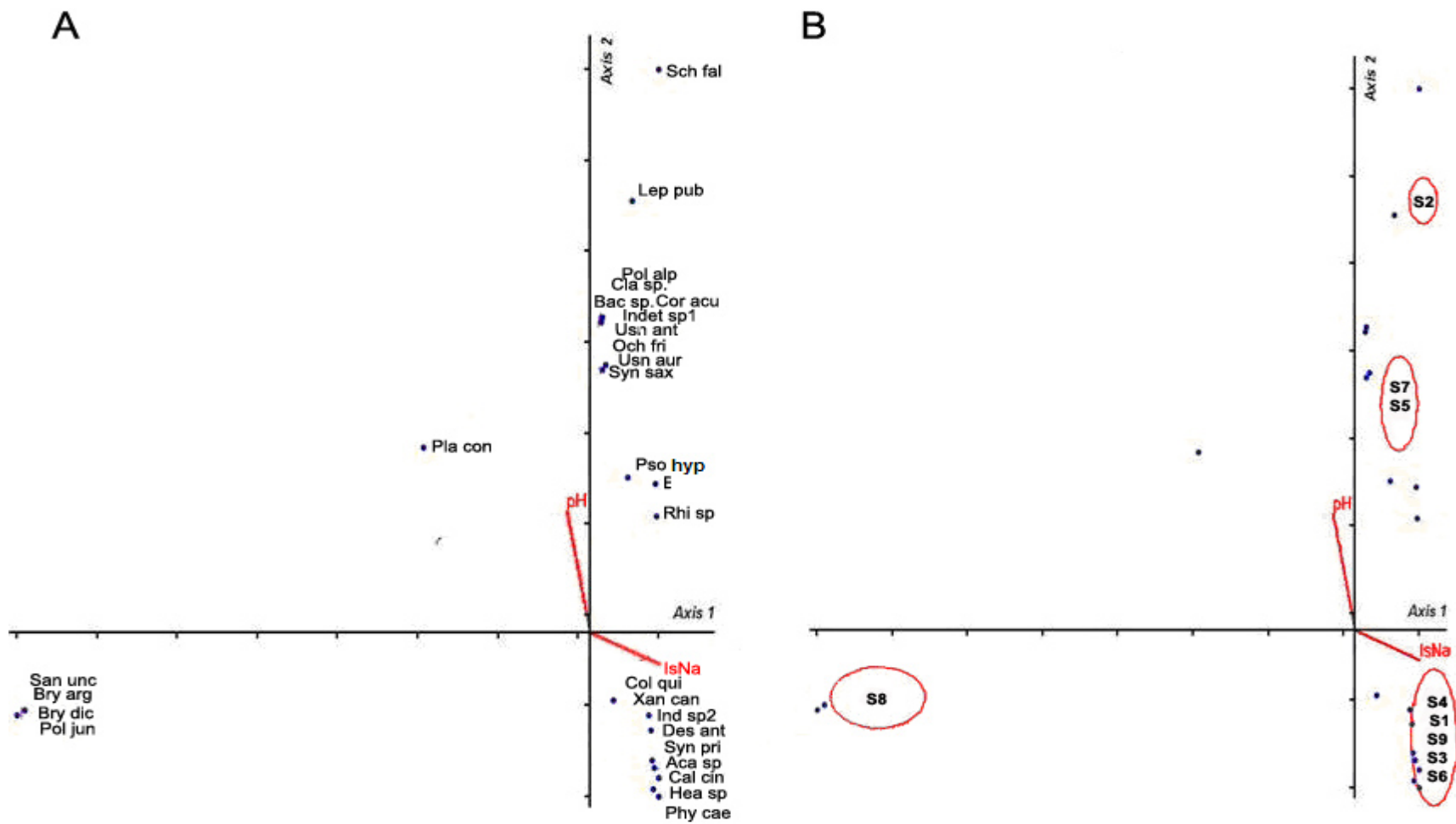


Figura 13 Diagramas de ordenação das espécies (A) e das parcelas (B), das 27 espécies encontradas nas 9 áreas de estudo em Lions Rump, Ilha Rei George. As abreviações das espécies encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. Lista das abreviações das 27 espécies utilizadas na Análise de Correspondência Canônica (CCA) para a confecção da matriz de vegetação.

Abreviação	Espécie
Aca sp	<i>Acarospora</i> sp
Bac sp	<i>Bacidia</i> sp
Bry arg	<i>Bryum argenteum</i> Hedw.
Bry dic	<i>Bryum dicchotomum</i> Hedw.
Bue sp	<i>Buellia</i> sp
Cal cin	<i>Caloplaca cinnericola</i> (Hue) Darb.
Cla sp.	<i>Cladonia</i> sp.
Col qui	<i>Colobanthus quitensis</i> (Kunth.) Bart.
Cor acu	<i>Cornicularia aculeata</i> (Schreb.) Ach.
Des ant	<i>Deschampsia antarctica</i> Desv.
Hea sp	<i>Heammathoma</i> sp
Ind sp1	Indeterminada sp1
Ind sp2	Indeterminada sp2
Lep pub	<i>Leptogium puberulum</i> Hue
Och fri	<i>Ochrolequia frigida</i> (Sw.) Lynge
Phy cae	<i>Physcia caesia</i> (Hoffm.) Hampe
Pla cont	<i>Placopsis contortuplicata</i> Lamb
Pol alp	<i>Polytrichastrum alpinum</i> (Hedw.) G. L. Smith
Pol jun	<i>Polytrichum juniperum</i> Hedw.
Pso hyp	<i>Psoroma hypnotum</i> (Vahl) Gray
Rhi sp	<i>Rhizoplaca</i> sp.
San unc	<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske Var.
Sch fal	<i>Schistidium falcatum</i> (Hook. F. & Wils.) B. Bremer.
Syn pri	<i>Syntrichia princeps</i> (De Not.) Mitt.
Syn sax	<i>Syntrichia saxicola</i> (Card.) Zand.
Usn ant	<i>Usnea antarctica</i> Du Rietz
Usn aur	<i>Usnea aurantiaco-atra</i> (Jacq.) Bory
Xan can	<i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th. Fr.

Vale ressaltar que o sódio possui pouca função nutricional para organismos vegetais, sendo utilizado, em poucas quantidades, para a regeneração da fosfoenolpiruvato, substrato de primeira ordem no ciclo de carboxilação da fotossíntese (TAIZ & ZEIGER 2009). Assim, os maiores teores de sódio trocável das áreas litorâneas parece não ser um fator primordial que contribui para o desenvolvimento das comunidades vegetais destes locais, mas sim, um fator selecionador das espécies adaptadas às concentrações mais elevadas desse elemento nos solos (LARCHER 2000). Elevados teores de sódio são comuns em ambientes sob a influência do mar, como estes observados em Lions Rump, conforme descrito por Simas *et al.* (2008). Em contrapartida, alguns líquens marinhos mostram uma alta resistência à impregnação do talo por sal e inclusive parecem utilizar este composto em processo de absorção hídrica se tratando, portanto, de espécies halófitas (REDON 1985; OLECH 1993).

A principal diferença entre os aspectos pedológicos encontrado nos habitats da vegetação na Antártica parece diferir, sobretudo, no status nutricional e acidez (SMITH 1972; LINDSAY 1971; SIMAS *et al.* 2008). No entanto, as diferenças químicas observada nos solos nas diferentes comunidades não apresentaram correlações significativas com a cobertura vegetal associada, pela análise de CCA. Essa ocorrência parece indicar que o banco de dados é insuficiente para permitir correlações ambientais-pedológicos das áreas de estudo, pelo fato de que as concentrações de nutrientes, especialmente em ambientes costeiros da Antártica, serem altamente variáveis espacialmente e temporalmente (MICHEL *et al.* 2006). Assim, sem um conhecimento mais aprofundado sobre os padrões de variabilidade pedológica, e sua dependência com as condições locais, fica difícil estimar o valor de uma única medida do status nutricional dos solos das localidades sobre o comportamento da vegetação observado.

Outro aspecto a ser considerado diz respeito às condições específicas dos habitats ocupados pelas comunidades vegetais da Antártica. A análise conjunta dos aspectos ambientais de diferentes unidades fisionômicas pode não evidenciar os fatores mais importantes atuantes sobre a distribuição da vegetação como um todo, sendo talvez melhor evidenciado dentre as comunidades florísticas mais semelhantes.

A correlação dos aspectos climáticos com as comunidades vegetais pode também ser interessante para a Análise de Correspondência Canônica da vegetação da Antártica. Gremmen *et al.* (1994) encontrou correlações mais significativas entre clima e vegetação da Ilha Argentina, avaliando os teores de umidade dos solos, elevação do terreno, faces de exposição solar e distâncias das áreas litorâneas. Os resultados evidenciam a estreita relação que as comunidades possuem com os aspectos climáticos e topográficos locais.

Sobre as comunidades vegetais, há uma combinação de fatores que atuam em sinergia: hidrológicos, topográficos, pedológicos, climáticos e microclimáticos, e isolar uma variável em detrimento das demais parece ser um exercício temerário. Ainda assim, pode-se observar que *C. quitensis* e *D. antarctica* possuem uma ocorrência mais vinculada a solos sem ocorrência de permafrost atual, em tendência a formar comunidade mais abundante em

solos mais ácidos e rico em MO, e em cotas altimétricas abaixo 80 metros. Já os solos mais rasos, pedregosos e sem influência de aves concentram comunidades liquênicas dominadas principalmente por *Usnea*, estando localizadas nas partes superiores da paisagem, em cotas acima dos 60 metros.

4. CONCLUSÕES

Em Lions Rump, as comunidades vegetais distribuem distintamente ao longo das diferentes áreas estudadas. As comunidades de *D. antarctica* concentram-se próximas do litoral, sob forte influência marítima e da fauna local, enquanto as comunidades de *Usnea* concentram-se nas áreas mais elevadas e distantes, sobre a sequência de cristas de “Chopin Ridge”, com menor influência marinha.

A similaridade florística, assim como a Análise da CCA evidenciam a divisão de dois grupos vinculados a características ambientais distintas encontradas nas diferentes cotas altimétricas de Lions Rump, definindo uma divisão geral de dois ecossistemas fundamentais bem distintos.

Pela análise de correspondência Canônica, observou-se que os aspectos pedológicos determinantes da distribuição da vegetação em Lions Rump foram o pH e o Índice de Saturação por sódio, estando às comunidades de *Usnea*, situadas nos substratos básicos e as de *D. antarctica* nos solos mais ricos em sódio e sem permafrost. As comunidades de *Sanionia* formam um grupo a parte, associadas a outros parâmetros ambientais não quantificados nesse estudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, S. E.; GRIMSHAW, H. M & HOLDGATE, M. W. 1967. Factors affecting the availability of plant nutrients on an Antarctic island. **Journal of Ecology**. 55: 381-396.
- CAMPBELL, I. B. & CLARIDGE, G. G. C. 1987. **Antarctica: soils, weathering processes and environment**. Elsevier Science Publishers B. V., New York. 368p.
- EDWARDS, J. A. & LEWIS-SMITH, R. I. 1988. Photosynthesis and respiration of *Colobanthus quitensis* and *Deschampsia antarctica* from the Maritime Antarctic. **British Antarctic Survey Bulletin**. 81: 43-63.
- EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1997. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 212p.
- FRANCELINO, M.R. 2004. Geoprocessamento aplicado ao monitoramento ambiental da Antártica Marítima: solos, geomorfologia e cobertura vegetal da Península Keller. Tese de Doutorado, Viçosa, UFV. 102p.
- FRANCELINO, M. R.; PEREIRA, A. B.; FIRME-SÁ, M. M.; SPIELMANN, A. A.; BREMER, U. F.; TONIN, A. & SCHAEFER, C. E. 2007. Influência da radiação solar na distribuição das comunidades vegetais nas áreas livres de gelo da Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. 2637-2642.
- FOWBERT, J.A. AND R. SMITH, 1994: Rapid population increases in native vascular plants in the Argentine Islands, Antarctic Peninsula. *Arctic Alpine Research*., **26**, 290-296.
- GREMMEN, N.J.M.; HUISKES, A.H.L. & FRANCKE, J. W . 1994. Epilithic macrolichen vegetation of the Argentine Islands, Antarctic Peninsula. **Antarctic Science**. 6: 463-471.
- LARCHER, W. 2000. **Ecofisiologia Vegetal**. 1ª Ed. São Carlos, Rima. 531p.
- LEWIS SIMTH, R. I. 1995. Colonization by lichens and the development of lichens-dominated communities in the Maritime Antarctic. **Lichenologist**. 27: 473-483.
- LINDSAY, D. C. 1971. Vegetation of the South Shetland Islands. **British Antarctic Survey Bulletin**. 25: 59-83.

- LONGTON, R.E. 1967. Vegetation in the Maritime Antarctic. **Biological Sciences**, 252: 213-235.
- MCCUNE, B.& MEFFORD, M. J. 1999. PC-ORD version 4.0, multivariate analysis of ecological data, Users guide. MjM Software Design, Glaneden Beach.
- MICHEL, R. F. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; DIAS, L. E.; SIMAS, F. N. B.; BENITES, V. M. & MENDONÇA, E. S. 2006. Ornithogenic Gelisols (Cryosols) from Maritime Antarctica: pedogenesis, vegetation, and carbon studies. **Soil Science Society of America Journal**. 70: 1370-1376.
- OCHYRA, R., 1998. **The Moss Flora of King George Island, Antarctica**. Cracow, Polish Academy of Science, Institute of Botany. 279 p.
- OLECH, M. 1993. Lower plants. In: RAKUSA-SUSZCZEWSKI. The Maritime Antarctic Coastal ecosystem of Admiralty Bay. Warsaw: Polish Academy of Sciences. p.181-189.
- ØVSTEDAL, D.O. & LEWIS-SMITH, R.I. 2001. **Lichens of Antarctica and South Georgia**. London, British Antarctic Survey. 411p.
- REDON, J. 1985. **Liquenes antárticos**. 1. ed. Santiago, Instituto Antártico Chileno. 121p.
- RIFFENBURGH, B. 2007. **Encyclopedia of the Antarctic**. Taylor & Francis Group, New York. 1146p.
- SCHAEFER, C. G. E. R.; PEREIRA, A. B.; FRANCELINO, M. B.; FILHO, E. I. F.; SIMAS, F. N. B.; COSTA, L. M. & OLIVEIRA, A. C. 2004. *Comunidades vegetais na península Keller: ecologia e padrões de distribuição*. In: *Ecosistemas costeiros e monitoramento ambiental da Antártica marítima: Baía do Almirantado, Ilha Rei George*, pp. 47-59. Schaefer, C.N.; Francelino, M.R.; Simas, F.N.B.; Albuquerque Filho, M.R. de Ed. Viçosa: NEPUT.
- SIMAS, F. N. B.; SCHAEFER, C. E. G. R.; ALBUQUERQUE-FILHO, M. R.; FRANCELINO, M. R.; FERNANDES-FILHO, E. I.; GILKES, R. J. & COSTA, L. M. 2008. Gênese, propriedades and classification of cryosols from Admiralty Bay, Maritime Antarctica. **Geoderma**. 144: 116-122.
- SMITH, R. I. L. 1972. Vegetation of the South Orkney Islands with particular

- reference to Signy Island. **British Antarctic Survey Scientific Reports**. 68: 1-124.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. 2009. **Fisiologia vegetal**. Editora Artmed. São Paulo, 722p.
- TATUR, A. & MYRCHA, A. 1984. Ornithogenic soils of King George Island. Polish **Polar Research**. 5:31-60.
- TER BRAAK, C. J. F. 1986. Canonical Correspondence Analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**. 67: 1167-1179.
- TER BRAAK, C. J. F. 1987. The analysis of vegetation environment relationship by canonical correspondence analysis. **Vegetatio** 69: 69-77.
- VALENTIN, J. L.; PERES-NETO, P. R. & FERNANDEZ, F. A. S. 1995. Agrupamento e ordenação. **Oecologia Brasiliensis**. 1: 27-55.
- ZARZYCKI, K. 1993. Vascular plants and terrestrial biotopes. In: RAKUSA-SUSZCZEWSKI. The Maritime Antarctic Coastal ecosystem of Admiralty Bay. Warsaw: Polish Academy of Sciences. p.181-189.

Capítulo 2

COMUNIDADES CRIPTOGÂMICAS EM HOPE BAY, PENÍNSULA ANTÁRTICA: MAPEAMENTO E DESCRIÇÃO FLORÍSTICA,

Lucas Marinho Poeiras¹; Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer¹;

Antonio Batista Pereira²; Thiago Torres Costa Pereira¹ & André Medeiros de

Andrade¹.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo listar as principais comunidades encontradas em Hope Bay, correlacionando-as com o ambiente e mapeando as suas áreas de ocorrência. A descrição das comunidades vegetais baseou-se em dezenove espécies de líquens, oito de musgos e uma de alga terrestre, formando comunidades distintas. A mais representativa comunidade encontrada em Hope Bay é composta por algas terrestres da espécie *Prasiola crispa* em associação com o líquen *Mastodia tessellata*. As outras fitofisionomias ocorrem em menor proporção dentro da área estudada. As comunidades de *Prasiola* ocorrem preferencialmente ao redor das muitas pinguineiras de *Adeliae* (*Pygoscelis adeliae*). A conhecida afinidade dessa comunidade com elevadas concentrações de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, explica suas comunidades próximas às pinguineiras, assim como as comunidades de líquens ornitocófilos como *Caloplaca* e *Acarospora*. As demais comunidades ocorrem em áreas distantes das anteriores, onde fatores como a disponibilidade de água e face de exposição exercessem maior influência sobre a distribuição das mesmas.

Palavras-chave: Antártica Marítima, líquen, comunidades, fitofisionomias, pinguineira, ornitocófilos.

1. INTRODUÇÃO

As comunidades criptogâmicas da Antártica são frequentemente notáveis pela sua simplicidade florística e estrutural, bem como pela sua típica distribuição espacial, caracterizada por unidades distintas que formam um mosaico disperso de regiões vegetadas (OLECH 1993). O padrão de estabelecimento dessas comunidades é determinado por três fatores principais: biótico (animais e outras plantas), edáfico (características dos substratos) e, o mais importante, climático (particularmente a disponibilidade de água e duração dos ciclos de congelamento e descongelamento) (SEPPELT 1995). Evidentemente, a distribuição espacial das comunidades vegetais na Antártica também é determinada pela existência de regiões onde as geleiras não cobrem o solo, deixando, portanto, o substrato exposto para o estabelecimento dos organismos e a sucessão ecológica (LEWIS-SMITH 1995; OLECH 1993).

Neste sentido, a “Antártica Marítima”, região compreendida entre a face oeste da península Antártica e suas ilhas associadas, é uma área de destaque para o estudo das comunidades vegetais, pois concentra condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento das populações, tais como radiação e umidade.

Entretanto, algumas regiões da “Antártica Marítima” ainda não receberam esforços investigativos para o conhecimento da sua flora local, como é o caso de Hope Bay na Península Antártica. Apesar de existirem diversos trabalhos envolvendo a vegetação nesta baía nenhuma investigação focou a sua diversidade florística e mapeamento das suas unidades fitofisionômicas (MARTIN-SERRANO 2005; PIZARRO *et al.* 1996; TATUR & MYRCHA 1989; IZAGUIRRE *et al.* 1993).

Hope Bay possui um relevante interesse ecológico, pois é utilizada como sítio de procriação da fauna e por ser uma das poucas áreas que ainda permitem o amplo desenvolvimento da vegetação no continente antártico (TATUR & MYRCHA 1989). Notavelmente, a sua localização ao extremo norte da península Antártica a torna particularmente vulnerável frente aos impactos antrópicos sobre o clima global (ANISIMOV *et al.* 2007). Desde 1961 a região

tem experimentado uma elevação de 1% nas médias de temperatura anuais, principalmente no verão (TURNER *et al.* 2005).

Assumindo a importância dos estudos da riqueza vegetal em áreas ainda pouco conhecidas, como é o caso de Hope Bay, e suas características específicas, a presente investigação tem como principal objetivo descrever as comunidades vegetais desta região e mapeá-las. Especificamente, buscou-se a realização de uma análise detalhada da vegetação em Hope Bay, bem como o mapeamento das suas comunidades vegetais. Acredita-se que os resultados alcançados contribuem para uma melhor compreensão dos processos ecológicos locais, bem como na construção de uma base de análise para o monitoramento ambiental e climático da Antártica, dentro de um contexto de mudanças climáticas mundiais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Hope Bay está localizada ao extremo norte da Península Antártica nas coordenadas (63°23'S, 57°00'W). Sua área livre de gelo possui cerca de 4 Km² com composição litológica formada basicamente por rochas sedimentares mesozóicas (Triássico), arenitos, ardósias e conglomerados do grupo “Trinity Península”, “Botany Bay” e “Antarctic Península” (MARTIN-SERRANO *et al.* 2005). A região ainda é habitada por grandes populações de pinguins Adélia (*Pygoscelis adeliae*) que nidificam em áreas adjacentes a baía e formam extensas “pinguineiras”. Desde 195a área é ocupada por militares da base Argentina “Esperanza” (Fig. 1).

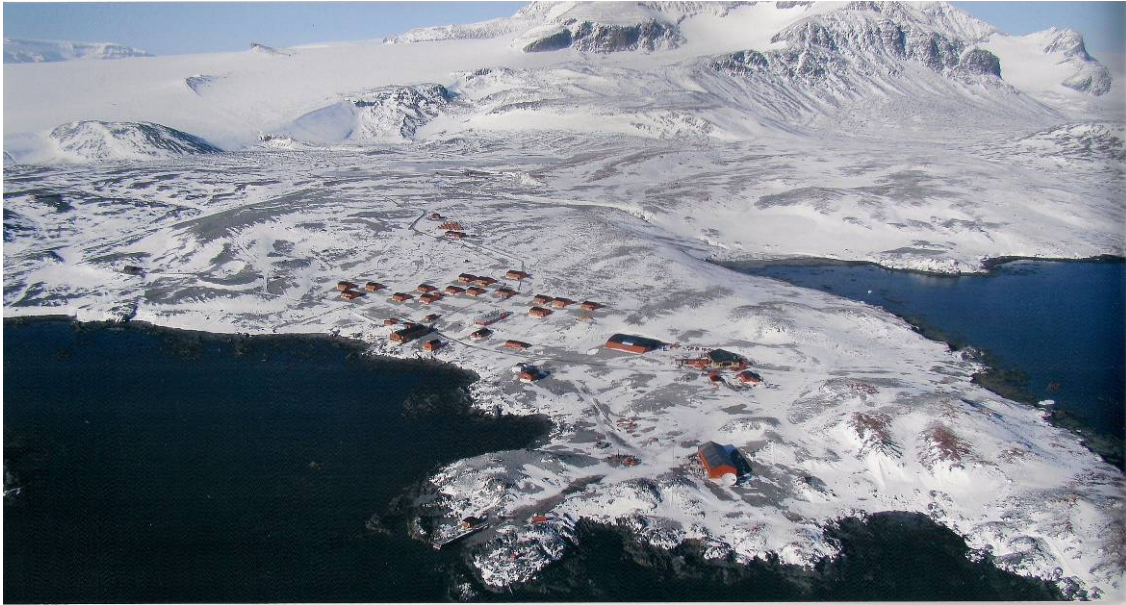


Figura 1. Face norte de Hope Bay, mostrando a base Esperanza e o Monte Flora ao fundo.

O clima é característico da Antártica Marítima, com médias mensais de temperatura no verão variando de $-1,5$ a 2°C e precipitação abaixo dos 700 mm/ano (PIZARRO *et al.* 1996). A porção sudeste da baía é ocupada por extensas geleiras que abastecem os lagos do entorno e inclui ainda um importante sitio paleobotânico datado do Jurássico inferior, o Monte Flora (MARTIN-SERRANO *et al.* 2005).

2.2 Mapeamento das comunidades vegetais

Para o processo de mapeamento das comunidades vegetais fez-se uso de uma imagem obtida pelo sensor do satélite QuickBird com data de passagem de 08 de janeiro de 2005 com as bandas espectrais 1, 2, 3 e 4. A imagem possui resolução espacial de 2,44 m nas bandas 1, 2 e 3 e resolução espacial de 0,61 m na banda 4 pancromática. Após os processos de georreferenciamento e fusão de bandas, a imagem foi classificada fazendo uso de pontos de controle georreferenciados e, posteriormente interpretada na imagem quanto aos respectivos valores espectrais. Por meio da classificação visual foi selecionado um total de 13 classes de vegetação e outras duas classes compreendendo a as feições de lagos e o glaciar. Todas as classes estão compreendidas nos limites de Hope Bay.

Para a implementação e processo de elaboração dos dados foram utilizadas técnicas de geoprocessamento por meio do programa ArcGis 9.3 (ESRI, 2008). Após todos os procedimentos citados obteve-se um mapa detalhado da vegetação de Hope Bay, que norteou a seleção de 15 pontos para a coleta do material botânico.

2.3 Levantamento florístico e caracterização das comunidades

O primeiro passo para a coleta das espécimes características das comunidades vegetais de Hope Bay foi a identificação visual destas a partir de um reconhecimento local. Todas as comunidades foram georreferenciadas com auxílio de GPS. Posteriormente foram realizadas visitas a todos os 15 pontos de coleta, mediante excursões pela área no mês de Fevereiro de 2009, com coleta de amostras dos representantes vegetais seguindo as recomendações de Braun-Blanquet (1979) para estudos de comunidades criptogâmicas, registrando-se as características visuais dos exemplares.

As espécies foram coletadas inteiras e intactas, sendo os dados de cada exemplar anotados em fichas de campo contendo itens como: dados fonológicos, tipo de substrato, posição sobre a rocha, habitat e demais dados comuns a amostras de herbário. Recomendações sobre coleta e cura dos espécimes foram seguidas sugestões de Brodo *et al.*(2001).

A identificação do material botânico foi feita utilizando-se chaves dicotômicas existentes para as espécies da Antártica, baseada em Putzke & Pereira (2001) para musgos, e Øvstedal & Lewis-Smith (2001) e Redon (1985) para os líquens. A classificação das comunidades e a descrição detalhada das mesmas foram baseadas em Longton (1967), com adaptações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Mapeamento e descrição das comunidades vegetais

A análise visual da Figura 2 permite constatar que as comunidades se

distribuem em pequenas manchas formando um grande mosaico que cobre quase toda a região da baía, interrompido por áreas de rochas expostas. Somente a parte compreendida entre o Glaciar Kennedy e o Glaciar Flora carece de representantes criptógamos. As comunidades próximas ao mar são mais reticuladas, enquanto as comunidades próximas às geleiras apresentam uma maior área contínua.

As comunidades vegetais em Hope Bay pertencem à formação “Criptogâmica Antártica”, segundo a classificação feita por Longton (1967), ou seja, formações que se caracterizam pela predominância de vegetais sem flor. Segundo a mesma classificação, foram identificadas em Hope Bay dois tipos de sub-formação, a saber: a “Sub-formação de Líquens e Musgos” e a “Sub-formação de Algas Talosas”.

As 146 amostras realizadas, distribuídas nos 15 pontos de coleta, permitiram a identificação de 28 espécies de criptógamos, sendo que as fanerógamas não ocorrem na área de “Hope Bay”. Foram identificadas uma espécie de alga terrestre, 19 espécies de líquens e 8 espécies de musgos (Tabela 1).

A espécie com maior distribuição dentre as comunidades estudadas foi *Buellia russa* (Hue) Darb., ocorrendo em 11 pontos de coleta, desde as áreas com solos ornitogênicos até os locais mais isolados ao sul da baía. *Caloplaca sublobulata* (Nyl.) Zahlbr. também se destacou quanto a sua abrangência, sendo coletada em 10 pontos amostrais. A grande maioria das espécies foi registrada em poucos locais, coletadas em quatro a seis pontos, como é o caso de *Mastodia tessellata* (Hook. f. et Harv.) Hook. f. et Harv., *Rhizoplaca aspidophora* (Vain.) Redon e *Usnea Antarctica* Frey et Lamb.. Das espécies amostradas, dezoito foram amostradas em menos de três localidades, sendo, desta forma, espécies de distribuição local restrita. Destacam-se ainda, as oito espécies identificadas apenas em um ponto amostral, a saber: *Cladonia pocillum* (Ach.) Grognot, *Pseudephebe minúscula* (Nyl. ex Arnold) Brodo et Hawksw., *Lecania* sp., *Rizoplaca* sp., *Umbilicaria Antarctica* Frey et Lamb., *Andreaea regularis* Muell., *Bryum argenteum* Hedw. e *Hennediella antarctica* (Angstr.) Ochyra & Matteri (Tabela 1).

O mapa de vegetação mostra 13 distintas comunidades encontradas em Hope Bay, sendo as plantas aquáticas do litoral, ilustradas na cor verde. Os

limites da porção livre de gelo de Hope Bay são evidenciados pela cor branca fazendo divisas com os respectivos Glaciares na porção sudoeste. Suas lagoas e áreas marítimas estão em azul (Fig. 2).

A partir das características florísticas e ambientais foram diferenciadas doze comunidades vegetais em Hope Bay, que passam a ser descritas a seguir.

3.1.1 Comunidade de *Prasiola* e *Mastodia*

Estão compreendidas nas áreas próximas à base militar Argentina, porção norte da baía, locais extensamente habitados por populações de pinguins do gênero *Adelieae* e se caracterizam pelas subformações vegetais do tipo Algas Talosas com representativa cobertura de *Prasiola crispa* (Lightfoot) Kützing, tendo, não raro, indivíduos de *Mastodia tessellata* (Fig. 3 e 4). Esse tipo ocorre desde a face litorânea, ao norte da baía, até as proximidades do lago Boeckella, e numa pequena porção ao sudoeste da baía, próximo ao vale dos cinco lagos (Fig. 2. P1, P2 e P3).

Algumas dessas áreas não possuem pinguineiras atuais, mas devem representar antigas áreas de nidificação dessas aves.

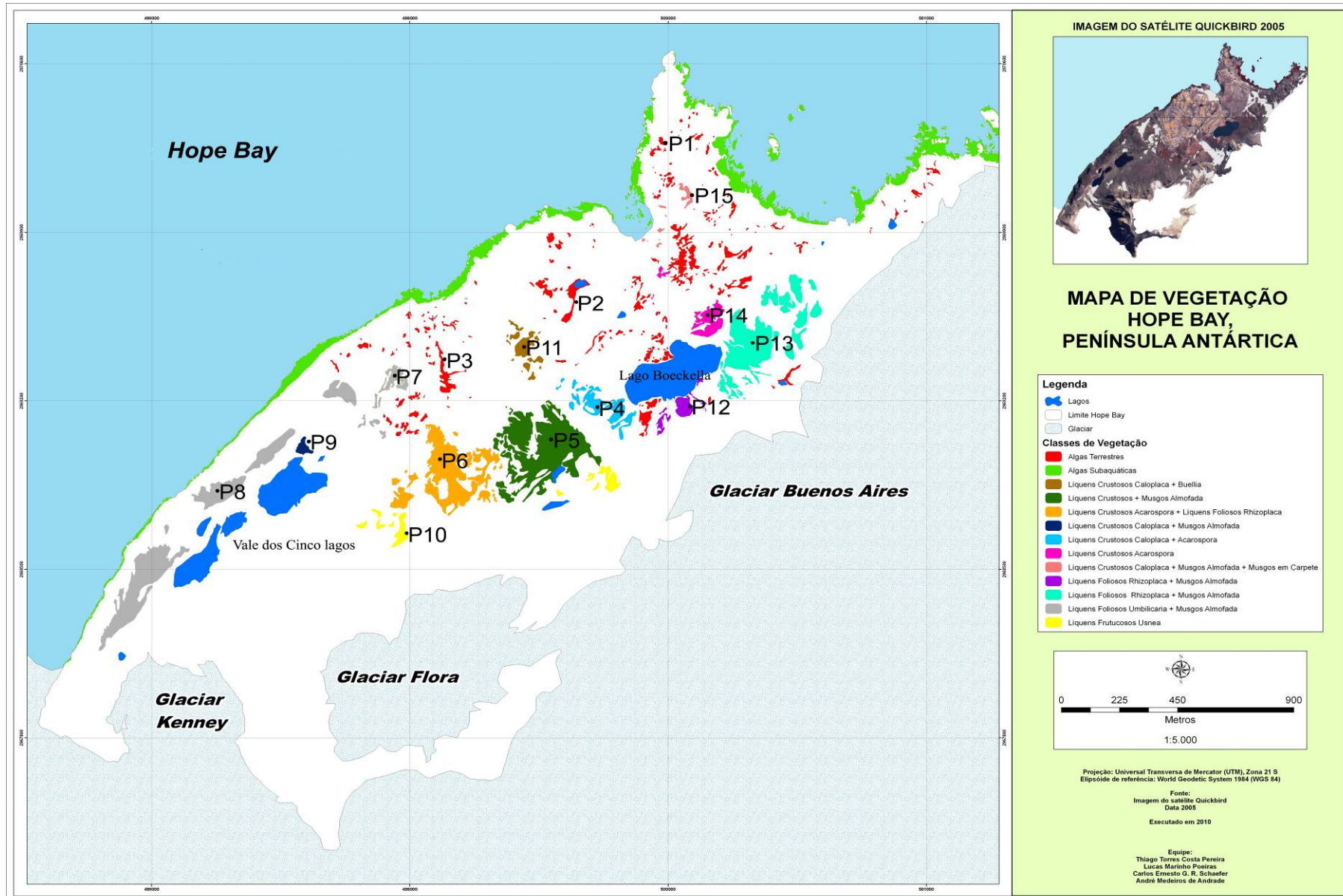


Figura 2. Mapa de vegetação de Hope Bay mostrando os pontos de coleta e as respectivas comunidades.

3.1.2 Comunidade de *Caloplaca* e *Acarospora*

A sudoeste do lago Boeckella (Fig. 2. P4), abaixo da moraina frontal do Glaciar Buenos Aires, encontra-se uma formação de líquens crustosos composta por *Acarospora macrocyclos* Vain., *Buellia russa*, *Candelaria murrayi* Poelt., *Caloplaca sublobulata*, e alguns poucos indivíduos de *Mastodia tessellata*. A comunidade ocorre em solo bastante pedregoso e fosfatizado, ocupando o segundo nível da moraina frontal do Glaciar Buenos Aires.

A comunidade forma um campo contínuo de líquens crustosos ornitocoprófilos, com ampla cobertura de *Acarospora macrocyclos*, em solos pedregosos com razoável estabilidade. O permafrost é visível a 25 cm de profundidade.

3.1.3 Comunidade de líquens e musgos

Num nível acima do primeiro nível da moraina frontal do Glaciar Buenos Aires (Fig. 2. P5), ocorre uma ampla comunidade de líquens, ocupando uma área de aproximadamente 1200 m², formada por populações de *Acarospora macrocyclos*, *Candelaria murrayi*, *Caloplaca sublobulata*, *Xanthoria elegans* (Link.) Th. Fr., *Buellia russa*, *Rhizoplaca aspidophora*, *Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau e *Chrysothrix* sp. Também foram encontrados, entre as populações das espécies citadas, indivíduos de *Usnea antarctica* e *Umbilicaria antarctica*, porém bem menos abundante que as anteriores. Os musgos coletados nesta formação são representantes das espécies *Sanionia uncinata* (Hedw.) Ochyra e *Syntrichia princeps* (De Not.) Mitt., e estes também foram menos frequentes, ocorrendo preferencialmente sobre depressões do terreno (Fig. 5 e 6).

Tabela 1 – Espécies criptogâmicas coletadas em Hope Bay, Antártica, e seus respectivos pontos de coleta.

Espécie	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Algas															
<i>Prasiola crispa</i> (Lightfoot) Kützing	x	x	x											x	
Líquens															
<i>Acarospora macrocyclos</i> Vain.				x	x	x				x	x	x		x	x
<i>Buellia russa</i> (Hue) Darb.				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
<i>Caloplaca sublobulata</i> (Nyl.) Zahlbr.				x	x	x	x		x	x	x	x	x		x
<i>Candelaria murrayi</i> Poelt.				x	x	x	x	x					x	x	x
<i>Chrysothrix</i> sp.					x					x		x			
<i>Cladonia pocillum</i> (Ach.) Grognot										x					
<i>Heamathomma erythromma</i> (Nyl.) Zahlbr.							x	x							
<i>Lecania</i> sp.															x
<i>Lecanora</i> sp.							x					x			
<i>Mastodia tessellata</i> (Hook. f. et Harv.) Hook. f. et Harv.	x		x	x							x			x	x
<i>Physcia dubia</i> (Hoffm.) Lettau					x					x	x				
<i>Pseudephebe minuscula</i> (Nyl. ex Arnold) Brodo et Hawksw.										x					
<i>Buellia anisomera</i> (L.) DC.							x	x	x	x					
<i>Rhizoplaca aspidophora</i> (Vain.) Redon					x	x			x			x	x		
<i>Rizoplaca</i> sp.										x					
<i>Umbilicaria antarctica</i> Frey et Lamb.					x										
<i>Umbilicaria decussata</i> (Vill.) Zahlbr.							x	x		x					
<i>Usnea antarctica</i> Frey et Lamb.					x		x	x		x					
<i>Xanthoria elegans</i> (Link.) Th. Fr.					x						x				
Musgos															
<i>Andreaea depressinervis</i> Card.							x								x
<i>Andreaea regularis</i> Muell.															x
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.														x	

Tabela 1. Continuação

Espécie	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Musgos															
<i>Ceratodon grossiretis</i> Card.							x	x							x
<i>Hennediella antarctica</i> (Angstr.) Ochyra & Matteri									x						
<i>Polytrichum strictum</i> Brid.							x	x	x						x
<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Ochyra					x							x			
<i>Syntrichia princeps</i> (De Not.) Mitt.					x								x		X
Total de espécie por ponto	2	1	2	5	12	5	11	8	6	11	6	7	5	5	11

3.1.4 Comunidade de líquens crustosos e foliosos

Na direção ao sudoeste de “Hope Bay” (Fig. 2. P6), observa-se uma outra comunidade de líquens crustosos e foliosos formada principalmente por espécies coletadas na comunidade anterior. Nestas foram observadas as espécies *Rhizoplaca aspidophora*, *Candelaria murrayi*, *Acarospora macrocyclos*, *Buellia russa* e *Caloplaca sublobulata*. As espécies distribuíam-se homogêneamente sobre área e as mesmas cobriam uma parcela pequena da área total da comunidade. Os musgos não foram observados neste ambiente.

3.1.5 Comunidades de líquens foliosos e musgos almofada

Voltado à face litorânea, ao norte do Vale dos Cinco Lagos até próximo ao glaciar Kenney (Fig. 2. P7 e P8) observaram-se a presença de cinco fragmentos de tamanhos distintos, sendo que o maior deles localiza-se ao sul do vale. Essas comunidades são formadas principalmente por populações de *Umbilicaria decussata* (Vill.) Zahlbr. em associação com *Usnea antarctica*, *Caloplaca Sublobulata*, *Buellia anisomera* Vain., *Candelaria murrayi*, *Heamathomma erythromma* (Nyl.) Zahlbr., *Buellia russa* e *Lecanora* sp. Entre as rochas dos fragmentos foram encontrados as espécies de musgos *Ceratodon grossiretis* Card., *Polytrichum strictum* Brid. e *Andreaea depressinervis* Card. formando pequenos tufos de área muito reduzida e amplamente espaçados.

3.1.6 Comunidade de líquens crustosos e musgos almofadas

Sobre a borda norte do maior lago do conjunto do “Vale dos Cinco Lagos” se desenvolve uma comunidade incipiente de líquens crustosos formados por *Caloplaca sublobulata*, *Buellia russa*, *Rizoplaca aspidophora* e *Buellia anisomera* (Fig. 2. P9). Essas espécies se desenvolvem sobre blocos

de rochas maiores que se depositam sobre a borda de círculos formados pela atividade do *permafrost* presente no sub-solo desse local (Solos poligonais) (MARTIN-SERRANO *et al.* 2005). Os musgos *Hennediella antarctica* e *Polytrichum strictum* ocorrem também em pequenas proporções nesse habitat, em turfos, de forma dispersa.

3.1.7 Comunidade de líquens fruticosos e crustosos

Ao leste do Vale dos Cinco Lagos, próximo à base do Monte Flora (Fig. 2. P10), foi observado uma comunidade formada basicamente por populações de *Usnea antarctica* em associações com *Umbilicaria decussata*, *Buellia anisomera* e *Caloplaca sublobulata*. Populações de *Buellia russa*, *Pseudephebe minuscula*, *Cladonia pocillum*, *Rizoplaca* sp. e *Physcia dubia* ocorrem em quantidades bem menores que as anteriores (Fig. 7-8). A presença dos gêneros ornitocoprófilos *Physcia*, *Buellia* e *Caloplaca* indica alguma influência ornitogênica sobre a comunidade, na forma de antigos ninhais de skuas dispersos.

3.1.8 Comunidade de líquens crustosos

Ao noroeste do lago Boeckella (Fig. 2. P11) a comunidade observada continha as populações de *Caloplaca sublobulata*, *Buellia russa*, *Acarospora macrocyclos*, *Xanthoria elegans*, *Physcia dubia* e *Mastodia tessellata*. A espécie dominante nesta comunidade foi *Caloplaca sublobulata* formando uma extensa cobertura alaranjada sobre as rochas, em que seus indivíduos dispunham-se preferencialmente sobre as superfícies das rochas voltadas para a face norte da baía, os quais recebem a maior parte da radiação (Fig. 11-12).

3.1.9 Comunidade de líquens, musgos almofada e musgos carpetes

Na faixa que se estende do sul a nordeste do lago Boeckella (Fig. 2. P12 e P13), há uma ampla população de *Rhizoplaca aspidophora* dividindo o habitat com *Caloplaca sublobulata*, *Buellia russa* e *Usnea antarctica* nos locais mais secos e afastado da margem do lago. Próximo à margem do lago encontra-se musgos das espécies *Sanionia uncinata* e *Syntrichia princeps*. As espécies liquênicas encontram-se fracamente adensadas dentro da comunidade, e à leste da área ocorre uma maior concentração das espécies *Candelaria murrayi* e *Caloplaca sublobulata*. As comunidades desses dois pontos são bem similares floristicamente, entretanto suas populações divergem consideravelmente na abundancia de suas espécies, uma vez que *Usnea antarctica* é mais visível no ponto 13 e *Sanionia uncinata* ocorrem mais naturalmente no ponto 12.

3.1.10 Comunidade de Acarospora

Ao norte do lago Boeckella e sobre a borda da sua linha de drenagem ocorre uma comunidade mista de líquens crustosos com pequenas manchas de *Prasiola crista* e *Mastodia tessellata* (Fig. 2. P14). As espécies mais representativas dessa comunidade foram *Acarospora macrocyclos* e *Candelaria murrayi*, intercaladas com poucos indivíduos de *Caloplaca sublobulata* e *Rinodina* sp. A única espécie de musgo encontrada nesta área é *Bryum argenteum*.

3.1.11 Comunidade de líquens crustosos, musgos almofadas e musgos carpetes

Na porção sudoeste da base militar “Esperanza” apresenta uma comunidade dominada principalmente por líquens crustosos das espécies *Caloplaca sublobulata*, *Buellia russa*, *Acarospora macrocyclos*, *Mastodia tessellata* e *Lecania* sp. (Fig. 2. P15). A área encontra-se abaixo do cemitério da

base argentina e estende-se até a face declivosa voltada para o Antarctic Sound. Os musgos *Andreaea depressinervis*, *Andreaea regularis*, *Ceratodon grossiretis*, *Polytrichum strictum* e *Syntrichia princeps* ocorriam principalmente sobre esta face, principalmente nos pontos de maior concentração de umidade no solo.

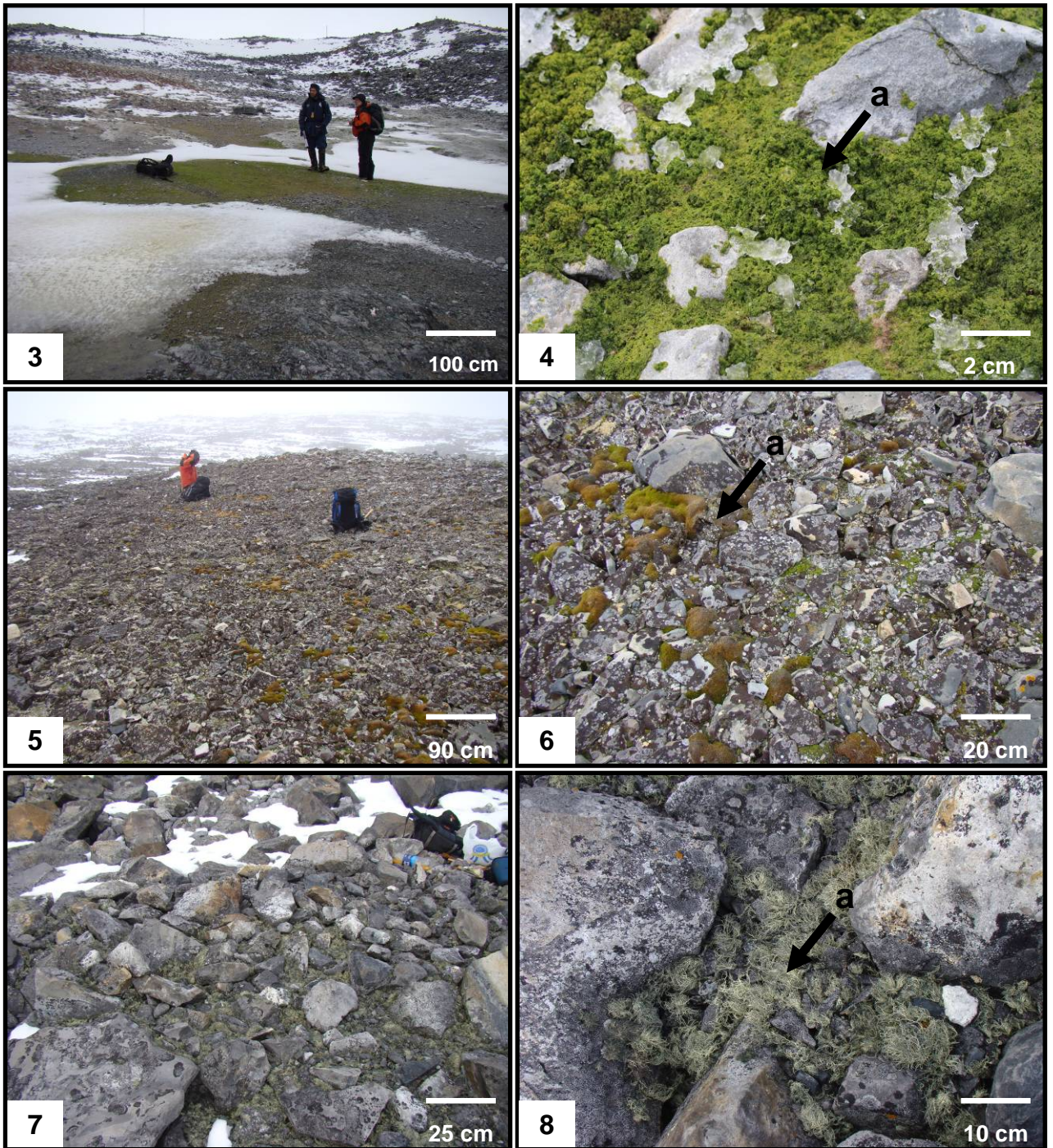


Figura 3-8. 3. Comunidade de *Prasiola* do ponto 1. 4. Detalhe da comunidade do ponto 1, (a) *Prasiola crispa*. 5. Comunidade sobre a moraina frontal do Glaciar Flora no ponto 5. 6. Detalhe da comunidade do ponto 5 (a) *Syntrichia princeps*. 7. Comunidade de *Usnea* do ponto 10. 8. (a) *Usnea antarctica*.

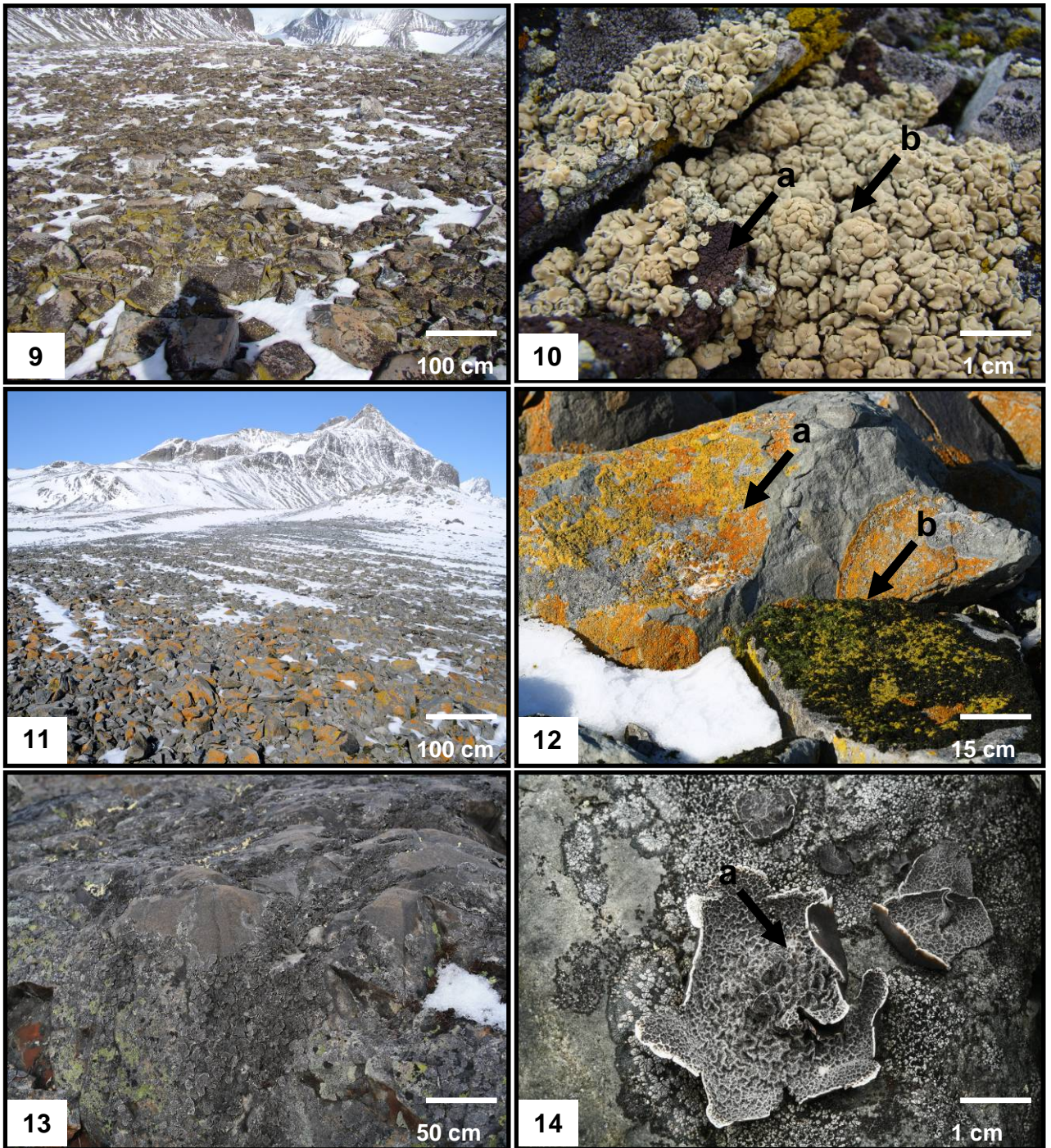


Figura 9-13. 9. Comunidade sobre o ponto 6. 10. Detalhe da comunidade do ponto 6 (a) *Acarospora macrocyclos* (b) *Rhizoplaca aspidophora*. 11. Comunidade de *Caloplaca* do ponto 11. 12. Detalhe da comunidade de *Caloplaca* (a) *Caloplaca sublobulata* (b) *Mastodia tessellata*. 13. Comunidade de *Umbilicaria* do ponto 7. 14. (a) *Umbilicaria decussata*.

3.2 A vegetação de Hope Bay e os aspectos ambientais

A comunidade dominada por *Prasiola* e *Mastodia*, apesar de ser a única representante da Sub-formação “Algas Talosas”, foi a de maior ocorrência em Hope Bay. Entretanto sua distribuição é restrita ao entorno de áreas ocupadas pelos pinguins, ocorrendo sempre próximas aos depósitos de guano concentrados na região noroeste da Baía, especialmente em pontos deprimidos do terreno e linhas de drenagem, onde as condições de umidade e concentração de nutrientes são favoráveis as suas espécies (Fig. 15).

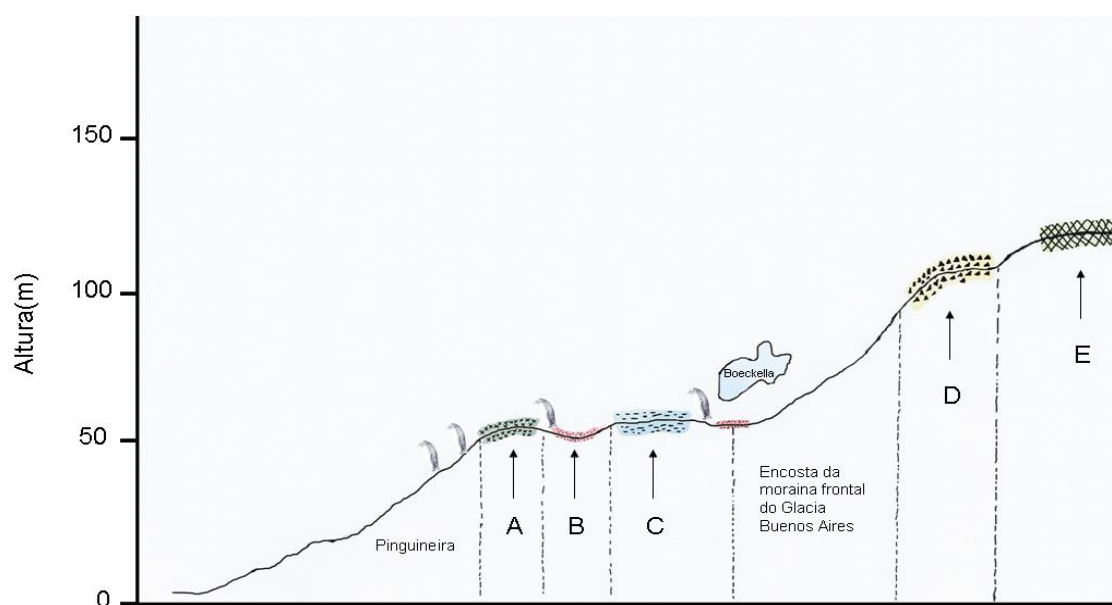


Figura 15. Distribuição das comunidades ao longo do gradiente de elevação. (A) Comunidade de líquens crustosos. (B) Comunidade de *Prasiola* e *Mastodia*. (C) Comunidade de *Caloplaca* e *Acarospora*. (D) Comunidade de líquens crustosos e foliosos. (E) Comunidade mista de líquens e musgos.

Neste sentido, os dados sugerem que o estabelecimento das comunidades dominadas por *Prasiola crispera* e *Mastodia tessellata* são determinadas pelas condições ambientais provocadas pelos pinguins, sobretudo por seus excrementos, que alteram consideravelmente algumas características físicas e químicas do substrato.

Assim, fatores que influenciam as populações de aves na área podem indiretamente provocar alterações significativas nos padrões de distribuição das comunidades sobre o terreno (TATUR & MYRCHA 1989). As adaptações fisiológicas que essas duas espécies possuem as concentrações elevadas de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, e a capacidade de sobrevivência

em meio ácido, explicam a ocorrência de suas comunidades próximas as colônias das aves, crescendo constantemente em substrato rico em nutrientes lixiviados das mesmas (REDON 1985; NEUSTUPA 1998; SCHAEFER *et al.* 2004).

Nas partes mais secas destes ambientes, a alga *Prasiola crispa* é líquenizada pelo fungo *Mastodia tessellata* e, portanto, essa espécie de líquen compõe frequentemente esta comunidade próxima aos ninhais. De acordo com Longton (1967) as comunidades de algas terrestres fazem associação com muitas outras espécies de fungos e musgos, porém, nas comunidades dominadas por *Prasiola crispa* foi registrada apenas a sua associação com *Mastodia tessellata*.

As demais comunidades criptogâmicas em Hope Bay pertencem a Sub-formação “Líquens e Musgos”, as quais apresentam uma variedade de formas de crescimento, formando comunidades distintas com ampla distribuição em áreas de degelo adjacentes a baía. Suas áreas de ocorrência se dispõem preferencialmente sobre os topos das áreas soerguidas próximos ao mar, nos terrenos aplainados ao redor do Vale dos Cinco Lagos e nos topos das morainas frontais do Glaciar Buenos Aires, bem como nas áreas de menor altitude próximos aos depósitos de guano no noroeste da baía.

Como as manchas dominadas por *Prasiola crispa*, as comunidades dominadas por líquens ornitocóprifilos, como é o caso de *Acarospora macrocyclos*, *Buellia russa*, *Caloplaca sublobulata* e *Physcia dubia*, ocorrem sempre próximas às áreas ocupadas pelos pinguins. Como exemplo, cita-se a comunidade do ponto 11, totalmente circundada pela pinguineira. Dentre as comunidades de líquens ornitocóprifilos observadas na área pode-se listar aquelas do ponto 4, 5, 6, 9, 11, 14 e 15, sendo a comunidade do ponto 5 a de maior diversidade e em um estágio de desenvolvimento mais avançado. Esta localizava-se sobre uma antiga área de pinguineira abandonada de *Pysgocelis adeliae*, com fosfatização bem evoluída e mineralizada.

A área plana sobre as morainas em Hope Bay é abastecida freqüentemente pela água do degelo do Glaciar Flora, permitindo o estabelecimento de diversas espécies de líquens e musgos em associação. De acordo com Lewis-Smith (1995), quando a disponibilidade de água é maior sobre determinadas áreas, as comunidades de líquens desenvolvem-se

extensamente em associação com diversas espécies de musgos, chegando, em alguns casos, a cobrir extensos terrenos expostos. Muitas dessas comunidades apresentam uma estrutura vertical típica, caracterizada pela formação de multi-camadas com líquens fruticosos e foliosos dos gêneros *Usnea*, *Umbilicaria*, *Candelaria*, *Physcia* e *Rhizoplaca* que se associam distintamente com espécies crustosas dos gêneros *Buellia*, *Caloplaca*, *Lecanora* e *Rhizocarpon*.

Uma tendência semelhante para uma maior abundância das briófitas, com aumento de abrigo e umidade, é visto em comunidades desenvolvidas em solo pedregoso e com inclinações suaves. Como verificado por Longton (1967), os líquens fruticosos, como do gênero *Usnea* e *Himantormia*, geralmente predominam nas áreas mais altas e expostas, enquanto os musgos localizam-se entre os seixos rochosos ou em locais que favorecem um maior grau de proteção. Varias espécies de musgos, como *Polytrichastrum alpinum*, *Sanionia uncinata*, *Syntrichia princeps* ocorrem nestes locais, formando pequenos agrupamentos distribuídos espaçadamente dentro da comunidade.

De outra forma, os líquens crustosos do gênero *Caloplaca*, *Acarospora*, *Xanthoria* e *Buellia*, desenvolvem-se melhor nos ambientes ornitogênicos e cobrem preferencialmente as faces rochosas voltadas para o norte da baía. Este padrão pode ser explicado pelo fato das faces rochosas setentrionais receberem mais radiação solar no verão, possibilitando uma melhor interceptação da luz pela vegetação e um aumento expressivo da temperatura de superfície, o que condiciona taxas fotossintéticas mais elevadas (KAPPEN 2000; REDON 1985). Hooker (1980) observou taxas de crescimento relativamente maiores de líquens crustosos, especificamente *Xanthoria elegans*, em substratos voltados para o norte da Ilha "Signy", ao qual atribuiu ser a radiação solar o único fator determinante.

A comunidade dos pontos 9, ao norte do Vale do Cinco Lagos, apresentou fraco adensamento dos seus indivíduos sobre o terreno, mesmo ocorrendo em condições de umidade elevada. Sua baixa cobertura vegetal é condicionada pela instabilidade do seu substrato, que constantemente sofre revolvimento da sua superfície pela ação do congelamento e descongelamento da camada ativa do solo, formando padrões em polígonos circulares.

Outra comunidade determinada por freqüentes eventos de perturbação foi observada no ponto 12, ao sul do Lago Boeckella. Nesta, o solo lamoso e instável formado por sedimentos finos, depositados a margem do lago, acarreta num fraco adensamento das espécies liquênicas no local. As briófitas *Sanionia uncinata* e *Syntrichia princeps* apresentaram-se bem mais adaptadas a essa condição, principalmente devido ao caráter hidromórfico e plano do substrato. A estabilidade do terreno é um dos fatores primordiais para o estabelecimento e desenvolvimento de comunidades vegetais em ambientes periglaciais (FRANCELINO *et al.* 2004). A taxa de crescimento relativamente lenta dos líquens e a incapacidade de fixar o solo pela ausência de raízes prejudicam o desenvolvimento das espécies simbióticas sobre substratos móveis, fazendo com que a comunidade apresente-se continuamente em estágio inicial de colonização.

Diversas espécies de líquens possuem afinidades distintas com os habitats aos quais elas se associam, como por exemplo: as populações de *Usnea* do ponto 10 ocorrem em áreas bem drenada e exposta da encosta lateral do Monte Flora, enquanto as comunidades de *Umbilicaria decussata* do ponto 7 e 8 dispunha-se exclusivamente sobre a área soerguida ao sudoeste da baía, próximos ao litoral. O padrão de distribuição dessas espécies já foi observado anteriormente por outros autores, evidenciando a relação de dependência que alguns organismos possuem aos aspectos microclimáticos e pedológico condicionado por determinadas localidades (SCHAEFER *et al.* 2004; LONGTON 1967).

Uma influência interessante do clima sobre as comunidades vegetais de Hope Bay pode também ser observado. A sua localização, situa-se sobre a faixa de transição climática entre a região úmida da Antártica Marítima e mais seca da Antártica Continental, de maneira que, suas comunidades vegetais refletem os aspectos fitogeográficos das duas regiões. A completa ausência das fanerógamas *Deschampsia antarctica* e *Colobanthus quitensis* demonstra semelhança com as comunidades encontradas no interior do continente, enquanto a fisionomia adensada de muitas de suas comunidades liquênicas faz menção a vegetação da Antártica Marítima.

Muitas das espécies criptogâmicas de Hope Bay, como *Acarospora macrocyclos*, *Pseudephebe minúscula* e *Xanthoria elegans*, ocorrem

constantemente na Antártica Marítima, entretanto, a ausência das fanerógamas bem como a baixa frequência de *Usnea* e briófitas exibem o aspecto climático intermediário das duas fitoregiões, reunidas em Hope Bay.

4. CONCLUSÃO

As comunidades vegetais de Hope Bay são formadas exclusivamente por espécies criptogâmicas. Em toda a área de estudo foram identificadas 28 espécies vegetais, dentre algas, líquens e musgos, formando diversas comunidades com 12 distintas fitofisionomias.

A riqueza das comunidades vegetais de Hope Bay está relacionada, em sua maioria, às condicionantes ambientais provocadas pelas colônias de pingüins. Muitas das comunidades encontradas na área de estudo são, portanto, formadas e dominadas por espécies ornitocoprófilas, como *Prasiola crispa*, *Mastodia Tesselata*, *Caloplaca sublobulata* e *Acarospora macrocyclos*.

Suas formações correspondem a padrões de vegetação já observados em outras áreas da Antártica Continental, principalmente no que se refere ao domínio das espécies liquênicas e a ausência de plantas vasculares. As observações sugerem que essas comunidades estão intimamente relacionadas às condições ambientais dos seus habitats, estando influenciadas pela estabilidade de seus substratos, disponibilidade água, nutrientes e níveis de radiação solar.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANISIMOV, O. A.; VAUGHAN, D. G.; CALLAGHAN, T. V.; FURGAL, C.; MARCHANT, H.; PROWSE, T. D.; VILHJÁLMSSON, N. & WALSH, J. E. 2007. *Polar regions (Arctic and Antarctic)*. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 653-685. PARRY, M.L.; CANZIANI, O.F.; PALUTIKOF, J. P.; VAN DER LINDEN, P. J. & HANSON, C. E. Cambridge University Press.
- BRABYN, L.; BEARD, C.; SEPPELT, R.D.; RUDOLPH, E.D.; TÜRK, R. & GREEN, T.G.A. 2006. Quantified vegetation change over 42 years at Cape Hallett, east Antarctica. *Antarctic Science*. 18: 561-572.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979. **Fitosociologia: Bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madrid, H. Blume Ediciones. 820p.
- BRODO, I.M., SHARNOFF, S.D. & SHARNOFF, S. 2001. **Lichens of North America**. Yale University Press, New Haven & London. 795p.
- CANÑADAS, E.S. 2003. Paisaje natural y pisos geocológicos en las áreas libres de hielo de la Antártica Marítima (Islas Shetland Del Sur). **Boletín de la A.G.E.**, 35: 5-32.
- CONTI, M.A. & CECCHETTI, G. 2001. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review. **Environmental Pollution**. 114: 471-492.
- ESRI – Environmental System Research Institute. 2008. ArcGIS 9: What is ArcGIS 9.3? New York: ESRI. 114p.
- FRANCELINO, M.R. 2004. Geoprocessamento aplicado ao monitoramento ambiental da Antártica Marítima: solos, geomorfologia e cobertura vegetal da Península Keller. Tese de Doutorado, Viçosa, UFV. 102p.
- HALE, M.E. 1979. How to Know the Lichens. The pictured-Key Nature Series.
- HOOKER, T.N. 1980. Factors affecting the growth of Antarctic crustose lichens. **British Antarctic Survey Bulletin**. 50: 1-19.
- IZAGUIRRE, I.; MATALONI, G.; VINO CUR, A. & TELL, G. 1993. Temporal and spatial variations of phytoplankton from Boeckella Lake (Hope Bay, Antarctic Peninsula). **Antarctic Science**. 5: 137-141.

- KANDA, H. & INOUE, M. 1994. Ecological monitoring of moss and lichen vegetation in the Syowa Station area, Antarctica. **Proceedings of the NIPR Symposium on Polar Biology**. 7: 221-231.
- KAPPEN, L. 1985. Vegetation and ecology of ice-free areas of northern Victoria Land, Antarctica. 2. Ecological conditions in typical microhabitats of lichens at Birthday Ridge. **Polar Biology**. 4: 227-236.
- KAPPEN, L. Some aspects of the great success of lichens in Antarctica. *Antarctic Science*. 12:314-324, 2000.
- LEWIS-SMITH, R.I. 1995. Colonization by Lichens and the Development of Lichen-Dominated Communities in the Maritime Antarctic. **Lichenologist**, 27: 473-483.
- LEWIS-SMITH, R.I. & GIMINGHAM, C.H. 1976. Classification of cryptogamic communities in the Maritime Antarctic. **British Antarctic Survey Bulletin**, 43: 25-47.
- LONGTON, R.E. 1967. Vegetation in the Maritime Antarctic. **Biological Sciences**, 252: 213-235.
- MARTIN-SERRANO, A.; MONTES, M.; NOZAL, F. & DEL VALLE, R. 2005. Geomorfología de la Costa Austral de Bahía Esperanza (Península Antártica). **Geogaceta**, 38: 95-98.
- NEUSTUPA, J. 1998. *Prasiola crispa* (Lightfoot) Meneghini in Královská obora in Prague. **Praha**, 12: 35-39.
- OLECH, M. 1993. Lower plants. In: RAKUSA-SUSZCZEWSKI. The Maritime Antarctic Coastal ecosystem of Admiralty Bay. Warsaw: Polish Academy of Sciences. p.181-189.
- PIZARRO, H.; IZAGUIRRE, I. & TELL, G. 1996. Epilithic algae from a freshwater stream at Hope Bay, Antarctica. **Antarctic Science**. 8: 161-167.
- POELKING, E.L.; SCHAEFER, C.E.R.; ANDRADE, A.M. & FILHO, E.I.F. 2009. Análise especial integrada da vegetação e radiação solar em Stranger Point, Península Potter, Antártica Marítima. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. 5373-5379.
- REDON, J. 1985. **Liquenes antárticos**. 1. ed. Santiago, Instituto Antártico Chileno. 121p.
- SCHAEFER, C. G. E. R.; PEREIRA, A. B.; FRANCELINO, M. B.; FILHO, E. I. F.; SIMAS, F. N. B.; COSTA, L. M. & OLIVEIRA, A. C. 2004. *Comunidades*

vegetais na península Keller: ecologia e padrões de distribuição. In: Ecossistemas costeiros e monitoramento ambiental da Antártica marítima: Baía do Almirantado, Ilha Rei George, pp. 65-72. Schaefer, C.N.; Francelino, M.R.; Simas, F.N.B.; Albuquerque Filho, M.R. de Ed. Viçosa: NEPUT.

SMITH, R.I.L. 1995. Colonization by lichens and the development of lichen-dominated communities in the maritime Antarctic. **Lichenologist**. 27: 473-483.

TATUR, A. & MYRCHA, A. 1989. Soils and vegetation in abandoned penguin rookeries (Maritime Antarctic). **Proceedings of the NIPR Symposium on Polar Biology**. 2: 181-189.

TURNER, J.; COLWELL, S.R.; MARSHALL, G.J.; LACHLAN-COPE, T.A.; CARLETON, A.M.; JONES, P.D.; LAGUN, V.; REID, P.A. & IAGOVKINA, S. 2005. Antarctic climate change during the last 50 years. **International Journal of Climatology**. 25: 279-294.