

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS COM ÊNFASE EM BIOLOGIA MARINHA E COSTEIRA

JANAINA BANDEIRA CAMARGO

**ESTUDO MORFOMÉTRICO DAS ESPÉCIES DE POLYTRICHACEAE
(BRYOPHYTA) DA ILHA ELEFANTE, ANTÁRTICA**

IMBÉ
2017

JANAINA BANDEIRA CAMARGO

**ESTUDO MORFOMÉTRICO DAS ESPÉCIES DE POLYTRICHACEAE
(BRYOPHYTA) DA ILHA ELEFANTE, ANTÁRTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para a
obtenção do título de Bacharel em
Ciências Biológicas com ênfase em
Biologia Marinha e Costeira pela
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul.

Orientador: Prof. Dr^a. Juçara Bordin

IMBÉ
2017

Aos examinadores,
Este trabalho está formatado segundo “SILVA, L. N. *et al.* **Manual de Trabalhos Acadêmicos e Científicos: Orientações Práticas à Comunidade Universitária da UERGS.** Porto Alegre: UERGS, 2013. 149 p.” que é baseado nas normas da ABNT.

CIP - Catalogação na Publicação

Camargo, Janaina Bandeira
Estudo morfométrico das espécies de
Polytrichaceae (BRYOPHYTA) da Ilha Elefante,
Antártica / Janaina Bandeira Camargo. -- 2017.
38 f.
Orientador: Juçara Bordin.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Biociências, Curso de Ciências Biológicas:
Biologia Marinha e Costeira, Porto Alegre, BR-RS,
2017.

1. Morfometria. 2. Polytrichaceae. 3. Antártica.
4. Bipolares. I. Bordin, Juçara, orient. II. Título.

JANAINA BANDEIRA CAMARGO

**ESTUDO MORFOMÉTRICO DAS ESPÉCIES DE POLYTRICHACEAE
(BRYOPHYTA) DA ILHA ELEFANTE, ANTÁRTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para a obtenção
do título de Bacharel em Ciências Biológicas
com ênfase em Biologia Marinha e Costeira
pela Universidade Federal do Rio Grande do
Sul.

Orientador: Prof. Dr^a. Juçara Bordin

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Dr. Denilson Fernandes Peralta
Instituto de Botânica de São Paulo (IBt)

Ms. Julia Viegas Mundim
Universidade de Brasília

Prof. Dr. Ignacio Benites Moreno
Coordenador da atividade Trabalho de Conclusão II – CBM
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente minha mãe Katia pela vida que me proporcionou e por apoiar minha decisão mesmo que esta tenha me feito escolher sair de casa por um tempo. Agradeço pelo ensino oferecido, apoio e carinho que sempre estiveram presentes. Aos meus pais obrigado por sempre terem me incentivado a adquirir conhecimento e acreditarem no meu sonho e principalmente obrigada por serem meu exemplo de vida e também ao meu padrasto, Alex, por sempre estar apoiando minha mãe e me ajudando sempre que possível. Amo vocês. Agradeço a minha irmã Cristina por sempre ter me tido como exemplo para seguir nos estudos e por todo amor que nos une apesar da certa distância.

Matheus Barbosa, obrigada por estar ao meu lado, não somente nos bons momentos. Toda atenção amor e carinho oferecidos por ti foram de extrema importância nessa jornada. Obrigada por acreditar nos meus ideais e me dar apoio em todas as decisões que eu tomei.

À minha orientadora Juçara Bordin, por ter aceitado o convite de me orientar e ter tornado este trabalho possível. Obrigada por toda atenção, paciência, tempo dedicado e por ter compartilhado um pouco do seu conhecimento. Além dos almoços aleatórios que tornavam as coisas mais divertidas.

Aos colegas e amigos que tive a oportunidade de adquirir ao longo do curso e pelas diversas vezes que me ajudaram quando precisei. Em especial agradeço a Caroline e a Lara que apesar de toda distância sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos, amo vocês.

Á todos meus amigos que eu já trago desde antes da graduação, em especial a Mariana e a Maria Eduarda por sempre fazerem o possível para continuar presente mesmo que com certa distância, eu amo vocês. agradeço a presença apesar dessa distância entre nós e por todo apoio ofertado quando era necessário, obrigada por toda amizade oferecida sempre.

RESUMO

A morfometria é um método muito utilizado por taxonomistas para avaliar as diferenças existentes entre espécies, onde estuda a forma e como esta se relaciona com o tamanho. Polytrichaceae é uma família de musgos acrocárpicos bipolares bem distintos, os quais são caracterizados facilmente pelo seu *habitat* e caracteres morfológicos característicos. O objetivo deste trabalho foi analisar morfometricamente três espécies de Polytrichaceae que ocorrem na Ilha Elefante, com a finalidade de verificar se é possível diferenciá-las através da morfometria e se estas são morfológicamente semelhantes às demais espécies da família que ocorrem nas outras ilhas do arquipélago das Shetlands do Sul e regiões do Ártico. Para isso foram utilizados dados morfológicos e morfométricos. Como resultados, verificou-se que foi possível diferenciar *Polytrichastrum alpinum* (Hedw.) G.L. Smith. das demais espécies que ocorrem na Ilha Elefante por esta apresentar maior tamanho em todos os caracteres observados. *Polytrichum juniperinum* Hedw. e *Polytrichum strictum* Menzies ex Brid. possuem pequenas diferenças morfológicas e morfométricas e assim não foi possível delimitar claramente estas espécies na Ilha Elefante através do estudo morfométrico. As medidas destas espécies da Ilha Elefante foram comparadas com medidas das mesmas espécies para outras áreas da Antártica e também do Ártico. Foi observado que as espécies da Ilha Elefante apresentaram maiores medidas do comprimento do gametófito quando comparadas às outras áreas da Antártica. Quando comparado o material da Antártica (incluindo Ilha Elefante) com o Ártico, observou-se que as amostras da Antártica apresentaram maiores medidas para o comprimento do gametófito e filídio. Estas diferenças podem ser uma forma de adaptação das espécies para as condições climáticas extremas que são encontradas na Antártica.

Palavras chaves: Briófitas, Bipolares, *Polytrichastrum alpinum*, *Polytrichum juniperinum*, *Polytrichum strictum*.

ABSTRACT

The morfometry is a method used by taxonomists to evaluate the differences between the species, studying the form and how it can be related with the size. Polytrichaceae its a family of bipolar acrocaric mosses, they can be easier to identify for your habitat and morphology characteristics. The goal of that job was to analyze morphologically three species of Polytrichaceae which occurs in Elephant Island, for the purpose of check if it's possible difference between them using the morfometry and if that species were similar each other species of the family that occurs in another islands of archipelago from South Shetlands and artic regions. To do that was used a morphology and morphometric data base. It was verified that it was possible to differentiate *Polytrichastrum alpinum* (Hedw.) G.L. Smith. of the others species that occurs in Island Elephant, because it has larger size in all the characters observed. *Polytrichum juniperinum* Hedw. and *Polytrichum strictum* Menzies ex Brid. have small morphological and morphometric differences, so it was not possible to clearly delineate these species on Elephant Island using de morphometric method. Measurements of these island species were compared with measurements of the same species for other areas of Antarctica and also the Arctic. It was observed that the Elephant Island species presented larger measures of the length of the gametophyte when compared to the other areas of Antarctica. When comparing the Antarctic material (including Island Elephant) with the Arctic, it was verified that the Antarctic samples presented larger measurements for the length of the gametophyte and leaf. These differences could be a way of adapting species to the extreme climatic conditions found in Antarctica.

Keywords: Bryophytes, Bipolar, *Polytrichastrum alpinum*, *Polytrichum juniperinum*, *Polytrichum strictum*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa ilustrando o continente antártico.	18
Figura 2- Mapa ilustrando a Ilha Elefante.....	18
Figura 3- Mapa da Ilha Elefante, com destaque para Stinker Point. Pontos em azul representam os locais onde foram coletadas amostras de Polytrichaceae.....	19
Figura 4 - Ilustração dos filídios de cada espécie analisada. Da direita para a esquerda: <i>Polytrichastrum. alpinum</i> ; <i>Polytrichum. juniperinum</i> ; <i>Polytrichum. strictum</i>	22
Figura 5 - Representação esquemática dos caracteres morfológicos medidos em cada amostra. a. gametófito; b. comprimento total do filídio; c. comprimento da base; d. largura da base; e. comprimento do limbo; f. largura do limbo; g. comprimento da arista; h. comprimento do dente.....	22
Figura 6 - Ilustrando a região superior do filídio com a presença dos dentes no ápice. A. <i>Polytrichum strictum</i> Brid.; b. <i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.; c. <i>Polytrichastrum alpinum</i> (Hedw.) G.L.Sm.....	24
Figura 7 - Análise dos Componentes Principais (PCA) de <i>Polytrichum juniperinum</i> , <i>Polytrichum strictum</i> e <i>Polytrichastrum alpinum</i>	26
Figura 8 - Análise dos Componentes Principais (PCA) de <i>P. juniperinum</i> , <i>P. strictum</i>	27
Figura 9 - Gráficos de caixas esquemáticas da variação das características das amostras (mediana, quartis, máxima e mínima), de <i>P. juniperinum</i> (a-g) e <i>P. strictum</i> (h-n) a-g comprimento do gametófito; b-i comprimento do filídio; c-j comprimento da bainha; d-k largura da bainha; e-l comprimento do limbo; f-m largura do limbo; g-n comprimento da arista.....	28
Figura 10 - Análise dos Componentes Principais (PCA) das espécies de diferentes regiões da Antártica e regiões do Ártico. ANT=Antártica; NOR= Noruega; SUE=Suécia; CAN=Canadá; EUA= Estados Unidos	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracteres medidos em cada amostra.....	21
Tabela 2. Medidas dos caracteres nas espécies analisadas.....	23
Tabela 3. Medidas do comprimento do gametófito e do filídio de <i>P. strictum</i> <i>P. juniperinum</i> e <i>P. alpinum</i> de acordo com a literatura e dados obtidos nesse trabalho. *Os autores não especificaram se o tamanho do filídio conta com a arista ou sem a arista, de tal forma que no presente trabalho considera-se que o comprimento do filídio contabiliza a arista, do mesmo modo que Marinho (2016).	29
Tabela 4. Medidas do comprimento e largura (mm) da bainha, do limbo e da arista de <i>Polytrichum strictum</i> , <i>Polytrichum juniperinum</i> e <i>Polytrichastrum alpinum</i> de acordo com a literatura e dados obtidos nesse trabalho.	30
Tabela 5. Voucher das espécies utilizadas na Microscopia óptica e nas medições.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	12
2.1 O CONTINENTE ANTÁRTICO.....	12
2.2 POLYTRICHACEAE (BRYOPHYTA)	13
3 MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1 AMOSTRAS E ÁREA DE ESTUDO.....	18
3.2. OBTENÇÃO DAS IMAGENS E MEDIDAS	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 DELIMITAÇÃO MORFOLÓGICA DAS ESPÉCIES DE POLYTRICHACEAE DA ILHA ELEFANTE.....	23
4.2 COMPARAÇÃO ENTRE AS ESPÉCIES DE POLYTRICHACEAE DA ILHA ELEFANTE COM OUTRAS ÁREAS DA ANTÁRTICA E ÁRTICO.....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	35

1 INTRODUÇÃO

Durante a Era Paleozóica se formou o supercontinente Pangeia, amalgamação de massas circundadas pelo oceano Pantalassa. Devido ao rifteamento no período Triássico, Pangeia se dividiu formando Gonwana e Laurásia (Winge *et. al.* 2001, apud Mundim 2016). Laurásia era formada do agrupamento das regiões da América do Norte, Eurásia e Groelândia, separada de Gonwana pelo mar Tethys. Gondwana era constituída pela junção da África, América do Sul, Austrália e Nova Zelândia, tendo como seu eixo de junção central a Antártica. O supercontinente Gondwana esteve posicionado em diferentes regiões, desde a região equatorial até a polar, onde teria começado a se dividir (Walton 2013).

Conhecido como o mais meridional dos continentes, o continente antártico e as ilhas que o cercam possuem uma área aproximada de 14,4 milhões de km² sendo o quinto maior continente do mundo. É o único sem divisão geopolítica. A principal característica da Antártica é o fato de ser o local mais frio e seco do planeta, um grande deserto formado por enormes geleiras e coberto por gelo. Devido ao isolamento geográfico e as características climáticas e ambientais, o ecossistema terrestre antártico é relativamente simples e isto se deve a diversos fatores, sendo o maior deles a limitada disponibilidade de terreno livre de gelo. O continente antártico é circundado pelo Oceano Antártico ou Austral, o qual é isolado dos outros oceanos pela Corrente Circumpolar Antártica (CCA). Uma das principais frentes da CCA é a Zona da frente Polar (ZFP) que juntamente a CCA isolam o Oceano Austral dos outros oceanos e isolando também a superfície terrestre, a temperatura e o clima do Continente Antártico e de suas ilhas (Barnes *et al.* 2006). A Ilha Elefante (61°13'S, 55°23'W) é uma ilha montanhosa, coberta parcialmente de gelo, localizada no Continente Antártico e pertence ao arquipélago das Shetlands do Sul, no oceano Antártico.

Devido às condições ambientais extremas, o continente Antártico possui uma diversidade peculiar de espécies vegetais que, na sua maior parte, são criptógamas. Entre elas estão as briófitas, sendo os musgos o maior grupo, com 111 espécies conhecidas (Ochyra *et al.* 2008). O primeiro musgo coletado no continente foi um indivíduo do gênero *Polytrichastrum* (Eights 1833). Para estabelecerem-se na Antártica, as espécies de plantas que lá sobrevivem se adaptaram às condições ambientais extremas e conseguiram transpor o isolamento do continente (Barnes *et al.* 2006).

Parte das espécies de musgos que ocorrem na Antártica são consideradas bipolares, ou seja, ocorrem simultaneamente nas regiões polares do Ártico e da Antártica. As espécies bipolares podem ser classificadas como bipolares estritas (BI-S), ocorrendo apenas nas regiões polares e temperadas próximas aos polos, não sendo encontradas nos trópicos ou bipolares transicionais (BI-I), aquelas que ocorrerem nas regiões polares e temperadas próximas aos polos e também ocorrendo nas altas altitudes das regiões tropicais e equatoriais. Das 50 espécies de musgos bipolares encontrados na Antártica (45,1% da flora de musgos da Antártica), 32 são bipolares transicionais e 18 são bipolares estritas. Polytrichaceae é uma família de musgos que possui cinco espécies bipolares (Ochyra *et al.*, 2008).

Entre as famílias que apresentam espécies bipolares, está Polytrichaceae. Polytrichaceae Schwägr. pertence a divisão Bryophyta, apresentando 18 gêneros e aproximadamente 160 espécies (Hyvönen *et al.* 1989). A família é cosmopolita (Goffinet *et al.*, 2009), incluindo as regiões frias como o continente Antártico (Ochyra, 1998) e Ártico (Longton, 1979). São importantes componentes da vegetação, em regiões temperadas, frescas e polares em ambos os hemisférios. Na Antártica a família está representada por 3 gêneros e 6 espécies: *Notoligotrichum*, representado por apenas uma espécie, *Polytrichastrum*, por 2 espécies e *Polytrichum*, por 3 espécies (Ochyra *et al.*, 2008).

Polytrichaceae é uma família de musgos acrocárpicos bem distintos, os quais são reconhecidos facilmente por seu *habitat* e caracteres morfológicos característicos. São plantas terrestres podendo variar seu tamanho entre curta, alta e ainda por vezes espalhados em um protonema resistente. Seu caulídio varia entre simples e ramificado o qual surge através de um rizoma subterrâneo horizontal que é densamente revestido por rizoides. O caulídio apresenta um padrão da família portando uma camada de células denominadas hidróides formando o cilindro central o qual é cercado por um anel de células denominadas leptóides com traços que se estendem até os filídios formando um sistema de condução de água. Na sua maioria são dioicas, raramente monoicas, podem ou não apresentar estômatos. Schwägrichen (1830) descreveu a família Polytrichaceae onde agrupava as espécies que possuíam gametófitos grandes, caulídios eretos, filídios rígidos com costa lamelada, esporófitos com capsula angulosa, caliptra pilosa, epifragma plano e columela membranácea.

No entanto, apesar da família ser facilmente reconhecida, a diferenciação entre algumas espécies, especialmente as que ocorrem na Antártica, é mais complexa. Marinho (2016), realizou um estudo morfológico e filogenético com espécies do gênero *Polytrichum* que ocorrem na Antártica e observou que os dados moleculares separam as espécies, porém os caracteres morfológicos das espécies *P. strictum* e *P. juniperinum* se sobrepõe.

Desta forma, o presente estudo possui como intuito principal contribuir para delimitação morfológica das espécies de Polytrichaceae que ocorrem na Ilha Elefante, comparando as espécies da Ilha Elefante com as mesmas espécies ocorrentes nas demais ilhas do Arquipélago das Shetlands do Sul e do Ártico, além de ampliar o conhecimento acerca da brioflora da Antártica. Os objetivos específicos incluem:

- a) Avaliar a variação morfológica das espécies de Polytrichaceae ocorrentes na Ilha Elefante, através de análises morfométricas;
- b) Analisar estatisticamente as medições realizadas a fim de avaliar a variação dos caracteres morfológicos em cada amostra;
- c) Selecionar as características morfométricas mais importantes na diferenciação dos táxons;
- d) Comparar os dados morfométricos das espécies de Polytrichaceae da Ilha Elefante com dados das mesmas espécies de outras ilhas do Arquipélago das Shetlands do Sul e do Ártico;

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 O CONTINENTE ANTÁRTICO

Em 1958 foi assinado por 12 países o Tratado Antártico que permitiu a liberdade de exploração científica no continente em regime de cooperação internacional. O Tratado abrange uma área situada ao sul do paralelo 60° S onde são aplicados seus 14 artigos consagrando princípios como a liberdade para pesquisa científica, cooperação internacional e a utilização pacífica da Antártica sendo proibido a militarização da região, sua utilização para explosões nucleares ou ainda como depósitos de resíduos radioativos. O interesse científico na Antártica vem crescendo desde cerca de 1980, com foco no cenário das mudanças climáticas mudando as percepções sobre o continente (Ochyra *et al.* 2008).

A região Antártica compreendida entre a porção continental e o Oceano Austral, corresponde a extensão de aproximadamente de 14 milhões de km² e representa toda a região ao sul do paralelo 60° S (Brasil 2014 apud Mundim 2016). O continente antártico possui o maior manto de gelo do mundo (espessura média de 2.700m e máxima de 4.800 m) portando 90% da água doce do planeta. Divide-se em Antártica Continental e Antártica Marítima. A Antártica Continental inclui todo o continente e suas ilhas, excluindo o lado ocidental da península Antártica. A antártica Marítima pode ser dividida em subzonas ou províncias do norte e do sul. A antártica Marítima esta recebendo a maior parte da carga de mudanças climáticas registradas para o continente Antártico, em destaque uma forte carga de radiação UV-B, a maior do planeta, e também um aumento significativo em sua temperatura nas ultimas décadas (Robinson *et al.*, 2003).

As Shetlands do Sul consistem um arquipélago aproximadamente a 120 km a norte da península Antártica, ocorrendo paralelamente à costa noroeste da península vulcânica e está separado do continente Antártico pelo estreito de Bransfield e da América do sul pela passagem de Drake. Uma cadeia de 540 km de quatro grupos de ilhas principais algumas vulcânicas, incluindo onze ilhas principais (Ilhas Elefante, Clarence, Rei George, Nelson, Robert, Greenwich, Livingston, Snow, Deception e Smith) totalizando uma área de 3687km² (D'oliveira *et al.* 2011).

A Ilha Elefante (61°13'S, 55°23'W) está localizada no arquipélago das Shetlands do sul na região da Antártica Marítima com uma área de 558 km². É uma ilha montanhosa com climas e temperaturas característicos diferenciados do restante do continente devido a

proximidade do Mar de Weddell. Sua área central é totalmente coberta de gelo, as áreas livres de gelo são litorâneas. Possui uma área denominada Stiker Point, localizado na região costeira da ilha o qual apresenta a maior representatividade em fauna e flora (D'oliveira *et al.* 2011) da ilha. Esta área fica parcialmente descoberta de gelo e neve durante o verão austral, sendo limitada ao noroeste, perto da praia, pela geleira do Sultão e ao sul pela geleira Endurance, a distância entre as duas geleiras é de 4.500 m. As demais áreas costeiras livres de gelo são compostas principalmente por penhascos íngremes perto do mar muitas vezes sem praias. (Ochyra *et al.* 2008).

O continente antártico possui sua diversidade de flora extremamente restrita devido às baixas temperaturas, verões curtos e frios, invernos escuros e prolongados, precipitação intensa de neve, incidência de raios UV, ventos e brisa marinha. Portanto, para que as espécies antárticas permaneçam, estas devem ser estritamente adaptadas ao ambiente. A antártica apresenta temperaturas severamente baixas, baixa umidade, além dos ciclos de descongelamento e congelamento, durante a primavera e outono e altos níveis de radiação ultravioleta durante o verão (Lud *et al.*, 2001; Kosugi *et al.*, 2010), características as quais são suportadas por seres extremófilos, capazes de se desenvolverem em ambientes com tais especificidades (Longton e Holdgate 1979; Brasil, 2014). As principais formações vegetais encontradas na Antártica são compostas por briófitas, líquens e duas espécies de plantas vasculares, sendo que os musgos e líquens são os grupos mais relevantes para este continente (Medina *et al.*, 2011).

2.2 POLYTRICHACEAE (BRYOPHYTA)

Polytrichaceae é uma família de musgos (Bryophyta), sendo a única família da ordem Polytrichales e, juntamente com Tetraphidales, formam a classe Polytrichopsida (Peralta 2009; Goffinet *et al.* 2009). A família compreende entre 218 (Crosby *et al.* 1999) e 300 espécies (C. Churchill & Linares, 1995). Atualmente, 23 gêneros são considerados em Polytrichaceae (Goffinet *et al.* 2009) onde sete são monoespecíficos (Crosby *et al.* 1999). O número de espécies na família varia de acordo com o autor onde as estimativas variam entre 218 e 300 espécies (Churchill&Linares C. 1995) . Para o neotrópico foram citados 10 gêneros e 40 espécies (Gradstein *et al.* 2001) e Peralta (2009) listou 7 gêneros e 14 espécies para o Brasil. Para a Antártica, Ochyra *et al.* (2008) citam 3 gêneros e 6 espécies: *Notoligotrychum*

(*N.trichodon*), *Polytrichastrum* (*P. alpinum* e *P. longisetum*) e *Polytrichum* (*P. strictum*, *P. juniperinum* e *P. piliferum*), sendo que destas 4 espécies são bipolares: *P. alpinum*, *P. longisetum*, *P. juniperinum* e *P. piliferum*. Considera-se que a maior diversidade de Polytrichaceae se encontra no Sudeste Asiático e América do sul (Goffinet *et al.*, 2009; Bell, & Hyvönen, 2012). Não existe ainda uma revisão mundial das espécies de Polytrichaceae, entretanto os trabalhos de Brotherus (1925) e Smith (1971), compilaram informações sobre a taxonomia desta família.

As espécies de Polytrichaceae ocorrem em todos os continentes principalmente em regiões de clima temperado, possuem grande amplitude ecológica, pois ocorrem desde rochas e solo arenosos até os húmidos até o interior de florestas extremamente úmidas e ainda superfícies de rochas expostas à luz solar (Peralta 2009). Smith (1972) propôs que Polytrichaceae teve sua origem na Gondwana e seus gêneros são oriundos do Hemisfério Sul. Proposição que em parte é apoiada por (Koskinen & Hyvönen 2004), que concordam que parte do grupo pode ter originado na Gondwana.

A família Polytrichaceae é composta por musgos acrocárpicos os quais são reconhecidos pela presença de peristômio "nematodôntico", onde os dentes do peristômio são feixes de células mortas, inteiras com paredes espessas e lamelas longitudinais (Gradstein *et al.*, 2001a; Merrill, 2007; Bell & Hyvönen, 2008; Ochyra *et al.*, 2008). Quando presentes nos filídios as lamelas longitudinais são consideradas um pseudo-mesófilo com a função de aumentar a superfície de captação de CO₂ para aumento da fotossíntese (Proctor, 2005).

São caracterizadas por apresentarem desde plantas ortotrópicas robustas a muito pequenas. Seus gametófitos são os mais bem desenvolvidos e com grande diferenciação de tecidos entre todas as briófitas, geralmente são eretos verticais variando de muito folhosos a protonemas resistentes (Ochyra *et al.*, 2008). Seus filídios variam entre papilosos e lisos com base recurvada, alva ou invaginante. Apresentam costa única bem desenvolvida, forte, percurrente e excurrente. Sua lamela fotossintetizante está localizada na superfície adaxial e ocasionalmente na superfície abaxial podendo ocupar totalmente a lâmina, a existência dessa lamela em Polytrichaceae aumenta o armazenamento de água e suas superfícies de absorção diminuindo a rápida dessecação auxiliando a colonização de substratos sujeitos a ressecamento rápido (Peralta 2009). Os gametófitos de Polytrichaceae são considerados os mais diferenciados entre todos sendo conhecidos por apresentar os maiores tamanhos e o sistema de condução e sustentação formada pelos hidróides e leptóides (Smith 1971). Possuem cápsulas eretas, angulares com variação desde ovoides a cilíndricas, bilaterais e dorsiventrals. Seu peristômio é simples composto de 32 a 64, raramente 16 dentes, unidos na

extremidade pelo epifragma (Rocha *et. al* 2008). A caliptra é cuculada extremamente pilosa ou muito raramente glabra (Smith 1971, Crum 1976, Schofield 1985, Hyvönen 1989, Buck & Goffinet 2000). Os caulídios de Polytrichaceae são na sua maioria eretos, continuo com uma região prostrada coberta por rizoides, denominado rizoma com função de reserva de nutrientes, água e a propagação vegetativa (Smith 1971).

Bell & Hyvönen (2010) fizeram a filogenia da classe Polytrichopsida utilizando dados moleculares e separam Polytrichaceae em dois clados: o clado do Hemisfério Norte e o clado do Sul. *Polytrichum* e *Polytrichastrum*, gêneros que ocorrem na Ilha Elefante, pertencem ao clado do Hemisfério Norte e possuem distribuição cosmopolita com espécies que ocorrem desde regiões polares até áreas tropicais (Bell & Hyvönen, 2010; Ochyra *et al.*, 2008).

Mundim & Câmara (2016) demonstraram a bipolaridade de *Polytrichastrum alpinum*, (Hedw.) G.L. Sm através das análises morfológicas. Seus dados corroboram a proposta de bipolaridade citada por Ochyra *et al.* (2008), e Marinho (2016) estudando *Polytrichum piliferum* Hedw., onde observaram que esta espécie apresenta pequenas diferenças morfológicas entre os espécimes das duas regiões polares, o que pode ser explicado pelas condições ambientais divergentes (Callaghan *et al.*, 2001; Bargagli, 2005). *Polytrichum strictum* Brid. e *Polytrichum juniperinum* Hedw. são muito próximas geneticamente e morfológicamente (Bell & Hyvönen, 2010 b e Ochyra *et al.*, 2008), no entanto são consideradas como espécies diferentes e bipolares. *P. strictum* foi sugerida como sendo uma espécie críptica por Marinho (2016), já que em seu estudo ela observou que, embora os dados moleculares separem *P. strictum* e *P. juniperinum*, os caracteres morfológicos destas espécies se sobrepõe.

Recentemente, Biersma *et al.* (2017) desenvolveram um longo estudo sobre a bipolaridade destas espécies, apoiando a hipótese de que a dispersão a longa distância é responsável pelas disjunções bipolares nas Polytrichaceae estudadas. Esta dispersão poderia ter ocorrido por esporos ou outros propágulos, através das correntes de vento ou aves migratórias.

2.3 MORFOMETRIA

A morfometria é o estudo da forma e sua relação com o tamanho. Os taxonomistas utilizam a morfometria para mensurar as diferenças existentes entre espécies criando assim referências para comparações (Valentin *et al.* 1995). Estes estudos são amplamente utilizados para briófitas, especialmente na delimitação de complexos de espécies ou táxons muito

semelhantes, como realizado, entre outros, por Cano *et al.* (2005), que estudaram o complexo *Tortula subulata* Hedw. (Pottiaceae); Jolley & Klazenga (2007) investigaram a delimitação entre *Breutelia pendula* Mitt. e *B. elongata* (Hook. f. & Wilson) Mitt. (Bartramiaceae) e avaliaram o valor dos caracteres diagnósticos normalmente utilizados para distinguir as duas espécies e Bordin (2011) que realizou um estudo morfométrico das espécies do subgênero *Fissidens* (Fissidentaceae) ocorrentes no Brasil.

Sobre análise morfométrica de espécies da Antártica podemos citar o trabalho de (Medina *et al.* 2010), que teve como objetivo reunir dados sobre as diferenças e semelhanças nos fenótipos de *Polytrichum juniperinum* Hedw. de amostras coletadas na Antártica (Ilha rei George, Arquipélago Shetlands do Sul) e do Rio Grande do Sul (Canela, Gramado, Pelotas e Morro Redondo). De cada amostra foram recolhidos seus gametófitos inteiros, as amostras foram acondicionadas em sílica gel e analisadas posteriormente em laboratório. Foram medidos o tamanho de 15 gametófitos femininos de cada região com o auxílio de paquímetro digital e o tamanho de 50 filídios de indivíduos aleatórios de cada região sob microscópio óptico equipado com régua ocular micrométrica. Cortes do ápice e da região central de cada filídio foram utilizados para a confecção de lâminas para avaliar o número de lamelas fotossintéticas. As médias resultantes foram comparadas por análise de variância e os resultados foram utilizados para gerar a matriz fenética de caracteres entre as populações amostradas. Baseada nesta matriz um dendograma foi gerado seguindo o método de máxima parcimônia com auxílio do programa MacClade 4.08. Os filídios de *Polytrichum juniperinum* das populações do Rio Grande do Sul são significativamente maiores do que os filídios das amostras encontradas na Antártica.

Medina *et al.* (2015) analisou as diferenças morfométricas entre populações de musgos da Antártica como respostas ao microambiente local. Foram analisadas populações de 3 espécies: *Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) P. Gaertn. B. Mey. E Scherb, *Polytrichum juniperinum* Hedw. e *Andreae gainii* Cardot. De cada população, 30 gametófitos foram destacados e selecionados de forma aleatória. Para realização das análises morfométricas, foi verificada a medição do comprimento de cada gametófito utilizando um paquímetro digital de regra (Mitutoyo®), o comprimento e largura de um total de 600 filídios por população foram medidos utilizando microscópio estereoscópico e o software Motic Imagem Plus. A comparação entre as populações foi feita utilizando teste t bilateral. Em cada espécie a correlação entre as populações foi avaliada através da análise multivariada (Análise de Componentes Principais, PCA) para medidas morfométricas usando o software PAST 3.04. A correlação entre as características de cada espécie foi definida através de análise aos pares

utilizando o índice de correlação de Pearson. Para todas as espécies as medidas morfométricas revelaram entre as populações diferenças significativas em todos os traços medidos. O estudo revelou diferenças morfológicas significativas entre as populações de musgos na ilha Nelson.

Garay *et al.* (2011) realizaram um estudo a fim de relacionar dados morfológicos de nove populações de *Polytrichum juniperinum* amostradas no sul da América do Sul e na Antártica. As amostras foram coletadas nas áreas livres de gelo do Arquipélago das Shetlands do Sul, em dois pontos do Chile (Punta Arenas), e seis locais no sul do Brasil (cinco no Rio Grande do Sul e um em Santa Catarina). Trinta indivíduos de cada população foram escolhidos para medir os gametófitos, filídios basais e apicais através de uma escala milimétrica e um estereomicroscópio. Os gametófitos apresentaram uma diferença significativa em relação ao tamanho entre as populações. A população de Pelotas revelou gametófitos e filídios maiores em relação ao de outras populações. A população da Antártica revelou os menores gametófitos, com uma diferença significativa para todos, com exceção de uma população amostrada em Punta Arenas. Não houve uma correlação significativa entre as medidas morfológicas das populações e suas latitude e longitude. Através destes resultados foi sugerida a existência de alguma adaptação morfológica das populações naturais de *P. juniperinum*, como em menor crescimento em ambientes menos favoráveis.

Por fim, Marinho (2016) estudou três espécies bipolares de Polytrichaceae que ocorrem na Antártica: *Polytrichum piliferum* Hedw., *Polytrichum juniperinum* Hedw. e *Polytrichum strictum* Menzies ex Brid., com o objetivo de verificar a bipolaridade destas espécies. Foram utilizados caracteres morfológicos e moleculares. Os dados morfológicos tradicionalmente utilizados para separar as espécies foram reavaliados e outras ferramentas como a Microscopia Eletrônica de Varredura e a morfometria foram utilizadas de forma a testar novos caracteres morfológicos. Verificou-se que *P. piliferum*, *P. juniperinum* e *P. strictum* apresentam pequenas diferenças morfológicas entre os espécimes que ocorrem na região norte e na região sul, entretanto as pequenas diferenças são incapazes de separar morfologicamente os espécimes dos dois hemisférios.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do presente estudo foram seguidas as metodologias descritas abaixo.

3.1 AMOSTRAS E ÁREA DE ESTUDO

Foram analisadas 15 amostras de Polytrichaceae, pertencentes a 2 gêneros e 3 espécies (*Polytrichastrum alpinum* (Hedw.) G.L. Smith., *Polytrichum juniperinum* Hedw. e *Polytrichum strictum* Menzies ex Brid.), oriundas da Ilha Elefante (Antártica). O material foi coletado em excursões da equipe do Projeto Evolução e Dispersão de Espécies Antárticas Bipolares de Briófitas e Líquens (64/2013 do MCTI/CNPq), durante os meses de janeiro e fevereiro de 2016 e as amostras estão tombadas no Herbário Dr. Ronaldo Wasum da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - Litoral Norte (HERW), com duplicatas no Herbário da Universidade de Brasília (UB).

Figura 1 - Mapa ilustrando o continente antártico.



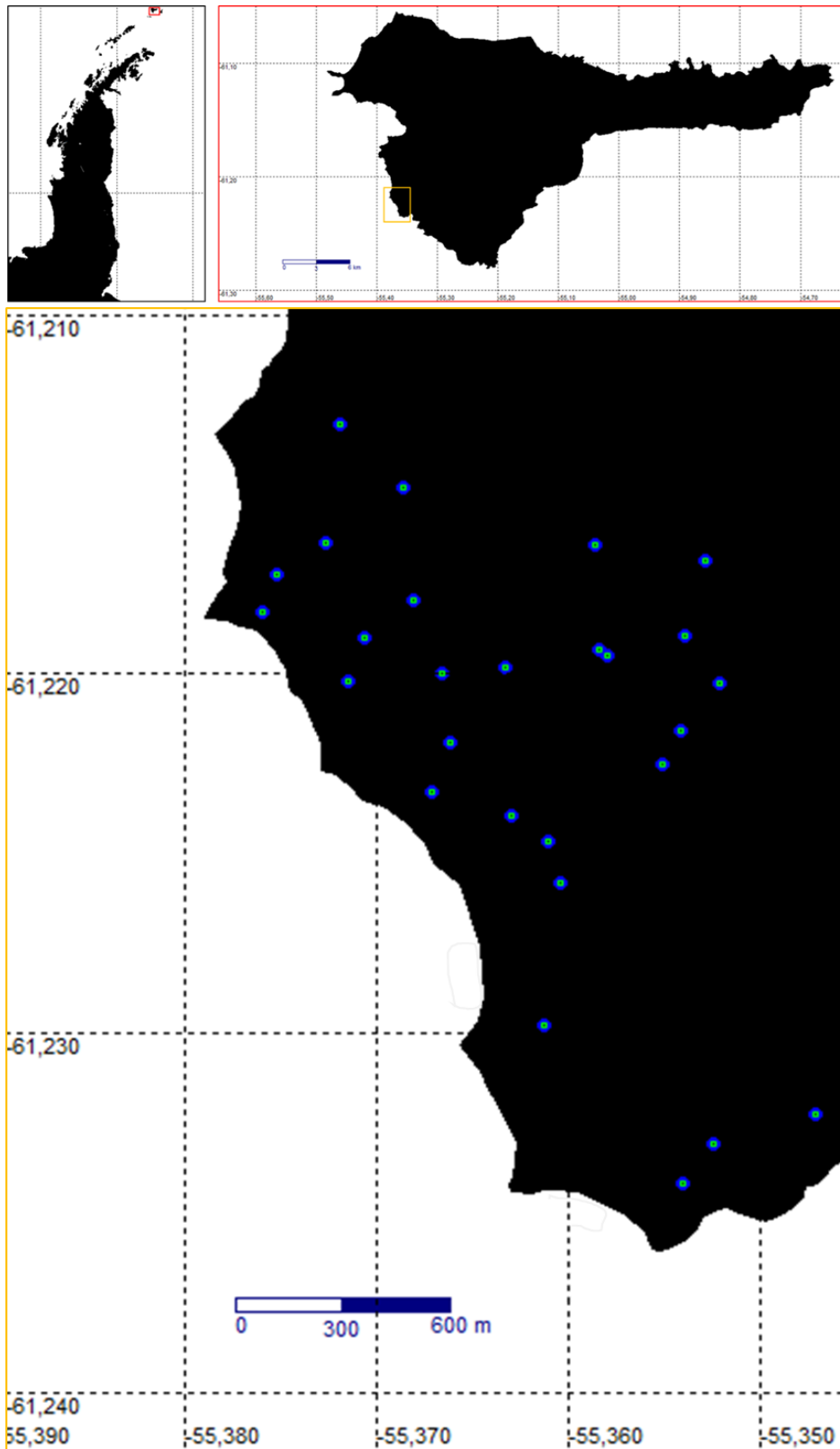
Fonte: Google Earth (2016)

Figura 2- Mapa ilustrando a Ilha Elefante.



Fonte: Google Earth (2016)

Figura 3- Mapa da Ilha Elefante, com destaque para Stinker Point. Pontos em azul representam os locais onde foram coletadas amostras de Polytrichaceae



Fonte: Fava, W. (2016)

3.2. OBTENÇÃO DAS IMAGENS E MEDIDAS

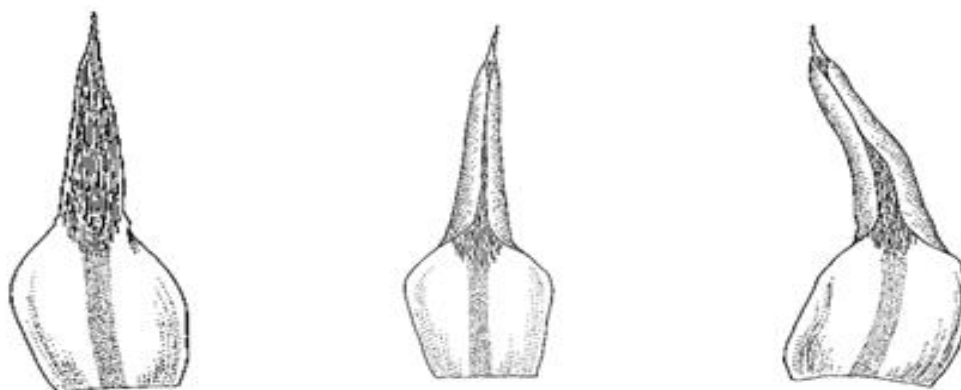
De cada amostra foram escolhidos cinco gametófitos, os quais foram medidos com auxílio de régua. Para cada gametófito foram mensurados cinco filídios localizados na região mediana do gametófito, totalizando cinquenta filídios por amostra (Figura 4). Para cada filídio foi avaliado o comprimento total do filídio, da bainha, do limbo da arista e do dente, assim como a largura da bainha e do limbo (Figura 5). Todas as medidas foram realizadas com base em imagens digitais, as quais foram obtidas utilizando uma câmera Sony Cyber-shotH200 com 8 megapixels, acoplada em microscópio óptico disponível no Laboratório de Biologia e Conservação da UERGS (LABeC). A cada gametófito foram fotografados cinco filídios, utilizando o aumento de 4x do microscópio e zoom óptico da câmera digital também de 4x, para as medidas comprimento total do filídio, da bainha e do limbo da arista, exceto para o comprimento do dente que foi utilizado aumento de 20x do microscópio, com zoom óptico da câmera digital de 4x (Tabela 1).

Após obtenção das imagens, as medidas foram realizadas com o auxílio do programa específico para medições (AXIOVISION 4.01), o qual transforma os pixels das imagens em milímetros conforme a escala que foi estabelecida de acordo com o aumento utilizado no microscópio para obtenção das imagens. Neste caso foram estabelecidas duas escalas, uma para o aumento de 4x e uma para o de 20x. Os dados obtidos das medidas foram compilados em uma tabela de Excel, a qual serviu de base para a realização das análises estatísticas. A Análise dos Componentes Principais (PCA) foi realizada no PAST (Paleontological Statistics) Version 3.16 utilizando todas as medidas obtidas.

Tabela 1. Caracteres medidos em cada amostra

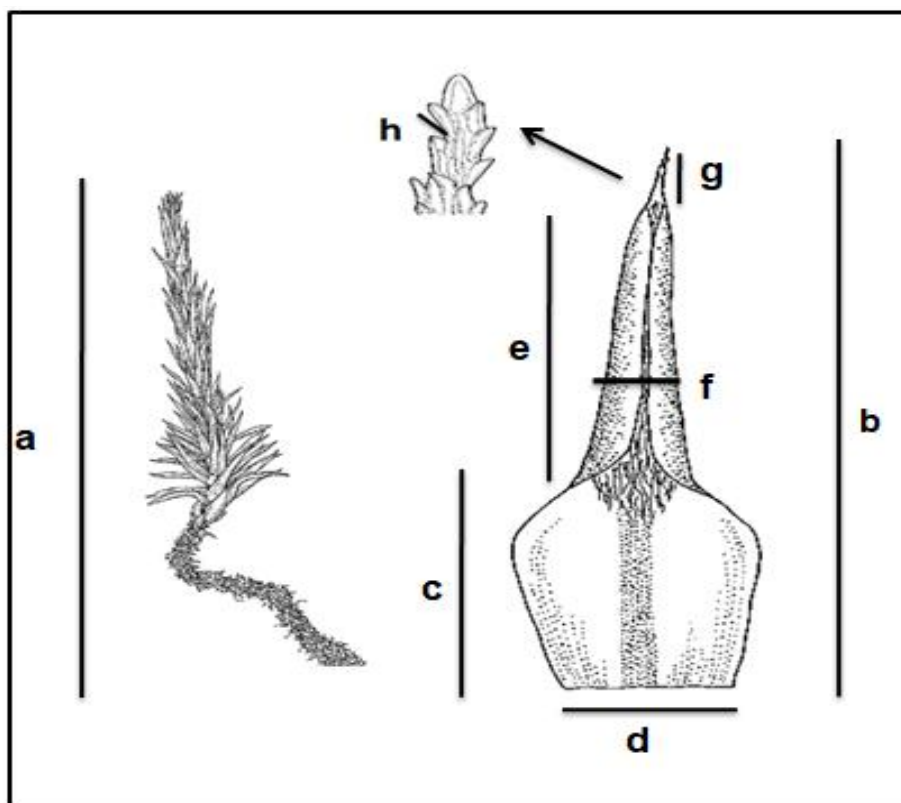
Parte da planta medida	Característica medida	Aumento do microscópio e zoom da máquina fotográfica
Gametófito	a) Comprimento	Sem uso do microscópio/lupa
Filídio (geral)	b) Comprimento total	Aumento de 4x Zoom óptico de 4x
	c) Comprimento da base	Aumento de 4x Zoom óptico de 4x
	d) Largura da base	Aumento de 4x Zoom óptico de 4x
	e) Comprimento do limbo	Aumento de 4x Zoom óptico de 4x
	f) Largura do limbo	Aumento de 4x Zoom óptico de 4x
	g) Comprimento da arista	Aumento de 4x Zoom óptico de 4x
	h) Comprimento do dente	Aumento de 20x Zoom óptico de 4x

Fonte: Autora 2017.



Fonte: Ochyra *et al.* (2008)

Figura 5 - Representação esquemática dos caracteres morfológicos medidos em cada amostra. a. gametófito; b. comprimento total do filídio; c. comprimento da base; d. largura da base; e. comprimento do limbo; f. largura do limbo; g. comprimento da arista; h. comprimento do dente.



Fonte: Autora 2017.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DELIMITAÇÃO MORFOLÓGICA DAS ESPÉCIES DE POLYTRICHACEAE DA ILHA ELEFANTE

Através da análise morfológica e morfométrica das espécies *Polytrichum juniperinum*, *Polytrichum strictum* e *Polytrichastrum alpinum* ocorrentes na Ilha Elefante, observou-se que houve variação no tamanho dos gametófitos, sendo que *P. alpinum* apresentou os maiores tamanhos. Não foi possível diferenciar morfológicamente *P. juniperinum* de *P. strictum*, uma vez que, praticamente, não houve variação morfométrica entre estas espécies (Tabela 2).

Tabela 2. Medidas dos caracteres nas espécies analisadas.

Caracteres medidos	Espécies analisadas		
	<i>P. strictum</i>	<i>P. juniperinum</i>	<i>P. alpinum</i>
Comp. do gametófito	5,28 – 6,06 cm	5,04-5,83 cm	5,82-6,86 cm
Comp. dos filídios	6,52-6,75 mm	9,24-10,27 mm	9,24-10,27 mm
Comp. da base	2,67- 2,99 mm	2,65-2,99 mm	3,42- 3,76 mm
Larg. da base	0,73-0,88 mm	0,73-0,86 mm	1,13-1,5 mm
Comp. do limbo	3,31-4,27 mm	3,15-3,50 mm	5,59-6,51 mm
Larg. do limbo	0,44-0,53 mm	0,47-0,59 mm	0,43-0,49 mm
Comp. da arista	0,57–0,64 mm	0,50-0,61 mm	-
Comp. do dente	0,03 mm	0,03-0,04 mm	0,04-0,06 mm

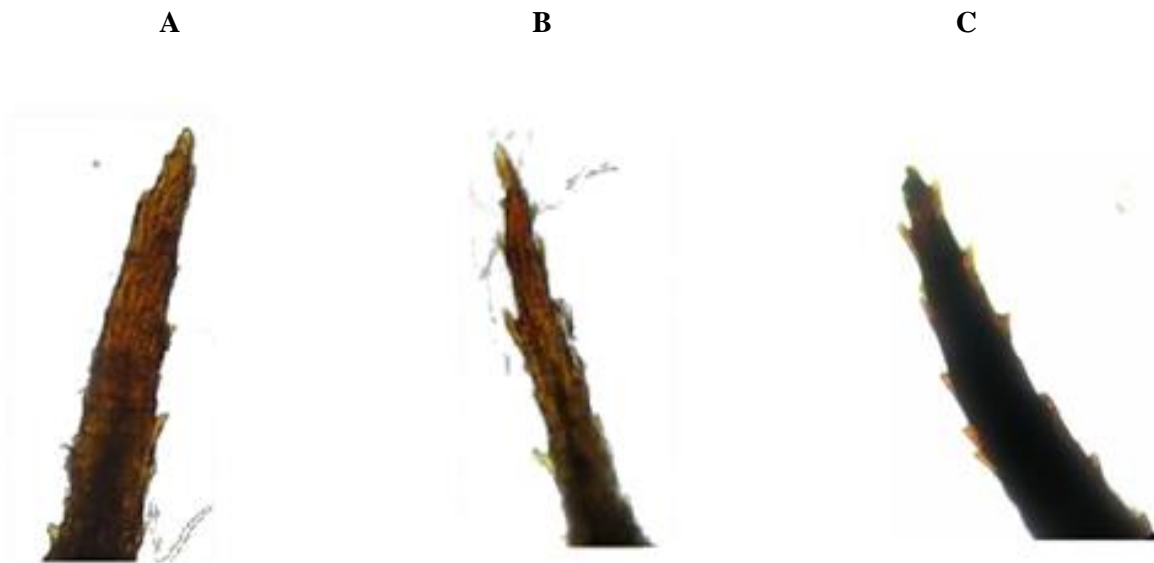
Fonte: Autora 2017

Entre as características morfológicas que foram observadas nas espécies estudadas, podemos citar os filídios. Em *P. strictum* os filídios possuem uma abrupta e bem marcada transição entre a bainha e o limbo, enquanto *P. juniperinum* possui uma transformação suave entre a bainha e o limbo e *P. alpinum* apresenta uma transição fortemente marcada entre a bainha e o limbo. A bainha de *P. strictum* possui tendência a ser mais amarronzada, podendo também ser amarelada. O inverso também se aplica para coloração da bainha de *P. juniperinum*, já *P. alpinum* apresenta uma transição fortemente marcada entre a bainha e o limbo, a bainha das espécies possuía uma coloração amarronzada.

Comparando a organização dos filídios nas espécies, nota-se que *P. strictum* possui filídios fortemente imbricados quando secos e eretos quando úmidos já *P. juniperinum* possui filídios levemente imbricados quando secos e patente quando úmidos e em *P. alpinum* os filídios são levemente imbricados quando secos e fortemente eretos quando úmidos. Os mesmos detalhes para *P. strictum* e *P. juniperinum* foram citados por (Marinho 2016).

Ambas as espécies de *Polytrichum* possuem dentes na região do limbo, os quais podem ser vistos em seção transversal do filídio ou em vista lateral da costa (Marinho 2016). Em *P. juniperinum* os dentes da costa se agrupam na porção apical do limbo. A costa excurrente finaliza em uma arista avermelhada robusta e com as últimas células hialinas. *P. strictum* apresenta dentes da costa desde a porção mediana do limbo e a costa varia de curto-excurrente a excurrente, com arista curta e avermelhada. *P. alpinum* apresenta uma costa fortemente marcada e dentes desde a região mediana do limbo, ocorrendo uma maior concentração mais próxima ao ápice.

Figura 6 - Ilustrando a região superior do filídio com a presença dos dentes no ápice. A. *Polytrichum strictum* Brid.; b. *Polytrichum juniperinum* Hedw.; c. *Polytrichastrum alpinum* (Hedw.) G.L.Sm



Fonte: Autora 2017

Nas análises de PCA das três espécies avaliadas, verificou-se que os caracteres mais informativos foram o tamanho (comprimento) do gametófito e o comprimento do filídio. Através destes caracteres foi possível separar *P. alpinum* das demais espécies, uma vez que esta apresentou os maiores comprimentos de gametófito e filídio (Figuras 7 e 9).

A classificação de *Polytrichastrum alpinum* tem sido discutida. Anteriormente era classificada junto a *Pogonatum* baseada em suas cápsulas terete e associada à *Polytrichum* devido à presença de estômatos e células exoteciais lisas. Isso foi resolvido quando Smith (1971) estabeleceu o gênero *Polytrichastrum* para *Polytrichastrum alpinum*. A espécie apresenta gametófito robusto, simples ou ligeiramente ramificado, seus filídios possuem

formatos que variam desde ovado ao obovado com margens serrilhadas na porção do limbo e costa única, onde se encontram as lamelas, as quais são característica relevante para a diferenciação desta em relação às demais do gênero e da família (Ochyra *et al.* 2008). São relatadas 4 variedades para espécies *Polytrichastrum*, *Polytrichastrum alpinum* var. *alpinum* (Hedw.) G.L. Sm., *Polytrichastrum alpinum* var. *fragile* (Bryhn) D.G. Long, *Polytrichastrum alpinum* var. *septentrionale* (Brid.) G.L. Sm. e *Polytrichastrum alpinum* var. *sylvaticum* (Menzies) G.L. Merr. (Flora of North America Editorial Committee 2007). Segundo Ochyra *et al.* (2008), na Antártica ocorre apenas a var. *alpinum*.

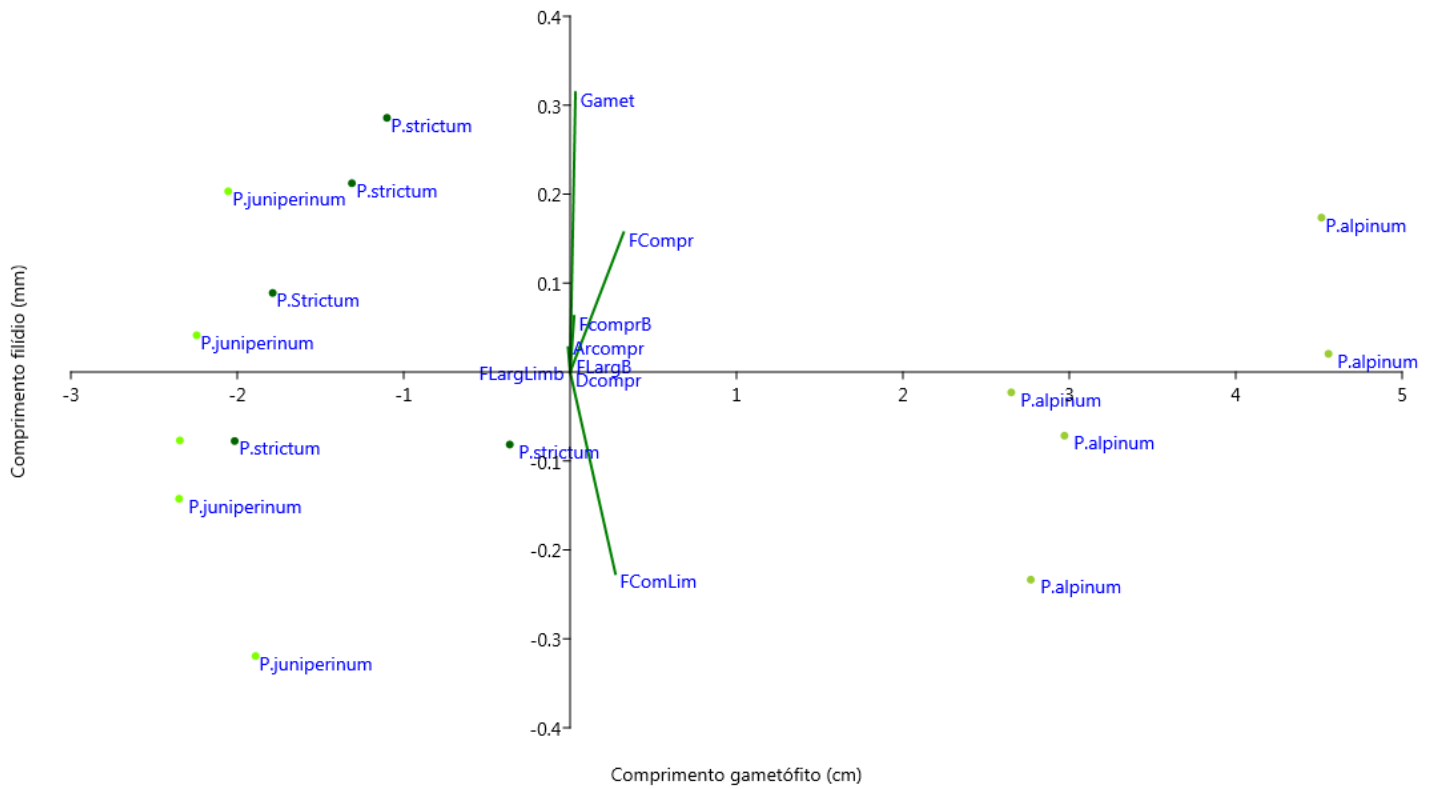
Analisando a PCA, observa-se que não há uma separação clara entre *P. strictum* e *P. juniperinum*, no entanto, a maior parte das amostras de *P. juniperinum* apresenta menor tamanho de todos os caracteres, especialmente a largura da base dos filídios. Contudo, a diferenciação destas duas espécies por caracteres morfológicos e morfométricos não foi possível, conforme também observado por Marinho (2016).

Polytrichum juniperinum Hedw. é caracterizado pelo caulídeo simples, filídios espalhados no ápice, esporângio com apófise, cápsula quadrada, opérculo acuminado ereto. Menzies (1898) descreve a espécie *P. strictum* diferenciando-a de *P. juniperinum* por possuir menor tamanho nas estruturas, por ser ramificada e possuir uma lanugem esbranquiçada. As duas espécies são confundidas constantemente e, desde então, existem autores como Nylander & Saelán 1859, apud Marinho 2016) que consideraram *P. strictum* uma subespécie de *P. juniperinum* e outros com Anderson (1954) e Merrill (1992) que consideram *P. strictum* e *P. juniperinum* sendo espécies diferentes. *P. strictum* difere de *P. juniperinum* na proporção em que ocorre em *habitat* de zonas úmidas de latitude norte (América do Norte) e apresenta, dentre diferentes características morfológicas, uma cobertura notável de rizóides brancos (Derda e Wyatt, 1999).

Conforme mostram a tabela 2 e a figuras 7 e 9, a variação morfométrica entre as espécies de *P. juniperinum* e *P. strictum* é muito pequena para todos os caracteres avaliados, não sendo possível, portanto, selecionar caracteres morfológicos mais importantes para a delimitação destas espécies. Verificou-se que *P. strictum* é levemente maior do que *P. juniperinum*, o que pode ser observado na figura 8, a qual representa uma Análise de Componentes Principais realizadas apenas entre *P. strictum* e *P. juniperinum*. Através desta análise observou-se que o maior tamanho do gametófito, do comprimento do filídio e do limbo foram as características mais importantes na separação dos espécimes de *P. strictum* e *P. juniperinum*. Através da figura 11 também se pode observar o maior tamanho de todas as características avaliadas para *P. strictum*.

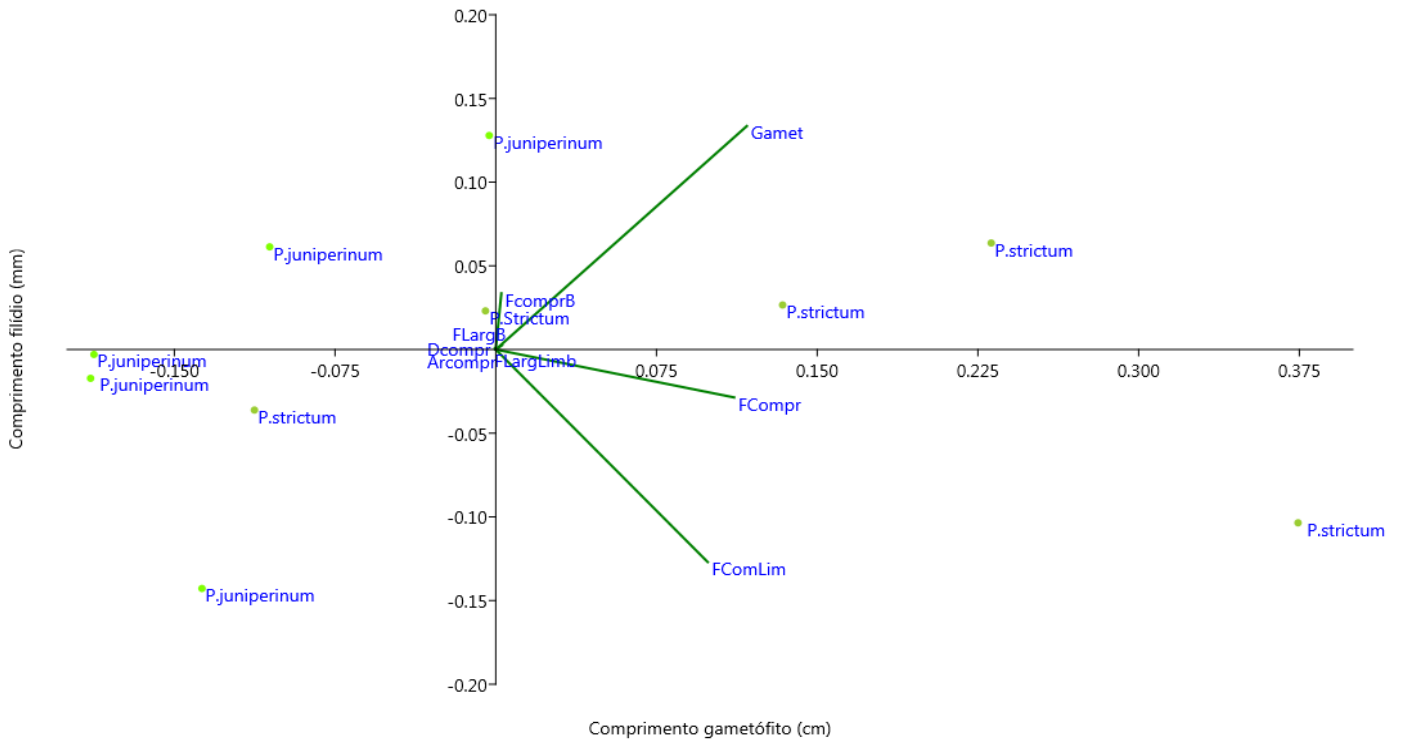
Já com relação à *P. alpinum*, o maior tamanho no comprimento do gametófito e dos filídios pode ser considerado uma importante característica utilizada para separar esta das demais espécies de Polytrichaceae que ocorrem na Ilha Elefante, além das características que já são comumente utilizadas para separar os gêneros *Polytrichastrum* e *Polytrichum*.

Figura 7 - Análise dos Componentes Principais (PCA) de *Polytrichum juniperinum*, *Polytrichum strictum* e *Polytrichastrum alpinum*.



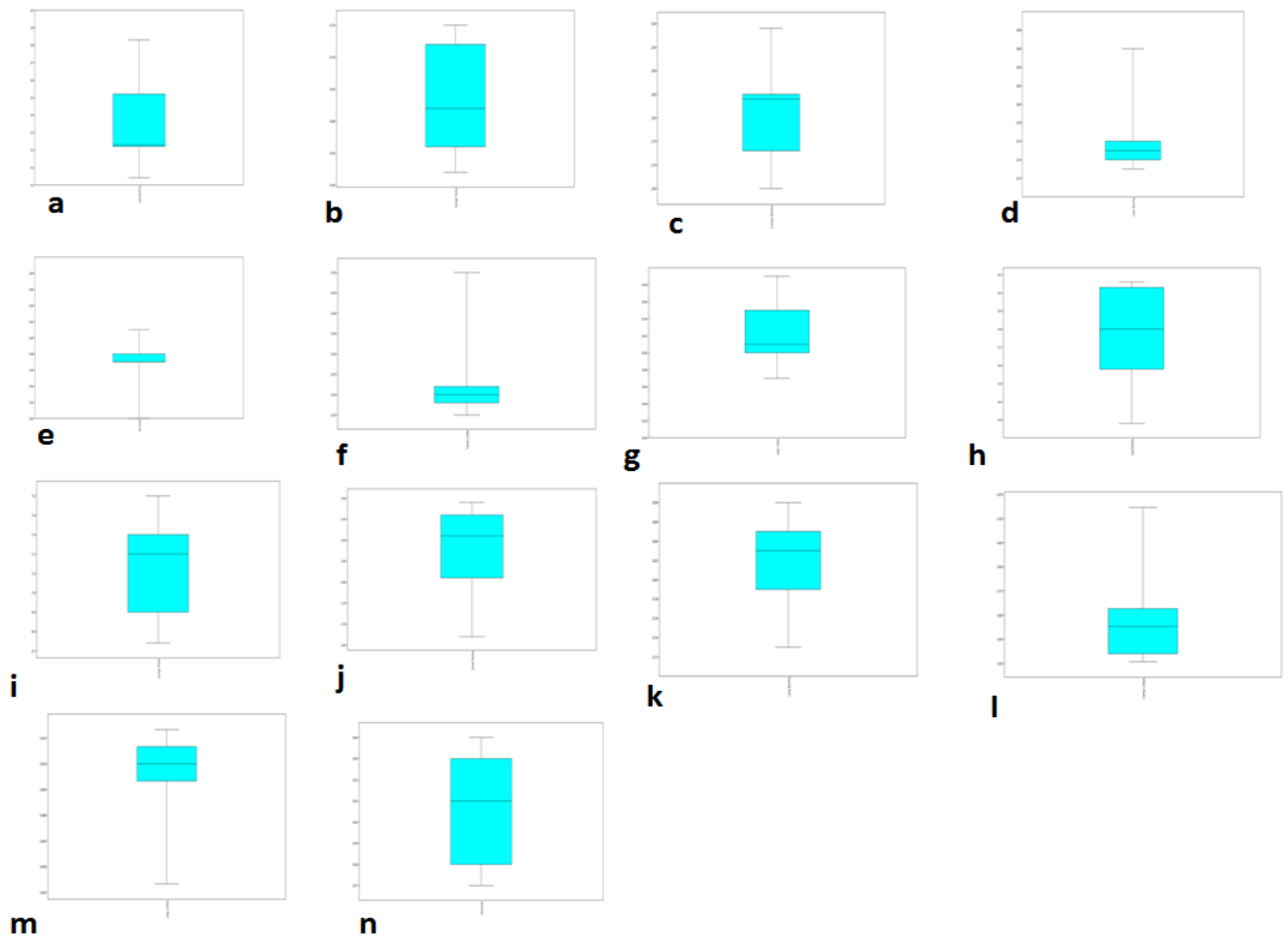
Fonte: Autora 2017.

Figura 8 - Análise dos Componentes Principais (PCA) de *P. juniperinum*, *P. strictum*.



Fonte: Autora 2017.

Figura 9 - Gráficos de caixas esquemáticas da variação das características das amostras (mediana, quartis, máxima e mínima), de *P. juniperinum* (a-g) e *P. strictum* (h-n) a-g comprimento do gametófito; b-i comprimento do filídio; c-j comprimento da bainha; d-k largura da bainha; e-l comprimento do limbo; f-m largura do limbo; g-n comprimento da arista.



Fonte: Autora 2017.

4.2 COMPARAÇÃO ENTRE AS ESPÉCIES DE POLYTRICHACEAE DA ILHA ELEFANTE COM OUTRAS ÁREAS DA ANTÁRTICA E ÁRTICO

Sabendo-se que as espécies abordadas neste estudo são espécies bipolares, foi feita a comparação dos dados morfométricos obtidos com os estudos de Merrill (2007) para a América do Norte, Smith (2008) para Grã-Bretanha e Irlanda, Ochyra *et al.* (2008) para Antártica (com amostras da Antártica Marítima e Antártica Continental) e Marinho (2016), também da Antártica, com amostras especialmente das Shetlands do Sul (Tabela 3).

Comparando as médias das espécies que ocorrem na Ilha Elefante e nas outras regiões da Antártica, nota-se diferença nas medidas dos gametófitos e filídios (Tabela 3). As médias de comprimentos dos gametófitos variam de 5,28-6,06 cm nas espécies da Ilha Elefante, enquanto que nas espécies de outras regiões da Antártica a variação ficou entre 1,000-3,260 cm. O comprimento dos filídios varia de 6,56-10,27 mm para as espécies da Ilha Elefante e de 2,676-6,875 mm para outras localidades da Antártica.

Tabela 3. Medidas do comprimento do gametófito e do filídio de *P. strictum*, *P. juniperinum* e *P. alpinum* de acordo com a literatura e dados obtidos nesse trabalho. *Os autores não especificaram se o tamanho do filídio conta com a arista ou sem a arista, de tal forma que no presente trabalho considera-se que o comprimento do filídio contabiliza a arista, do mesmo modo que Marinho (2016).

Autor	Localidade	Comp. do gametófito			Comp. dos filídios*		
		<i>P. strictum</i>	<i>P. juniperinum</i>	<i>P. alpinum</i>	<i>P. strictum</i>	<i>P. juniperinum</i>	<i>P. alpinum</i>
Merril (2007)	América do Norte	6-12 cm	4-5 cm	4-6 cm	2-5 mm	3-6 mm	5-8 mm
Smith (2008)	Grã-Bretanha e Irlanda	6-20 cm	1-7 cm	2-40 cm	-	3-5 mm	-
Ochyra <i>et al.</i> (2008)	Antártica (geral)	2-20 cm	1-6 cm	4-13 cm	2,5- 4,5 mm	4-6 mm	5-9 mm
Marinho (2016)	Antártica (Shetlands do Sul e regiões do Ártico)	1,00-12,960 cm	2,460-6,900 cm	-	2,676-6,243 cm	4,457-7,151 mm	-
Presente estudo	Ilha Elefante (Antártica)	5,28– 6,06 cm	5,04-5,83- Cm	5,82-6,86 cm	6,74-7,50 mm	6,52-6,75 mm	9,24-10,27 mm

Fonte: Autora 2017.

O comprimento do limbo varia de 3,15-6,51 mm para Ilha Elefante e 1,123-4,334 mm para outras localidades da Antártica e as médias da arista variam de 0,50-0,64 para Ilha Elefante e 0,274-1,57 mm para as demais localidades da Antártica. Podemos observar que o comprimento dos filídios e de é maior nas espécies das diferentes regiões da Antártica, o comprimento do limbo é maior para as espécies da Ilha Elefante (Tabela 4).

A bainha (comprimento e largura) varia para as espécies de ambas as localidades, as espécies da Ilha Elefante apresentam maiores valores para o comprimento da bainha enquanto as espécies das demais localidades da Antártica apresentam maiores valores para largura da bainha. O comprimento da bainha varia de 2,65-3,76 mm para as espécies da Ilha Elefante e 1,05-2,346 mm para as outras localidades. A largura da bainha varia de 0,73-1,35 mm na Ilha Elefante e 0,855-1,470 mm para as outras localidades da Antártica e a média da largura do limbo varia de 0,43-0,59 na Ilha Elefante e 0,379-0,74 para as outras localidades. Assim as amostras das demais localidades da Antártica possuem a largura da bainha e limbo maior que as amostras da Ilha Elefante.

Tabela 4. Medidas do comprimento e largura (mm) da bainha, do limbo e da arista de *Polytrichum strictum*, *Polytrichum juniperinum* e *Polytrichastrum alpinum* de acordo com a literatura e dados obtidos nesse trabalho.

Autor	Localidade	Bainha (CompXLarg.)			Limbo (CompXLarg.)			Arista (Comp.)		
		<i>P. strictum</i>	<i>P. juniperinum</i>	<i>P. alpinum</i>	<i>P. strictum</i>	<i>P. juniperinum</i>	<i>P. alpinum</i>	<i>P. strictum</i>	<i>P. juniperinum</i>	<i>P. alpinum</i>
Ochyra et al. (2008)	Antártica (geral)	1,12-2,0 x 0,7-1,2 mm	1,8-2,5 x 1,5-1,8 mm	1,5-3,0 x 1,3-1,9 Mm	0,2-0,5 (larg.)	2,5-4,0 x 0,5-0,8 mm	3,5-9,5 x 0,5-0,7 mm	-	-	-
Marinho (2016)	Antártica (Shetlands do Sul e regiões do Ártico)	1,152-1,674 x 0,855-1,06 mm	1,740-2,346 x 1,242-1,47 mm	-	1,123-1,874 mm 0,379-0,545 mm	2,286-4,334 x 0,549-0,673 mm	-	0,274 - 0,815 mm	0,398 - 0,687 mm	-
Presente estudo	Ilha Elefante (Antártica)	2,67- 2,99 x 0,73-0,88 mm	2,65-2,99 x 0,73-0,86 mm	3,42-3,76 x 1,13-1,5 Mm	3,31-4,27 x 0,44-0,53 Mm	3,15-3,50 x 0,47-0,59 mm	5,59-6,51 x 0,43-0,49 mm	0,57 - 0,64 mm	0,50 - 0,61 mm	-

Fonte: Autora 2017

Deste modo, conforme observado na tabela 3, pode-se dizer que o comprimento do gametófito e dos filídios das espécies *P. juniperinum* e *P. strictum* ocorrentes na Ilha Elefante são maiores do que as mesmas espécies em outras localidades da Antártica. Isto pode ser devido ao fato de que a Ilha Elefante localiza-se mais próximo ao Mar de Weddel, apresentando condições climáticas um pouco mais amenas do que em outras localidades da Antártica. Quando comparado com as espécies ocorrentes no Hemisfério Norte, Marinho (2016) observou que estas espécies apresentam tamanhos maiores do que as da Antártica. As amostras da Ilha Elefante apresentam menor tamanho de gametófito do que as do Hemisfério Norte, entretanto apresentam maiores tamanho de filídio.

Analisando separadamente cada espécie abordada neste estudo, observou-se que para *Polytrichastrum alpinum* o comprimento do gametófito variou entre 5,82-6,86 cm., para as amostras da Ilha Elefante, sendo portanto, um pouco maior do que as amostras da América do Norte que apresentaram comprimento variando entre 4-6 cm, conforme Merrill (2007). Já o comprimento do filídio variou entre 9,24-10,27mm na Ilha Elefante, enquanto que Merrill (2007) encontrou 5-8 mm. É possível notar que os filídios de *P. alpinum* apresentam maior tamanho quando comparado aos filídios de *P. strictum* e *P. juniperinum*, bem como o comprimento do limbo. Ochyra *et.al.* (2008) citou para bainha de *P.alpinum* 1,5-3,0x1,3-1,9 e para o limbo 3,5-9,5x0,5-0,7, neste trabalho os valores encontrados para a bainha são 3,42-3,76x0,73-0,86 e para o limbo 5,59-6,51x0,43-0,49.

Para *Polytrichum juniperinum* os valores encontrados para o comprimento do gametófito variaram entre 5,04-5,83 cm, um pouco menores do que as espécies estudada por Medina *et al* (2015) que apresentaram os valores variando entre 2,283-6,990 cm. Neste trabalho o comprimento do filídio variou de 6,52-6,75 mm com arista e de 5,91-6,25 mm sem arista. A bainha das espécies variou de 2,65-2,99 mm e o limbo 3,15-3,50 mm, os valores são maiores do que os descritos por Ochyra *et.al.* (2008) na Flora da Antártica, onde os valores foram de 1,8-2,5x1,5-1,8 para bainha e 2,5-4,0x0,5-0,8 para o limbo. O valor encontrado para arista variou entre 0,50-0,61 mm, menores que os valores citados por Marinho (2016), que foram de 0,398-0,687 mm. Marinho (2016), citou para as espécies do Norte os valores de bainha variando entre 1,7-2,4 mm (comprimento) 1,1-1,4 mm (largura) e para o limbo 3,8-6,6 e 0,49-0,70 mm, as espécies da ilha elefante apresentam maiores valores para comprimento e largura da bainha entretanto menores valores para comprimento e largura do limbo.

Em *Polytrichum strictum* Merrill (2007), Smith (2008), Ochyra *et al.* (2008) citaram o comprimento do gametófito de *P. strictum* variando de 2-20 cm, porém neste trabalho verificamos medidas menores 5,28-6,06 cm. O tamanho do filídio varia de 2,5-5 mm (Merrill, 2007) e 4-6mm (Ochyra *et al.*, 2008), neste trabalho verificamos os valores entre 6,74-7,50mm com arista e 6,16-6,93mm sem arista. Marinho (2016) encontrou para espécies do hemisfério sul o tamanho do filídio variando entre 2,43-4,83 mm, menores do que os valores citados no presente estudo. A bainha variou entre 2,67-2,99 mm de comprimento, 0,73-0,88mm de largura e o comprimento do limbo 3,31-4,27 mm, maiores que os citados por Ochyra *et al.* (2008) que para a bainha verificou 1,1-2,2 mm de comprimento e 0,7-1,2mm de largura. Marinho (2016), encontrou os valores de arista variando entre 0,274-0,815mm, valores maiores que os observados no presente estudo onde os valores variaram entre 0,57-0,64mm.

Na análise dos Componentes Principais (PCA) obtida com a inclusão das amostras da Ilha Elefante (presente estudo), da Antártica (Marinho, 2016 e Ochyra *et al.*, 2008) e de regiões do Hemisfério Norte e Ártico (Merrill, 2007; Smith, 2008 e dados de Marinho, 2016 para o Alaska, Canadá, Finlândia, Suécia e Estados Unidos) é possível observar que os dados mais informativos, respectivamente, são o comprimento de gametófito e comprimento do filídio (Figura 10). A análise das médias realizada anteriormente demonstrou que as espécies da Ilha Elefante possuem maior comprimento do gametófito e bainha, entretanto as espécies das demais localidades da Antártica possuem maior largura da bainha e do limbo.

e da Ilha elefante do que nas regiões do Ártico. A bainha (comprimento e largura) e a largura do limbo são maiores nas espécies das diferentes regiões da Antártica.

Medina *et al.* (2010) através de uma análise morfométrica de *Polytrichum juniperinum* ocorrente do Rio Grande do Sul, verificou que estas possuem o tamanho de filídio maior que populações ocorrentes da Antártica. Medina *et al.* (2015), através de uma análise de PCA verificaram que algumas populações de *P. juniperinum* residentes da Antártica possuem tamanho de caulídio e filídio menor que outras populações do sul do Brasil, no entanto a diferença morfométrica entre as regiões é baixa.

A variação morfológica estruturada entre as populações de briófitas como observado neste estudo é pouco frequente (PEREIRA *et al.*, 2013). As medidas observadas podem sugerir que os maiores valores apresentados pelas espécies das diferentes regiões da Antártica podem indicar uma melhor adaptação das espécies ao clima da região do que as espécies das regiões do Ártico. Medina *et al.* (2015) observou que as espécies da Antártica não possuem um tempo hábil para desenvolver de forma completa o comprimento de seus gametófitos e filídios. O período de crescimento dos musgos na Antártica acontece no verão devido a disponibilidade de água, pois nesse período os musgos necessitam ampliar sua capacidade fotossintética. Assim apesar do limbo (região que possui a maior quantidade de lamelas) não possuírem o mesmo comprimento entre as espécies das regiões da Antártica e das regiões do Ártico as espécies otimizam sua superfície de captação de CO₂ com maior comprimento e largura do limbo para ampliação da taxa de fotossíntese.

5. CONCLUSÕES

1. Quanto à delimitação morfométrica das espécies de Polytrichaceae ocorrentes na Ilha Elefante:

- a. Observou-se que foi possível separar *Polytrichastrum alpinum* das demais por esta apresentar maiores medidas de gametófito e filídios. Por ser outro gênero, os caracteres comumente utilizados na identificação também auxiliaram na separação desta espécie.
- b. Não foi possível delimitar claramente as espécies de *Polytrichum juniperinum* e *Polytrichum strictum* ocorrentes na Ilha Elefante através do estudo morfométrico.
- c. Estes dados corroboram com o estudo de Marinho (2016) no qual também não foi possível delimitar as espécies *P. juniperinum*, *P. strictum* e *P. piliferum* através de dados morfométricos.

2. Quanto à comparação da Ilha Elefante, Antártica e Ártico:

- a. As amostras da Ilha Elefante apresentaram maiores medidas do comprimento do gametófito do que as demais áreas da Antártica;
- b. As espécies da Antártica (incluindo a Ilha Elefante) apresentaram as maiores medidas para o gametófito e filídio quando comparadas às das regiões do Ártico.
- c. Estas diferenças entre as espécies podem ser uma forma de adaptação das espécies para as condições climáticas extremas que são encontradas na Antártica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, L. E. **Hoyer's solution as a rapid permanent mounting medium for bryologists.** *The Bryologist*, v. 57. 1954. p. 242-244. Australia. 2007.

AXIOVISION 4.01

Bargagli, R. 2005. **Antarctic Ecosystems: Environmental Contamination, Climate Change, and Human Impact.** 175. Berlin: Springer-Verlag, p. 1-82.

Barnes, D. KA. *et al.* **Incursion and excursion of Antarctic biota: past, present and future.** *Global Ecology and Biogeography*. 2006. 15.

Bell, N. & Hyvönen, J. **Gametophytic simplicity in Laurasian and Gondwanan Polytrichopsida - the phylogeny and taxonomy of the Oligotrichum morphology.** *Journal of Bryology* . 2012. 160-172

Bell, N. & Hyvönen, J. **Rooting the Polytrichopsida: the phylogenetic position of Atrichopsis and the independent origin of the polytrichopsid peristome.** In: Mohamed H. et al. (eds.) **Bryology in the New Millennium.** Kuala Lumpur. Univ. Malaya,. 2008. pp. 227-239.

Bell, N.E.; Hyvönen, J., **Phylogeny of the moss class Polytrichopsida (Bryophyta): Generic-level structure and incongruent gene trees.** *Molecular Phylogenetics and Evolution* 55. 2010a. 381–398.

Bell, N.E.; Hyvönen, J.,. **A Phylogenetic Circumscription of *Polytrichastrum* (Polytrichaceae): Reassessment of Sporophyte Morphology Supports Molecular Phylogeny.** *American Journal of Botany* 97(4). 2010 b. 566–578.

Biersma EM, Jackson JA, Hyvönen J, Koskinen S, Linse K, Griffiths H, Convey P. 2017 **Global biogeographic patterns in bipolar moss species.** *R. Soc. open sci.* 4: 170147.

Brotherus, V.F. **Musci (Laubmoose) 2. Hälfte. In: Engler, A. & Prantl., K. Die natürlichen Pflanzenfamilien, Zweite Auflage 1925.**

Buck, W.R. & Goffinet, B. **Morphology and classification of mosses.** Pp. 71-123. In: Shaw, A. J. & Goffinet, B. (eds). **Bryophyte Biology.** Cambridge University Press, Cambridge. 2000.

Callaghan, T.V, Matveyeva, N, Chernov, Y, Brooker, R.. **Antarctic Ecosystems. Encyclopedia of Biodiversity.** ed. by S. Levin. San Diego: Academic Press, vol. 1. 2001 p. 231-247.

Cano. M. J , Werner . O & Guerra. J **A morphometric and molecular study in *Tortula subulata* complex (Pottiaceae, Bryophyta).** Departamento de Biología Vegetal (Botánica), Facultad de Biología, Universidad de Murcia, E-30100, Spain. *Botanical Journal of the Linnean Society.* 2005.

Churchill, S.P. & Linares C., E. **Prodromus Bryologiae Novo-Granatensis**

Crosby, M.R. *et al.* **A checklist of the Mosses. Missouri Botanical Garden, St. Louis.** 1999.

Crum, H. **Mosses of the Great Lakes Forest.** Ed. University of Michigan Herbarium, Ann Arbor. 1976.

D, Lud. *et al.* **DNA damage and photosynthetic performance in the Antarctic terrestrial alga *Prasiola crispa* ssp. Antarctica (Chlorophyta) under manipulated UV-B radiation.** 2001

D. Lud., A. H. L., Huiskes & T. C. W. Moerdijk-Poortvliet. **Field research on the effects of UV-B filters on terrestrial Antarctic vegetation.** Netherlands Institute of Ecology. Kluwer Academic Publishers. 2001.

D'oliveira, C.B.; Albuquerque, M.P.; Victoria, F.C.; Putzke, J.; Pereira, A.B. **Análise de representatividade das espécies nas comunidades vegetais de Stinker Point, Ilha Elefante, Shetlands do Sul, Antártica, com base no Índice de Valor Ecológico.** Rio de Janeiro, 2011.

Derda GS & Wyatt R. **Genetic variation and population structure in *Polytrichum piliferum* (Polytrichaceae).** Journal of the Hattori Botanical Laboratory 86. 1999. 121–135.

Eights ,J. **Description of a new crustaceous animal found on the shores of the South Shetland Islands, whith remaks on their natural history.** Transactions of the Albany Institute. 1833. 2: 53-69.

Goffinet, B., Buck, W.R. & Shaw, A.J. **Morphology, anatomy, and classification of the Bryophyta.** In: Goffinet, B. & Shaw, A.J. **Bryophyte Biology.** Cambridge University Press. 2009. p. 56-138.

Gradstein, S.R., Churchill, S.P. & Salazar-Allen, N. **Guide to the Bryophytes to Helen Jolley & Niels Klazenga. A morphometric study of *Breutelia pendula* and *B. elongata* (Bryophyta, Bartramiaceae).** ANational Herbarium of Victoria, Royal Botanic Gardens Melbourne, Birdwood Avenue, South Yarra, Vic. 3141 2001.

Hyvönen, J. **A synopsis of genus *Pogonatum* (Polytrichaceae, Musci).** Acta Botanica Fennica. 1989.

Introduccion a la Flora de Musgos de Colombia. 1995. Koskinen, S. & Hyvönen, J. ***Pogonatum* (Polytrichales, Bryophyta) revisited.** In: Goffinet, B. et al (eds.) **Molecular Systematics of Bryophytes.** Monographs in Systematic Botany . 2004. 255-269.

Kosugi M. *et al.* **Comparative study on the photosynthetic properties of *Prasiola* (Chlorophyceae) and *Nostoc* (Cyanophyceae) from Antarctic and non-antarctic sites.** 2010.

Longton, R. E. & Holdgate, M. W. **The South Sandwich Islands: 4.** 1979.

- Marinho A.S.L. **Bipolaridade de *Polytrichum piliferum* Hedw.** (Polytrichaceae - Bryophyta): um estudo morfológico e filogenético. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade de Brasília. Brasília - DF , 2016.
- Medina, G.R .; Barcellos S.Z.; Victoria, F.C.; Albuquerque, M.P.; Pereira, A.B.; Stefenon, V.M. **Evidence of morphometric differentiation among Antarctic moss populations as a response to local microenvironment.** Acta Botanica Brasilica. São Gabriel, v 29, p.382-390, abril. 2015.
- Medina, G.R. **Diversidade Morfológica e Genética** em diferentes espécies de musgos da Ilha Nelson (Antártica). Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) -Universidade Federal do Pampa. São Gabriel, RS, 2014.
- Medina, G.R. *et al.* **Diferenças morfológicas entre *Polytrichum juniperinum* Hedw do Brasil e da Antártica.** Acta Botanica Brasilica. 2010.
- Medina, G.R.; Corneleo, N.S.; Pereira, F.A.; Dalazen, D.F.; Mega, N.O.; Albuquerque, M.P.; Victoria, F.C.; Pereira. A.B.; Stefenon, V.M. **Diferenças morfológicas entre *Polytrichum juniperinum* Hedw. do Brasil e da Antártica.** Acta Botanica Brasilica .São Gabriel, 2011.
- Merril, G. L. S. **Polytrichaceae Schwägrichen. Flora of North America.** New York: Oxford University Press, v. 27. 2007. p. 121-140.
- Merril, G.L. S. **Polytrichaceae Schwägrichen. Flora of North America.** 2007. v. 27, p. 122-140.
- Mundim J.V. **Morfologia e Filogenia de *Polytrichastrum alpinum* (Hedw.) G.L. Sm., uma Espécie Bipolar.** Dissertação (Mestrado em Botânica). – Universidade de Brasília. Brasília - DF , 2016.
- Ochyra, R. *et al.* **The illustrated moss flora of Antarctica.** Cambridge: Cambridge University Press. 2008
- Ochyra, R. 1998. The **moss flora of King George Island, Antarctica.** Cracow: Polish Academy of Sciences, W. Szafer Institute of Botany.
- Peralta, D.F. **Polytrichaceae** (Polytrichales, Bryophyta) do Brasil. Tese (Doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica . São Paulo, 2009.
- Rocha, L.M.; Esteves, V.G.; Ponzio, A.P.L. Morfologia de esporos de espécies de Polytrichaceae Schwägr. (Bryophyta) do Brasil. **Revista Brasil.** v.31, n.3, p.537-548, 2008.
- Schofield, W.B. **Introduction to bryology.** MacMillan Publishing, New York. 1985.
- Schwägrichen, C.F. **Species Muscorum Frondosorum,** 1830. vol. 2, sect. 2.
- Sharon., Robinson. A. *et al.* **Living on the edge-plants and global change in continental and maritime Antarctica.** University of Wollongong Research Online Faculty of Science. 2003.

Smith Merrill, G.L. **Notes on North American Polytrichaceae: *Polytrichastrum***.
TheBryologist 95(3). 1992.

Smith, A.J.E. **Class 3 Polytrichopsida. The Moss Flora of Britain an Ireland**, 2 ed., .2008.
p.118-131

Smith, G.L. **Continental drift and the distribution of Polytrichaceae**. 1972. Bot. Lab. 35,
41–49.

Smith, G.L. **Conspectus of the genera of Polytrichaceae**. Memoirs of The New York
Botanical Garden 1971. 1-83.

Valentin, J.L.; Peres-Neto, P.R.;; Fernandez, F.A.S. **Introdução a Análises Morfométricas**.
Oecologia Brasiliensis. 1995. v.2,p.57-89.

Walton, D. W. H. **Antarctica – Global Science from a Frozen Continent**. Cambridge
University Press. 2013.

Winge, M. Glossário Geológico Ilustrado. Disponível na em: <
<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>>.2001.

Tabela 5. Voucher das espécies utilizadas na Microscopia óptica e nas medições.

Espécie	Coletor	n°	Herbário	País	Localidade
P.juniperinum	Juçara Bordin	Bordin 3070	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante
P.juniperinum	Juçara Bordin	Bordin 3019	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante
P.juniperinum	Juçara Bordin	Bordin 2884	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante
P.juniperinum	Juçara Bordin	Bordin 2882	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante
P.juniperinum	Juçara Bordin	Bordin 2766	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante
P.strictum	Juçara Bordin	Bordin 2751	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante
P.Strictum	Juçara Bordin	Bordin 2769	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante
P.strictum	Juçara Bordin	Bordin 2821	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante
P.strictum	Juçara Bordin	Bordin 3875	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante
P.strictum	Juçara Bordin	Bordin 2984	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante
P.alpinum	Juçara Bordin	Bordin 2755	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante
P.alpinum	Juçara Bordin	Bordin 2801	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante
P.alpinum	Juçara Bordin	Bordin 2926	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante
P.alpinum	Juçara Bordin	Bordin 3000	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante
P.alpinum	Juçara Bordin	Bordin 3060	HERW/ UB	Antártica	Ilha Elefante

