

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA APLICADA AO MANEJO E
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS

Marcella de Almeida Passarella

PALINOTAXONOMIA DE RHABDOWEISIACEAE LIMPR.
(BRYOPHYTA) OCORRENTES NAS AMÉRICAS

Juiz de Fora

2018

Marcella de Almeida Passarella

PALINOTAXONOMIA DE RHABDOWEISIACEAE LIMPR.
(BRYOPHYTA) OCORRENTES NAS AMÉRICAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Título de Mestre em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais.

Orientadora: Profa. Dra. Andrea Pereira Luiz-Ponzo

Juiz de Fora

2018


**"PALINOTAXONOMIA DE RHABDOWEISIACEAE LIMPR. (BRYOPHYTA)
OCORRENTES NAS AMÉRICAS"**

Marcella de Almeida Passarella


Orientadora: Profa. Dra. Andrea Pereira Luiz Ponzo

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais.

Aprovado em 26 de fevereiro de 2018.



Profa. Dra. Andrea Pereira Luiz Ponzo
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF



Prof. Dr. Tatiana Silva Siviero
Escola Estadual Tolomeu Casali



Prof. Dra. Isabela Crespo Caldeira
Centro Universitário do Leste de Minas Gerais- Unileste

Para minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e sustento;

Aos meus pais, Marcos Cury Passarella e Lúcia Helena de Almeida Passarella, pelo amor, incentivo e apoio, aos meus irmãos Marcos e Mário; e à minha sobrinha Ana Júlia, por deixar meus dias mais felizes;

Ao Danilo José de Paula Esteves, pelo carinho e compreensão nos momentos difíceis;

À Pós-Graduação em Ecologia (PGEcol), pela formação e apoio logístico;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela bolsa de mestrado concedida;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro ao Projeto “Morfologia e ultraestrutura de esporos e sua relação com estratégias adaptativas de briófitas”, coordenado pela Profa. Dra. Andrea Pereira Luiz-Ponzo, no qual esta dissertação está inserida.

À Profa. Dra. Andrea Pereira Luiz-Ponzo, pela orientação desde o início da graduação, dedicação e carinho;

Aos colegas do Laboratório de Briófitas da Universidade Federal de Juiz de Fora, especialmente, à Juliana da Costa Silva e Costa, pela amizade, apoio e incentivo;

Ao Prof. Dr. Daniel Sales Pimenta, por ceder o espaço do Laboratório de Anatomia Vegetal para a realização das acetólises e à Profa. Flávia Bonizol Ferrari, pela participação nos procedimentos;

Ao Núcleo de Microscopia e Microanálise (NMM) da Universidade Federal de Viçosa, onde foram realizadas as análises sob Microscopia Eletrônica de Varredura; ao funcionário Gilmar e aos bolsistas Carlota e Thiago pela atenção e prestatividade;

Ao Centro de Microscopia e Microanálise da Universidade Federal de Minas Gerais (CM-UFGM) onde foram realizadas as análises sob Microscopia Eletrônica de Varredura e de Transmissão;

Aos curadores dos herbários Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo (SP); Herbário da Universidade de Brasília (UB); Herbário do Museu Nacional (R) e do Canadian Museum of Nature (CANM) pelo empréstimo de material para a realização do presente estudo;

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

A família Rhabdoweisiaceae Limpr. inclui musgos acrocárpicos, de tamanho pequeno a médio, que crescem, predominantemente como tufos e ocorrem, geralmente, sobre rochas e solo. A circunscrição da família é controversa, sendo sua monofilia sustentada por dados moleculares. O presente trabalho tem como objetivo realizar o estudo palinológico de espécies de Rhabdoweisiaceae Limpr. ocorrentes nas Américas e interpretar as relações entre as características palinológicas e as estratégias ecológicas das espécies estudadas, que pertencem aos gêneros *Amphidium* Schimp.; *Arctoa* Bruch & Schimp.; *Cynodontium* Schimp.; *Dichodontium* Schimp.; *Dicranoweisia* Lindb. ex Milde; *Kiaeria* I. Hagen; *Oncophorus* (Brid.) Brid.; *Oreas* Brid.; *Oreoweisia* (Bruch & Schimp.) De Not.; *Rhabdoweisia* Limpr. Os esporos foram observados sob microscópio de luz antes e após acetólise e sob microscópio eletrônico de varredura e de transmissão. Para a avaliação das relações entre a morfologia dos esporos e as estratégias ecológicas foi realizada a análise de agrupamento, considerando os tipos de elementos de ornamentação, espessura do esporoderma polaridade, condição de tamanho, área apertural, forma de vida e substrato. As espécies estudadas apresentam esporos de tamanho pequeno a médio, com simetria radial e âmbito subcircular, são heteropolares ou apolares. O esporoderma é formado por intina, exina e perina. Os elementos de ornamentação permitiram a caracterização de quatro tipos morfológicos. Das 23 espécies estudadas, nove, incluídas em três gêneros apresentam esporos anisomórficos, sendo aqui relatados pela primeira vez. Os esporos das espécies de *Amphidium* Schimp. apresentam características palinológicas que permitem diferenciá-las das demais espécies integrantes de Rhabdoweisiaceae Limpr. Os padrões de ornamentação da superfície do esporoderma mais frequentes foram o baculoide e o granuloide; cerca de 80% das espécies analisadas apresentam área apertural diferenciada; dentre as características ecológicas, rocha foi o substrato mais frequente, seguido por solos e a maioria das espécies apresentm tufo como forma de vida. As espécies de Rhabdoweisiaceae Limpr. analisadas neste trabalho foram agrupadas através de características palinológicas e ecológicas.

Palavras-chave: Anisosporia, briófitas, esporos, haplolepídeos, musgos.

Abstract

The family Rhabdoweisiaceae Limpr. includes small to medium sized acrocarpic mosses that grow predominantly as tufts and usually occur on rocks and soil. The circumscription of the family is controversial, and its monophyly is supported by molecular data. The present work aims to carry out the palynological study of species of Rhabdoweisiaceae Limpr. occurring in the Americas and to interpret the relationships between the palynological and ecological strategic characteristics of the species studied, which belong to the genera *Amphidium* Schimp.; *Arctoa* Bruch & Schimp.; *Cynodontium* Brid.; *Dichodontium* Schimp.; *Dicranoweisia* Lindb. ex Milde; *Kiaeria* I. Hagen; *Oncophorus* (Brid.) Brid.; *Oreas* Brid.; *Oreoweisia* (Bruch & Schimp.) De Not.; *Rhabdoweisia* Limpr. The spores were observed under light microscopy before and after acetolysis and under scanning and transmission electron microscopy. For the evaluation of the relationships between the spore morphology and the ecological strategies, the grouping analysis was performed considering the types of ornamentation elements, sporoderma polarity thickness, size condition, aesthetic area, life form and substrate. The species studied present small to medium spores, with radial symmetry and subcircular extent, are heteropolar or nonpolar. The sporoderm is formed by intina, exina and perina. The ornamentation elements allowed the characterization of four morphological types. Of the 23 species studied, nine, included in three genera present anisomorphic spores, being reported here for the first time. The spores of *Amphidium* Schimp. species have palynological characteristics that allow them to differentiate them from the other Rhabdoweisiaceae Limpr species. The most frequent patterns of ornamentation of the sporoderm surface were baculoid and granuloid; about 80% of the analyzed species present a distinct aperural area. Among the ecological characteristics, rock was the most frequent substrate, followed by soils and most species apressentm tuff as a way of life. The species of Rhabdoweisiaceae Limpr. analyzed in this work were grouped through palynological and ecological characteristics.

Key words: Anisospory, bryophytes, spores, haplolepidous, mosses.

Sumário

| | |
|---|----|
| 1.1. Morfologia | 11 |
| 1.2- Rhabdoweisiaceae Limpr..... | 13 |
| 1.3. Características palinológicas..... | 16 |
| 2. Objetivos..... | 20 |
| 2.1. Objetivo geral | 20 |
| 2.2. Objetivos específicos | 20 |
| 3. Material e Métodos | 21 |
| 3.1. Material | 21 |
| 3.1.1. Seleção do material | 21 |
| 3.1.2. Sinopse das espécies estudadas | 21 |
| 3.2. Métodos..... | 23 |
| 3.2.1. Análises palinológicas | 23 |
| 3.2.1.1. Observação em Microscopia de Luz (ML)..... | 23 |
| 3.2.1.1.1. Método de Wodehouse (1935) modificado por Luiz-Ponzo & Melhem (2006a) | 23 |
| 3.2.1.1.2. Método de Erdtman (1960) modificado por Luiz-Ponzo & Melhem (2006a)..... | 24 |
| 3.2.1.2. Observação em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) | 25 |
| 3.2.1.3. Observações em Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) | 26 |
| 3.2.1.3. Mensuração | 27 |
| 3.2.1.4. Tratamento Estatístico | 28 |
| 3.2.1.4.1. Esporos isomórficos..... | 28 |
| 3.2.1.5. Descrição dos esporos | 29 |
| 3.2.2- Análise das Estratégias Ecológicas..... | 29 |
| 3.2.3. Análises de agrupamento | 30 |
| 5. Referências bibliográficas | 31 |
| Capítulo 1 | 43 |
| Palinotaxonomia de <i>Amphidium</i> Schimp. (Rhabdoweisiaceae Limpr., Bryophyta) | 43 |
| Resumo | 44 |

| | |
|--|-----|
| Abstract | 45 |
| 1. Introdução | 46 |
| 2. Material e Métodos | 47 |
| 3. Resultados e Discussão | 49 |
| 4. Conclusão | 56 |
| 5. Material Examinado | 57 |
| 6. Referências bibliográficas | 58 |
| Capítulo 2 | 63 |
| Palinologia de espécies selecionadas de Rhabdoweisiaceae Limpr. (Bryophyta) | 63 |
| Resumo | 64 |
| Abstract | 65 |
| 1. Introdução | 66 |
| 2. Material e Métodos | 68 |
| 3. Resultados e Discussão | 70 |
| 4. Conclusões | 99 |
| 5. Material examinado | 100 |
| 6. Referências bibliográficas | 103 |
| Capítulo 3 | 110 |
| Relação entre aspectos palinológicos e ecológicos em espécies selecionadas de Rhabdoweisiaceae Limpr. (Bryophyta) | 110 |
| Resumo: | 111 |
| Abstract | 112 |
| 1. Introdução | 113 |
| 2. Material e Métodos | 115 |
| 3. Resultados e Discussão | 117 |
| 4. Conclusões | 123 |
| 5- Referências bibliográficas | 123 |
| Considerações finais | 128 |

1. Introdução

1.1. Morfologia

As briófitas são plantas criptogâmicas, avasculares, com alternância de gerações heteromórficas e dominância da geração gametofítica: o gametófito é haploide, fotossintético, perene, de vida livre, responsável pela gametogênese, enquanto o esporófito, que tem sua origem na reprodução sexuada, é diploide e, frequentemente, efêmero, depende nutricionalmente do gametófito e se destina à produção de esporos (Schofield, 1985; Buck & Goffinet, 2000; Shaw & Goffinet, 2000; Gradstein et al., 2001; Ramsay, 2006; Crandall-Stotler & Bartholomew-Began, 2007; Vanderpoorten & Goffinet, 2009.)

As briófitas foram as primeiras plantas a ocupar o ambiente terrestre, tendo surgido há cerca de 475 M.a. (Kenrick & Crane, 1997; Shaw & Renzaglia, 2004; Jordan, 2006). Nos dias atuais, elas representam o segundo maior grupo de embriófitas, com cerca de 13.000 espécies (Gradstein et al., 2001; Buck & Goffinet, 2008), sendo, aproximadamente 1560 referidas para o Brasil (Briófitas in Flora do Brasil 2020, 2017).

Nas briófitas, o controle do estado de hidratação advém do meio externo (Glime, 2007), absorvem a água diretamente da chuva ou da umidade relativa do ar, assim tendem a ser mais abundantes nas regiões com altos níveis de umidade atmosférica e baixas taxas de evapotranspiração (Hallingbäck & Hodgetts, 2000; Gradstein et al., 2001). Podem ocupar diferentes *habitats*, incluindo regiões de montanhas, ambientes aquáticos, desérticos e com formações de geleiras (Mishler & Oliver, 1991; Stark & Castetter, 1995; Lewis Smith, 1999; Glime, 2017), porém, não há registros de sua ocorrência em ambientes marinhos (Schofield, 1985; Lisboa, 1993; Costa et al., 2010). Essas plantas crescem sobre os mais diversos substratos como tronco vivo e morto, solo, rochas, substratos artificiais e folhas (Schofield, 1985; Lisboa, 1993; Gradstein et al., 2001; Glime, 2017). Alguns musgos são pioneiros na colonização de solos recém expostos, sendo importantes no controle da erosão e da ciclagem hídrica (Hardman & McCune, 2010).

A ocupação desses diferentes ambientes pelas briófitas foi possível devido às capacidades de se adaptar às condições ambientais. Essas adaptações podem ser fisiológicas, morfológicas e de estratégias reprodutivas. Dentre as adaptações presentes nos musgos, se destacam tipos de crescimentos, formas de vida e de dispersão (Glime, 2017).

Os tipos de crescimento se relacionam à direção do crescimento, tamanho, frequência e posição dos ramos, sendo controlados geneticamente (La Farge-England, 1996; Glime, 2017).

As formas de vida levam em consideração o padrão de ramificação associado ao tipo de crescimento, podendo ser modificados pelo *habitat* (La Farge-England, 1996). Os musgos podem apresentar diferentes formas de vida, entre elas, almofada, dendroide, pendente, relva, tapete, trama e tufo (Mägdefrau, 1982). As formas de vida estão relacionadas a um equilíbrio entre a economia de água, às necessidades de captação de luz e carbono e à aquisição de nutrientes minerais (Proctor, 1990).

As formas de dispersão podem ocorrer através da reprodução vegetativa, por meio de gemas, propágulos e fragmentos de filídios ou ramos (Frahm, 2008; Goffinet et al., 2008; Frey & Kürshner, 2011), e pela reprodução sexuada através da consequente formação de esporos (Goffinet et al., 2008).

As briófitas compartilham ancestralidade com as algas verdes, suportada por análises morfológicas e moleculares (Mishler & Churchill, 1984; Mishler et al., 1991; Goffinet et al., 2008). No entanto, a interpretação filogenética das briófitas, considerando se formam um grupo parafilético ou monofilético, não é consenso entre os diferentes autores (Mishler & Churchill, 1984; Mishler et al., 1991; Shaw & Goffinet, 2000; Qiu et al., 2006; Vanderpoorten & Goffinet, 2008; Puttick et al. 2018).

Os antóceros apresentam gametófito sempre taloso, rizoides unicelulares e esporófito formado por pé e cápsula (Schofield, 1985; Buck & Goffinet, 2000; Shaw & Goffinet, 2000; Gradstein et al. 2001; Gradstein & Costa, 2003; Renzaglia et al., 2008; Glime, 2017).

As hepáticas são caracterizadas pelo achatamento dorsiventral do gametófito, que pode ser taloso ou folhoso, neste caso, os filídios podem ser divididos, na maturidade e rizoides unicelulares. O esporófito é formado por pé, seta e cápsula aclorofilados (Schofield, 1985; Buck & Goffinet, 2000; Shaw & Goffinet, 2000; Lemos-Michel, 2001; Gradstein & Costa, 2003; Shaw & Renzaglia, 2004; He-Nygrén et al., 2006; Crandall-Stotler et al., 2009; Glime, 2017).

Os musgos apresentam gametófito formado por filídios não divididos, em geral, organizados espiraladamente ao redor do caulídio e rizoides pluricelulares. O esporófito é

formado por pé, seta pigmentada e cápsula, esta é composta, na maioria das espécies, por um opérculo e uma urna (Goffinet et al., 2008; Vanderpoorten & Goffinet, 2009).

1.2- Rhabdoweisiaceae Limpr.

Rhabdoweisiaceae Limpr. incluem plantas muito pequenas a medianas, crescendo em tufos. O caulídio é curto, simples ou pouco ramificados. Os filídios são lanceolados a estreito-lanceolados, a partir de uma base oblonga ou oblongo-ovada; as margens são planas ou recurvadas, inteiras ou distalmente serruladas; a costa é única, subpercurrente a curto-excurrente. São autoicas ou dioicas. O esporófito é terminal, com seta curta ou longa, ereta ou curvada (flexuosa). As cápsulas são imersas ou exertas, ovoides a piriformes, com estômatos superficiais numerosos. O opérculo é rostrado, curto ou longo. O peristômio é ausente (em *Amphidium* Schimp.) ou simples, com 16 dentes. Caliptra cuculada ou mitrada (Frahm, 2002; Goffinet et al., 2008). As espécies de Rhabdoweisiaceae ocorrem, geralmente, em rochas e solo e, em menor frequência, em tronco-vivo (Gradstein et al., 2001).

No final do século XIX e início do século XX, as espécies hoje incluídas nessa família foram descritas em quatro subfamílias de Dicranaceae Schimp., a saber, Oncophoroideae Lindb. (descrita em 1878), Oreadoideae Braithw. (descrita em 1890), Rhabdoweisioideae Broth. (descrita em 1901) e Dicranoweisioideae I. Hagen (descrita em 1915) e na família Cynodontaceae Link (descrita em 1827) (tropicos.org, 2017).

Em 1890, Limpricht descreveu a família Rhabdoweisiaceae com os seguintes gêneros *Amphidium* Schimp., *Cynodontium* Bruch & Schimp., *Dichodontium* Schimp., *Oreas* Brid., *Oreowesia* (Bruch & Schimp.) De Not. e *Rhabdowesia* Limpr. (Frahm, 2002).

Fleischer (1900-1902) incluiu as espécies da família na tribo Rhabdoweisiaeae Fleisch., em Dicranaceae Schimp. e Brotherus (1924) elevou o grupo à subfamília Rhabdoweisioideae de Dicranaceae. Esta classificação foi seguida por Walter (1983).

Em 1978, Smith incluiu as espécies do gênero *Cynodontium* Bruch & Schimp na subfamília Cynodontioideae A.J.E. Sm., porém essa subfamília foi considerada inválida por não possuir descrição em latim (tropicos.org, 2017).

Vitt (1984) reconheceu Rhabdoweisiaceae Limpr. com três gêneros, a saber, *Amphidium* Schimp., *Rhabdowesia* Bruch & Schimp. e *Rhabdowesiella* R.S. Williams; e Dicranaceae Schimp., com 55 gêneros, incluindo os gêneros *Arctoa* Bruch & Schimp.,

Cynodontium Bruch & Schimp., *Dichodontium* Schimp, *Holodontium* (Mitt.) Broth., *Oncophorus* (Brid.) Brid., *Oreas* Brid., *Oreoweisia* (Bruch & Schimp.) De Not. e *Symblepharis* Mont., que atualmente são reconhecidos como pertencentes a Rhabdoweisiaceae.

Crosby et al. (1999) manteve Rhabdoweisiaceae em nível de família, porém com circunscrição genérica distinta, apenas com os gêneros *Amphidium* Schimp. e *Rhabdoweisia* Bruch & Schimp.; os gêneros *Cynodontium* Bruch & Schimp, *Dichodontium* Schimp, *Kiaeria* I. Hagen, *Oncophorus* (Brid.) Brid., *Oreas* Brid., *Oreoweisia* (Bruch & Schimp.) De Not e *Symblepharis* Mont. incluídos em Dicranaceae Schimp.; E *Dicranoweisia* Lindb. ex Milde, *Holodontium* (Mitt.) Broth., *Pseudohyophila* Hilp. e *Verrucidens* Cardot. pertencentes a Seligeriaceae Schimp.

Buck & Goffinet (2000) apresentaram outra circunscrição para a família, considerando os seguintes gêneros: *Amphidium* Schimp., *Cynodontium* Bruch & Schimp, *Dichodontium* Schimp., *Dicranoweisia* Milde, *Holodontium* (Mitt.) Broth., *Oncophorus* (Brid.) Brid., *Oreas* Brid., *Oreoweisia* (Bruch & Schimp.) De Not., *Pseudohyophila* Hilp., *Rhabdoweisia* Bruch & Schimp. e *Verrucidens* Cardot.

La Farge et al. (2002), ao estudarem as relações filogenéticas de Dicranaceae, baseados em dados moleculares, concluíram que a família Dicranaceae *sensu stricto* (Vitt 1984) é polifilética, sendo sua monofilia sustentada com a retirada de 18 gêneros. Sugeriram, também, que Rhabdoweisiaceae seja reconhecida como família com oito gêneros, a saber, *Arctoa* Bruch & Schimp., *Cynodontium* Brid., *Dichodontium* Schimp., *Dicranoweisia* Lindb. ex Milde, *Kiaeria* I. Hagen, *Oncophorus* (Brid.) Brid., *Oreas* Brid. e *Symblepharis* Mont.

Stech (1999 a, b) reconheceu Rhabdoweisiaceae em um sentido amplo, incluindo *Dicranoweisia* Lindb. ex Milde, *Amphidium* Schimp. e *Ångstroemia* De Not.

Em 2008, Stech & Frey, realizaram estudos com marcadores de plastídios e as análises moleculares confirmaram uma relação próxima dos gêneros *Arctoa* Bruch & Schimp., *Cynodontium* Brid., *Dicranoweisia* Lindb. ex Milde, *Kiaeria* I. Hagen, *Oncophorus* (Brid.) Brid., *Oreoweisia* (Bruch & Schimp.) De Not, *Oreas* Brid., *Rhabdowesia* Bruch & Schimp. e *Symblepharis* Mont., embora sem suporte significativo, corroborando outros trabalhos (La Farge et al., 2002; Tsubota et al., 2003; Hedderson et al., 2004). Os autores propuseram elevar a subfamília Oncophoroideae Lind. ao nível de família para acomodar tais gêneros e *Glyphomitrium* Brid., enquanto que o *Dichodontium* Schimp., *Ångstroemia* De Not.

e *Diobelonella* Ochyra, anteriormente como Dicranaceae Schimp. (Ochyra et al., 2003), deveriam ser incluídos na família Ângstroemiaceae De Not.

Zander (2008), ao fazer uma associação dos estudos moleculares de La Farge et al., (2002) e Tsubota et al. (2003), demonstrou que Rhabdoweisiaceae Limpr. é monofilética e não apenas um ramo basal das Dicranaceae Schimp. Porém, não existe uma definição morfológica satisfatória para Rhabdoweisiaceae, de modo que exclua táxons similares de Dicranaceae Schimp., sendo assim, deveria ser adotada uma classificação parafilética de Dicranaceae Schimp. para incluir as espécies de Rhabdoweisiaceae Limpr.

Amphidium Schimp. apresenta posição filogenética incerta, alguns autores o colocaram em Orthotrichaceae Arn. (Vitt, 1984; van Rooy, 1992; Vitt et al., 1993; Sharp et al., 1994; Gradstein et al., 2001) devido a semelhanças com *Orthotrichum* Hedw. no desenvolvimento das cápsulas jovens (Lewinsky, 1976); outros autores o colocam em Rhabdoweisiaceae Limpr. (Crosby et al., 1999), em Dicranaceae Schimp., na subfamília Rhabdoweisioideae Broth. (Allen, 2002) ou ainda em Amphidioideae Ochyra (Ochyra et al., 2003). A incerteza da posição de *Amphidium* se deve ao fato desse gênero não possuir peristômio e apresentar poucas das características morfológicas empregadas para diferenciação das famílias nas quais tem sido incluído (Allen, 2002).

Estudos moleculares evidenciaram que *Amphidium* pertence à linhagem de musgos haplolepídeos (Goffinet et al., 1998; Stech, 1999b; La Farge et al., 2000), porém não está relacionada com Dicranaceae *s. st* nem com as demais espécies de Oncophoraceae (La Farge et al., 2002; Tsubota et al., 2003; Hedderson et al., 2004; Stech, 2004). Assim, Stech & Frey (2008) propõem tratar o gênero em nível de família (Amphidiaceae Stech), pertencente à ordem Dicranales M. Fleisch.

Nesse trabalho, seguimos a proposta de Goffinet et al. (2008), que apresenta 16 gêneros em Rhabdoweisiaceae Limpr.: *Amphidium* Schimp., *Arctoa* Bruch & Schimp., *Cynodontium* Schimp., *Dichodontium* Schimp., *Dicranoweisia* Milde, *Glyphomitrium* Brid., *Holodontium* (Mitt.) Broth., *Hymenoloma* Dusen, *Kiaeria* I. Hagen, *Oncophorus* (Brid.) Brid., *Oreas* Brid., *Oreoweisia* (Bruch & Schimp.) De Not., *Pseudohyophila* Hilp., *Rhabdoweisia* Bruch & Schimp., *Symblepharis* Mont. e *Verrucidens* Cardot.

Para as Américas são citadas cerca de 40 espécies (tropic.org, 2017), reunidas em 12 gêneros, com maior representatividade na área tropical, principalmente na Bolívia, no

Equador, no México e nos Estados Unidos da América. Também há registros no Canadá e nos países ao sul da América do Sul, como a Argentina, Paraguai e Chile (Crosby et al., 1999; Sharp et al., 1994; Allen, 2002; Gradstein et al., 2001; tropicos.org, 2017). Para o Brasil, são referidas apenas duas espécies, *Rhabdowesia fugax* (Hedw.) Bruch & Schimp. e *Oreowesia brasiliensis* Hampe com registros para os estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (Rhabdowesiaceae in Flora do Brasil 2020, 2017).

O continente americano, também chamado de “Américas”, é o continente com maior extensão no sentido norte-sul, sendo o único a ocupar todas as faixas climáticas do planeta; composto por 35 países, é geralmente dividido em América do Norte, Central e do Sul. Dentre os países destacam-se, Canadá, Estados Unidos e Brasil, por possuírem maior área territorial (Ross, 1996).

1.3. Características palinológicas

O esporo é a primeira célula da geração gametofítica das briófitas (Schofield, 1985) e constitui uma adaptação essencial para a conquista do ambiente terrestre pelas primeiras plantas (Wellmann, 2004; Brown & Lemmon, 2011).

Os esporos das briófitas são, geralmente, unicelulares, esféricos, sendo tipicamente formados por três camadas no esporoderma: intina, exina e perina que possuem diferenças nas constituições químicas e nos aspectos estruturais (McClymont & Larson, 1964; Olesen & Mogensen, 1978; Neidhart, 1979; Mogensen, 1981; Alfayate et al., 2013; Brown & Lemmon, 2013). Em algumas circunstâncias, os esporos podem apresentar uma camada eletro-densa entre a intina e a exina (Olesen & Mogensen, 1978), essa camada é multilamelar, formada por lamelas tripartidas, e podem estar ou não evidente em esporos maduros (Brown et al., 2015).

A intina, a camada mais interna, está em contato com o citoplasma. É formada por polissacarídeos, pectina e calose (Olesen & Mogensen, 1978; Neidhart, 1979; Mogensen, 1981; Goffinet et al., 2008; Vanderpoorten & Goffinet, 2009). Algumas espécies possuem intina assimétrica tendo uma região mais espessa, no polo proximal, denominada abertura ou leptoma. Nesta região, pode ocorrer, também, redução na espessura da exina, além de uma ornamentação diferenciada da perina (Olesen & Mogensen, 1978; Mogensen, 1981;

Rushing, 1985; Luiz-Ponzo & Barth, 1998, 1999; Luiz-Ponzo & Mellhem 2006 a,b). O leptoma, por apresentar intina espessa e exina delgada, deixa essa região mais frágil e permite sua ruptura no momento da germinação, sendo a área por onde o protonema irá emergir (Olsen & Mogensen, 1978; Mogensen, 1981).

Porém, em muitas espécies, os esporos não apresentam essa diferenciação externa, assim o aumento da espessura da intina é o único indicador da heteropolaridade, da localização do polo proximal e da área preferencial para a germinação (McClymont & Larson, 1964; Luiz-Ponzo & Barth, 1999; Rodrigues & Luiz-Ponzo, 2015).

A exina é a camada intermediária do esporoderma, localizada externamente à intina, é composta por esporopolenina (Olsen & Mogensen, 1978; Brown & Lemmon, 1988; Ariizumi & Toriyama, 2011) e, quando espessa, pode mascarar a coloração verde dos esporos, atribuída pela presença de cloroplastos (Mogensen, 1981; Alfayate et al., 2013). A exina é a primeira camada da parede a se desenvolver e é iniciada através da deposição de lamelas tripartidas no polo distal (Neidhart, 1979; Mogensen, 1983; Brown & Lemmon, 1988; Brown et al., 2015).

A camada mais externa do esporoderma é denominada perina, é composta por esporopolenina e materiais lipídicos (Neidhart, 1979; Olsen & Mogensen, 1978; Mogensen, 1978; Brown & Lemmon, 1988; Brown et al., 2015) e confere maior proteção ao esporo. Os elementos da perina são depositados sobre a exina ao final do processo da esporogênese, através da ação do tecido esporógeno concomitante com a intina (Mogensen, 1978; Brown & Lemmon, 1988).

A perina é responsável pela ornamentação do esporo dos musgos, que pode ser variável nas diferentes espécies (Mogensen, 1978; Olsen & Mogensen, 1978; Brown & Lemmon, 1988, Luiz-Ponzo & Barth 1998, 1999; Luiz-Ponzo & Melhem 2006 a,b; Caldeira et al., 2006, 2009, 2013; Rocha et al., 2008; Alfayate et al., 2013; Rodrigues & Luiz-Ponzo 2015). Em Marchantiophyta, em cujos esporos essa camada está ausente, a exina é responsável pela ornamentação do esporoderma (Neidhart, 1979; Yano & Luiz-Ponzo 2006, 2011; Zhao et al., 2011; Silva, 2015).

A esporopolenina é um biopolímero que confere resistência mecânica e fisiológica ao esporo, permitindo sua tolerância a condições adversas, como dessecação e degradação pela

ação de microorganismos, luz ultravioleta e altas temperaturas (Brooks & Shaw, 1978; Neidhart, 1979; Ariizumi & Toriyama, 2011; Wallace et al., 2011).

Segundo Mogesen (1981), as briófitas podem apresentar frequência de tamanho dos esporos reunidos em uma ou mais médias. Quando estão reunidos em torno de uma média e os esporos abortados são ausentes ou ocorrem em pequeno número, tem-se a isosporia, que é encontrada na maioria das espécies de briófitas. Caso a distribuição da frequência de tamanho dos esporos seja reunida em mais de uma média, fica evidenciada a anisosporia e outros fenômenos a ela associados, como anfisporia ou combisporia.

Em algumas espécies dioicas, essa diferença de tamanho observadas nos esporos de uma única cápsula são controladas geneticamente e, em alguns casos, estão relacionadas à produção de plantas anãs (Ernst-Schwarzenbach, 1944; Vitt, 1968). Os fenômenos de variação de tamanho de esporos de briófitas se diferenciam da heterosporia encontrada nas Monilófitas ou Licófitas, pois nestas, os macrósporos e os micrósporos são formados em esporângios separados, ao contrário das briófitas, em que há produção dos esporos de tamanhos diferentes ocorrem em um único esporângio (Ernst-Schwarzenbach, 1944; Vitt, 1968).

Muitos estudos abrangendo dados sobre a morfologia, ultraestrutura, esporogênese e germinação dos esporos de briófitas foram desenvolvidos, destacando-se: McClymont & Larson (1964); Sorsa & Koponen (1973); Mueller (1974); Neidhart (1979); Brown & Lemmon (1980, 1984, 1988); Mogensen (1978, 1981); Olesen & Mogensen (1978); Carrión et al. (1990); Luizi-Ponzo et al. (1997); Estébanez et al. (1997); Luizi-Ponzo & Barth (1998, 1999); Luizi-Ponzo & Melhem (2006a, 2006b); Caldeira et al. (2006, 2009, 2013); Rocha et al. (2008); Savaroglu & Erkara (2008); Alfayate et al. (2013); Rodrigues & Luizi-Ponzo (2015), Silva-e-Costa et al. (2017).

Alguns autores demonstraram uma relação entre a morfologia dos esporos e estratégias ecológicas das espécies (Mogensen, 1978; Silva et al., 2009a, 2009b; Luizi-Ponzo, 2012; Rodrigues, 2014; Silva, 2015). Luizi-Ponzo (2012) ao estudar espécies selecionadas de diferentes famílias, demonstrou que as espécies preferencialmente corticícolas não apresentam delimitação externa da área apertural, enquanto que as espécies terrícolas ou rupícolas apresentam área apertural bem desenvolvida.

No entanto, estudos palinológicos tratando de Rhabdoweisiaceae ainda são escassos, principalmente, os que relacionam a morfologia dos esporos às estratégias ecológicas. A maioria dos trabalhos taxonômicos de Rhabdoweisiaceae, que trazem informações sobre esporos, apresenta somente o tamanho e a coloração dos mesmos (Crundwell, 1960; Robinson & Bowers, 1974; Tan & Schofield, 1980; van Rooy, 1991, 1992; Hedderson & Blockeel, 2006; Rhotero, 2009; Ochyra & Bednarek-Ochyra, 2013; Hedenas, 2017; Eckel 2017; Weber, 2017; Newmaster, 2017). Um trabalho de cunho palinológico foi desenvolvido por Luiz-Ponzo & Barth (1999a) que, ao estudarem a morfologia dos esporos de espécies de Dicranaceae Schimp., descrevem os esporos de *Oreoweisia brasiliensis* Hampe como pequenos e ornamentados por grânulos.

Assim, este trabalho se justifica pelas necessidades de incrementar os dados sobre a morfologia e ultraestrutura dos esporos de Rhabdoweisiaceae Limpr. e de avaliar a possível relação existente entre as características palinológicas e as estratégias ecológicas das suas espécies.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

- Realizar o estudo palinológico dos esporos das espécies de Rhabdoweisiaceae Limpr. ocorrentes nas Américas.

2.2. Objetivos específicos

- Descrever a morfologia e a ultraestrutura dos esporos das espécies estudadas, sob microscopia de luz e microscopia eletrônica de varredura e de transmissão;
- Avaliar a relevância taxonômica dos esporos para as espécies estudadas;
- Indicar as estratégias ecológicas das espécies estudadas, considerando o tipo de substrato de ocorrência e as formas de vida apresentadas;
- Interpretar as possíveis relações entre as características palinológicas das espécies estudadas e suas estratégias ecológicas.

3. Material e Métodos

3.1. Material

3.1.1. Seleção do material

No presente estudo, foi utilizado material botânico disponibilizado pelos seguintes herbários: Herbário Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo (SP); Herbário da Universidade de Brasília (UB); Herbário do Museu Nacional do Rio de Janeiro (R) e Herbário do Canadian Museum of Nature (CANM); cujos acrônimos estão de acordo com Thiers (2017).

Todos os espécimes tiveram sua identificação conferida utilizando-se bibliografia especializada, destacando-se Crundwell (1960); Robinson & Bowers (1974); Tan & Schofield (1980); van Rooy (1991, 1992); Sharp et al. (1994); Crosby (1999); Frahm et al. (1998, 2000a, 2000b); Gradstein et al. (2001); Allen (2002); Werner (2002); Hedderson & Blockeel (2006); Rhotero (2009); Ochyra & Bednarek-Ochyra (2013); Hedenas (2017).

Os espécimes que possuíam esporófitos foram separados para o estudo palinológico, obtendo-se 23 espécies, das 40 indicadas para as Américas.

Para cada espécie, quando possível, foram utilizados quatro espécimes, sendo um selecionado como padrão, por apresentar muitos esporófitos, o que permitia o processamento das cápsulas em todas as técnicas, e os demais foram tratados como material de comparação.

As lâminas palinológicas, provenientes do material botânico analisado, foram depositadas na Palinoteca do Laboratório de Briófitas da Universidade Federal de Juiz de Fora e, sempre que solicitado, uma lâmina foi doada ao Herbário que emprestou a exsicata respectiva.

3.1.2. Sinopse das espécies estudadas

Sinopse das espécies estudadas baseada na Classificação Goffinet et al. (2008).

Divisão BRYOPHYTA Schimp.

Superclasse V

Classe BRYOPSIDA Rothm.

Subclasse DICRANIDAE Dowel

Ordem DICRANALES H. Philib. ex M. Fleisch.

Família Rhabdoweisiaceae Limpr.

Gênero *Amphidium* Schimp.

Amphidium lapponicum (Hedw.) Schimp.

Amphidium tortuosum (Hornsch.) Cufod.

Amphidium mougeotii (Bruch & Schimp.) Schimp.

Gênero *Arctoa* Bruch & Schimp.

Arctoa hyperborea (Gunnerus ex With.) Bruch & Schimp.

Arctoa fulvella (Dicks.) Bruch & Schimp.

Gênero *Cynodontium* Schimp.

Cynodontium gracilescens (F. Weber & D. Mohr) Schimp.

Cynodontium polycarpum (Hedw.) Schimp.

Cynodontium strumiferum (Hedw.) Lindb.

Cynodontium strumulosum Müll. Hal. & Kindb.

Cynodontium tenellum (Schimp.) Limpr.

Gênero *Dichodontium* Schimp.

Dichodontium pellucidum (Hedw.) Schimp.

Gênero *Dicranoweisia* Milde

Dicranoweisia cirrata (Hedw.) Lindb. ex Milde

Dicranoweisia crispula (Hedw.) Milde

Gênero *Kiaeria* I. Hagen

Kiaeria falcata (Hedw.) I. Hagen

Kiaeria glacialis (Berggr.). I. Hagen

Kiaeria starkei (F. Weber & D. Mohr) I. Hagen

Gênero *Oncophorus* (Brid.) Brid.

Oncophorus virens (Hedw.) Brid.

Oncophorus wahlenbergii Brid.

Gênero *Oreas* Brid.

Oreas martiana (Hoppe & Hornsch.) Brid.

Gênero *Oreoweisia* (Bruch & Schimp.) De Not.

Oreoweisia brasiliensis Hampe

Oreoweisia laxiretis Broth. ex Herzog

Gênero *Rhabdoweisia* Bruch & Schimp.

Rhabdoweisia crispata (Dicks ex With.) Lindb.

Rhabdoweisia fugax (Hedw.) Bruch & Schimp.

3.2. Métodos

3.2.1. Análises palinológicas

3.2.1.1. Observação em Microscopia de Luz (ML)

Para a observação sob microscopia de luz, os esporos foram preparados segundo o método de Wodehouse (1935) e da acetólise de Erdtman (1960), com alterações para o estudo de briófitas, conforme Luizi-Ponzo & Melhem (2006a).

3.2.1.1.1. Método de Wodehouse (1935) modificado por Luizi-Ponzo & Melhem (2006a)

Essa técnica é utilizada para análise qualitativa da variação do tamanho do esporo, da espessura do esporoderma, da heteropolaridade e da maturação dos esporos. Esse método não elimina o conteúdo, não altera a forma e permite visualizar a superfície dos esporos, assim como as camadas do esporoderma. A preparação dos esporos seguiu as seguintes etapas:

- Sob microscópio estereoscópio, com auxílio de pinça, foi retirado do material botânico, uma cápsula madura;
- Em uma lâmina com uma gota de álcool 70°, a cápsula foi macerada com bastão de vidro;
- Com auxílio de estilete, resíduos da cápsula foram retirados e um pequeno pedaço de gelatina glicerizada corada com fucsina básica foi adicionado;

- A gelatina foi colocada em uma lâmina, aquecida em placa aquecedora, coberta com lamínula e vedada com parafina;
- Em seguida, a lâmina foi emborcada em papel absorvente, até esfriar;
- A lâmina pronta foi limpa e levada ao microscópio de luz, para estudo.

3.2.1.1.2. Método de Erdtman (1960) modificado por Luiz-Ponzo & Melhem (2006a)

Essa técnica é utilizada para a análise da estrutura, da ornamentação e para as tomadas de medidas dos esporos. Esse método destrói o conteúdo dos esporos e a intina, preservando a exina e a perina, que contém esporopolenina. A preparação dos esporos seguiu as seguintes etapas:

- Sob microscópio estereoscópio, com auxílio de pinça, foi retirado do material botânico, em média, três cápsulas maduras;
- Em tubos de ensaio, as cápsulas foram maceradas com auxílio de um bastão de vidro;
- Em cada tubo, foram adicionados 3 mL da solução acetolítica, que consiste em uma solução de ácido sulfúrico e anidrido acético (na proporção de 1:9);
- Em seguida, os tubos foram centrifugados por 5 minutos a 1500 rotações por minuto, e o sobrenadante foi descartado em um recipiente adequado para posteriormente ser descartado de forma apropriada;
- Em cada tubo de ensaio, foram adicionados 5 mL de água destilada e uma gota de álcool; os tubos foram centrifugados novamente por 5 minutos a 1500 rpm, e o sobrenadante descartado;
- Em seguida, foram adicionados em cada tubo de ensaio, 3 mL de água glicerinada; os tubos foram deixados em repouso por, no mínimo, 30 minutos e, no máximo, 24 h;
- O material foi centrifugado por 5 minutos a 1500 rpm, e o sobrenadante descartado; os tubos emborcados em papel absorvente;
- Após cerca de 30 minutos, com auxílio de estilete portando um pequeno pedaço de gelatina glicerinada corada com fucsina básica, tocou-se o fundo do tubo, para que os esporos se fixassem à gelatina glicerinada;
- A gelatina glicerinada contendo os esporos foi colocada em uma lâmina, aquecida em placa aquecedora, coberta com lamínula e vedada com parafina;
- Em seguida, a lâmina é emborcada em papel absorvente até esfriar;

- A lâmina pronta foi limpa e levada ao microscópio de luz, para estudo.
- O material estoque, que consiste de glicerina com o srestante dos esporos restante nos tubos, foram acondicionados em vidros e estão estocados no Laboratório de Briófitas da Universidade Federal de Juiz de Fora.

3.2.1.2. Observação em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As preparações e observações sob Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), para o detalhamento da superfície do esporoderma, foram realizadas no Núcleo de Microscopia e Microanálise da Universidade Federal de Viçosa (NMN-UFV) e no Centro de Microscopia Universidade Federal de Minas Gerais (CM-UFMG).

A preparação dos esporos para as análises seguiu o seguinte protocolo:

- Sob microscópio estereoscópio, com auxílio de pinça, foi retirado do material botânico, duas cápsulas maduras e fechadas (com opérculo) e colocadas em Eppendorf;
- As cápsulas foram fixadas em glutaraldeído a 2,5% por cerca de uma hora;
- Em seguida, lavadas, por três vezes, com duração de 10 minutos em cada lavagem, em solução tampão de cacodilato a 2%;
- E pós-fixadas em tetróxido de ósmio (OsO₄) a 2%, em solução tampão, por cerca de duas horas;
- As cápsulas foram lavadas em solução tampão de cacodilato a 2%, por três vezes, com duração de 10 minutos em cada lavagem;
- Em seguida, foram desidratadas em série etanólica crescente (30, 50, 70, 85, 90 e 100 (três vezes)), com duração de 10 minutos em cada etapa;
- As cápsulas foram levadas ao secador de Ponto Crítico (CPD), modelo 030-BAL-TEL ou Bal-tec/Leica;
- Sob microscópio estereoscópio, com auxílio de pinça, os esporos foram dispersos sobre os suportes cobertos com fita dupla face de carbono;
- Os suportes foram metalizados com ouro a uma espessura de 20nm (metalizador SEM, modelo 550x, ou Bal-Tec, modelo MD2, ambos com operação automática);

- As observações ocorreram sob microscópio eletrônico de varredura (modelo LEO VP1430 ou JEOL JSM - 6360LV), e as eletromicrografias foram armazenadas em mídia digital.

3.2.1.3. Observações em Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET)

As observações sob Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET), para o detalhamento da estrutura dos esporos, foram realizadas no Centro de Microscopia da Universidade Federal de Minas Gerais (CM-UFGM).

A preparação dos esporos para as análises seguiu o seguinte protocolo:

As seguintes etapas foram realizadas no Laboratório de Briófitas da Universidade Federal de Juiz de Fora:

- Sob microscópio estereoscópico, com auxílio de pinça, foram retiradas do material botânico duas cápsulas maduras e fechadas (com opérculo) e colocadas em Eppendorf;
- As cápsulas foram fixadas em glutaraldeído a 2,5% por cerca 1:30h;
- Em seguida, foram lavadas, por três vezes, com duração de 10 min, em cada lavagem, em solução tampão de fosfato a 2%;
- As cápsulas foram mantidas em solução tampão fosfato 2%, sob refrigeração, para o transporte até o Centro de Microscopia da Universidade Federal de Minas Gerais (CM-UFGM).

As etapas seguintes foram realizadas no CM-UFGM, pelo técnico responsável pela preparação das amostras.

- As cápsulas foram pós-fixadas em tetróxido de ósmio (OsO₄) a 1%, em solução tampão, por cerca de 3h;
- Em seguida, desidratadas em série etanólica crescente (30, 50, 70, 85, 90 e 100 (três vezes)), com duração de 10 min em cada etapa.
- As cápsulas foram emblocadas em resina de Spurr;
- Em seguida, foram aquecidas em estufa a 70°C, por 48 h;
- Os blocos de resina foram seccionados a uma espessura de 65-70nm, através de ultramicrótomo (Leica; modelo UC6);

- Os cortes ultrafinos foram montados em tela de cobre do MET e contrastados com acetato de uranila e citrato de chumbo;
- Em seguida, foram observados sobre MET (modelo Tecnai G2-12 - SpiritBiotwin FEI - 120 kV), e as eletromicrografias disponibilizadas eletronicamente na plataforma digital do CM-UFGM, na área restrita do usuário.

3.2.1.3. Mensuração

As medidas utilizadas nas análises palinológicas foram tomadas através de esporos acetolisados, sendo essas definidas pela polaridade dos esporos (Luizi-Ponzo & Barth, 1998, 1999) e o número de esporos medidos variam entre espécies isospóricas e anisospóricas (Rodrigues & Luiz-Ponzo, 2015).

As medidas do tamanho dos esporos foram realizadas em até uma semana após a montagem das lâminas (Salgado-Labouriau, 1973), utilizando-se microscópio de luz, BX41, com uma ocular micrométrica acoplada.

- Esporos isospóricos

Para todos os táxons foram medidos 50 esporos, em vista polar, para medidas de diâmetro maior (para o material padrão), e 30 medidas do diâmetro maior, para o material de comparação. Para as espécies heteropolares, foram mensurados o diâmetro polar (P) e diâmetro equatorial (E) de 30 esporos, em vista equatorial.

- Esporos anisospóricos

Para todos os táxons anisospóricos, foram realizadas as medidas do diâmetro maior de 100 esporos, tanto para o material padrão, quanto para as comparações. Para as espécies heteropolares, foram mensurados o diâmetro polar (P) e diâmetro equatorial (E) de “10 esporos menores” e 10 “esporos maiores”, em vista equatorial.

- Estratos do Esporoderma e tamanho da área apertural

A média dos estratos do esporoderma e do tamanho da área apertural foram obtidos a partir de 10 esporos não-acetolisados, tomados ao acaso em três lâminas, utilizando-se microscópio modelo Olympus de luz, modelo Olympus BX41, com uma ocular micrométrica acoplada.

3.2.1.4. Tratamento Estatístico

3.2.1.4.1. Esporos isomórficos

Para as espécies cujos esporos são isomórficos foram calculadas a média aritmética (\bar{X}), o desvio padrão da amostra (S), o desvio padrão da média ($S_{\bar{X}}$), o coeficiente de variação (CV), o intervalo de confiança (IC) a 95% e os valores mínimos e máximos (X_{\min} e X_{\max}). A distribuição de frequência dos tamanhos dos esporos para o material padrão de cada táxon estudado foi apresentada em gráficos de linha.

3.2.1.4.2. Esporos anisomórficos

Para as espécies cujos esporos são anisomórficos foram elaborados gráficos de distribuição de frequência para analisar a variação do tamanho dos esporos. Para isso foram definidas classes de tamanho, seguindo a metodologia proposta por Luiz-Ponzo (2001) para esporos de briófitas, que se baseia em Vieira (1998). Nessa metodologia, o número de classe deve ser escolhido obedecendo a seguinte fórmula:

$$K = 1 + 3.222 \log n,$$

onde n é o número de dados e K é o número de classes.

Sendo, o número de medidas (n) é igual a 100, utilizando-se a fórmula acima, devemos empregar sete ou oito classes.

Para definir os intervalos das classes, utilizamos a seguinte fórmula:

$$I = \frac{(X_{\max} - X_{\min})}{K},$$

onde, I = Intervalo da classe; X_{\max} : maior medida dos esporos; X_{\min} : menor medida dos esporos e K = número de classes.

Após a elaboração dos gráficos de distribuição de frequência do tamanho dos esporos, observou-se o comportamento das curvas e identificaram-se, para cada uma delas, os picos mais conspícuos no gráfico, que representam as duas classes de extremos de tamanho: “esporos menores” e “esporos maiores”.

Após a definição das categorias de tamanho foi possível calcular para cada uma delas média aritmética (\bar{X}), desvio padrão da amostra (S), desvio padrão da média ($S_{\bar{X}}$), coeficiente

de variação (CV), intervalo de confiança (IC) a 95% e apresentada a faixa de tamanho dos esporos (X_{\min} - X_{\lim} e X_{\lim} - X_{\max}).

3.2.1.4. Análises estatísticas

Posteriormente, os dados estatísticos obtidos para o material padrão e de comparação, tanto dos esporos isomórficos quanto dos anisomórficos, foram submetidos ao Teste T ou aos testes da homogeneidade e homocedasticidade das variâncias, que são pressupostos para a realização do Teste Anova (Vieira, 2006). Nas amostras que atendiam os pressupostos, foram realizados o Teste Anova e o teste *a posteriori* de Tukey; caso não atendessem, foi realizado o teste de Kruskal Wallis (Kruskal & Wallis, 1952).

3.2.1.5. Descrição dos esporos

Os esporos foram descritos com base na terminologia proposta por Punt et al. (2007) e as definições das classes de tamanho seguem a terminologia de Erdtmam (1952), a saber: esporos pequenos (entre 10-25 μ m) e esporos médios (entre 25-50 μ m).

3.2.2- Análise das Estratégias Ecológicas

As observações do tipo de crescimento e da forma de vida foram realizadas sob microscópio estereoscópico, modelo Olympus GSX 10x/22.

A definição da forma de vida seguiu Mägdefrau (1982).

Para avaliação do substrato, foi realizado um levantamento considerando-se o material botânico analisado, além daqueles referidos em literatura especializada, em especial: Crundwell (1960); Robinson & Bowers (1974); Tan & Schofield (1980); van Rooy (1991, 1992); Sharp et al. (1994); Frahm et al. (1998,2000a, 2000b); Crosby (1999); Gradstein et al. (2001); Allen (2002); Werner (2002); Hedderson & Blockeel (2006); Rhotero (2008); Ochyra & Bednarek-Ochyra (2013); Hedenas (2017); Schofield (2017).

3.2.3. Análises de agrupamento

Para a realização da análise de agrupamento, foi elaborada uma matriz binária com os dados palinológicos e os dados referentes às estratégias ecológicas das espécies. Após elaboração da matriz, os dados foram submetidos à análise de agrupamento, para verificar o grau de similaridade entre as espécies. Para isso, utilizou-se o índice de similaridade de Sorensen (algoritmo UPGMA - Médias não ponderadas de grupos pareados). Essa análise foi realizada no *software* Past ver. 2.17c (Hammer et al., 2001).

Devido à natureza qualitativa da maior parte das variáveis, para que todos os dados pudessem ser incluídos nas análises, as características selecionadas foram classificadas como 0 ou 1 para cada espécie.

Sendo assim, as características palinológicas analisadas e os valores atribuídos foram: Condição de tamanho (1: anisospórica ou 0: isospórica), polaridade (1: heteroplar ou 0: apolar), espessura do esporoderma (0: espessura inferior a 2 μm ou 1: espessura superior a 2.01 μm), área apertural (1: presente ou 0: ausente) e ornamentação (0: grânulos ou 1: diferente de grânulos). Já as características ecológicas foram especificidade de substrato (0: ocorre em apenas um substrato ou 1: ocorrem em dois ou mais substratos) e forma de vida (1: tufo ou 0: diferente de tufo).

5. Referências bibliográficas

- ALFAYATE, C.; RON, E.; ESTÉBANEZ, B.; PÉREZ-BATISTA, M. A. Mature spores of four pleurocarpous mosses in the Canary Islands: ultrastructure and early germination stages. **The Bryologist**, v. 116, n. 2, p. 97-112, 2013.
- ALLEN, B. **Moss flora of central America**. Missouri Botanical Garden. Missouri, 2002.
- ARIIZUMI, T.; TORIYAMA, K. Genetic Regulation of Sporopollenin Synthesis and Pollen Exine Development. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 62, p. 1.1-1.24, 2011.
- BROOKS, J. & SHAW, G. Sporopollenin: A review of its chemistry, palaeochemistry and geochemistry. **Grana**, v. 17 p. 91-97. 1978.
- BROTHERUS, V. F. VF 1924-1925. Musci. **A. Engler and K. Prantl, Die Natürlichen Pflanzenfamilien**, 2d ed. Vols, v. 10, p. 1-478. 1924.
- BROWN, R.C.; LEMMON, B. E. Sporogenesis in bryophytes: patterns and diversity in meiosis. **The Botanical Review**, v. 79, n. 2, p. 178-280, 2013.
- BROWN, R. C.; LEMMON, B.E. Spores before sporophytes: hypothesizing the origin of sporogenesis at the algal–plant transition. **New Phytologist**, v. 190, n. 4, p. 875-881, 2011.
- BROWN, R. C.; LEMMON, B. E. Sporogenesis in Bryophytes. **Advances in Bryology**, v. 3, p. 159-223, 1988.
- BROWN, R. C.; LEMMON, B. E. Spore Wall Development in Andreaea (Musci: Andreaeopsida). **American Journal of Botany**, v. 71, n. 3, p. 412-420, 1984.
- BROWN, R. C.; LEMMON, B. E. Ultrastructure of Sporogenesis in a Moss, *Ditrichum pallidum*. III. Spore Wall Formation. **American Journal of Botany**, v. 67, n. 6, p. 918-934, 1980.
- BROWN, R. C.; LEMMON, B. E.; SHIMAMURA, M.; VILLARREAL, J. C.; RENZAGLIA, K. S. Spores of relictual bryophytes: diverse adaptations to life on land. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 216, 1-17, 2015.

BUCK, W. R.; GOFFINET, B. Morphology and classification of mosses. In: SHAW, A. J., GOFFINET, B. (Org.) **Bryophyte Biology**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 71-123. 2000.

CALDEIRA, I. C.; LUIZI-PONZO, A. P.; ESTEVES, V. G. L. Palynology of selected species of *Fissidens* Hedw. (Bryophyta). **Plant Systematics and Evolution**, v. 299, p. 187-195, 2013.

CALDEIRA, I. C.; ESTEVES, V. G. L.; LUIZI-PONZO, A. P. Morfologia dos esporos de Sematophyllaceae Broth. ocorrentes em três fragmentos de Mata Atlântica, no Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, v. 32, n. 2, p. 299-306, 2009.

CALDEIRA, I. C.; ESTEVES, V. G. L.; LUIZI-PONZO, A. P. Morfologia dos esporos das espécies de Leucobryaceae Schimp. (Bryophyta) do Parque Estadual de Ilha Grande, Município de Angra dos Reis, Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasil. Bot.**, v. 29, n. 2, p. 301-307, 2006.

CARRIÓN, J. S., GUERRA, J.; ROS, R. M. Spore morphology of the European species of *Phascum* Hedw. (Pottiaceae, Musci). **Nova Hedwigia**, v. 51, n. 3/4, p. 411-433, 1990.

COSTA, D. P.; LUIZI-PONZO, A. P. As Briófitas do Brasil. In: Forzza, Rafaela Campostrini et al. **Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil**. IPJBRJ. Rio de Janeiro. v l. 1, 61-68 pp. 2010.

CRANDALL-STOTLER, B. J.; BARTHOLOMEW-BEGAN, S. E. Morphology of mosses (Phylum Bryophyta). In: Flora of North America Editorial Committee (eds.). **Flora of North America North of Mexico**. New York & Oxford, v. 27, p. 3-13, 2007.

CRANDALL-STOTLER, B.; STOTLER, R. E.; LONG, D. G. Morphology and Classification of the Marchantiophyta. In: SHAW, J.A.; GOFFINET, B. (ed.) **Bryophyte Biology**. Cambridge, Cambridge University Press, v.2, p. 1-54. 2009.

CROSBY, M. R.; MAGILL, R. E.; ALLEN, B.; SI, H. **A checklist of the Mosses**. Missouri Botanical Garden, 1999.

CRUNDWELL, A. C. Notes on the British Species of *Cynodontium*. **Transactions of the British Bryological Society**, 3:5, 706-712, 1960. DOI: 10.1179/006813860804829025

ECKEL, P. M. *Cynodontium* in Flora of North América. Missouri Botanical Garden. 2017. Disponível em <http://www.e-floras.org> acesso em: dezembro de 2017.

ERDTMAN, G. The acetolysis method. A revised description. **Svensk Botanisk Tidskrift**. v. 39, p. 561-564, 1960.

ERNST-SCHWARZENBACH, M. la sexualite et la dimorphisme des spores des mousses. **Rev. Bryol. Lichénol.** 68: 105-113.1944.

ESTÉBANEZ, B.; ALFAYATE, C.; RON. E. Observations on spore ultrastructure in six species of *Grimmia* (Bryopsida). **Grana**, v. 36, p. 347-357, 1997.

FLORA DO BRASIL 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: Nov. 2017

FLEISCHER, M. **Die Musci der Flora von Buitenzorg**, v. 1. 1900-1902.

FRAHM, J. P. Diversity, dispersal and biogeography of bryophytes (mosses). **Biodivers Conserv**, v. 17, p. 277–284, 2008.

FRAHM, J.P. The Dicranaceae, Rhabdoweisiaceae and Leucobryaceae of Uganda. **Archive for Bryology** 125:1-18. 2002

FRAHM, J. P; KLÖCKER, T; SCHMIDT, R; SCHÖTER, C. Revision der Gattung *Amphidium* (Musci, Dicranaceae). **Tropical Bryology** 18: 171, 2000.

FRAHM, J.P.; AHMED, J., HAGEN, M.; PELES, M. Revision der Gattung *Rhabdoweisia* (Musci, Dicranaceae). **Tropical Bryology** 18: 161-172, 2000b.

FRAHM, J. P.; BUCHBENDER, V.; LACHMANN, V.; REIFENRATH, K.; WERNER, F. Revision der Gattung *Oncophorus* (Musci, Dicranaceae). **Tropical Bryology**, 119-132. 1998.

FREY, W.; KÜRSHNER, H. Asexual reproduction, *habitat* colonization and *habitat* maintenance in bryophytes. **Flora**, v. 206, p. 173–184, 2011.

GLIME, J. M. **Bryophyte Ecology**. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. 2017. Disponível em: <http://www.bryoecol.mtu.edu/> acesso em novembro de 2017.

GOFFINET, B.; BAYER, R. J.; VITT, D. H. Circumscription and Phylogeny of the Orthotrichales (Bryopsida) Inferred from RbcL Sequence Analyses. **American Journal of Botany**, Vol. 85, No. 9, pp. 1324-1337, 1998.

GOFFINET, B.; BUCK, W. R.; SHAW, A. J. Morphology, Anatomy and Classification of Bryophyta. In: SHAW, A. J.; Goffinet, B. (Org.) **Bryophyte Biology**. Cambridge, Cambridge University Press. p. 55-138. 2008.

GOFFINET, B.; SHAW, A. J. **Bryophyte Biology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

GRADSTEIN, S. R.; CHURCHILL, S. P.; SALAZAR-ALLEN, N. **Guide to the Bryophytes of Tropical America**. Memoirs of the New York Botanical Garden. v. 86, p. 577. 2001.

GRADSTEIN, S. R.; COSTA, D.P. **The Hepaticae and Anthocerotae of Brazil**. Memoirs of the New York Botanical Garden. v.87, p. 318. 2003.

HALLINGBÄCK, T.; HODGETTS, N. Mosses, Liverworts, and Hornworts. Status Survey and Conservation Action Plan for Bryophytes. Gland & Cambridge, 2000.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. **Palaeontologia Electronica**. v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

HARDMAN, A. & MCCUNE, B. Bryoid layer response to soil disturbance by fuel reduction treatments in a dry conifer forest. *The Bryologist*, v. 113, n. 2, p. 235-245, 2010.

HEDDERSON, T. A.; BLOCKEEL, T. L. *Oncophorus dendrophilus*, a new moss species from Cyprus and Crete. **Journal of Bryology** v. 28 p. 357–359. 2000.

HEDDERSON, T. A.; MURRAY, D. J.; COX, C. J.; NOWELL, T.L. Phylogenetic Relationships of Haplolepidous Mosses (Dicranidae) Inferred from rps4 Gene Sequences. **Systematic Botany**, 29(1): 29-41. 2004.

HEDENÄS, L. Scandinavian *Oncophorus* (Bryopsida, Oncophoraceae): species, cryptic species, and intraspecific variation. **European Journal of Taxonomy**, v. 315, p. 1–34. 2017.

JORDAN, G. J. Fossil Record os Bryophytes. In: **Flora of Australia**. v. 51, p. 58-66, 2006.

KENRICK, P.; CRANE, P. R. **The origin and early diversification of land plants. A cladistic study.** Washington DC: Smithsonian Institute Press, 1997.

KRUSKAL, William H.; WALLIS, W. Allen. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American statistical Association**, v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952.

LA FARGE, C.; MISHLER, B. D; WHEELER, J. A.; WALL, D. P; JOHANNES, K.; SCHAFFER, S.; SHAW, A. J. Phylogenetic relationships within the Haplolepidous mosses. **The Bryologist** 103:257–276. 2000.

LA FARGE, C.; SHAW, A. J.; VITT, D. H. The circumscription of the Dicranaceae (Bryopsida) based on the chloroplast regions trnL-trnF and rpsA. **Systematic Botany**, v. 27. p. 435-452. 2002.

LA FARGE-ENGLAND, C. Growth Form, Branching Pattern, and Perichaetial Position in Mosses: Cladocarpy and Pleurocarpy Redefined. **The Bryologist**, v. 99, v. 2, p. 170-186. 1996.

LEMOS-MICHEL, E. **Hepáticas Epífitas sobre o pinheiro-brasileiro no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre. Editora da Universidade. p. 191. 2001.

LEWINSKY, J. The systematic position of *Amphidium* Schimp. **Botanical Museum**, University of Copenhagen Lindbergia, v. 3, n. 3/4, pp. 227-231, 1976.

LEWIS SMITH, R. I. Biological and Environmental Characteristics of Three Cosmopolitan Mosses Dominant in Continental Antarctica. **Journal of Vegetation Science**, v. 10, n. 2, p. 231-242; 1999.

LIMPRICHT, K. G., **Die Laubmoose Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz unterBerücksichtigung der ubrigen Lander Europas und Sibiriens.** 1-111.

RABENHORST, L., Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz, Bd. 4, Leipzig, 1890-1904.

LISBOA, R. C. L. **Musgos Acrocárpicos do estado de Rondônia.** Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi/Editora Superiores. p. 272. 1993.

LUIZI-PONZO, A. P. Morfologia e ultraestrutura de esporos de musgos: interpretando estratégias e relações evolutivas. In: MESA REDONDA: BRIÓFITAS, 2012, Joinville. Anais... Joinville: 63 Congresso Nacional de Botânica. p. 20-27. 2012.

LUIZI-PONZO, A.P. **Palinotaxonomia de Orthotrichineae Flesich. (Bryales- Bryophyta) do Brasil.** Tese. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica. São Paulo. 2001.

LUIZI-PONZO, A. P.; MELHEM, T. S. Palinotaxonomia de Rhachithecaceae (Bryophyta) do Brasil. **Boletim do Instituto de Botânica**, n. 18, p. 91-99. 2006a.

LUIZI-PONZO, A. P.; MELHEM, T. S. Spore morphology and ultrastructure of the tropical moss *Helicophyllum torquatum* (Hook.) Brid. (Helicophyllaceae) in relation to systematics and evolution. **Cryptogamie Bryologie**, v. 27, p. 413-420, 2006b

LUIZI-PONZO, A. P.; BARTH, M. O. Spore morphology of some Dicranaceae species (Bryophyta) from Brazil. **Grana**, v. 38, n.1, p. 42-49.1999.

LUIZI-PONZO, A. P.; BARTH, M. O. Spore morphology of some Bruchiaceae species (Bryophyta) from Brazil. **Grana**, v. 37, p. 222-227. 1998.

LUIZI-PONZO, A. P.; BARTH, O. M.; LISBOA, R. C. L. Estudos Palinológicos em Briófitas. In: P. L. LISBOA. (Org.). **Caxiuanã**. Belém: MPEG/MTC/CNPq, p. 305-318. 1997

MÄGDEFRAU, K. Life-forms of Bryophytes in: A. J. E. Smith (ed.), **Bryophyte Ecology**. Chapman and Hall, p. 45-58. 1982.

MCCLYMONT, J. W.; LARSON, D. A. An electron-microscope study of spore wall structure in the Musci. **American Journal of Botany**, v. 51, p. 195-200. 1964.

MISHLER, B. D.; CHURCHILL, S. P. A cladistic approach to the phylogeny of the "bryophytes". **Brittonia**, v. 36, n. 4, p. 406-424.1984

MISHLER, B. D.; OLIVER, M. J. Gametophytic Phenology of *Tortula ruralis*, a Desiccation Tolerant Moss, in the Organ Mountains of Southern New Mexico. **The Bryologist**, v. 94, n. 2, p. 143-153. 1991.

MISHLER, B.D.; LEWIS, L. A.; BUCHHEIM, M. A.; RENZAGLIA, K. S.; GARBARY, D. J.; DELWICHE, C. F.; ZECHMAN, F. W.; KANTZ, T. S.; CHAPMAN, R. L. **Phylogenetic relationships of the “green algae” and “Bryophytes”**. *Annals Missouri Botanical Garden*. 1991

MOGENSEN, G. S. Spore development and germination in *Cinclidium* (Mniaceae, Bryophyta), with special reference to spore mortality and false anisospory. **Can. J. Bot.** v. 56, p. 1032-1060. 1978.

MOGENSEN, G. S. The Biological Significance of Morphological Characters in Bryophytes: The Spore. **The Bryologist**, v. 84, n. 2, p. 187-207. 1981.

MOGENSEN, Gert Steen. The spore. In: Schuster, R. M. (ed.). **New Manual of Bryology**. v. 1, p. 324-342. 1983

MUELLER, D. M. J. Spore Wall Formation and Chloroplast Development During Sporogenesis in the Moss *Fissidens limbatu*s. **American Journal of Botany**, v. 61, n. 5, p. 525-534, Maio/Jun. 1974.

NEIDHART, H. B. Comparative studies of sporogenesis in bryophytes. In: CLARKE, G. C. S.; DUCKETT, J. G. (Org.) **Bryophyte Systematics**. London: Academic Press, p. 251-280. 1979.

NEWMASTER, S.G. *Arctoa* in Flora of North América. Missouri Botanical Garden. 2017. Disponível em <http://www.e-floras.org> acesso em: dezembro de 2017.

OCHYRA, R.; BEDNAREK-OCHYRA, H. On the identity of *Dicranoweisia tenuis* (Bryophyta, Seligeriaceae), a neglected Indian species. **Nova Hedwigia**, v. 96, p. 471–477. 2013.

OCHYRA, R.; ŻARNOWIE, J; BEDNAREK-OCHYRA, H. K. Census catalogue of Polish mosses. **Biodivers. Poland** 3: 1–372. 2003.

OLESEN, P & MOGENSEN, G. S. Ultrastructure, Histochemistry and Notes on Germination Stages of Spores in Selected Mosses. **The Bryologist**, v. 81, n. 4, p. 493-516. 1978.

PROCTOR, M. C. F. The physiological basis of bryophyte production. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 104: 61-77. 1990.

PUNT W, NILSON S, BLACKMORE S, LE THOMAS A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Palaeobotany and Palynology** 143:1-81. 2007.

PUTTICK MN, MORRIS JL, WILLIAMSTA, ..., SCHNEIDER H, PISANI D, DONOGHUE PCJ. The Interrelationships of Land Plants and the Nature of the Ancestral Embryophyte. **Current Biology** v. 28, p. 1–13. 2018.

QIU, Y-L.; LI, L.; WANG, B.; CHEN, Z.; KNOOP, V.; GROTH-MALONEK, M.; DOMBROVSKA, O.; LEE, J.; KENT, L.; REST. J., ESTABROOK, G.F.; HENDRY, T.A.; TAYLOR, D.W.; TESTA, C.M.; AMBROS, M.; CRANDALL-STOTLER, B; DUFF, J.; STECH, M.; FREY, W.; QUANDT D.; DAVIS, C.C. The deepest divergences in land plants inferred, USA: 103: 15511-15516. 2006.

RAMSAY, H. P. Introduction to mosses. In: **Flora of Australia**. v. 51, p. 20-57. 2006.

RHABDOWEISIACEAE IN FLORA DO BRASIL 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB96209>>. Acesso em: 08 Jan. 2018

RENZAGLIA, K.S.; VILLARREAL, J.C. & DUFF, R.J. New insights into morphology, anatomy, and systematics of hornworts. In: SHAW, J. A. & GOFFINET, B. (ed.) **Bryophyte Biology**. Cambridge, Cambridge University Press. p. 139-171. 2008.

ROBINSON, H; BOWERS, F. D. A New Species Of *Oreoweisia* From Mexico (Dicranaceae, Musci). *Phytologia* 29:114-115, 1974.

ROCHA, L. M.; GONÇALVES-ESTEVEVES, V.; LUIZI-PONZO, A. P. Morfologia de esporos de espécies de Polytrichaceae Schwärg. (Bryophyta) do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, p. 537-548, 2008.

RODRIGUES, R. S.; LUIZI-PONZO, A. P. Palinologia de espécies selecionadas da família Pottiaceae (Bryophyta). **Pesquisas Botânica**, v. 67, p. 303-317. 2015.

RODRIGUES, R.S. **Esporos de espécies selecionadas de musgos (Bryophyta) de Minas Gerais: morfologia, ultraestrutura e aspectos ecológicos**. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Juiz de Fora – Juiz de Fora, MG. 2014.

ROSS, J. L.S. **Geografia do Brasil**. Editora USP, 1996.

- ROTHERO, G.P. *Arctoa anderssonii* Wich. (Dicranaceae), new to the British Isles. **Journal of Bryology**, v. 31, p. 76–79. 2009
- RUSHING, A. E. Spore morphology in the genus *Bruchia* Schwaegr. (Musci). **Amer. J. Bot.**, v. 72, n. 1, p. 75-85. 1985.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Contribuição a palinologia dos Cerrados**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1973.
- SAVAROGLU, F.; ERKARA, I. P. Observations of spore morphology of some Pottiaceae Schimp. species (Bryophyta) in Turkey. **Plant Syst. Evol.**, v. 271, p. 93-99. 2008.
- SCHOFIELD, W. B. **Introduction to Bryology**. New York, Macmillan Publishing Co. 1985.
- SCHOFIELD, W. B. *Rhabdoweisia* in Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 2017. Disponível em <http://www.tropicos.org> acesso em: [Dezembro de 2017](#).
- SHARP, A.J.; CRUM, H.; ECKEL, P. M. **The Moss Flora of Mexico**. The York Botanical Garden, New York, 1994.
- SHAW, A. J.; GOFFINET. **Bryophyte Biology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- SHAW, A. J.; RENZAGLIA, K. S. Phylogeny and Diversification of Bryophytes. **American Journal of Botany**. v. 91, n. 10, p. 1557–1581. 2004.
- SILVA, A. S. M. da; PÔRTO, K. C.; SIMABUKURO, E. A. Effect of light and water availability on spore germination and protonemal growth of the Neotropical moss *Thamniopsis incurva* (Pilotrichaceae). **Cryptogamie Bryologie**, v. 30, n. 2, p. 243-257. 2009a.
- SILVA, A. S. M. da; SIMABUKURO, E. A.; PÔRTO, K. C. Effect of water availability on spore germination of the moss *Octoblepharum albidum* from Brazilian Atlantic Forest. **Journal of Bryology**, v. 31, n. 3, p. 169-173. 2009b.
- SILVA, J. C. **Palinologia de Frullaniaceae Lorch (Marchantiophyta) do Brasil**. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Juiz de Fora – Juiz de Fora, MG. 2015.

SILVA-e-COSTA, J. C; LUIZI-PONZO, A.P.; REXENDE, C.F.; PEIXOTO, P.H.P. Spore germination, early development and some notes on the effects of in vitro culture medium on *Frullania ericoides* (Nees) Mont. (Frullaniaceae, Marchantiophyta). **Acta Botanica Brasilica**, v. 31(1), p. 19-28. 2017.

SCHIMPER, W.P. **Corollarium Bryologiae Europaeae: conspectum diagnosticum familiarum, generum et specierum, adnotationes novas atque emendationes complectens**. 1856.

SORSA, P.; KOPONEM, T. Spore morphology of Mniaceae Mitt. (Bryophyta) and its taxonomy significance. **Ann. Bot. Fennici**, v. 10, p. 187-200. 1973.

STARCK, L. R.; CASTETTER, R. C. Phenology of *Trichostomum perligulatum* (Pottiaceae, Bryopsida) in the Chihuahuan Desert. **The Bryologist**, v. 98, n. 3, p. 389-397. 1995.

STECH, M. A reclassification of the Dicranaceae (Bryopsida) based on non-coding cp DNA sequence data. **Journal of the Hattori Botanical Laboratory**, v. 86 p. 137–159. 1999a.

STECH, M. A molecular systematic contribution to the position of *Amphidium* Schimp. (Rhabdoweisiaceae, Bryopsida). **Nova Hedwigia**, v. 68, p. 291-300. 1999b

STECH, M. Supraspecific circumscription and classification of *Campylopus* Brid. (Dicranaceae, Bryopsida) based on molecular data. - **Syst. Bot.** v. 29 p. 817-824. 2004

STECH, M.; FREY, W. A morpho-molecular classification of the mosses (Bryophyta). **Nova Hedwigia**. v.86. 2008

TAN, B. C, SCHOFIELD, W. B. On *Dichodozium pellucidum* and *D. olympicum*. **J. Bot.** v. 58, p. 2067-2072. 1980.

THIERS, B. [continuously updated]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Disponível em: <<http://sweetgum.nybg.org/ih/>>. Acesso em dezembro de 2017.

TSUBOTA, H.; AGENO, Y; ESTÉBANEZ, B; YAMAGUCHI, T.; DEGUCHI, H. Molecular phylogeny of the Grimmiales (Musci) based on chloroplast rbcL sequences. **Hikobia**. 2003.

TROPICOS.ORG. Missouri Botanical Garden. Disponível em: <http://www.tropicos.org> © 2017. Missouri Botanical Garden - 4344 Shaw Boulevard - Saint Louis, Missouri 63110. Acesso em dezembro de 2017.

van ROOY, J. The Genus *Rhabdoweisia* in Southern Africa: *R. crispata* New to Africa, and *R. fugax*. **The Bryologist**, v. 94, p. 409-412. 1991.

van ROOY, J. The Genus *Amphidium* Schimp. in Southern Africa. *Lindbergia*, v. 17, n. 2/3, pp. 59-63. 1992.

VANDERPOORTEN, A.; GOFFINET, B. **Introduction to Bryophyte Biology**. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 2009.

VIERA, S. *Introdução a Bioestatística*. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 196p. 1998.

VIEIRA, S. *Análise de variância: ANOVA*, Atlas, São Paulo. 2006.

VITT, D. H. Classification of Bryopsida. In: Schuster, R. M. **New Manual of Bryology**. Nichinan, The Hattori Botanical Laboratory. v.2, p. 696-759. 1984.

VITT, D. H. **Sex Determination in Moss**. The Michigan Botanist. 1968.

VITT, D. H.; KOPONEN, T.; NORRIS, D. H. Bryophyte flora of the Huon Peninsula, Papua New Guinea. LIII. *Ulota* and *Schloteimia* (Orthotrichaceae, Musci). **Acta Botanica Fennica**, v. 148, p. 5-25. 1993.

WALLACE, S.; FLEMING, A.; WELLMAN, C. H.; BEERLING, D. J. Evolutionary development of the plant spore and pollen wall. **Aob Plants**. p. 1-18. 2011. doi:10.1093/aobpla/plr02

WALTER, K. Bryophytina, Laubmoose. In J. Gerloff; J. Poelt (eds.), **A. Englers Syllabus der Pflanzen familien, dreizehnte vollstlindig neubearbeitete Auflage**. Berlin and Stuttga. 1983.

WEBER, W.A. *Oreas* in Flora of North América. Missouri Botanical Garden. 2017. Disponível em <http://www.e-floras.org> acesso em: dezembro de 2017.

WELLMAN, C. H. Origin, function and development of the spore wall in early land plants. In: HEMSLEY, A. R.; POOLE, I. **The Evolution of Plant Physiology. From whole plants**

of ecosystems. Linnean Society of London. Paleobotany Specialist Group Elsevier Academic Press. p. 43 – 60. 2004.

WERNER, J. A comparison of *Dichodontium flavescens* (Dicks.) Lindb. and *D. pellucidum* (Hedw.) Lindb. (Bryopsida). **Journal of Bryology**, 24:3, 215-221. 2002.

WODEHOUSE, R. P. **Pollen Grains. Their Structure, Identification and Significance in Science and Medicine.** New York: McGraw-Hill Book Company, 1935. 574 p.

YANO, O. & LUIZI-PONZO, A. P. *Chonecolea doellingeri* (Chonecoleaceae, Hepaticae), taxonomia e distribuição geográfica no Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 20(4), p. 783-788. 2006.

YANO, O. & LUIZI-PONZO, A. P. *Dumortiera hirsuta* (Dumortieraceae, Marchantiophyta), taxonomy, palynology and geographic distribution. **Boletim do Instituto de Botânica de São Paulo**. v. 21, p. 9-18. 2011.

ZANDER, R. Statistical evaluation of the clade “Rhabdoweisiaceae”. **The Bryologist**, v. 111(2), p. 292–301, 2008.

ZHAO, Dong-Ping, BAI, Xue-Liang; WANG, Li-Hong. Observations of spore morphology of some hepatics species (Marchantiophyta) in China. **Arctoa**. v. 20, p. 205-210. 2011.

Capitulo 1

Palinotaxonomia de *Amphidium* Schimp. (Rhabdoweisiaceae Limpr., Bryophyta)

Resumo

Amphidium Schimp. é caracterizado por apresentar caulídio primário ereto, crescendo em forma de coxim, filídios linear-lanceolados e cápsulas gimnóstomas. Sua posição filogenética é incerta, divergindo entres os diferentes autores. O presente trabalho tem como objetivo realizar o estudo palinotaxonômico de três espécies de *Amphidium* Schimp. (Rhabdoweisiaceae Limpr., Bryophyta). São apresentadas as características do gametófito, do esporófito e dos esporos de *Amphidium lapponicum* (Hedw.) Schimp., *A. mougeotii* (B.S.G.) Schimp. e *A. tortuosum* (Hornsch.) Cufod. Os esporos foram observados sob microscópio de luz antes e após acetólise e sob microscópio eletrônico de varredura. Os esporos são de tamanho pequeno e heteropolares. A ornamentação do esporodema é resultante da combinação de diferentes elementos de ornamentação, como gemas, rúgulas e perfurações. Não há diferenças na ornamentação dos esporos entre as espécies analisadas; as características palinológicas observadas permitem diferenciar as espécies de *Amphidium* Schimp. das demais integrantes de Rhabdoweisiaceae Limpr. e dos demais musgos haplolepídeos.

Palavras-chave: Amphidiaceae, Briófitas, esporos, musgos, Palinologia

Abstract

Amphidium Schimp. is characterized by presenting erect primary stems, cushion-forming, linear-lanceolate leaves, and gymnostome capsules. Their phylogenetic position is uncertain, diverging between the different authors. This paper, aims to perform the palinotaxonomic study of three species of *Amphidium* Schimp. (Rhabdoweisiaceae Limpr., Bryophyta). They are presented characteristics of the gametophyte, sporophyte and spores of *Amphidium lapponicum* (Hedw.) Schimp., *A. mougeotii* (B.S.G.) Schimp. and *A. tortuosum* (Hornsch.) Cufod. The spores were observed under light microscopy before and after acetolysis and under a scanning electron microscope. The spores are small in size, and heteropolar. The ornamentation of spore is the result of the combination of different elements of ornamentation, such as gemmas, rugulas and perforations. There are no differences in spore ornamentation among the species analyzed; the palynological characteristics observed allow to differentiate the species of *Amphidium* Schimp. of the other members of Rhabdoweisiaceae Limpr. and of the other haplolepid mosses.

Key words: Amphidiaceae, bryophytes, mosses, Palynology, spores.

1. Introdução

Amphidium Schimp. é caracterizado por possuir caulídio primário ereto, crescendo em forma de coxim, filídios linear-lanceolados, com células da lâmina arredondadas, papilosas. As cápsulas são gimnóstomas, imersas ou exertas, com oito sulcos longitudinais e caliptra cuculada (van Rooy, 1992; Frahm et al., 2000). As espécies de *Amphidium* Schimp. são, geralmente rupícolas, crescem diretamente sobre rochas, ou em fendas de rochas (van Rooy, 1992; Frahm et al., 2000; Sim-Sim et al., 2017).

O gênero *Amphidium* Nees foi descrito em 1819, em referência à cápsula, em forma de urna (van Rooy, 1992). Porém, a espécie-tipo, *Amphidium pulvinatum* Nees, é considerada sinônimo de *Zygodon forsteri* (Dicks. ex With.) Mitt., descrita por Mitten, em 1851 (tropicos.org, 2017). Assim *Amphidium* Nees é considerado ilegítimo.

Schimper, em 1856, descreveu *Amphidium lapponicum* Schimp. (espécie-tipo) e *Amphidium mougeotii* (Bruch & Schimp.) Schimp. como pertencentes à família Zygodontaceae Schimp., juntamente com o gênero *Zygodon* Hook. & Taylor. Em 1890, Limpricht descreveu a família Rhabdoweisiaceae com seis gêneros, entre eles, *Amphidium*. *Amphidium* Schimp. foi considerado como um "gênero de transição" entre Rhabdoweisiaceae Limpr. e Orthotrichaceae Arn., devido principalmente à forma dos filídios e das células da lâmina (Lewinsky, 1976)

Alguns autores incluíram o gênero nas Orthotrichaceae Arn. (Vitt, 1984; van Rooy, 1992; Vitt et al., 1993; Sharp et al., 1994; Gradstein et al., 2001) devido a semelhanças deste com *Orthotrichum* Hedw., sobretudo no desenvolvimento das cápsulas jovens (Lewinsky, 1976); outros autores o colocam em Rhabdoweisiaceae Limpr. (Crosby et al., 1999), em Dicranaceae Schimp., nas subfamílias Rhabdoweisioideae Broth. (Brotherus, 1924; Walter, 1983, Allen, 2002) ou em Amphidioideae Ochyra (Ochyra et al., 2003).

Estudos moleculares evidenciaram que *Amphidium* Schimp. pertence à linhagem de musgos haplolepídeos (Goffinet et al., 1998; Stech, 1999; La Farge et al., 2000), porém, sem relação com Dicranaceae Schimp. s. st., nem com as demais espécies de Oncophoraceae Stech (La Farge et al., 2002; Tsubota et al., 2003; Hedderson et al., 2004; Stech, 2004).

Frahm et al. (2000), ao fazerem a revisão de *Amphidium*, reduzem para três o número de espécies, *Amphidium lapponicum* (Hedw.) Schimp., *A. mougeotii* (B.S.G.) Schimp. e *A.*

tortuosum (Hornsch.) Cufod, todas com ocorrência para o continente americano (tropicicos.org, 2017).

Sim-Sim et al. (2017), ao realizarem a reconstrução filogenética do gênero associada com análises morfológicas e anatômicas, indicaram seis espécies para o gênero: *Amphidium tortuosum* (Hornsch.) Cufod., *A. lapponicum* (Hedw.) Schimp., *A. mougeotii* (B.S.G.) Schimp., além de *A. curvipes* (Mull. Hal.) Broth e *A. californicum* (Mull. Hal.) Broth., tratados por Frahm et al. (2000) como sinônimo de *A. mougeotii*. Sim-Sim et al. (2017) também descrevem uma nova espécie, *A. asiaticum*, com registros para a Ásia Central, sul da Sibéria e norte da Mongólia. Para o continente americano, são referidas quatro espécies.

Os estudos palinológicos de diferentes espécies de briófitas (Mogensen, 1981, 1983; Luizi-Ponzo & Barth, 1998; 1999; Luizi-Ponzo & Melhem 2006a, 2006b; Caldeira et al., 2006, 2009, 2013; Rocha et al., 2008; Savaroglu & Erkara, 2008; Alfayate et al., 2013; Rodrigues & Luizi-Ponzo, 2015) demonstram que caracterização palinológica acrescenta informações importantes sobre as espécies, sendo um caráter relevante nos estudos de taxonomia e filogenia. A maioria dos trabalhos que tratam de *Amphidium* Schimp. apresenta informações acerca de caracteres morfológicos ou moleculares (van Rooy, 1992; Goffinet et al., 1998; Stech 1999; La Farge et al., 2000, 2002; Frahm et al., 2000; Tsubota et al., 2003; Hedderson et al., 2004; Stech 2004; Stech & Frey, 2008; Sim-Sim et al., 2017) sendo escassos trabalhos que envolve características palinológicas a taxonomia.

Sendo assim, esse trabalho tem por objetivo caracterizar a morfologia e a ultraestrutura dos esporos e descrever as três espécies do gênero *Amphidium* Schimp., a saber, *Amphidium lapponicum* (Hedw.) Schimp., *A. mougeotii* (B.S.G.) Schimp. e *A. tortuosum* (Hornsch.) Cufod.

2. Material e Métodos

Para a realização do presente estudo, foram utilizados materiais botânicos herborizados pertencentes às coleções dos seguintes herbários: Herbário Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo (SP), Herbário da Universidade de Brasília (UB); Herbário do Museu Nacional (R) e Canadian Museum of Nature (CANM) (Thiers, 2017).

Todos os espécimes tiveram sua identificação confirmada, mediante o estudo sob microscópio estereoscópico (Zeiss Stemi 2000-C ou Olympus SZ040) e microscópio de luz (Zeiss Primo Star ou Olympus BX41), utilizando-se bibliografia especializada, destacando-se:

van Rooy, 1992; Sharp et al., 1994; Crosby, 1999; Frahm et al., 2000a; Gradstein et al., 2001; Allen, 2002; Sim-Sim et al., 2017)

Os espécimes que possuíam esporófitos foram separados para o estudo palinológico; para cada espécie, quando possível, foram utilizados quatro espécimes, sendo um selecionado como padrão, por apresentar um número razoável de esporófitos que permitiam o processamento das cápsulas em todas as técnicas, e os demais foram tratados como material de comparação. As lâminas palinológicas, provenientes do material botânico analisado, foram depositadas na Palinoteca do Laboratório de Briófitas da Universidade Federal de Juiz de Fora e, sempre que solicitado, uma lâmina foi doada ao Herbário que emprestou a exsicata respectiva.

Os esporos foram observados sob microscopia de luz (ML) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Para as observações sob ML, todo o material botânico examinado teve os esporos preparados de acordo com Wodehouse (1935) e Erdtman (1960), empregando-se as alterações propostas por Luizi-Ponzo & Melhem (2006a).

As observações em MEV foram realizadas no Núcleo de Microscopia e Microanálise da Universidade Federal de Viçosa. Para a observação em MEV, as cápsulas foram fixadas em glutaraldeído a 2,5%, pós-fixadas em tetróxido de ósmio (OsO_4) a 2% lavadas em solução tampão de cacodilato; desidratadas em série etanólica crescente e secas em Ponto Crítico (CPD) (modelo 030-BAL-TEL ou Bal-tec/Leica); posteriormente, os esporos foram dispersos sobre os suportes com fita dupla face de carbono e metalizados com ouro a uma espessura de 20nm (metalizador SEM, modelo 550x, ou Bal-Tec, modelo MD2, ambos de operação automática); as observações foram realizadas sob microscópio eletrônico de varredura (modelo LEO VP1430 ou JEOL JSM - 6360LV), e as eletromicrografias foram armazenadas em mídia digital.

As medidas padrão em estudos palinológicos foram tomadas com auxílio de ocular micrométrica, acopladas ao microscópio de luz. As médias de tamanho dos diâmetros maiores (em vista polar) foram baseadas em 50 esporos acetolisados, relacionados ao acaso em três lâminas, para o material padrão e 30 esporos acetolisados, tomados ao acaso em três lâminas, para o material de comparação. Foram calculados média aritmética (\bar{X}), desvio padrão da amostra (S), desvio padrão da média ($S_{\bar{X}}$), coeficiente de variação (CV), intervalo de confiança (IC) a 95% e apresentados os valores mínimos e máximos (X_{\min} e X_{\max}).

A distribuição de frequência dos tamanhos dos diâmetros maiores dos esporos para o material padrão de cada táxon estudado foi apresentada em gráficos de linha. As médias de tamanho do diâmetro maior dos esporos e da sua área apertural foram submetidas ao teste T ou aos testes da homogeneidade e homocedasticidade das variâncias, que são pressupostos para a realização do Teste Anova (Vieira, 2006). Nas amostras que atendiam aos pressupostos da homogeneidade e homocedasticidade das variâncias, foram realizados o Teste Anova e o teste *a posteriori* de Tukey, caso não atendessem, foi realizado o teste de Kruskal Wallis (Kruskal & Wallis, 1952).

A média de tamanho da espessura dos estratos do esporoderma foi obtida a partir de 10 esporos preparados pelo método de Wodehouse (1935), com as alterações propostas por Luiz-Ponzo & Melhem (2006a), tomados ao acaso em três lâminas. Devido à espessura reduzida da perina e da exina, foram tratados em conjunto como esclerina (Luiz-Ponzo & Barth, 1998, 1999).

Os esporos foram descritos com base na terminologia proposta por Punt et al. (2007) e as definições das classes de tamanho seguem a classificação de Erdtmam (1952).

3. Resultados e Discussão

As espécies analisadas apresentam gametófito pequeno a médio, verde a marrom-esverdeado, crescendo como coxim, sobre rochas e solo. O caulídio é ereto, simples ou pouco ramificado. Os filídios são crispados e contorcidos quando secos a flexuosos quando úmidos, lineares a oblongo-lanceolados, com ápice agudo a acuminado e margem inteira ou fracamente serrada; a costa é única, subpercurrente a percurrente. As células superiores da lâmina são pequenas, hexagonais a quadradas-retangulares, densamente papilosas, de parede espessa. As células basais são curta-oblongas a retangulares de parede fina, lisas a estrioladas. São autoicas ou dioicas, com periquécio terminal. A seta é emergente a curta exserta, reta ou curvada, cápsula ereta ou inclinada, urceolada a fusiforme, com oitos sulcos longitudinais, gimnóstoma, o opérculo é rostrado. A caliptra é cuculada, lisa, não-plicada.

Os esporos são isomórficos, pequenos (10 μm a 25 μm), com distribuição de frequência de tamanho unimodal, heteropolares, com âmbito subcircular (Tabela 1, Figura 1). O esporoderma é composto por intina, exina e perina. Sendo a exina e a perina tratadas em conjunto (esclerina) devido a sua pequena espessura, os estratos do esporoderma são delicados (Tabela 2).

O esporoderma apresenta diferentes elementos de ornamentação. A superfície do esporoderma da face proximal apresenta elementos de ornamentação semelhantes a gemas que se anastomosam, associadas a rúgulas espessas. Na face distal, o esporoderma apresenta perfurações (Figura 3). A área apertural é evidenciada pela ornamentação diferenciada.

Sob microscopia eletrônica de varredura, a ornamentação se torna evidente, demonstrando que a exina é completamente encoberta pela perina, não havendo áreas com exina exposta (Figura 3).

Não houve diferenças significativas ($p= 0, 288$) nas medidas de tamanho da área apertural (Tabela 2).

- Descrição palinotaxônomica das espécies

Amphidium lapponicum (Hedw.) Schimp. Coroll. Bryol. Eur.: 39 .1856.

Plantas de tamanho pequeno a médio, verdes a marrom-amareladas. Os filídios são oblongo-lanceolados a linear-lanceolados, com ápice agudo a acuminado, margem inteira e costa percurrente. Células superiores da lâmina são arredondadas a hexagonais, de parede espessa, densamente papilosas, enquanto as células basais são de parede fina, lisas a estrioladas. São autóicas, com periquécio terminal. A seta é curta, a cápsula é ereta, emergente urceolada, com oito sulcos longitudinais, opérculo cônico-rostrado.

Os esporos são isomórficos, pequenos (Tabela 1), heteropolares, com âmbito subcircular. Os estratos do esporoderma são delicados (Tabela 2). A superfície do esporoderma da face proximal apresenta elementos de ornamentação semelhantes a gemas que se anastomosam, associadas a rúgulas espessas. Na face distal, o esporoderma apresenta perfurações (Figura 3B, 3D e 3E).

Os esporos dessa espécie apresentam as menores médias de tamanho do diâmetro maior, sendo que dois materiais de comparação (Schimith, s/n° (R 80442) e R. F. Cain, 243 (CANM)) apresentaram média fora do intervalo de confiança de material padrão (Tabela 1). Os materiais de comparação Schimith, s/n° (R 80442) e R. F. Cain, 243 (CANM) apresentaram diferenças significativas em relação ao material padrão ($p= 0.02795$ e $p= 0, 00006$, respectivamente). O diâmetro polar apresentou média de 9.54 μm e o eixo diâmetro apresentou diâmetro médio de 13.08 μm . Os estratos do esporoderma apresentaram espessuras

iguais entre elas e semelhantes à de *A mougeotii* (Tabela 2). A área apertural apresenta elementos de ornamentação distintos do restante da superfície do esporoderma.

Amphidium mougeotii (Bruch & Schimp.) Schimp. Coroll. Bryol. Eur.: 40. 1856.

Plantas de tamanho pequeno a médio, verde-claras a marrom-esverdeadas. Os filídios são lineares a linear-lanceolados, com ápice agudo-acuminado, margem inteira e costa percurrente. Células superiores da lâmina pequenas, geralmente obscurecidas por diminutas papilas, enquanto que as células basais são quadradas, amareladas, com parede espessa. São dioicas, com periquécio terminal. A seta é longa e contorcida, a cápsula é exerta, fusiforme, com oito sulcos longitudinais; opérculo rostrado.

Os esporos são isomórficos, pequenos (Tabela 1), heteropolares, com âmbito subcircular. O diâmetro polar apresentou média de 10.74 μm e o diâmetro equatorial apresentou média de 14.95 μm . A região apertural, na face proximal, é evidenciada por apresentar elementos de ornamentação semelhantes a gemas que se anastomosam, associadas a rúgulas espessas e sulcos delicados, enquanto que a superfície da face distal apresenta perfurações (Figura 3A e 3F).

A média do diâmetro maior do material de comparação, M. Lewis, 88005 apresentou-se fora do intervalo de confiança do material padrão, porém essa diferença não foi significativa ($p=0.43$).

Amphidium tortuosum (Hornsch.) Cufod. (Hornsch.) Cufodontis, Oesterr. Bot. Z. 98: 221. 1951

Plantas de tamanho pequeno, verdes a marrom-esverdeadas. Os filídios são lineares a linear-lanceolados, com ápice agudo a acuminado e margem fracamente serreada, a costa é subpercurrente. As células superiores da lâmina são quadradas a retangulares, e as basais são curto-oblongas a retangulares, ambas lisas a estrioladas. Autoicas, com periquécio terminal. A seta é curta, curvada a contorcida, a cápsula é exserta, ereta ou inclinada, urceolada; opérculo oblíquo, cônico-apiculado.

Os esporos são isomórficos, pequenos (Tabela 1), heteropolares, com âmbito subcircular. A superfície da face proximal, é evidenciada por apresentar elementos de ornamentação semelhantes a gemas que se anastomosam, associadas a rúgulas espessas. A superfície da face distal apresenta perfurações, evidenciando a região apertural (Figura 3C).

Os esporos dessa espécie apresentam as maiores medidas de tamanho do diâmetro maior. A média de tamanho do diâmetro maior do material de comparação W. J. Hoe, 35070 apresentou-se fora do intervalo de confiança do material padrão, com diferença significativa ($p= 0, 00000299$). O diâmetro polar apresentou média de 16.10 μ m e o diâmetro equatorial apresentou média de 18.54 μ m. Em relação aos estratos do esporoderma, a intina é delicada, quando comparada à esclerina e com a intina das demais espécies (tabela 1 e 2).

Tabela 1. Dados morfométricos do diâmetro maior dos esporos das espécies de *Amphidium* Schimp., em micrômetros (*material padrão, os demais, comparação).

| | $X_{\min}-X_{\max}$ | $X \pm S_x$ | S | IC 95% | CV (%) |
|---|---------------------|------------------|------|---------------|--------|
| <i>A. lapponicum</i> (Hedw.) Schimp. | | | | | |
| E. Bauer, 228* (UB) | 10.4-14.3 | 12.53 \pm 0.14 | 1.02 | 12. 14- 12.91 | 8.14 |
| L. Hedenas et al., 27 (UB) | 10.4-15.6 | 12.22 \pm 0.27 | 1.50 | 11.44 – 12.95 | 12.27 |
| Schmith, s/n° (R 80442) | 10.4-16.9 | 13.47 \pm 0.34 | 1.88 | 12.55-14.38 | 13.96 |
| R. F. Cain, 243 (CANM) | 11.7-15.6 | 14.04 \pm 0.21 | 1.20 | 13.45-14.62 | 8.55 |
| <i>A. mougeotti</i> (Bruch & Schimp.) Schimp. | | | | | |
| R. R. Ireland, 8362* (CANM) | 10.4-18.2 | 14.63 \pm 0.20 | 1.45 | 14.08 - 15.17 | 9.91 |
| R. R. Ireland, 8326 (CANM) | 10.4-18.2 | 15.03 \pm 0.29 | 1.58 | 14.23 – 15.82 | 10.51 |
| M. Lewis, 88005 (SP) | 12.3-16.2 | 13.99 \pm 0.29 | 1.14 | 13.41 – 14.56 | 8.14 |
| <i>A. tortuosum</i> (Hornsch.) Cufod. | | | | | |
| D.E. Breedlove, 29347 * (SP) | 13.65-20.8 | 17.16 \pm 0.24 | 1.70 | 16.51- 17.80 | 10.51 |
| Leg.: W. J. Hoe, 35070 (SP) | 15.6- 23.4 | 19.29 \pm 0.39 | 2.10 | 18.23 – 20.34 | 10.89 |

$X_{\min}-X_{\max}$ = valores máximos e mínimos da amostra; X = média; SX = desvio padrão da média; S = desvio padrão da amostra; IC = intervalo de confiança; CV = coeficiente de variação

Tabela 2. Valor médio (em μ m) da espessura dos estratos do esporoderma dos esporos de *Amphidium* Schimp. e valor médio do tamanho da área apertural em micrômetros (*material padrão, os demais, comparação).

| | Intina | Esclerina | Área apertural |
|---|--------|-----------|----------------|
| <i>A. lapponicum</i> (Hedw.) Schimp. | | | |
| E. Bauer, 228* (UB) | 1.12 | 1.12 | 7.37 |
| <i>A. mougeotti</i> (Bruch & Schimp.) Schimp. | | | |
| R. R. Ireland, 8362* (CANM) | 1.11 | 1.17 | 11.52 |
| <i>A. tortuosum</i> (Hornsch.) Cufod. | | | |
| D.E. Breedlove, 29347 * (SP) | 0.61 | 1.17 | 10.27 |

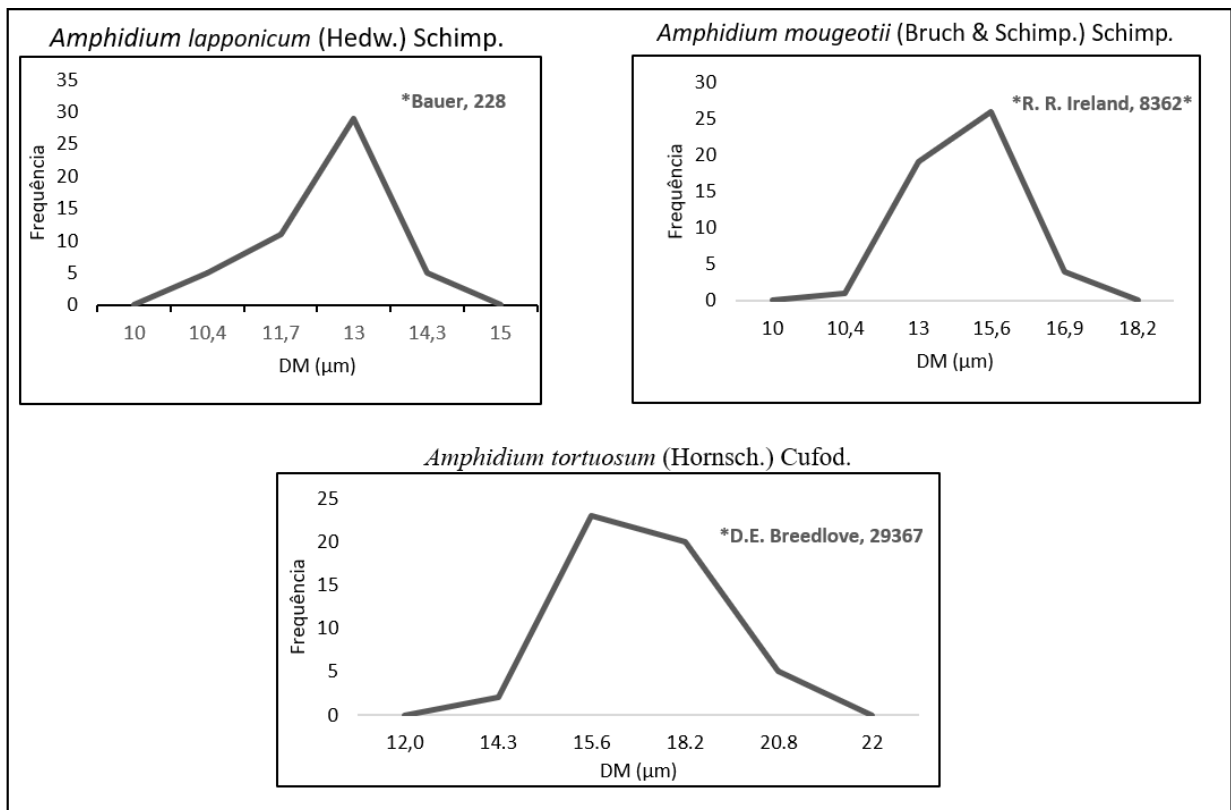


Figura 1: Gráficos de linha representando a distribuição de tamanho dos esporos das espécies estudadas de *Amphidium* Schimp.

Ao avaliar a distribuição dos dados pelo gráfico (Figura 1), podemos observar que *A. mougeotii* (Bruch & Schimp.) Schimp. apresenta a maior variação de tamanho do diâmetro maior, enquanto que *A. lapponicum* (Hedw.) Schimp. exibe a menor variação.

As médias do diâmetro maior das espécies de *Amphidium* Schimp. apresentaram diferenças significativas ($p = 7,79 \times 10^{-34}$).

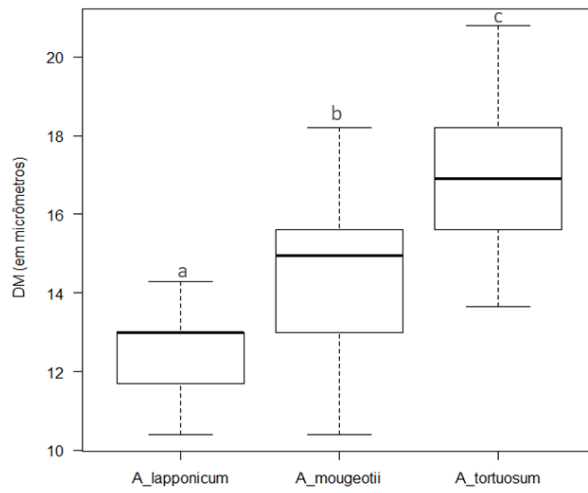


Figura 2: Representação gráfica da variação das medidas do diâmetro maior do material padrão para cada espécie de *Amphidium* Schimp.

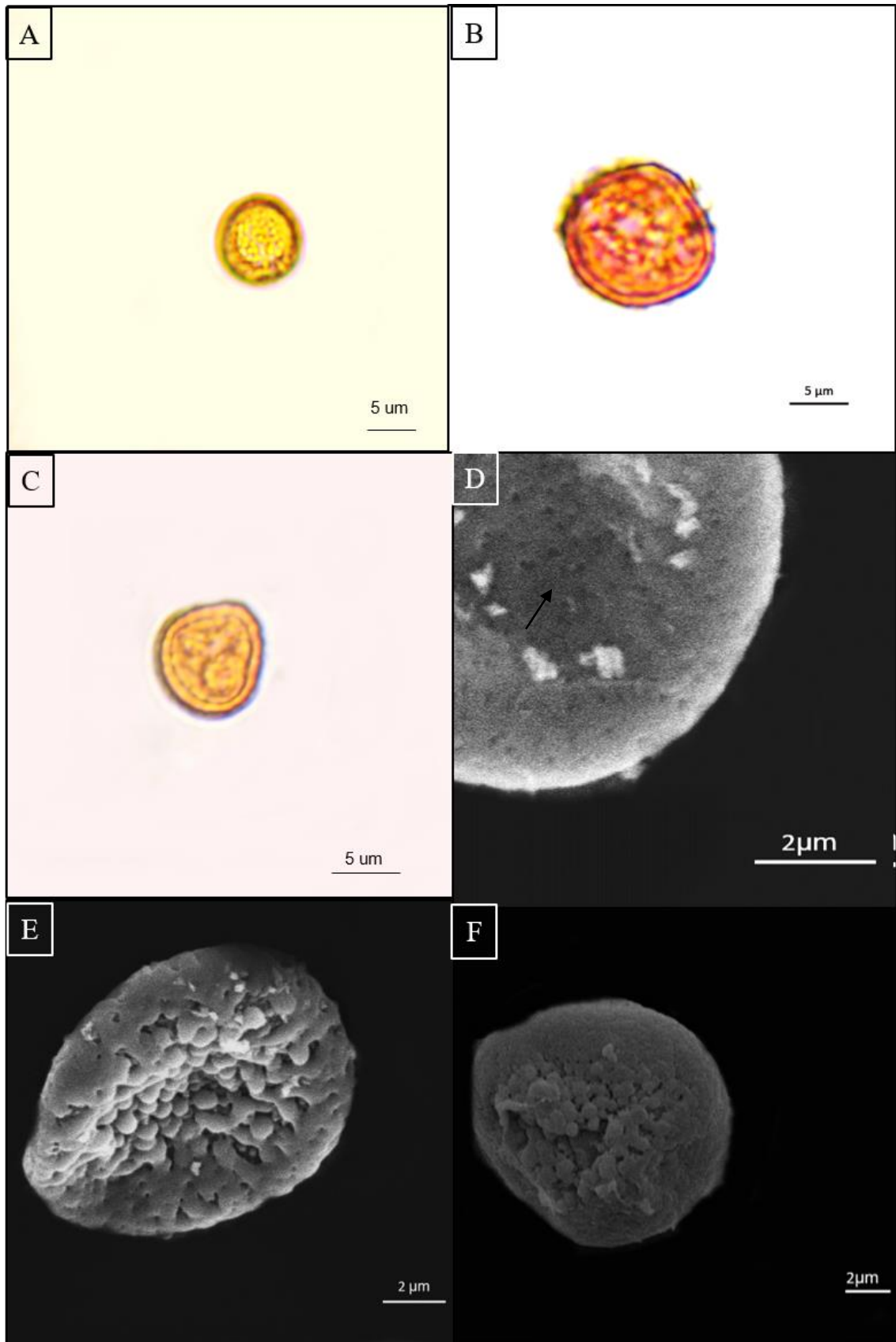


Figura 3: Fotomicrografias e eletromicrografias dos esporos das espécies de *Amphidium* Schimp. estudadas: A e F: *A. mougeotii* (Bruch & Schimp.) Schimp.; B, D e E: *A. lapponicum* (Hedw.) Schimp.; C: *A. tortuosum* (Hornsch.) Cufod. A, B e C: sob microscópio de luz e D, E e F: sob microscópio eletrônico de varredura. Seta: perfurações.

Os valores do coeficiente de variação das medidas encontradas nesse trabalho estão de acordo com outros estudos de esporos de briófitas que, geralmente, apresentam CV de 10% (Luizi-Ponzo & Barth, 1998; Caldeira et al., 2009), devido à amplitude de tamanho observada nos esporos.

A maioria dos trabalhos sobre *Amphidium* Schimp. não são de cunho palinológico, trazendo informações superficiais em relação ao esporo. Gradstein et al. (2001) citam os esporos como aparentemente ornamentados e Allen (2002), como delicadamente papilosos.

Van Rooy (1992) cita os esporos de *A. lapponicum* (Hedw.) Schimp. como subarredondados, com diâmetro maior variando de 11 a 15 μm , e cita os esporos de *A. tortuosum* (Hornsch.) Cufod., com diâmetro maior de variando de 12 a 22 μm , valores semelhantes ao encontrado no presente estudo.

Sim-Sim et al. (2017), ao descreverem a espécie *Amphidium asiaticum* Sim-Sim, Afonina & M. Stech, com registro para a Ásia Central, sul da Sibéria e norte da Mongólia, citam que os esporos apresentam diâmetro maior medindo 14 μm e esporoderma liso. Esta observação da superfície pode ser relacionada à observação sob microscopia de luz, que não permite observação de maiores detalhes, conforme foi aqui confirmado.

A ornamentação dos esporos de *Amphidium* Schimp. apresenta semelhanças com *Zygodon obtusifolius* Hook., Orthotrichaceae Arn., (Luizi-Ponzo, 2001), família de musgos diplolepídeos (Goffinet et al., 1998).

Os esporos de *Amphidium* Schimp. são distintos morfológicamente dos outros gêneros de Rhabdoweisiaceae Limpr. (Cap. 2 dessa dissertação) e de outros táxons de musgos haplolepídeos (Luizi-Ponzo & Barth, 1998, 1999).

Assim, baseado na morfologia dos esporos, o gênero *Amphidium* Schimp. deve ser elevado à nível de família, como proposto por Stech & Frey (2008).

4. Conclusão

As espécies de *Amphidium* Schimp. analisadas apresentam características palinológicas que permitem diferenciar o gênero dos demais integrantes de Rhabdoweisiaceae Limpr. e de outros táxons haplolepídeos.

Os esporos são heteropolares. A região apertural, na face proximal, é evidenciada por apresentar elementos de ornamentação semelhantes a gemas que se anastomosam, associadas a rúgulas espessas, enquanto que a superfície da face distal apresenta perfurações. Não há diferenças na ornamentação dos esporos de *A. mougeotii* (Bruch & Schimp.) Schimp., *A. lapponicum* (Hedw.) Schimp. e *A. tortuosum* (Hornsch.) Cufod. No entanto, o tamanho do diâmetro maior dos esporos nas três espécies apresenta diferenças significativas.

5. Material Examinado

Amphidium lapponicum (Hedw.) Schimp.

Finlândia, Carélia, 06/ VII/ 1904. E. Bauer 228 (UB); Suécia, Hälsingland, 26/ VI/ 2008. L. Hedenas et al., 27 (UB); Alemanha, Gotha, Buchberg, IX/ 1885, Schmith s/n° (R 80442); Canadá, Ontário, Distrito Nipissing, 29/ VII/1938, R.F. Cain, 243 (CANM).

Amphidium mougeotii (Bruch & Schimp.) Schimp

Estados Unidos da América, Washington, Condados de Pierce e Lewis, Parque Nacional do Monte Rainier, Denman Falls, Ireland, 23/ VIII/ 1963, R. R. Ireland 8326 (CANM); Estados Unidos da América, Washington, Condado Lewis, Parque Nacional do Monte Rainie, 22/ VIII/ 1963, R.R Ireland & E. Lawton 8263 (CANM); Bolívia, La Paz, Provincia Murillo, M. Lewis 88005 (SP).

Amphidium tortuosum (Hornsch.) Cufod.

Guatemala, Chiapas, Union Juarez, D.E. Breedlove 29357 (SP); Estados Unidos da América, Hawaii, Parque Nacional de Haleakala, Leg.: W. J. Hoe 35070 (SP).

6. Referências bibliográficas

ALFAYATE, C.; RON, E.; ESTÉBANEZ, B.; PÉREZ-BATISTA, M. A. Mature spores of four pleurocarpous mosses in the Canary Islands: ultrastructure and early germination stages. **The Bryologist**, v. 116, n. 2, p. 97-112, 2013.

ALLEN, B. **Moss flora of central America**. Missouri Botanical Garden. Missouri, 2002.

BROTHERUS, V. F. VF 1924-1925. Musci. **A. Engler and K. Prantl, Die Natürlichen Pflanzenfamilien**, 2d ed. Vols, v. 10, p. 1-478. 1924.

CALDEIRA, I. C.; ESTEVES, V. G. L.; LUIZI-PONZO, A. P. Morfologia dos esporos de Sematophyllaceae Broth. ocorrentes em três fragmentos de Mata Atlântica, no Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, v. 32, n. 2, p. 299-306, 2009.

CALDEIRA, I. C.; ESTEVES, V. G. L.; LUIZI-PONZO, A. P. Morfologia dos esporos das espécies de Leucobryaceae Schimp. (Bryophyta) do Parque Estadual de Ilha Grande, Município de Angra dos Reis, Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasil. Bot.**, v. 29, n. 2, p. 301-307, 2006.

CALDEIRA, I. C.; LUIZI-PONZO, A. P.; ESTEVES, V. G. L. Palynology of selected species of Fissidens Hedw. (Bryophyta). **Plant Systematics and Evolution**, v. 299, p. 187-195, 2013.

CROSBY, M.R.; MAGILL, R. E.; ALLEN, B.; SI, H. **A checklist of the Mosses**. Missouri Botanical Garden, 1999.

ERDTMAN, G. Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Angiosperms. Chronica Botanica Co., Waltham, Mass. p. 539. 1952.

ERDTMAN, G. The acetolysis method. A revised description. **Svensk Botanisk Tidskrift**. v. 39, p. 561-564, 1960.

FRAHM, J. P.; KLÖCKER, T.; SCHMIDT, R.; SCHÖTER, C. Revision der Gattung *Amphidium* (Musci, Dicranaceae). **Tropical Bryology** 18: 171, 2000.

- GOFFINET, B.; BAYER, R. J.; VITT, D. H. Circumscription and Phylogeny of the Orthotrichales (Bryopsida) Inferred from RbcL Sequence Analyses. **American Journal of Botany**, Vol. 85, No. 9, pp. 1324-1337, 1998.
- GRADSTEIN, S. R.; CHURCHILL, S. P.; SALAZAR-ALLEN, N. **Guide to the Bryophytes of Tropical America**. Memoirs of the New York Botanical Garden. v. 86, p. 577. 2001.
- HEDDERSON, T. A.; MURRAY, D. J.; COX, C. J.; NOWELL, T.L. Phylogenetic Relationships of Haplolepideous Mosses (Dicranidae) Inferred from rps4 Gene Sequences. **Systematic Botany**, 29(1): 29-41. 2004.
- KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American statistical Association**, v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952.
- LA FARGE, C.; MISHLER, B. D; WHEELER, J. A.; WALL, D. P; JOHANNES, K.; SCHAFFER, S.; SHAW, A. J. Phylogenetic relationships within the Haplolepideous mosses. **The Bryologist** 103:257–276. 2000.
- LA FARGE, C.; SHAW, A. J.; VITT, D. H. The circumscription of the Dicranaceae (Bryopsida) based on the chloroplast regions trnL-trnF and rpsA. **Systematic Botany**, v. 27. p. 435-452. 2002.
- LEWINSKY, J. The systematic position of *Amphidium* Schimp. **Botanical Museum, University of Copenhagen Lindbergia**, v. 3, n. 3/4, pp. 227-231, 1976.
- LIMPRICHT, K.G. **Die Laubmoose Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz**. Leipzig. 1890.
- LUIZI-PONZO, A. P.; BARTH, M. O. Spore morphology of some Bruchiaceae species (Bryophyta) from Brazil. **Grana**, v. 37, p. 222-227. 1998.
- LUIZI-PONZO, A. P.; BARTH, M. O. Spore morphology of some Dicranaceae species (Bryophyta) from Brazil. **Grana**, v. 38, n.1, p. 42-49.1999.
- LUIZI-PONZO, A. P.; MELHEM, T. S. Palinotaxonomia de Rhachithecaceae (Bryophyta) do Brasil. **Boletim do Instituto de Botânica**, n. 18, p. 91-99. 2006a.

LUIZI-PONZO, A. P.; MELHEM, T. S. Spore morphology and ultrastructure of the tropical moss *Helicophyllum torquatum* (Hook.) Brid. (Helicophyllaceae) in relation to systematics and evolution. **Cryptogamie Bryologie**, v. 27, p. 413-420, 2006b

LUIZI-PONZO, A.P. **Palinotaxonomia de Orthotrichineae Flesich. (Bryales- Bryophyta) do Brasil**. Tese. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de botânica. São Paulo. 2001.

MOGENSEN, G. S. The Biological Significance of Morphological Characters in Bryophytes: The Spore. **The Bryologist**, v. 84, n. 2, p. 187-207.1981.

MOGENSEN, G. S. The spore. In: Schuster, R. M. (ed.). **New Manual of Bryology**. v. 1, p. 324-342. 1983.

OCHYRA, R.; ŻARNOWIE, J; BEDNAREK-OCHYRA, H. K. Census catalogue of Polish mosses. **Biodivers. Poland** 3: 1–372. 2003.

PUNT W., NILSON S., BLACKMORE S., LE THOMAS A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Palaeobotany and Palynology** 143:1-81. 2007.

ROCHA, L. M.; GONÇALVES-ESTEVEVES, V.; LUIZI-PONZO, A. P. Morfologia de esporos de espécies de Polytrichaceae Schwärg. (Bryophyta) do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, p. 537-548, 2008.

RODRIGUES, R. S.; LUIZI-PONZO, A. P. Palinologia de espécies selecionadas da família Pottiaceae (Bryophyta). **Pesquisas Botânica**, v. 67, p. 303-317. 2015.

SAVAROGLU, F.; ERKARA, I. P. Observations of spore morphology of some Pottiaceae Schimp. species (Bryophyta) in Turkey. **Plant Syst. Evol.**, v. 271, p. 93-99. 2008.

SCHIMPER, W. P. **Corollarium Bryologiae Europaeae: conspectum diagnosticum familiarum, generum et specierum, adnotationes novas atque emendationes complectens**. 1856.

SHARP, A.J.; CRUM, H.; ECKEL, P. M. **The Moss Flora of Mexico**. The York Botanical Garden, Ney York, 1994.

SIM-SIM, O. M.; AFONINA, T. A.; AURÉLIE, D.; LAENEN, B.; GARCIA, C.A.; GONZÁLEZ-MANCEBO, J.; STECH, M. Integrative taxonomy reveals too extensive lumping and a new species in the moss genus *Amphidium* (Bryophyta). **Systematics and Biodiversity**, 1-13. 2017. DOI: 10.1080/14772000.2016.1271059.

STECH, M. A molecular systematic contribution to the position of *Amphidium* Schimp. (Rhabdoweisiaceae, Bryopsida). **Nova Hedwigia**, v. 68, p. 291-300. 1999.

STECH, M. Supraspecific circumscription and classification of *Campylopus* Brid. (Dicranaceae, Bryopsida) based on molecular data. **Syst. Bot.** v. 29 p. 817-824. 2004.

STECH, M.; FREY, W. A morpho-molecular classification of the mosses (Bryophyta). **Nova Hedwigia**. v.86. 2008

THIERS, B. [continuously updated]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Disponível em: <<http://sweetgum.nybg.org/ih/>>. Acesso em dezembro de 2017.

TSUBOTA, H.; AGENO, Y.; ESTÉBANEZ, B.; YAMAGUCHI, T.; DEGUCHI, H. Molecular phylogeny of the Grimmiales (Musci) based on chloroplast rbcL sequences. **Hikobia**. 2003.

TROPICOS.ORG. Missouri Botanical Garden. Disponível em: <http://www.tropicos.org> © 2017. Missouri Botanical Garden - 4344 Shaw Boulevard - Saint Louis, Missouri 63110. Acesso em dezembro de 2017.

van ROOY, J. The Genus *Amphidium* Schimp. in Southern Africa. *Lindbergia*, v. 17, n. 2/3, pp. 59-63.1992.

VIEIRA, S. **Análise de variância: ANOVA**, Atlas, São Paulo. 2006.

VITT, D. H. Classification of Bryopsida. In: Schuster, R. M. **New Manual of Bryology**. Nichinan, The Hattori Botanical Laboratory. v.2, p. 696-759.1984.

WALTER, K. Bryophytina, Laubmoose. In J. Gerloff; J. Poelt (eds.), **A. Englers Syllabus der Pflanzen familien, dreizehnte vollstlindig neubearbeitete Auflage**. Berlin and Stuttga. 1983.

WODEHOUSE, R. P. **Pollen Grains. Their Structure, Identification and Significance in Science and Medicine.** New York: McGraw-Hill Book Company, 1935.

Capítulo 2

Palinologia de espécies selecionadas de Rhabdoweisiaceae Limpr. (Bryophyta)

Resumo

A família Rhabdoweisiaceae Limpr. inclui musgos acrocárpicos, de tamanho pequeno a médio, que crescem, predominantemente como tufos e ocorrem, geralmente, sobre rochas e solo. A circunscrição da família é controversa, sendo sua monofilia sustentada por dados moleculares. O presente trabalho tem como objetivo realizar o estudo palinológico de vinte espécies de Rhabdoweisiaceae Limpr, incluídas em nove gêneros. Os esporos foram observados sob microscópio de luz antes e após acetólise e sob microscópio eletrônico de varredura e transmissão. As espécies analisadas apresentam esporos de tamanho pequeno a médio, com simetria radial, âmbito subcircular, heteropolares ou apolares. Esporoderma formado por intina, exina e perina. Os elementos de ornamentação permitiram a separação das espécies em três tipos morfológicos. Das 20 espécies estudadas, nove, incluídas em três gêneros apresentam esporos anisomórficos, sendo aqui reportados pela primeira vez.

Palavras-chaves: Anisosporia, esporos, leptoma, musgos

Abstract

The family Rhabdoweisiaceae Limpr. includes small to medium sized acrocarpic mosses, that grow predominantly as tufts, and usually occur on rocks and soil. The circumscription of the family is controversial, and its monophyly is supported by molecular data. The present work aims to perform the palynological study of twenty species of Rhabdoweisiaceae Limpr, included in nine genera. The spores were observed under light microscopy before and after acetolysis, and under scanning and transmission electron microscopy. The analyzed species present small to medium spores, with radial symmetry, subcircular, heteropolar or nonpolar spores. Sporoderm formed by intina, exina and perina. The ornamentation elements allowed the separation of the species into three morphological types. Of the species studied, nine, included in three genera present anisomorphic spores, being reported here for the first time

Key-words: Anisospory, mosses, spores.

1. Introdução

As briófitas são plantas avasculares, criptogâmicas, com alternância de gerações heteromórficas em seu ciclo de vida, sendo a fase gametofítica dominante, composta pelo gametófito diploide e a fase esporofítica, efêmera, constituída pelo esporófito haploide que se destina à produção de esporos (Schofield, 1985; Buck & Goffinet, 2000; Shaw & Goffinet, 2000; Gradstein et al., 2001; Ramsay, 2006; Crandall-Stotler & Bartholomew-Began, 2007; Vanderpoorten & Goffinet, 2009).

Os musgos são distintos pelo gametófito formado por filídios não divididos, em geral, organizados espiraladamente ao redor do caulídio e por possuírem rizoides pluricelulares. O esporófito apresenta seta pigmentada e cápsula composta, na maioria das espécies, por um opérculo e uma urna (Goffinet et al., 2008; Vanderpoorten & Goffinet, 2009).

A família Rhabdoweisiaceae Limpr. inclui musgos acrocárpicos, de tamanho pequeno a médio, que crescem, predominantemente, como tufos e ocorrem, geralmente, sobre rochas e solo e, em menor frequência, sobre tronco-vivo (Gradstein et al., 2001).

A classificação de Rhabdoweisiaceae Limpr. difere entre os autores. Alguns autores a definem como subfamília de Dicranaceae Schimp. (Brotherus, 1924; Walter, 1983; Sharp et al., 1994; Gradstein et al., 2001) ou como família (Vitt, 1984; Ireland et al., 1987; Crosby et al., 1999; Shaw & Goffinet, 2000; Holz & Gradstein, 2005; Brinda et al., 2007; Goffinet & Shaw, 2008).

Estudos moleculares demonstram que os gêneros *Arctoa* Bruch & Schimp., *Cynodontium* Bruch & Schimp., *Dicranoweisia* Lindb. ex Milde, *Kiaeria* I. Hagen, *Oncophorus* (Brid.) Brid., *Oreoweisia* Hampe, *Oreas* Brid., *Rhabdoweisia* Bruch & Schimp. e *Symblepharis* Mont., incluídos em Rhabdoweisiaceae Limpr, apresentam uma relação próxima (Stech, 1999 a, b; La Farge et al., 2002, Tsubota et al., 2003, Hedderson et al., 2004) indicando que a subfamília Oncophoroideae deve ser tratada a nível de família, para incluir tais gêneros (Stech & Frey, 2008).

Zander (2008) afirma que a definição morfológica para essa família, de modo que exclua táxons similares de Dicranaceae Schimp., não é clara. Logo, se Dicranaceae Schimp. e Rhabdoweisiaceae Limpr. se revelarem impossíveis de distinguir tanto morfológicamente

quanto com relação a aspectos de ecologia evolutiva, as Dicranaceae Schimp. devem ser entendidas como parafiléticas e os táxons de Rhabdoweisiaceae Limpr. colocados em posição basal de Dicranaceae.

Os esporos dos musgos são caracterizados por serem, em geral, unicelulares e esferoidais, e pelo esporoderma formado por três camadas intina, exina e perina, que possuem diferentes constituições químicas (McClymont & Larson, 1964; Olesen & Mogensen, 1978; Neidhart, 1979; Mogensen, 1981, 1983).

A intina, a camada mais interna, é formada por polissacarídeos, pectina e calose; a exina é composta por esporopolenina e a perina é composta por esporopolenina e materiais lipídicos (Olesen & Mogensen, 1978; Mogensen, 1978; Neidhart, 1979; Brown & Lemmon, 1988; Ariizumi & Toriyama, 2011), sendo esta última o estrato responsável pela ornamentação do esporoderma dos musgos (Mogensen, 1978; Olesen & Mogensen, 1978; Brown & Lemmon, 1988; Luiz-Ponzo & Barth, 1998; 1999; Luiz-Ponzo & Melhem 2006a, 2006b; Caldeira et al., 2006; 2009; 2013; Rocha et al., 2008; Alfayate et al., 2013; Rodrigues & Luiz-Ponzo, 2015). Algumas espécies apresentam o leptoma, uma área preferencial para a germinação, que consiste de uma região com espessamento da intina associada à diminuição da espessura da exina e, às vezes, com ornamentação diferenciada (Olesen & Mogensen, 1978; Mogensen, 1981; Rushing, 1985; Luiz-Ponzo & Barth, 1998; 1999).

Segundo Mogensen (1981), as briófitas podem apresentar distribuição de frequência de tamanho dos esporos reunida em uma ou mais médias. Quando as medidas estão associadas a uma média, tem-se a isosporia, que é encontrada na maioria das espécies de briófitas, neste caso, os esporos abortados são ausentes ou ocorrem em pequeno número. Caso a distribuição de frequência de tamanho dos esporos seja reunida em mais de uma média, tem-se a anisosporia ou outros fenômenos a ela associados, considerando-se a frequência de esporos abortados.

Em algumas espécies dioicas, essa diferença de tamanho observadas nos esporos de uma única cápsula é controlada geneticamente e pode ser relacionada à produção de plantas masculinas anãs (Ernst-Schwarzenbach, 1944; Vitt, 1968).

Estudos palinológicos abordando espécies de Rhabdoweisiaceae Limpr. ainda são escassos. A maioria dos trabalhos taxonômicos que trazem informações sobre esporos da família apresenta somente o tamanho e a coloração dos mesmos (Crundwell, 1960; Robinson

& Bowers, 1974; Tan & Schofield, 1980; van Rooy, 1991, 1992; Hedderson & Blockeel, 2006; Rhotero, 2009; Ochyra & Bednarek-Ochyra, 2013; Hedenas, 2017; Weber, 2017; Newmaster 2017; Eckel; 2017). Um trabalho de cunho palinológico foi desenvolvido por Luizi-Ponzo & Barth (1999a) que, ao estudarem a morfologia dos esporos de espécies de Dicranaceae Schimp., descreveram os esporos de *Oreoweisia brasiliensis* Hampe como pequenos e ornamentados por grânulos.

Assim, este trabalho tem como objetivo descrever a morfologia e ultraestrutura dos esporos das espécies selecionadas de Rhabdoweisiaceae Limpr.

2. Material e Métodos

Para a realização do presente estudo, foram utilizados materiais botânicos herborizados disponibilizados pelos seguintes herbários, Herbário Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo (SP); Herbário da Universidade de Brasília (UB); Herbário do Museu Nacional (R) e Herbário do Canadian Museum of Nature (CANM), cujos acrônimos estão de acordo com Thiers (2017).

A partir do material disponibilizado, foram selecionados os materiais que possuíam cápsulas maduras, totalizando 20 espécies, a saber, *Arctoa hyperborea* (Gunnerus ex With.) Bruch & Schimp., *Arctoa fulvella* (Dicks.) Bruch & Schimp.; *Cynodontium gracilescens* (F. Weber & D. Mohr) Schimp.; *Cynodontium polycarpum* (Hedw.) Schimp.; *Cynodontium strumiferum* (Hedw.) Lindb.; *Cynodontium strumulosum* Müll. Hal. & Kindb.; *Cynodontium tenellum* (Schimp.) Limpr.; *Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp.; *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb. ex Milde; *Dicranoweisia crispula* (Hedw.) Milde; *Kiaeria falcata* (Hedw.) I. Hagen; *Kiaeria glacialis* (Berggr.) I. Hagen; *Kiaeria starkei* (F. Weber & D. Mohr) I. Hagen; *Oncophorus virens* (Hedw.) Brid.; *Oncophorus wahlenbergii* Brid.; *Oreas martiana* (Hoppe & Hornsch.) Brid.; *Oreoweisia brasiliensis* Hampe; *Oreoweisia laxiretis* Broth ex Herzog; *Rhabdoweisia crispata* (Dicks ex With.) Lindb. e *Rhabdoweisia fugax* (Hedw.) Bruch & Schimp.

Para a observação sob microscopia de luz (ML), os esporos foram preparados segundo o método de Wodehouse (1935) e da acetólise de Erdtman (1960), com alterações para o estudo de briófitas, conforme Luizi-Ponzo & Melhem (2006a). A partir do material acetolisado, foram obtidas as medidas padrão em estudos palinológicos.

Para cada espécie, quando possível, foram utilizados quatro espécimes, sendo um selecionado como padrão, por apresentar número razoável de esporófitos que permitiam o processamento das cápsulas em todas as técnicas, e os demais foram tratados como material de comparação.

Para todos os táxons isósporicos, foram tomadas as medidas de 50 esporos em vista polar, ao acaso em três lâminas, para medidas de diâmetro maior e, para as espécies com esporos heteropolares, foram tomadas as medidas de 30 esporos, em vista equatorial para as medidas de diâmetro polar (P) e diâmetro equatorial (E). Para todas as espécies anisospóricas, foram medidos o diâmetro maior de 100 esporos em vista polar, tomados ao acaso em três lâminas, tanto para o material padrão quanto para a comparação.

A média dos estratos do esporoderma e do tamanho da área apertural foram obtidos em esporos não-acetolisados, tomados ao acaso em três lâminas.

Após a tomada de medidas, foram calculados a média aritmética (\bar{X}), o desvio padrão da amostra (S), o desvio padrão da média ($S_{\bar{X}}$), o coeficiente de variação (CV), o intervalo de confiança (IC) a 95% e são apresentados os valores mínimos e máximos (X_{\min} e X_{\max}).

A distribuição de frequência dos tamanhos dos diâmetros maiores dos esporos para o material padrão de cada táxon estudado foi apresentada em gráficos de linha. As médias de tamanho do diâmetro maior dos esporos e da sua área apertural foram submetidas ao teste t ou aos testes da homogeneidade e homocedasticidade das variâncias, que são pressupostos para a realização do Teste Anova (Vieira, 2006). Nas amostras que atendiam os pressupostos, foram realizados o Teste Anova e o teste *a posteriori* de Tukey, caso não atendessem, foi realizado o teste de Kruskal Wallis (Kruskal & Wallis, 1952).

Para avaliação da distribuição de tamanho dos esporos, foram apresentados gráficos de linhas e, para comparar os valores de tamanho do diâmetro maior dos esporos, foram elaborados gráficos box-plot para todas as espécies. Na análise da distribuição de frequência de tamanho dos esporos das espécies anisospóricas, os valores dos diâmetros maiores dos esporos foram incluídos em classes de frequência. Os esporos com tamanho contido no intervalo da classe do primeiro pico do gráfico de linhas foram denominados “esporos menores” e os esporos com tamanho contido no intervalo do segundo pico denominados “esporos maiores” (Luizi-Ponzo, 2001; Rodrigues & Luiz-Ponzo, 2015).

Para o detalhamento da superfície e da estrutura do esporoderma, os esporos foram analisados sob microscopia eletrônica de varredura e de transmissão.

Para as observações sob microscopia eletrônica de varredura (MEV), as cápsulas foram fixadas em glutaraldeído, pós-fixadas em tetróxido de ósmio (OsO₄), lavadas em solução tampão, desidratadas em série etanólica e secas em secador de Ponto Crítico (CPD); sob microscópio estereoscópico, os esporos foram dispersos sobre os suportes com fita dupla face de carbono e metalizados com ouro. Os suportes foram observados sob microscópio eletrônico de varredura, e as eletromicrografias foram armazenadas em mídia digital.

Para as observações sob microscopia eletrônica de transmissão (MET), as cápsulas foram fixadas em glutaraldeído, pós-fixadas em tetróxido de ósmio (OsO₄), lavadas em solução tampão e desidratadas em série etanólica. Foram emblocadas em resina de Spurr e aquecidas a 70°C, por 48 h; em seguida, os blocos de resina foram seccionados e montados em tela de cobre de MET. O material foi contrastado com acetato de uranila e citrato de chumbo e observado sobre MET. As eletromicrografias foram disponibilizadas eletronicamente na plataforma digital do CM-UFMG, na área restrita do usuário.

Os esporos foram descritos com base na terminologia proposta por Punt et al. (2007) e as definições das classes de tamanho seguem a classificação de Erdtmam (1952), a saber: esporos pequenos (entre 10-25 µm) e esporos médios (entre 25-50 µm).

3. Resultados e Discussão

Os táxons estudados apresentam esporos anisomórficos e isomórficos, em mônades, de tamanho pequeno a médio, com simetria radial, heteropolares ou apolares, de âmbito subcircular; região apertural, às vezes, diferenciada, subcircular, apresentando ornamentação distinta do restante da superfície do esporoderma. Esporoderma formado por intina, exina e perina (Figura 3, 6, 10, 13, 17, Tabela 1,2,3,4, 5,6,7, 8,9, 10,11).

Devido ao tamanho pequeno dos esporos, associado aos elementos de ornamentação discretos, foi necessária a observação dos esporos sob microscopia eletrônica de varredura para descrição detalhada da perina.

A ornamentação da perina pode ser utilizada para separar as espécies em três tipos morfológicos: gemoide, granuloide e baculoide.

- Tipo Morfológico Gemoide

Este tipo morfológico está representado pelas espécies *Oreas martiana* (Hoppe & Hornsch.) Brid. e *Oreoweisia laxiretis* Broth ex Herzog.

Esporos isomórficos, de tamanho pequeno, heteropolares, de âmbito subcircular. Superfície do esporoderma densamente ornamentada por gemas. Em *O. laxiretis*, as gemas são numerosas, com tamanhos variados e sobrepostas, enquanto que em *O. martiana*, as gemas são em pequeno número e possuem tamanho uniforme. A região apertural em *O. martiana*, apresenta área subcircular e sem ornamentação diferenciada (Figura 3A e 3D, Tabela 1), em *O. laxiretis* não há evidência de área preferencial para a germinação (Figura 3B, 3C, 3E, 3F).

A exina e a perina foram tratadas em conjunto (esclerina) devido a sua pequena espessura. Em ambas as espécies, a esclerina e intina são delicadas. Em *O. martiana*, a intina mede cerca de 1.05 µm e a esclerina 1.11 µm. Já em *O. laxiretis* a intina mede 0.76 µm e a esclerina 1.11 µm.

Observando a Figura 1, é possível notar que *O. martiana* apresenta maior variação no tamanho dos esporos e que sua mediana se sobrepõe ao limite superior de *O. laxiretis*. O teste t, demonstra que as médias são significativamente diferentes ($p=0,0069 \cdot 10^{14}$).

Tabela 1. Dados morfométricos dos esporos das espécies do Tipo Morfológico Gemoide, em micrômetros (*material padrão).

| | EP | EE | DM | | | | |
|--|-------|-------|--------------|--------------|------|--------|---------------|
| | X | X | Xmin-Xmax | X ± Sx | S | CV (%) | IC 95% |
| <i>Oreoweisia laxiretis</i> Broth. ex Herzog | | | | | | | |
| R. R. Ireland, 23648 (CANM) * | 16.36 | 23.47 | 15.60- 23.40 | 20.04 ± 0.19 | 1.39 | 6.94 | 19.64 - 20.43 |
| <i>Oreas martiana</i> (Hoppe & Hornsch.) Brid. | | | | | | | |
| J. Breidler, s/n° (SP 80316) * | 18.81 | 25.69 | 19.50- 31.20 | 23.89 ± 0.32 | 2.30 | 9.63 | 23.23 - 24.54 |

Legenda: X_{MIN}-X_{MÁX} = valores máximos e mínimos da amostra; X = média; SX = desvio padrão da média; S = desvio padrão da amostra; IC = intervalo de confiança; CV = coeficiente de variação

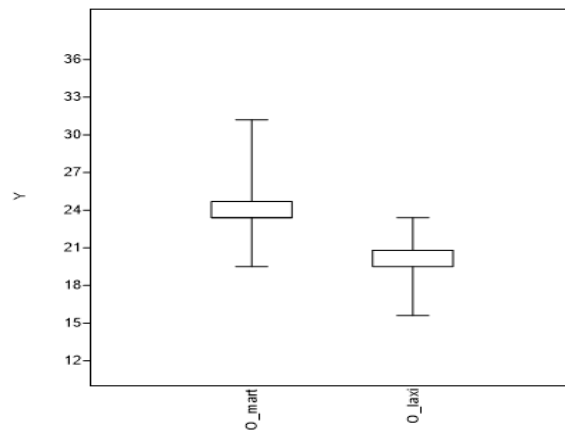


Figura 1: Representação gráfica da variação das medidas de tamanho do diâmetro maior dos esporos das espécies do Tipo Gemoide. Legenda O_mart: *Oreas martiana* (Hoppe & Hornsch.) Brid. e O_laxi: *Oreoweisia laxiretis* Broth ex Herzog.

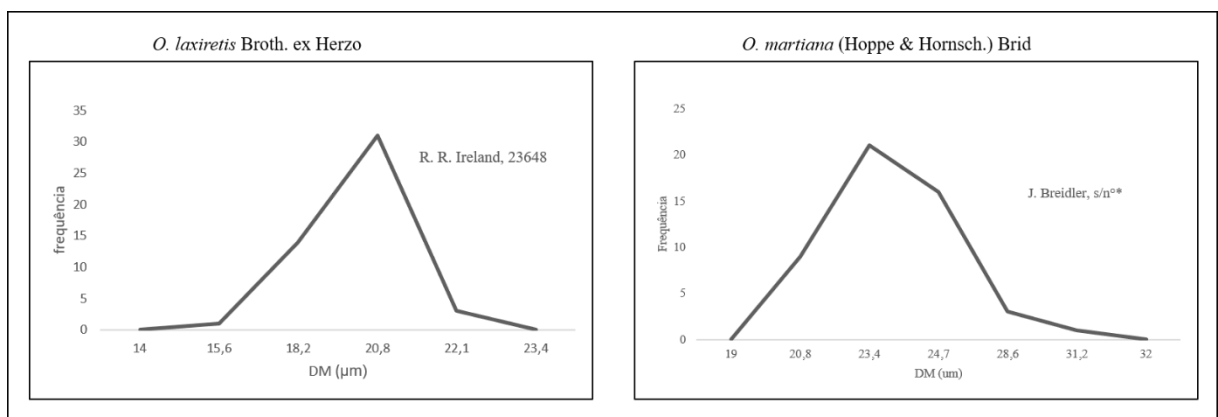


Figura 2: Gráficos de linha representando a distribuição de frequência de tamanho dos esporos das espécies do Tipo Gemoide.

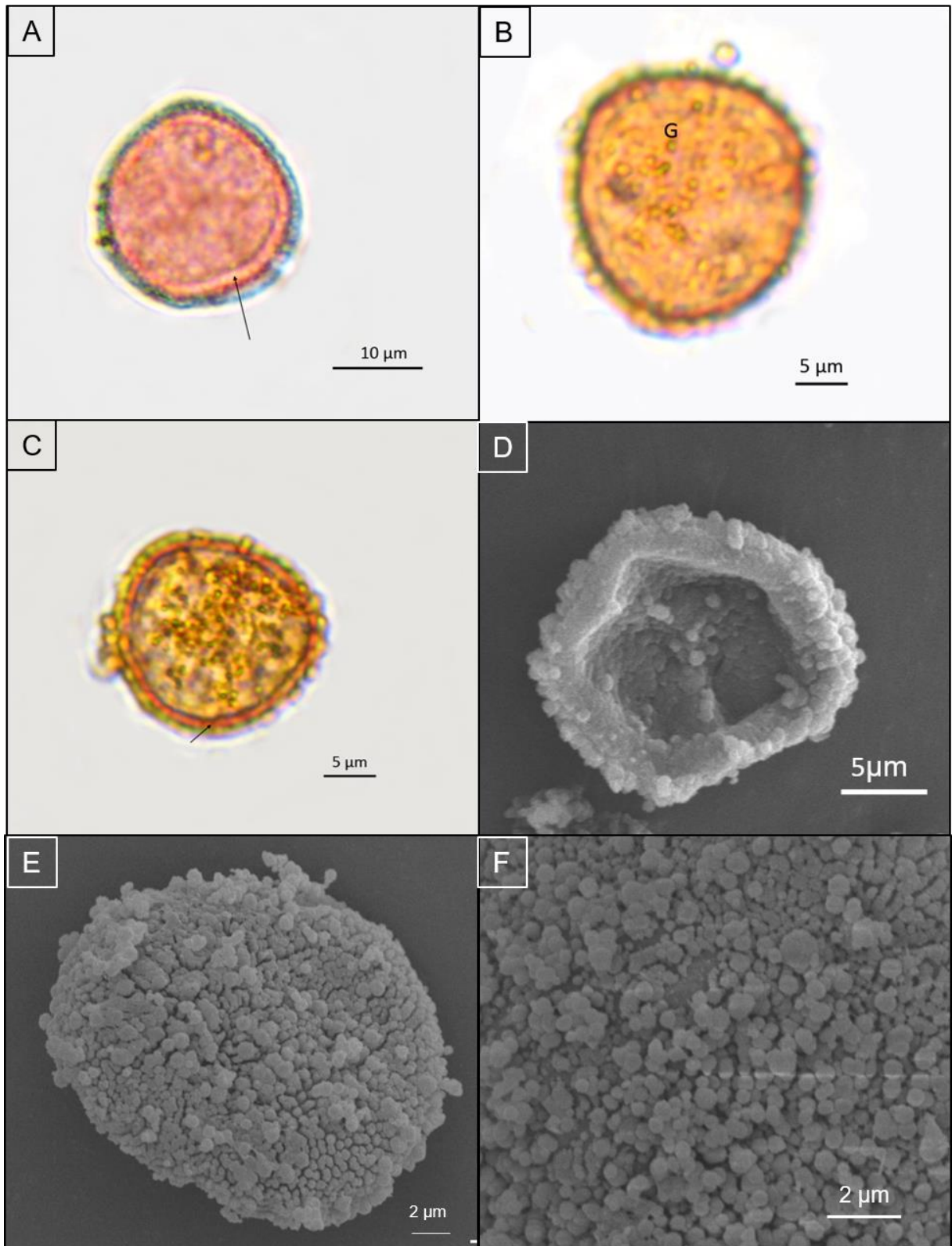


Figura 3: Micrografias e elctromicrografias das espécies do Tipo Gemoide. Legenda: A e D: *Oreas martiana* (Hoppe & Hornsch.) Brid., B, C, E, F: *Oreoweisia laxiretis* Broth. ex Herzog; Seta= Intina, G=Gema. A, B, C sob ML e D. E e F sob MEV.

- Tipo Morfológico Granuloide

Este tipo morfológico está representado pelas espécies *Arctoa hyperborea* (Gunnerus ex With.) Bruch & Schimp., *Arctoa fulvella* (Dicks.) Bruck & Schimp.; *Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp., *Kiaeria falcata* (Hedw.) I. Hagen; *Kiaeria glacialis* (Berggr.). I. Hagen; *Kiaeria starkei* (F. Weber & D. Mohr) I. Hagen; *Oncophorus virens* (Hedw.) Brid., *Oncophorus wahlenbergii* Brid. e *Oreoweisia brasiliensis* Hampe.

Esporos de tamanho pequeno a médio, com âmbito subcircular hetropolares, com exceção das espécies do gênero *Kiaeria* I. Hagen, que são apolares, Superfície do esporoderma ornamentada por grânulos, que podem estar unidos ou sobrepostos, com a exina totalmente coberta pela perina ou com pequenas áreas expostas. A área apertural às vezes com ornamentação diferenciada.

Os esporos são isomórficos em *A. fulvella*, *D. pellucidum*, *K. falcata*, *K. glacialis*, *K. starkei* (Figura 4) e *O. brasiliensis* e anisomórficos em *A. hyperborea*, *O. virens*, *O. wahlenbergii* (Figura 9).

Nas espécies isospóricas, os esporos são pequenos, sendo que *O. brasiliensis* apresentou esporos com maior média de tamanho do diâmetro maior e *K. starkei*, a menor média. Na figura 8, é possível observar que as espécies apresentam sobreposição nas medianas ou nos limites superiores e inferiores de tamanho dos esporos. *K. starkei* e *K. falcata* apresentam sobreposição no intervalo de confiança do tamanho dos esporos e a diferença entre as médias de tamanho do diâmetro maior dos esporos não são significativamente diferentes ($p=0,258$), enquanto que nas demais espécies, as médias são significativamente diferentes ($p=0,00141*10^{32}$). *D. pellucidum* apresentou maior amplitude de tamanho do diâmetro maior dos esporos, e apresentou sobreposição das medidas de diâmetro maior dos esporos com todas as demais espécies (Figura 5).

Todas as espécies apresentaram pelo menos um material de comparação fora do intervalo de confiança do material padrão (Tabela 2), sendo essa diferença significativa, em *A. fulvella*, $p=0,0171*10^8$, em *K. falcata*, $p=0,002*10^8$, em *K. glacialis*, $p=0,0098*10^2$, em *K. starkei*, $p=0,0078$, em *O. brasiliensis* $p=0,0081*10^{10}$, e em *D. pellucidum*, $p=0,00278$.

Arctoa fulvella, *D. pellucidum* e *O. brasiliensis* apresentam área apertural diferenciada em uma região subcircular. Em *O. brasiliensis*, não há diferenciação na ornamentação da superfície do esporoderma na área apertural (Figura 6M-6O), enquanto que em *A. fulvella*

(Figura 6A-6D) e *D. pellucidum* ocorrem gemas na área apertural (Figura 6E e 6F). As espécies do gênero *Kiaeria* I. Hagen estudadas não apresentam área apertural nos esporos (6G-6L).

Em esporos de *A. fulvella*, a superfície do esporoderma é ornamentada por grânulos de diferentes tamanhos e algumas gemas distribuídas na região apertural e há regiões com exina exposta (Figura 6A-6D), assim como nos esporos de *D. pellucidum* (Figura 6E e 6F). Em esporos de *O. brasiliensis*, os grânulos apresentam distribuição uniforme, as gemas são escassas e não há exina exposta, toda sua superfície é encoberta pelos elementos de ornamentação (Figura 6M-6O). O mesmo ocorre em esporos de *K. falcata*, nos quais a superfície do esporoderma é densamente ornamentada por grânulos, que se sobrepõem (Figura 6G-6H). Já em *K. starkei*, esporos apresentam os grânulos aglomerados, com tamanho e distribuição variada deixando áreas da exina exposta (Figura 6K-6L). Em esporos de *K. glacialis*, os grânulos podem ser individuais ou, raramente, unidos, com aspecto globoso (Figura 6I-6J).

Os estratos do esporoderma são delicados e com espessura semelhante entre as espécies, com exceção de *A. fulvella*, que apresenta intina e esclerina espessas, quando comparada com as demais espécies e *K. glacialis* que apresenta esclerina mais espessa que a intina (Tabela 4).

Tabela 2. Dados morfométricos do diâmetro maior dos esporos das espécies isospóricas do Tipo Morfológico Granuloide, em micrômetros (*material padrão, demais, comparação).

| | DM | | | | |
|---|---------------|--------------|------|-------|---------------|
| | Xmin-Xmax | X ± Sx | S | CV(%) | IC 95% |
| <i>A. fulvella</i> (Dicks.) Bruck & Schimp. | | | | | |
| W. B. Schofield, 22265* (CANM) | 15.60 - 28.60 | 20.65 ± 0.21 | 2.16 | 10.46 | 20.07- 21.22 |
| W. B. Schofield & J. Spence, 84092 (CANM) | 15.60 - 28.60 | 20.56 ± 0.21 | 2.17 | 10.55 | 19.94 - 21.17 |
| Leg. & Det. Rene J. Belland 4345 (CANM) | 15.60 - 23.40 | 18.59 ± 0.19 | 3.67 | 19.74 | 17.54 - 19.63 |
| <i>D. pellucidum</i> (Hedw.) Schimp. | | | | | |
| W. B. Schofield, 13100 * (CANM) | 13.00 - 28.60 | 21.06 ± 0.32 | 3.27 | 15.00 | 20.83 - 22.68 |
| W. B. Schofield, 18303 (CANM) | 16.90 - 28.60 | 22.12 ± 0.28 | 2.83 | 12.45 | 21.31 - 22.92 |
| W. B. Schofield, 12606 (CANM) | 13.00 - 28.60 | 21.52 ± 0.27 | 2.74 | 12.69 | 20.74 - 22.29 |
| F. M. Boas, s/n° (CANM 117911) | 13.00 - 28.60 | 22.73 ± 0.27 | 2.78 | 12.62 | 21.93 - 23.58 |
| <i>K. falcata</i> (Hedw.) I. Hagen | | | | | |
| W. B. Schofield, 74282* (CANM) | 13.00 - 20.80 | 16.77 ± 0.29 | 2.07 | 12.34 | 16.18 - 17.35 |
| F. M. Boas, 1523 (CANM) | 13.00 - 18.20 | 15.47 ± 0.20 | 1.15 | 7.43 | 15.14 - 15.79 |
| W. B. Schofield, 74202 (CANM) | 11.70 - 15.60 | 13.65 ± 0.19 | 1.06 | 7.77 | 13.34 - 13.95 |
| <i>K. glacialis</i> (Berggr.) I. Hagen | | | | | |
| T. Hedderson, 5168 * (CANM) | 18.20 - 26.00 | 21.24 ± 0.29 | 2.10 | 9.89 | 20.64 - 21.83 |
| T. Hedderson, 5106 (CANM) | 18.20 - 22.10 | 19.54 ± 0.23 | 1.29 | 6.60 | 19.17 - 19.90 |
| D. Weber, 1386 (CANM) | 15.60 - 23.40 | 19.93 ± 0.35 | 1.94 | 9.73 | 19.37 - 20.48 |
| <i>K. starkei</i> (F. Weber & D. Mohr) I. Hagen | | | | | |
| H. Crum & W. Schofield, 5983* (CANM) | 13.00 - 19.50 | 15.86 ± 0.21 | 1.49 | 9.39 | 15.43 - 16.28 |
| R. R. Ireland & G. Bellolio-Trucco, 18698 (CANM) | 13.00 - 15.60 | 14.86 ± 0.18 | 1.00 | 6.73 | 14.57 - 15.14 |
| H. Crum & W. B. Schofield, 6097 (CANM) | 13.00 - 16.90 | 15.21 ± 0.19 | 1.08 | 7.10 | 14.90 - 15.51 |
| W. B. Schofield, 25093 (CANM) | 13.00 - 18.20 | 15.25 ± 0.22 | 1.22 | 8.00 | 14.90 - 15.59 |
| <i>O. brasiliensis</i> Hampe | | | | | |
| Leg. Schäfer-Verwimp & Verwimp, s/n°* (SP 398451) | 18.20 - 28.60 | 24.20 ± 0.38 | 2.70 | 11.16 | 23.43 - 24.96 |
| Marko Lewis, 87446 (SP) | 15.60 - 23.40 | 18.74 ± 0.32 | 1.76 | 9.39 | 18.23 - 19.24 |
| Vital, 901 (SP) | 20.15 - 27.30 | 22.53 ± 0.37 | 2.02 | 8.97 | 21.95- 23.10 |

Legenda: X_{MIN}-X_{MÁX} = valores máximos e mínimos da amostra; X = média; SX = desvio padrão da média; S = desvio padrão da amostra; IC = intervalo de confiança; CV = coeficiente de variação

Tabela 3. Valor médio (em μm) do diâmetro do eixo polar e do eixo equatorial das espécies isospóricas do Tipo Morfológico Granuloide.

| | Diâmetro Polar | Diâmetro Equatorial |
|--|----------------|---------------------|
| <i>A. fulvella</i> (Dicks.) Bruck & Schimp | 13.55 | 16.75 |
| <i>D. pellucidum</i> (Hedw.) Schimp | 12.25 | 15.65 |
| <i>K. falcata</i> (Hedw.) I.Hagen | não se aplica | não se aplica |
| <i>K. glacialis</i> (Berggr.). I. Hagen | não se aplica | não se aplica |
| <i>K. starkei</i> (F. Weber & D. Mohr) I. Hagen; | não se aplica | não se aplica |
| <i>O. brasiliensis</i> Hampe | 19.82 | 22.42 |

Tabela 4. Valor médio (em μm) da espessura dos estratos do esporoderma e do comprimento da área apertural dos esporos das espécies isospóricas do Tipo Morfológico Granuloide.

| | Esporoderma | | |
|--|-------------|-----------|----------------|
| | Intina | Esclerina | Área Apertural |
| <i>A. fulvella</i> (Dicks.) Bruck & Schimp | 1.05 | 1.17 | 6.00 |
| <i>D. pellucidum</i> (Hedw.) Schimp | 0.93 | 1.46 | 10.00 |
| <i>K. falcata</i> (Hedw.) I.Hagen | 0.58 | 0.58 | não se aplica |
| <i>K. glacialis</i> (Berggr.). I. Hagen | 0.58 | 1.17 | não se aplica |
| <i>K. starkei</i> (F. Weber & D. Mohr) I. Hagen; | 0.81 | 0.87 | não se aplica |
| <i>O. brasiliensis</i> Hampe | 0.78 | 0.87 | 11.70 |

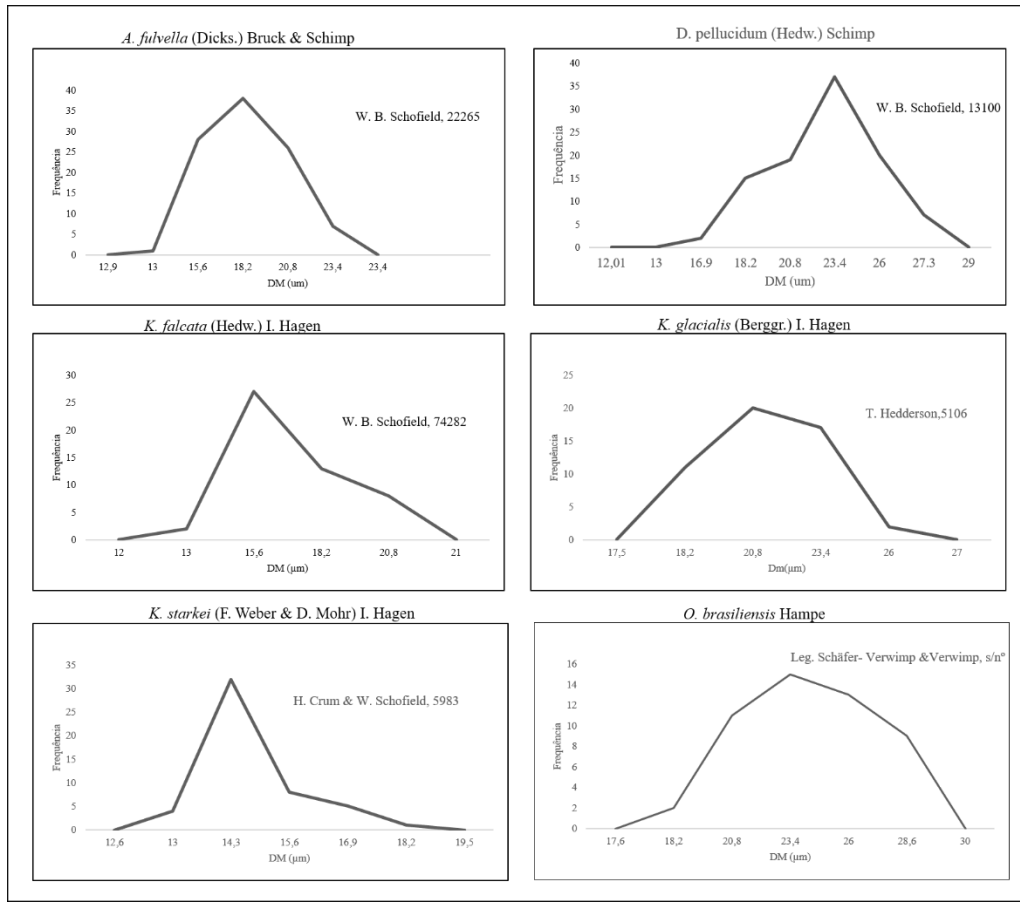


Figura 4: Gráficos de linha representando a distribuição da frequência de tamanho dos esporos das espécies isospóricas do Tipo Granuloide.

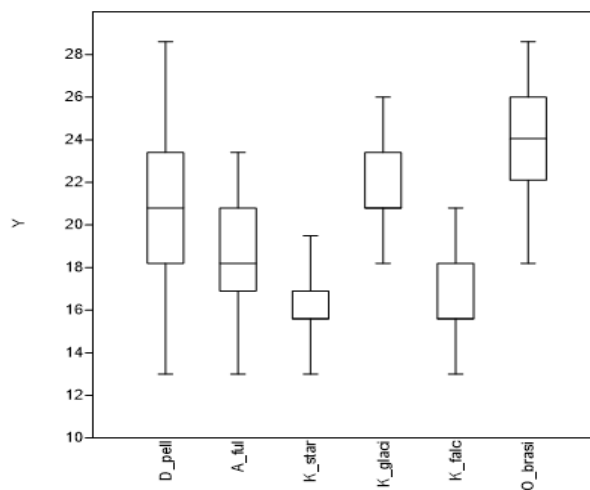


Figura 5: Representação gráfica da variação das medidas de tamanho do diâmetro maior dos esporos das espécies isospóricas do Tipo Granuloide. Legenda: D_pell: *Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp. A_ful: *Arctoa fulvella* (Dicks.) Bruck & Schimp., K_glaci: *Kiaeria glacialis* (Berggr.). I. Hagen, K_star: *Kiaeria starkei* (F. Weber & D. Mohr) I. Hagen, K_falc: *Kiaeria falcata* (Hedw.) I.Hagen, O_brasi: *Oreoweisia brasiliensis* Hampe.

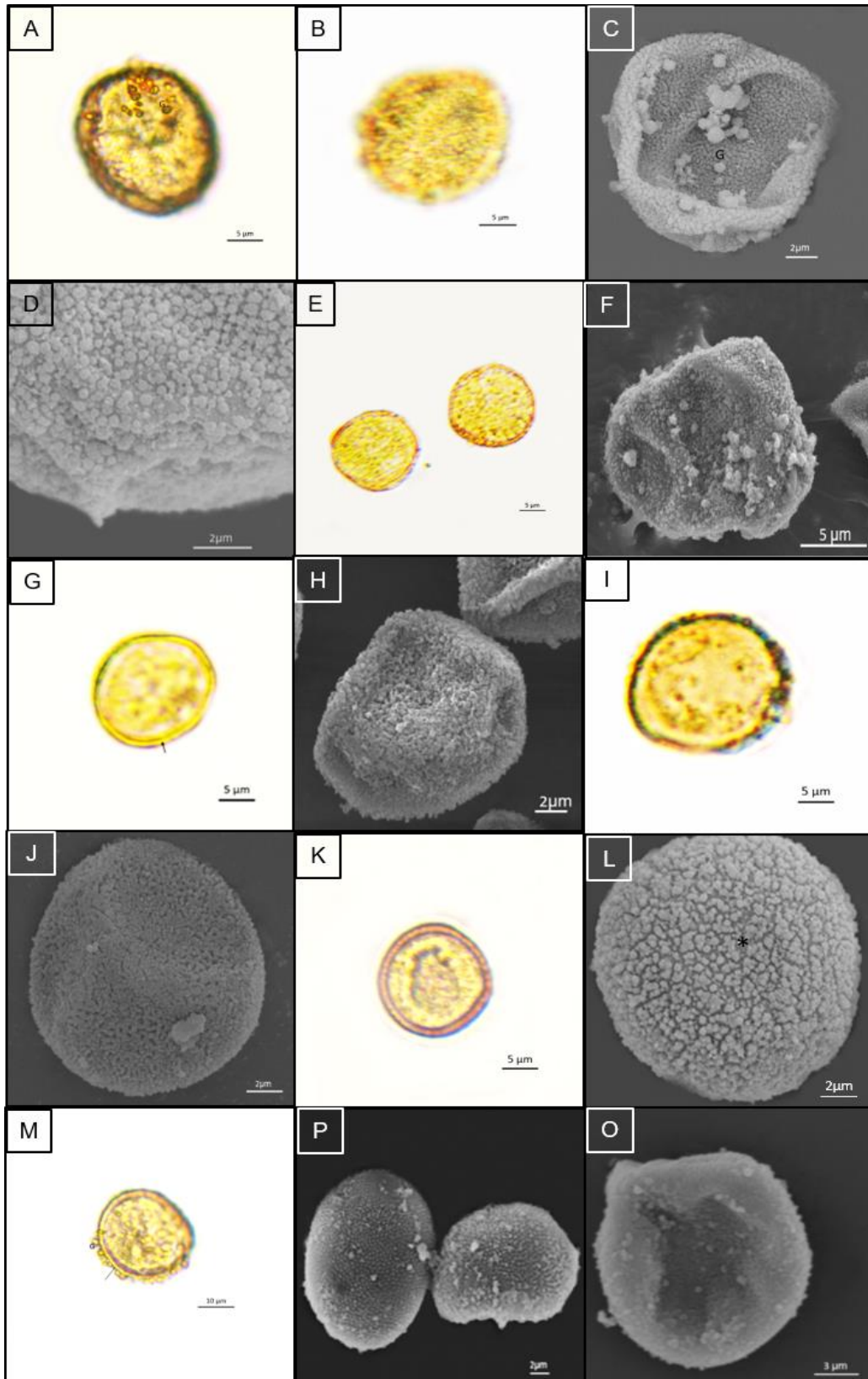


Figura 6: Micrografias das espécies isospóricas do Tipo Granuloide: Legenda: A, B, C e D: *Arctoa fulvella* (Dicks.) Bruck & Schimp.; E e F: *Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp. G e H *Kiaeria falcata* (Hedw.) I. Hagen; I e J: *Kiaeria glacialis* (Berggr.) I. Hagen; K e L: *Kiaeria starkei* (F. Weber & D. Mohr) I. Hagen; M, N e O: *Oreoweisia brasiliensis* Hampe. Legenda: Seta= intina, G = Gema, Gr. U= grânulos unidos, A=Área apertural. *= exina exposta. A, B, E, G, I, K, M sob ML e C, D, F, H, J, L, N, O sob MEV.

Nas espécies anisospóricas, *Arctoa hyperborea* (Gunnerus ex With.) Bruch & Schimp., *Oncophorus virens* (Hedw.) Brid. e *Oncophorus wahlenbergii* Brid., os “esporos menores” são pequenos, e os “esporos maiores” também são pequenos em *O. wahlenbergii*. Já em *A. hyperborea* e *O. virens*, os “esporos maiores” são de tamanho médio. Para todas as espécies, os esporos são heteropolares, com âmbito subcircular (Tabela 5).

As três espécies apresentaram distribuição bimodal da frequência de tamanho dos esporos (Figura 9), corroborando a análise qualitativa e apresentam diferença significativa no tamanho dos “esporos menores” e “esporos maiores”. *A. hyperborea* apresentou $p = 0,000423 * 10^{-5}$, *O. virens*, $p=0,00392$ e *O. wahlenbergii*, $p= 0,0121*10^1$.

Os materiais de comparação de *O. wahlenbergii* apresentaram esporos com médias de tamanho do diâmetro maior fora do intervalo de confiança do material padrão, as médias de tamanho dos “esporos menores” apresentam diferenças significativas ($p=0,00912*10^6$) entre os espécimes analisados. Considerando os “esporos maiores”, apenas o material de comparação R.R. Ireland, 16252, apresentou média de tamanho do diâmetro maior dos esporos fora do intervalo de confiança do material padrão sendo essa diferença significativa ($p= 0,0801*10^2$) (Tabela 5).

Nas Figuras 7 e 8, é possível observar que as três espécies apresentam sobreposição na distribuição da frequência de tamanho dos esporos, tanto nos “esporos menores” quanto nos “esporos maiores”, e que *A. hyperborea* e *O. virens* apresentam maior amplitude na distribuição da frequência de tamanho dos esporos “menores”, enquanto que *O. wahlenbergii* apresenta maior amplitude na distribuição da frequência de tamanho dos “esporos maiores”. Por causa do número de “esporos menores” ser reduzido em *A. hyperborea*, o limite superior, o 3º quartil, o 2º quartil ou mediana e 1º quartil se sobrepõem. De forma semelhante ocorreu em *O. virens*, com a sobreposição do 3º quartil, o 2º quartil e 1º quartil. Em *O. wahlenbergii* houve sobreposição do limite inferior, o 1º quartil, o 2º quartil e 1º quartil.

As médias de tamanho do diâmetro maior das três espécies apresentam diferenças significativas, tanto em relação aos “esporos menores”, com $p= 0,00959 * 10^{-28}$, quanto em relação aos “esporos maiores”, com $p= 0,00193* 10^{-13}$.

As três espécies anisospóricas apresentam região apertural semicircular com elementos de ornamentação distintos do restante da superfície do esporoderma (Figura 10). Em esporos de *O. wahlenbergii*, a região apertural apresenta grânulos unidos, enquanto que no restante da superfície os grânulos são individuais (Figura 10I-10L). Em esporos de *O.*

virens, a superfície também é ornamentada por grânulos individuais, enquanto que a região apertural apresenta grânulos menores e parte da exina sem ornamentação (Figura 10E-10H). Já em *A. hyperborea*, os esporos apresentam grânulos que podem ser individuais ou unidos, ou ainda, formar elementos globosos, preferencialmente na área apertural (Figura 10A-10D).

Os esporos de *O. virens* e *O. wahlebergii* apresentam médias de espessura dos estratos do esporoderma semelhantes, enquanto que *A. hyperborea* apresenta intina e esclerina delicadas (tabela 7).

Tabela 5. Dados morfométricos do diâmetro maior dos esporos das espécies anisospóricas do Tipo Morfológico Granuloide, em micrômetros (*material padrão, demais comparação).

| | Esporos menores | | | | | | Esporos maiores | | | | | |
|--|-----------------|--------------|------|-------|---------------|----|-----------------|--------------|------|-------|---------------|----|
| | Xmin-Xmax | X ± Sx | S | CV(%) | IC 95% | N | Xmin-Xmax | X ± Sx | S | CV(%) | IC 95% | N |
| <i>A. hyperborea</i> (Gunnerus ex With.) Bruch & Schimp. | | | | | | | | | | | | |
| K, Holmen, s/n°*(CANM 227256) | 18.20 - 20.80 | 20.57 ± 0.17 | 0.68 | 3.31 | 20.39 - 20.74 | 17 | 22.10 - 36.40 | 27.58 ± 0.39 | 3.56 | 12.91 | 26.60 - 28.53 | 83 |
| <i>O. virens</i> (Hedw.) Brid. | | | | | | | | | | | | |
| P. Kallio, s/n° (CANM 118578) | 16.90 - 22.10 | 20.52 ± 0.20 | 1.31 | 6.38 | 20.17 - 20.86 | 43 | 22.10 - 31.20 | 34.99 ± 0.30 | 2.27 | 9.08 | 24.38 - 25.59 | 57 |
| <i>O. wahlenbergii</i> Brid. | | | | | | | | | | | | |
| J. Doubt, DRBB28 * (CANM) | 10.40 - 18.20 | 15.36 ± 0.23 | 2.00 | 13.02 | 14.86- 15.89 | 74 | 19.60 - 26.00 | 20.55 ± 0.12 | 0.63 | 3.07 | 20.38 - 20.71 | 26 |
| Ireland, R.R., 16252 (CANM) | 16.90 - 18.20 | 18.09 ± 0.10 | 0.37 | 2.05 | 17.45 - 18.75 | 12 | 18.20 - 28.60 | 21.93 ± 0.19 | 1.80 | 8.20 | 21.41 - 22.40 | 89 |
| R. R. Ireland, 23826 (CANM) | 13.00 - 18.20 | 16.35 ± 0.15 | 1.47 | 8.99 | 15.93 - 16.76 | 83 | 19.50 - 20.80 | 20.57 ± 0.12 | 0.51 | 2.48 | 19.86 - 21.27 | 17 |

Legenda: X_{MIN}-X_{MÁX} = valores máximos e mínimos da amostra; X = média; SX = desvio padrão da média; S = desvio padrão da amostra; IC = intervalo de confiança; CV = coeficiente de variação

Tabela 6. Valor médio (em µm) do diâmetro do eixo polar e do eixo equatorial das espécies anisospóricas do Tipo Morfológico Granuloide.

| | "Esporos menores" | | "Esporos maiores" | |
|--|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| | Eixo polar | Eixo Equatorial | Eixo Polar | "Eixo equatorial" |
| <i>A. hyperborea</i> (Gunnerus ex With.) Bruch & Schimp. | 0.84 | 0.63 | 10.95 | 12.75 |
| <i>O. virens</i> (Hedw.) Brid | 15.60 | 20.80 | 19.37 | 24.96 |
| <i>O. wahlenbergii</i> Brid. | 10.60 | 15.34 | 14.56 | 20.67 |

Tabela 7. Valor médio (em μm) da espessura dos estratos do esporoderma e da àrea apertural dos esporos das espécies anisospóricas do Tipo Morfológico Granuloide.

| | Esporoderma | | Área apertural | |
|--|-------------|-----------|------------------|-------------------|
| | intina | Esclerina | "Esporos minore" | "Esporos maiores" |
| <i>A. hyperborea</i> (Gunnerus ex With.) Bruch & Schimp. | 0.84 | 0.63 | 10.95 | 12.75 |
| <i>O. virens</i> (Hedw.) Brid | 1.17 | 1.17 | 10.35 | 16.47 |
| <i>O. wahlenbergii</i> Brid. | 1.17 | 1.17 | 6.68 | 9.58 |

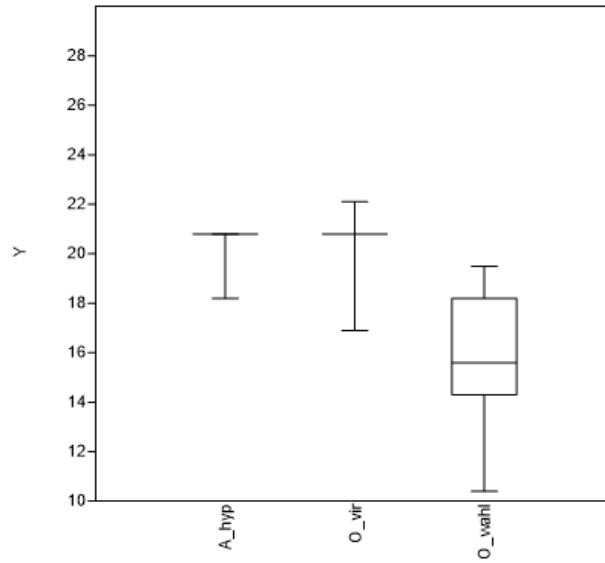


Figura 7: Representação gráfica da variação das medidas de tamanho do diâmetro maior dos “esporos menores” das espécies anisospóricas do Tipo Granuloide. Legenda: A_hyp: *Arctoa hyperborea* Gunnerus ex With.) Bruch & Schimp., O_vir: *Oncophorus virens* (Hedw.) Brid. e O_wahl: *Oncophorus wahlenbergii* Brid.

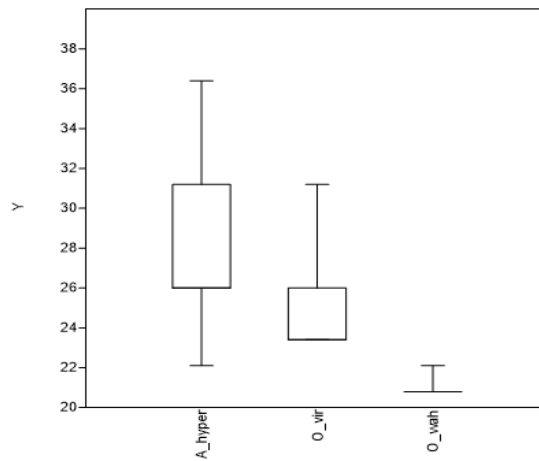


Figura 8: Representação gráfica das medidas de tamanho do diâmetro maior dos “esporos maiores” das espécies anisospóricas do Tipo Granuloide. Legenda: A_hyp: *Arctoa hyperborea* Gunnerus ex With.) Bruch & Schimp., O_vir: *Oncophorus virens* (Hedw.) Brid. e O_wahl: *Oncophorus wahlenbergii* Brid.

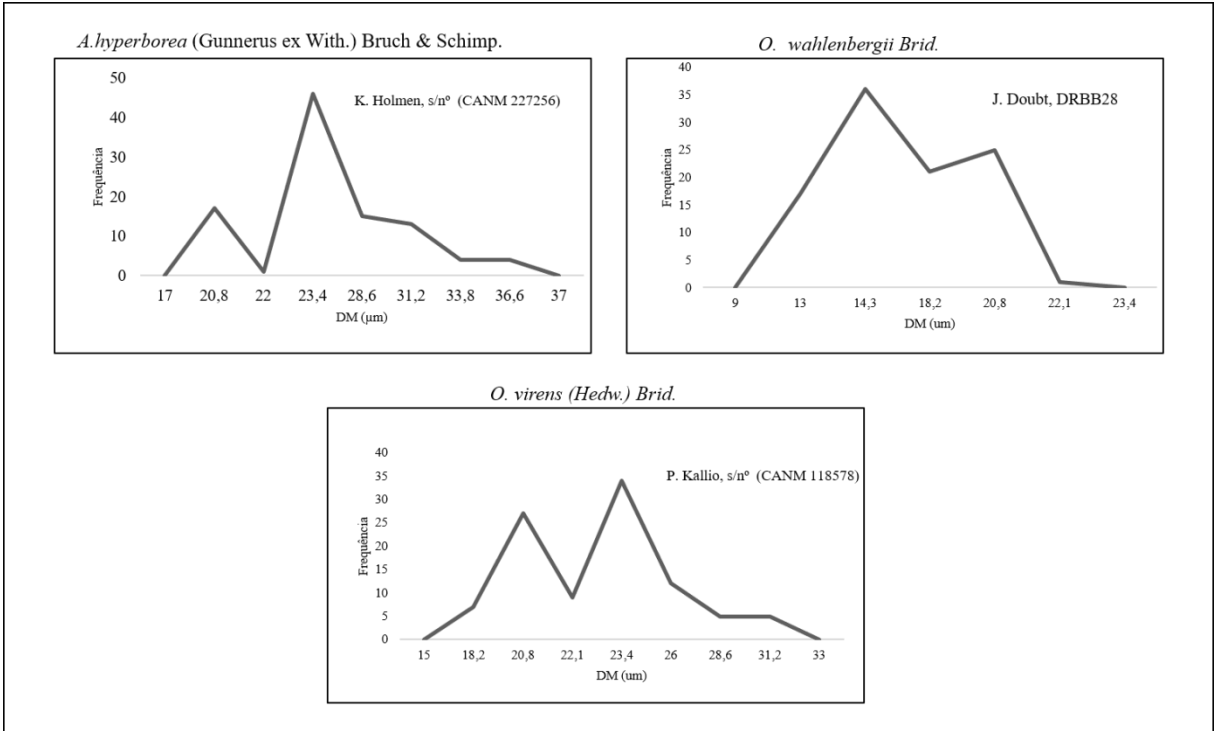


Figura 9: Gráficos de linha representando a distribuição da frequência de tamanho dos esporos das espécies anisospóricas do Tipo Granuloide.

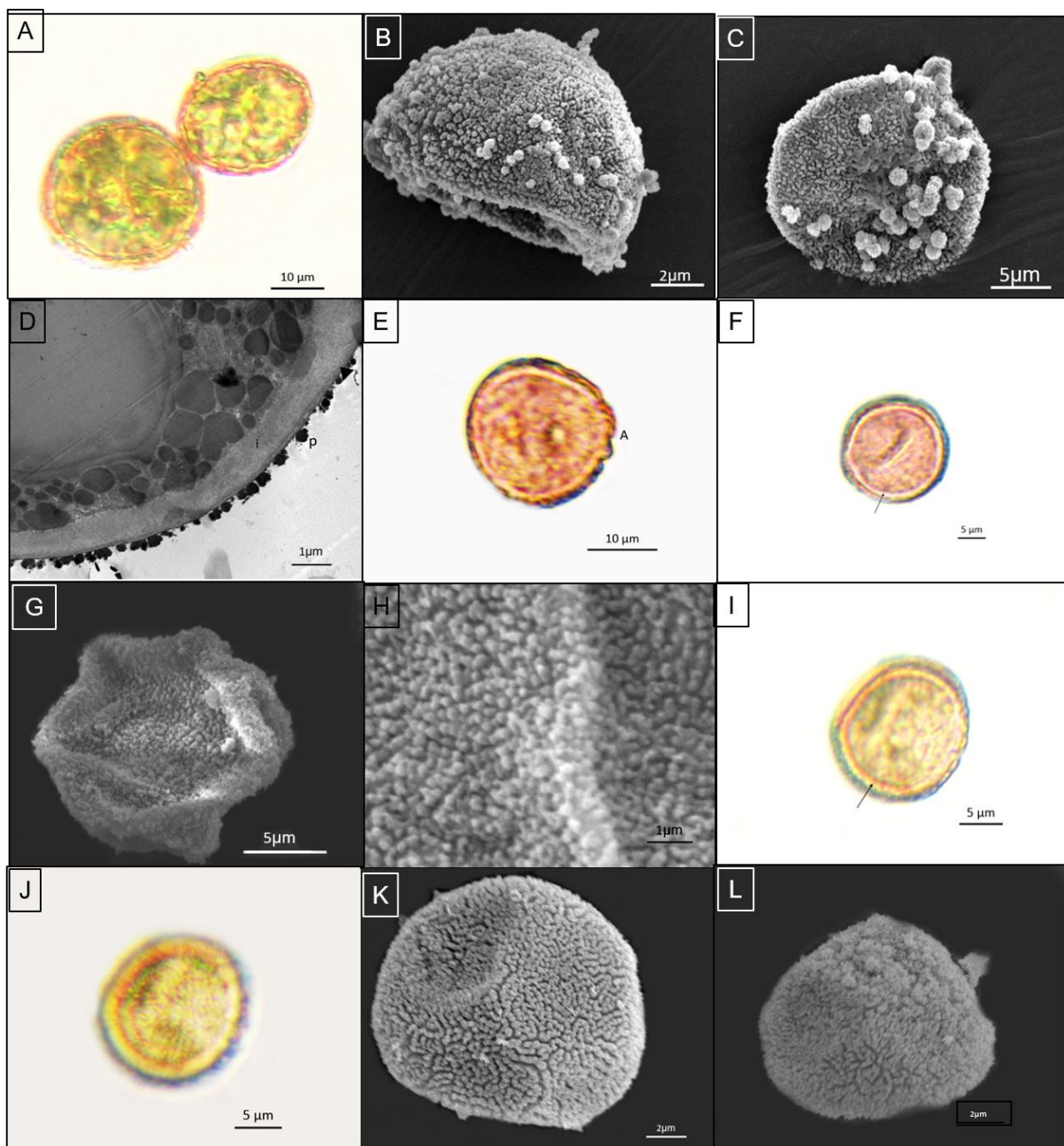


Figura 10: Fotomicrografias e eletromicrografias das espécies anisospóricas do Tipo granuloide. A, B, C e D: *Arctoa hyperborea* (Gunnerus ex With.) Bruch & Schimp., E, F, G e H: *Oncophorus virens* (Hedw.) Brid e I, J, K e L: *Oncophorus wahlenbergii* Brid. Legenda: A= Área apertural, I= intina, P= perina. A, E, F, I e J: sob microscópio de luz, B, C, D, G, H, K e L: sob microscópio de varredura e D sob microscópio eletrônico de transmissão.

-Tipo Baculoide

Este tipo morfológico está representado pelas espécies *Cynodontium gracilescens* (F. Weber & D. Mohr) Schimp., *Cynodontium polycarpum* (Hedw.) Schimp., *Cynodontium strumiferum* (Hedw.) Lindb., *Cynodontium strumulosum* Müll. Hal. & Kindb., *Cynodontium tenellum* (Shimp.) Limpr., *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb. ex Milde, *Dicranoweisia*

crispula (Hedw.) Milde, *Rhabdoweisia crispata* (Dicks ex With.) Lindb. e *Rhabdoweisia fugax* (Hedw.) Bruch & Schimp.

Esporos de tamanho pequeno a médio, heteropolares, de âmbito subcircular. Superfície do esporoderma ornamentada por báculos, que podem ser individuais ou unidos, gemas e grânulos. A área apertural é diferenciada, com região subcircular e ornamentação distinta do restante da superfície do esporoderma e áreas exina exposta, sem cobertura de perina.

Os esporos são isomórficos nas espécies *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb. ex Milde; *Dicranoweisia crispula* (Hedw.) Milde, *Rhabdoweisia crispata* (Dicks ex With.) Lindb. e *Rhabdoweisia fugax* (Hedw.) Bruch & Schimp (Figura 11). e anisomórficos nas demais espécies (Figura 14)

Nas espécies isospóricas, os esporos são pequenos e, como demonstrado no gráfico (Figura 12), há sobreposição dos limites inferiores e superiores, porém as medianas são diferentes e as médias apresentam diferença significativa ($p=0,000459*10^{-10}$).

Para os esporos de *D. cirrata*, os materiais de comparação J. R. Shevock & K. Kellman, 41829 e R.R Ireland, 16760 apresentaram médias do diâmetro maior fora do intervalo de confiança do material padrão, sendo essa diferença significativa ($p=0,00248*10^{-10}$). O mesmo ocorre em *R. fugax*, com os materiais de comparação apresentando diferença significativa com relação ao material padrão ($p=0,000324*10^{-9}$). No material de comparação R.R. Ireland, 21125, de *D. crispula*, a diferença não é significativa quando comparada as médias de tamanho dos esporos com o material padrão ($p=0,937$) (Tabela 8).

Em *D. crispula*, a ornamentação da superfície do esporoderma é discreta e os elementos da perina se despreendem do esporoderma durante o processo químico (Figura 13E). Os esporos de *D. cirrata* apresentam esporoderma ornamentado por báculos e a área apertural apresenta grânulos unidos e exina exposta (Figura 13A- 13D). Já em esporos de *R. fugax*, os báculos apresentam distribuição uniforme no polo distal e, no polo proximal, ocorrem grânulos e a exina apresenta áreas expostas (Figura 13F- 13G). Enquanto que em esporos de *R. crispata*, os báculos apresentam distribuição variada e a área apertural não é limitada por elementos de ornamentação (Figura 13H).

Os estratos do esporoderma apresentam espessuras semelhantes nos esporos das diferentes espécies, com exceção de *R. fugax*, que apresenta esporos com esclerina delicada (Tabela 11).

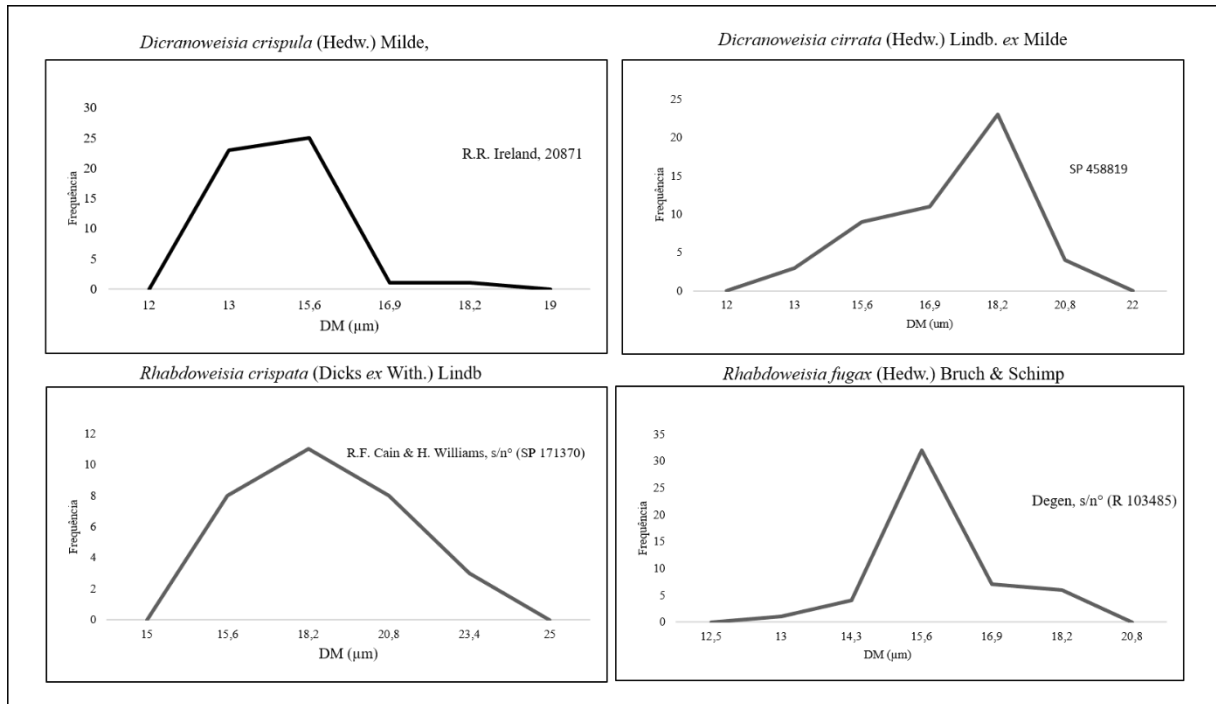


Figura 11: Gráficos de linha representando a distribuição da frequência de tamanho dos esporos isomórficos do Tipo Baculoide.

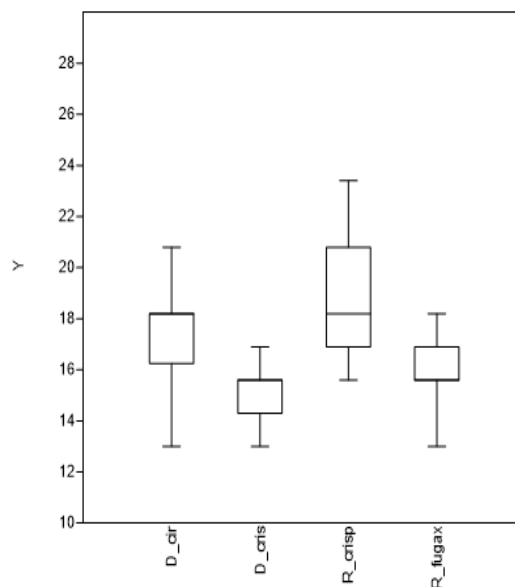


Figura 12: Representação gráfica das medidas de tamanho do diâmetro maior dos esporos das espécies isospóricas do Tipo Baculoide. Legenda: D_cirr: *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb. ex Milde; D_crisp: *Dicranoweisia crispula* (Hedw.) Milde; R_crisp: *Rhabdoweisia crispata* (Dicks ex With.) Lindb. e R_fugax: *Rhabdoweisia fugax* (Hedw.) Bruch & Schimp.

Tabela 8. Dados morfométricos do diâmetro maior dos esporos das espécies isospóricas do Tipo Baculoide, em micrômetros (*material padrão, demais comparação).

| | DM | | | | |
|--|---------------|--------------|------|--------|---------------|
| | Xmin-Xmax | X ± Sx | S | CV (%) | IC 95% |
| <i>D. crispula</i> (Hedw.) Milde | | | | | |
| R.R. Ireland, 20871* (CANM) | 13.00 - 18.20 | 14.27 ± 0.19 | 1.35 | 9.46 | 13.88 - 14.65 |
| R.R. Ireland, 20886 (CANM) | 10.40 - 15.60 | 13.17 ± 0.23 | 1.26 | 9.57 | 12.18 - 14.52 |
| Leg. Frahm, s/ n° (SP 147043) | 13.00 - 16.25 | 14.19 ± 0.21 | 1.19 | 9.76 | 13.85 - 14.52 |
| R.R. Ireland, 21125 CANM) | 13.00 - 16.90 | 14.77 ± 0.21 | 1.15 | 7.79 | 14.44 - 15.09 |
| <i>D. cirrata</i> (Hedw.) Lindb. ex Milde | | | | | |
| SP 458819* | 13.00 - 20.80 | 17.34 ± 0.22 | 1.62 | 9.34 | 16.87 - 17.80 |
| Sanna Huttunen, s/n° (SP 458687) | 15.60 - 22.10 | 17.98 ± 0.32 | 1.79 | 9.96 | 17.47 - 18.48 |
| J. R. Shevock & K. Kellman, 41829 (CANM) | 15.60 - 23.40 | 18.82 ± 0.29 | 1.59 | 8.45 | 18.36 - 19.27 |
| R.R Ireland, 16760 (CANM) | 13.00 - 18.20 | 15.16 ± 0.31 | 1.75 | 11.54 | 14.62 - 15.65 |
| <i>R. crispata</i> (Dicks ex With.) Lindb. | | | | | |
| R.F. Cain & H. Williams, s/n° (SP 171370) | 15.60 - 23.40 | 18.63 ± 0.38 | 2.13 | 11.43 | 18.02 - 19.23 |
| <i>R. fugax</i> (Hedw.) Bruch & Schimp. | | | | | |
| Degen, s/n°* (R 103485) | 13.00 - 18.20 | 15.96 ± 0.16 | 1.14 | 7.14 | 15.63 - 16.28 |
| R. Ocyra, s/n° (SP 171428) | 15.60 - 20.35 | 18.82 ± 0.46 | 2.54 | 13.50 | 18.09 - 19.54 |
| (R) 230857 | 15.60 - 24.05 | 19.37 ± 0.38 | 2.12 | 10.94 | 18.76 - 19.97 |

Legenda: X_{MIN}-X_{MÁX} = valores máximos e mínimos da amostra; X = média; SX = desvio padrão da média; S = desvio padrão da amostra; IC = intervalo de confiança; CV = coeficiente de variação

Tabela 9. Valor médio (em µm) do diâmetro do eixo polar e do eixo equatorial das espécies isospóricas Tipo Baculoide.

| | Diâmetro Polar | Diâmetro Equatorial |
|--|----------------|---------------------|
| <i>D. crispula</i> (Hedw.) Milde | 11.05 | 15.08 |
| <i>D. cirrata</i> (Hedw.) Lindb. ex Milde | 14.30 | 18.37 |
| <i>R. crispata</i> (Dicks ex With.) Lindb. | 13.43 | 18.20 |
| <i>R. fugax</i> (Hedw.) Bruch & Schimp. | 10.92 | 15.60 |

Tabela 10. Valor médio (em μm) da espessura dos estratos da área apertural do esporoderma das espécies isospóricas, Tipo Baculoide.

| | Esporoderma | | |
|--|-------------|-----------|----------------|
| | Intina | Esclerina | Área apertural |
| <i>D. crispula</i> (Hedw.) Milde | 0.99 | 1.17 | 5.96 |
| <i>D. cirrata</i> (Hedw.) Lindb. ex Milde | 1.17 | 1.17 | 9.82 |
| <i>R. crispata</i> (Dicks ex With.) Lindb. | 0.97 | 1.04 | 9.2 |
| <i>R. fugax</i> (Hedw.) Bruch & Schimp. | 1.17 | 0.58 | 8.7 |

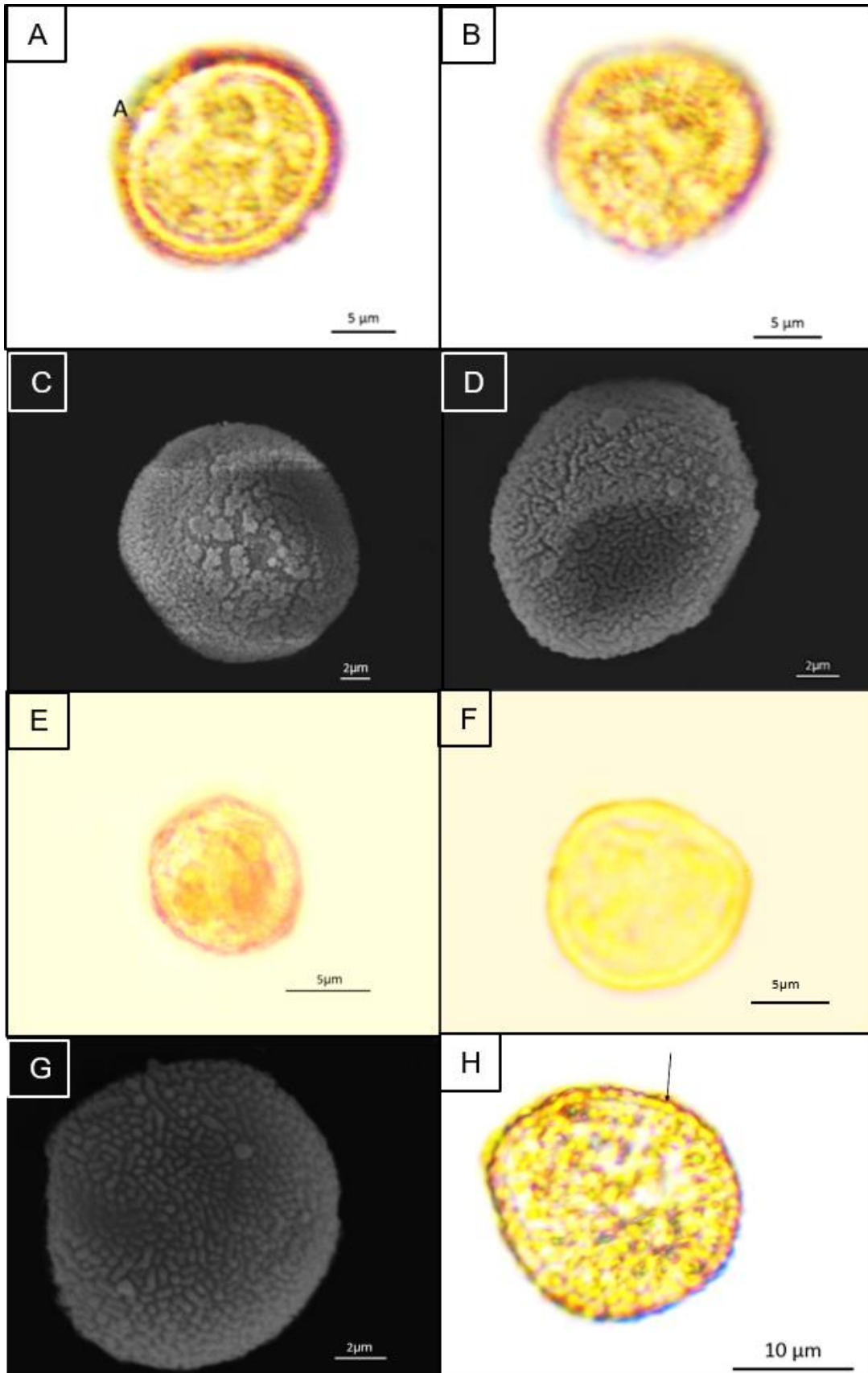


Figura 13: Fotomicrografias e eletromicrografias das espécies isospóricas do Tipo baculoide. A, B, C e D: *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb. ex Milde; E; *Dicranoweisia crispula* (Hedw.) Milde, F e G: *Rhabdoweisia fugax* (Hedw.) Bruch & Schimp. H: *Rhabdoweisia crispata* (Dicks ex With.) Lindb. Legenda: A= área apertural, Seta: Intina. A, B, E, F e H: sob ML C, D e G: sob MEV.

Os esporos anisomórficos estão presentes nas espécies *Cynodontium gracilescens* (F. Weber & D. Mohr) Schimp., *C. polycarpum* (Hedw.) Schimp., *C. strumiferum* (Hedw.) Lindb., *C. strumosum* Müll. Hal. & Kindb. e *C. tenellum* (Shimp.) Limpr. (Figura 14, Tabela 11).

Tais espécies apresentaram distribuição bimodal (Figura 14), com diferença significativa entre os “esporos menores” e os “esporos maiores”, *C. polycarpum* ($p=0,000141*10^{-4}$), *C. strumiferum* ($p=0,000025$), *C. strumosum* ($p=0,00542$) e *C. tenellum* ($p=0,0134*10^{-6}$) com exceção de *C. gracilescens*, que apresentou $p=0.1427$.

Os “esporos menores” são de tamanho pequeno, enquanto que os “esporos maiores” são de tamanho médio, com exceção de *C. strumiferum* que apresentou “esporos maiores” também de tamanho pequeno (Tabela 11).

Em relação aos “esporos menores”, há sobreposição, no blox-plot, dos limites superiores e inferiores de todas as espécies. Em *C. gracilescens*, *C. polycarpum* e *C. tenellum*, há sobreposição das médias do diâmetro maior e dos intervalos de confiança, não havendo diferenças significativas entre elas ($p=0,243$), enquanto que entre essas e *C. strumosum* e *C. strumiferum*, há diferença significativa ($p=0,00377*10^{-16}$) (Tabela 11, Figura 15).

Já em relação aos “esporos maiores” há sobreposição dos intervalos de confiança de *C. strumosum* e *C. polycarpum*, logo não há diferença significativa entre suas médias ($p=0,1387$). O mesmo ocorre com *C. gracilescens* e *C. tenellum*, porém com diferença significativa entre elas ($p=0,0269$) (Figura 16).

Por apresentar poucos “esporos maiores”, o limite inferior, o 1º, 2º e 3º quartil das medidas do diâmetro maior de *C. gracilescens* se sobrepõem (Figura 16).

As espécies de *Cynodontium* analisadas apresentam área apertural ornamentada por gemas de diferentes tamanhos, micro grânulos e as áreas da exina exposta (Figura 17). Em *C. gracilescens*, a área de exina exposta é delicada (Figura 17A), enquanto que em *C. strumosum*, ocorre uma grande área sem ornamentação (Figura 17L).

Em *C. polycarpum*, no pólo distal, há báculos individuais ou báculos unidos e algumas gemas; no pólo proximal, o esporoderma é densamente ornamentado por gemas (Figura 17B-17E). Em *C. tenellum*, os báculos são de diferentes tamanhos e podem estar soldados, associadas a rúgulas; na área apertural ocorrem microgrânulos e grânulos unidos, com aspecto globoso, nesta região, também ocorrem áreas da exina expostas (Figura 17F-17H). Em *C.*

strumiferum, no pólo distal, há báculos de diferentes tamanhos e pilos; na área apertural, além de gemas, ocorrem micro grânulos, grânulos unidos e gemas (Figura 20I-20K).

Os estratos do esporoderma apresentam espessuras semelhantes entre as espécies desse Tipo, com exceção de *C. gracilensces*, no qual a intina e a esclerina são delicadas e *C. strumiferum*, que apresenta esclerina espessa (Tabela 13).

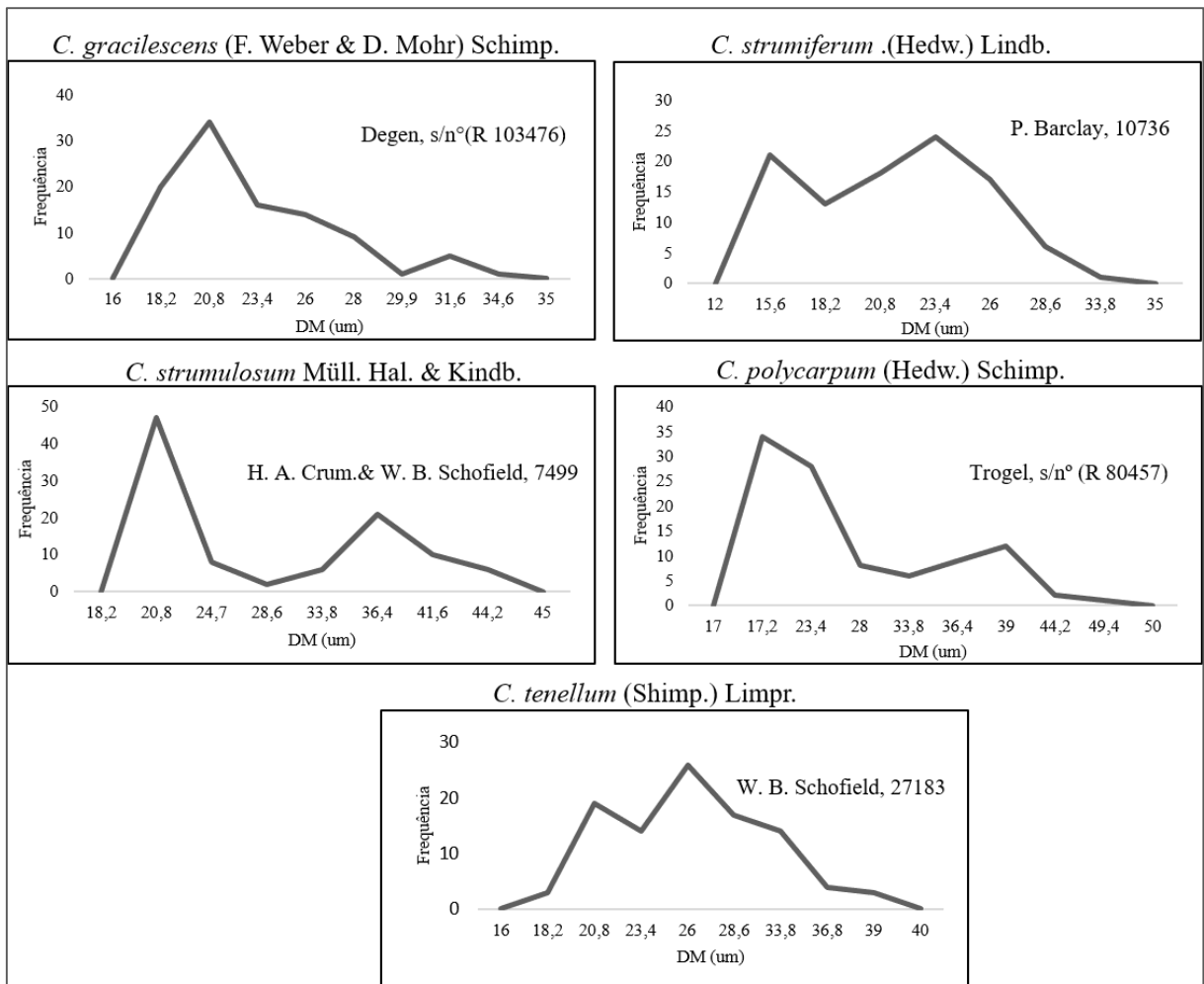


Figura 14: Gráficos de linha representando a distribuição de tamanho dos esporos anisomórficos do Tipo baculoide.

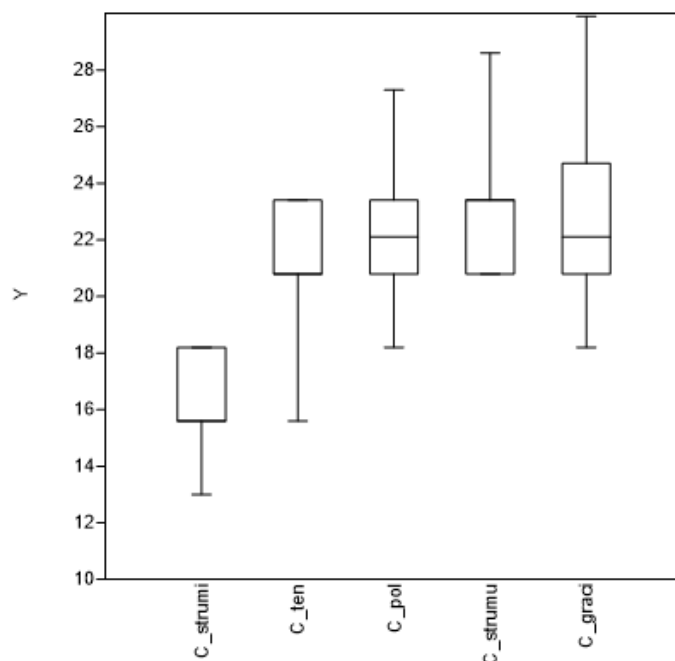


Figura 15: Representação gráfica das medidas de tamanho do diâmetro maior dos “esporos menores” das espécies anisospórica do Tipo Baculoide. Legenda: C_strum: *Cynodontium strumiferum* (Hedw.) Lindb., C_ten: *Cynodontium tenellum* (Shimp.) Limpr., C_poly: *Cynodontium polycarpum* (Hedw.) Schimp., C_stru: *Cynodontium strumulosum* Müll. Hal. & Kindb e C_graci: *Cynodontium gracilescens* (F. Weber & D. Mohr) Schimp.

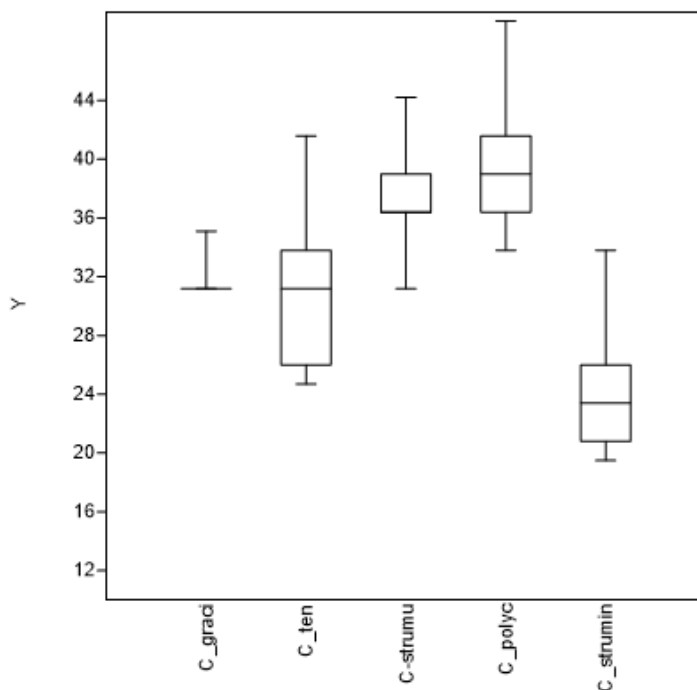


Figura 16: Representação gráfica das medidas de tamanho do diâmetro maior dos “esporos maiores” das espécies anisospórica do Tipo Baculoide. Legenda: C_strum: *Cynodontium strumiferum* (Hedw.) Lindb., C_ten: *Cynodontium tenellum* (Shimp.) Limpr., C_poly: *Cynodontium polycarpum* (Hedw.) Schimp., C_stru: *Cynodontium strumulosum* Müll. Hal. & Kindb e C_graci: *Cynodontium gracilescens* (F. Weber & D. Mohr) Schimp.

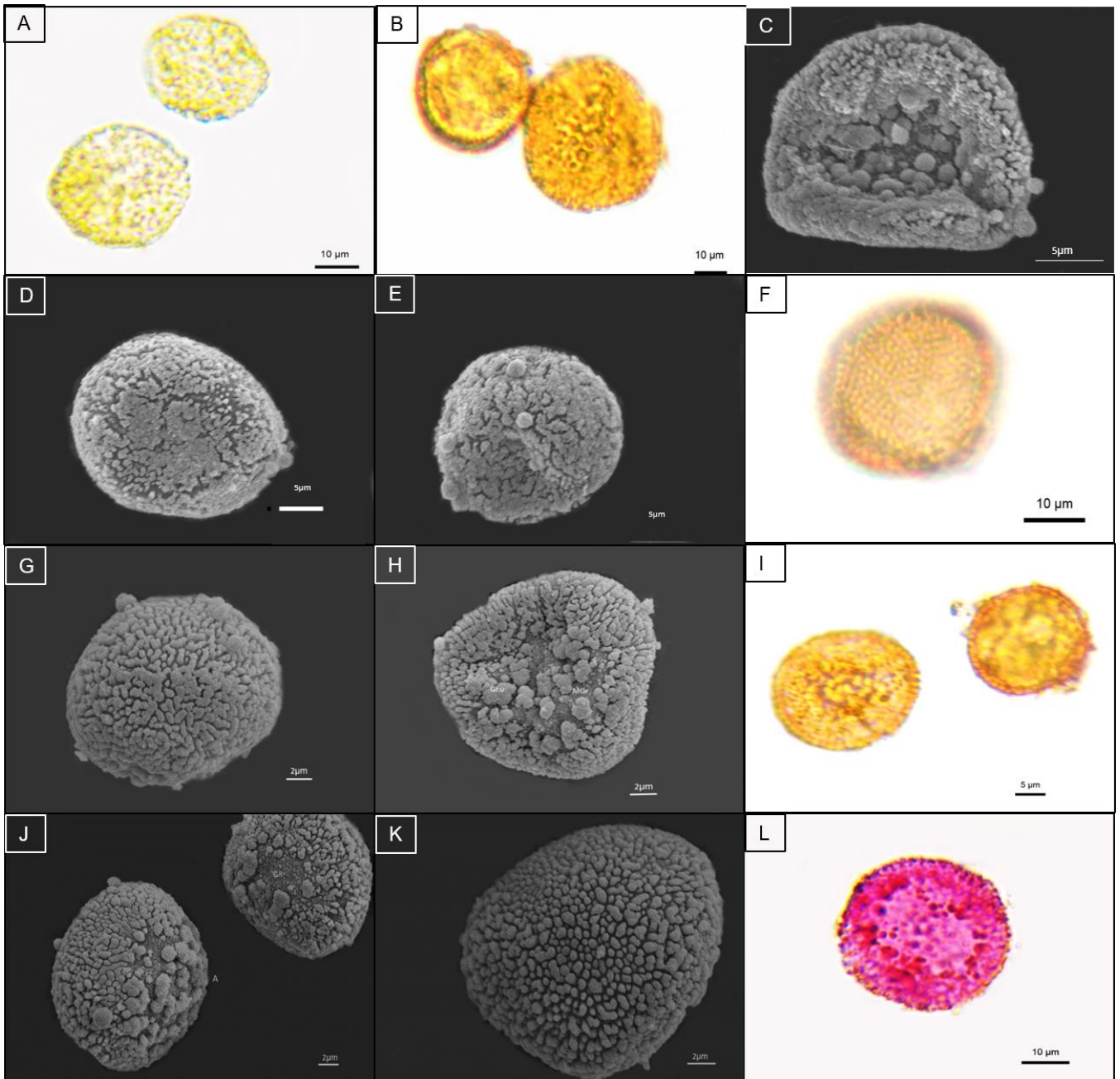


Figura 17: Micrografias das espécies anisospóricas do Tipo Baculoide. A: *Cynodontium gracilescens* (F. Weber & D. Mohr) Schimp., B-E: *Cynodontium polycarpum* (Hedw.) Schimp., F-H: *Cynodontium tenellum* (Shimp.) Limpr., I-K: *Cynodontium strumiferum* (Hedw.) Lindb., e L: *Cynodontium strumosum* Müll. Hal. & Kindb. A, B, F, I, e L: sob microscópio de luz; C, D, E, G, H, J, K: sob microscópio eletrônico de varredura.

Tabela 11. Dados morfométricos do diâmetro maior dos esporos das espécies anisospóricas do Tipo Baculoide, em micrômetros (*material padrão, demais comparação).

| | Esporos menores | | | | | | Esporos maiores | | | | |
|--|-----------------|--------------|------|-------|---------------|----|-----------------|--------------|------|-------|---------------|
| | Xmin-Xmax | X ± Sx | S | CV(%) | IC 95% | N | Xmin-Xmax | X ± Sx | S | CV(%) | IC 95% |
| <i>C. gracilescens</i> (F. Weber & D. Mohr) Schimp. Degen, s/n° * (R 103476) | 18.20 - 29.90 | 22.47 ± 0.31 | 3.06 | 16.02 | 21.60 - 23.33 | 94 | 31.20 - 35.10 | 31.85 ± 0.65 | 1.59 | 4.99 | 31.44- 32.25 |
| <i>C. polycarpum</i> (Hedw.) Schimp. Trogl, s/n°* (R 80457) | 18.20 - 27.30 | 22.18 ± 0.27 | 2.20 | 9.92 | 21.55 - 22.80 | 65 | 33.80 - 44.20 | 38.53 ± 0.55 | 2.78 | 7.22 | 37.81 - 39.24 |
| Dietharz, s/ n° R 80452 | 15.60 - 23.40 | 19.09 ± 0.17 | 1.60 | 8.38 | 18.63 - 19.54 | 82 | 28.60 - 41.60 | 33.00 ± 0.84 | 3.59 | 10.88 | 31.97 - 34.02 |
| <i>C. strumiferum</i> (Hedw.) Lindb. P. Barclay, 10736* (CANM) | 13.00 - 18.20 | 16.30 ± 0.25 | 1.82 | 11.17 | 15.82 - 16.76 | 33 | 19.50 - 33.80 | 23.92 ± 0.33 | 2.77 | 11.58 | 23.18- 24.61 |
| R80454 | 15.60 - 18.20 | 17.80 ± 0.14 | 0.92 | 5.17 | 17.53 - 18.06 | 43 | 19.60 - 36.40 | 24.19 ± 0.59 | 4.46 | 18.44 | 22.92 - 25.45 |
| <i>C. strumulosum</i> Müll. Hal. & Kindb. H. A. Crum, & W. B. Schofield, 749 * (CANM) | 20.80 - 28.60 | 22.78 ± 0.24 | 1.84 | 8.08 | 22.30 - 23.25 | 57 | 33.80 - 44.20 | 37.91 ± 0.44 | 2.88 | 7.60 | 37.16- 38.65 |
| <i>C. tenellum</i> (Schimp.) Limpr. W. B. Schofield, 27183* (CANM) | 15.60 - 23.40 | 21.31 ± 0.32 | 1.89 | 8.87 | 20.81- 21.87 | 33 | 24.70 - 41.60 | 31.80 ± 0.55 | 4.58 | 14.40 | 30.62 - 32.97 |
| R. F. Cain, s/n° (SP 171291) | 18.20 - 23.40 | 20.26 ± 0.18 | 1.55 | 7.65 | 19.18 - 20.70 | 73 | 26.00 - 39.00 | 32.64 ± 0.69 | 3.63 | 11.09 | 31.60 - 33.67 |

Legenda: X_{MIN}-X_{MÁX} = valores máximos e mínimos da amostra; X = média; SX = desvio padrão da média; S = desvio padrão da amostra; IC = intervalo de confiança; CV = coeficiente de variação; N= Número de

Tabela 12. Valor médio (em μm) do diâmetro do eixo polar e do eixo equatorial das espécies anisospóricas, Tipo Baculoide.

| | "Esporos menores" | | "Esporos maiores" | |
|---|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| | Diâmetro Polar | Diâmetro Equatorial | Diâmetro Polar | Diâmetro Equatorial |
| <i>C. gracilescens</i> (F. Weber & D. Mohr) Schimp. | 16.78 | 22.60 | 29.45 | 33.80 |
| <i>C. polycarpum</i> (Hedw.) Schimp. | 14.97 | 23.06 | 30.25 | 35.35 |
| <i>C. strumiferum</i> (Hedw.) Lindb. | 13.95 | 17.75 | 16.80 | 30.60 |
| <i>C. strumulosum</i> Müll. Hal. & Kindb. | 16.25 | 22.45 | 27.95 | 37.05 |
| <i>C. tenellum</i> (Shimp.) Limpr. | 13.78 | 21.45 | 17.94 | 29.25 |

Tabela 13. Valor médio (em μm) da espessura dos estratos esporoderma e da área apertural das espécies anisospóricas, Tipo Baculoide.

| | Esporoderma | | Área apertura | |
|---|-------------|-----------|-------------------|-------------------|
| | Intina | Esclerina | "Esporos menores" | "Esporos maiores" |
| <i>C. gracilescens</i> (F. Weber & D. Mohr) Schimp. | 0.58 | 0.58 | 11.05 | 13.86 |
| <i>C. polycarpum</i> (Hedw.) Schimp. | 1.17 | 1.17 | 10.85 | 14.95 |
| <i>C. strumiferum</i> (Hedw.) Lindb. | 1.17 | 1.76 | 13.30 | 14.06 |
| <i>C. strumulosum</i> Müll. Hal. & Kindb. | 1.17 | 1.17 | 10.50 | 15.78 |
| <i>C. tenellum</i> (Shimp.) Limpr. | 1.17 | 1.17 | 11.65 | 15.06 |

O coeficiente de variação (CV) é interpretado como a variabilidade dos dados em relação à média. Os coeficientes de variação do diâmetro maior dos esporos das espécies analisadas apresentam valores próximos a 10%, estes valores são comuns no tratamento palinológico de briófitas, como observado nos trabalhos de Luizi-Ponzo & Barth (1998, 1999), Luizi-Ponzo & Melhem (2006b), Rocha et al. (2008), Caldeira et al. (2009, 2013), Yano & Luizi-Ponzo (2011), Rodrigues & Luizi-Ponzo (2015), Silva (2015).

As espécies anisospóricas além de apresentarem duas categorias de tamanho de esporos exibiram coeficiente de variação alto para algumas categorias de tamanho. Por exemplo, *Cynodontium strumiferum* que apresenta os maiores valores de CV para os “esporos maiores”, demonstrando que o diâmetro maior dos esporos apresenta grande variabilidade de tamanho enquanto que os “esporos menores” apresentam baixo CV resultante da pouca variedade do diâmetro maior desses esporos.

Luizi-Ponzo & Barth (1999) descrevem os esporos de *O. brasiliensis* Hampe com diâmetro entre 20.80 μm e 30.40 μm e média de 24.10 $\mu\text{m} \pm 0.40 \mu\text{m}$. A faixa de variação de tamanho do diâmetro é maior do que a encontrada nesse estudo (18.20 μm - 28.60 μm), porém a média é próxima (24.20 $\mu\text{m} \pm 0.38 \mu\text{m}$), e o padrão de ornamentação (grânulos) e área apertural delimitada externamente é semelhante em ambos trabalhos.

A anisosporia foi descrita para diversas famílias de musgos (Ernst-Shawarzenbach, 1944; Vitt, 1968; Mogesen, 1981; Alfayate et al., 2013; Rodrigues & Luizi-Ponzo, 2015). As espécies anisospóricas de Rhabdoweisiaceae estão incluídas em três gêneros, *Arctoa* Bruch & Schimp., *Cynodontium* Brid. e *Oncophorus* (Brid.) Brid., sendo aqui reportadas pela primeira vez para Rhabdoweisiaceae.

Em *Arctoa*, uma espécie apresentou esporos isomórficos (*A. fulvella*), e a outra, esporos anisomórficos (*A. hyperborea*). Frisvoll (1978) cita que *A. fulvella* apresenta esporos com diâmetro maior entre 14-24 μm , e Ochyra & Buck (2003) citam os esporos como globosos, com superfície rugosa e diâmetro maior entre 18-22 μm . Newmaster (2017) cita os esporos de *A. fulvella* com diâmetro entre 16-28 μm e de *A. hyperborea* entre 16-30 μm , valores próximos aos encontrados neste estudo.

Newmaster (2017) cita os esporos de *Cynodontium* com tamanho do diâmetro maior variando de 10 μm a 25 μm , caracterizando-os como lisos a báculosos, enquanto que os esporos de *Oncophorus* são descritos como delicadamente rugosos medindo entre 14 μm e 25

µm, valores esses que são próximos aos encontrados para os “esporos menores” destas espécies, no presente estudo, porém o autor em seu trabalho não faz referência à anisosporia.

Frahm et al. (1998), apesar de não descreverem os esporos de *Onconphorus* apresentam eletromicrografias em que os esporos das espécies analisadas são observados, sendo os esporos *O. virens* e *O. wahlebergii* semelhantes morfológicamente aos descritos aqui.

Estudos palinológicos das espécies analisadas nesse trabalho são escassos, alguns autores citam apenas o tamanho e a ornamentação dos esporos, muitas das vezes utilizando termos impróprios, como por exemplo, Tan & Schofield (1980), Schofield (2017), Eckel (2017) e Weber (2017), que citam a ornamentação de esporos de *Dicranoweisia* Lindb. ex Milde, *Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp. e *Oreas martiana* (Hooker) Brid., respectivamente, como fracamente báculosos, porém esse termo é utilizado nas descrições de grãos de pólen, especialmente de Taxodiaceae Saporta (Punt et al., 2007), não sendo utilizado para esporos e outros grãos de pólen.

Eckel (2017) cita os esporos de *D. pellucidum* medindo entre 13 µm e 25 µm, assim com Tan & Schofield (1980), sendo semelhantes às medidas encontradas neste trabalho. Para *Oreas martiana*, Weber (2017) cita esporos medindo 16 µm, diferindo do valor encontrada nesse trabalho, que apresenta alta amplitude nos tamanhos dos esporos e média de tamanho maior do que encontrada por esse autor.

Newmaster (2017) cita os esporos de *Kiaeria* I. Hagen como esféricos, medindo entre 14 µm e 24 µm, valores semelhantes aos encontrados nesse trabalho.

4. Conclusões

As espécies de Rhabdoweisiaceae Limpr. analisadas apresentam esporos de tamanho pequeno a médio, com simetria radial, âmbito subcircular, heteropolares ou apolares. O esporoderma é formado por intina, exina e perina.

Os elementos de ornamentação, formados pela perina, permitem separar as espécies em três tipos morfológicos, gemoide, granuloide e baculoide. Nove espécies estudadas, incluídas em três gêneros apresentam esporos anisomórficos, que não tinham sido relatados para família segundo a literatura consultada.

Para realizar o estudo palinológico das espécies de Rhabdoweisiaceae Limpr., é necessário observar os esporos sob microscópio eletrônico de varredura, além do microscópio de luz, pois os esporos apresentam tamanho diminuto, o que prejudica a caracterização da ornamentação sob microscopia de luz.

As diferenças observadas entre os esporos das espécies estudadas mostram que o tamanho dos esporos, ornamentação e espessura do esporoderma variam entre as espécies da família Rhabdoweisiaceae Limpr., assim, deve ser considerada euripalinológica.

5. Material examinado

Arctoa fulvella (Dicks.) Bruck & Schimp

Estados Unidos, Whashington, Condado de Pierce, 26/IX/1963, W. B. Schofield 22265 (CANM); Canadá, Queen Charlotte Islands, 16/VIII/1985, W.B. Schofield & J. Spence 84092 (CANM); Nova Zelândia, Bay of Islands, encostas do planalto a 2 km da floresta Blow Me Mountain, Alnus e Abies, 11/VII/1981, Leg. & R. J. Belland 4345 (CANM);

Arctoa hyperborea (Gunnerus ex With.) Bruch & Schimp.

Groêlandia, Tasilac, 21/VII/ 1969, K. Holmen s/n° (CANM 227256);

Cynodontium gracilescens (F. Weber & D. Mohr) Schimp.

Áustria, Tirel, 12,14,16/ IX/1910, A. de Degen, s/n° (R103455);

Cynodontium polycarpum (Hedw.) Schimp.

Alemanha, Gotha, Waldmurchen, 1887, Trogel, s/n° (R80457); Alemanha, Gotha, Turingia, 7/VI/1887, Dietharz s/n° (R80452);

Cynodontium strumiferum (Hedw.) Lindb.

Canadá, Ontário, Distrito Thunder Bay, 30/VIII/ 1974, P. Barclay 10736 (CANM); Alemanha, Gotha, Inselsberg, (R80454);

Cynodontium strumulosum Müll. Hal. & Kindb.

Canadá, Manitoba, Gillan, 06/VIII/1967, H.A Crum & W.B. Schofield 7499 (CANM);

Cynodontium tenellum (Shimp.) Limpr.

Canadá, Ontario, Distrito de Kenora, 01/VII/1965, W.B. Schofield 27183 (CANM);
Canadá, Ontario, Distrito de Kenora, R.F Cain s/n° (SP 171291);

Dichodontium pellucidum (Hedw.) Schimp

Canadá, Lions Bay, próximo a Harvey Creek, 14/II/1961, W.B. Schofield 13100 (CANM); Canadá, Texada, Pochantas Lockout, 21/VI/1962, W.B. Schofield 18303 (CANM); Canadá, estrada de níveis superiores, além de Horseshoe Bay, 11/X/1960, W.B. Schofield 12606 (CANM); Canadá, Vancouver, 12/01/1985, F.M. Boas s/n° (CANM 117911);

Dicranoweisia cirrata (Hedw.) Lindb. ex Milde

Canadá, Lake County (SP 458819); Finlândia, Aland, Hammarland, Hamnskär, Sanna Huttunen s/n° (SP 458687); Estados Unidos da América, Califórnia, Condado de San Mateo, 18/II/2013, J. R. Shevock & K. Kellman 41829 (UB); Estados Unidos da América, Colorado, Middle Boulder Creek, 08/VIII/1973, R.R. Ireland 16760 (CANM);

Dicranoweisia crispula (Hedw.) Milde

Canadá, Quebec, Iles des Foreus 12/VII/ 1983, R. R. Ireland 20871 (CANM); Canadá, Quebec, campus da Universidade de Laval, 12/VII/1983, R. R. Ireland 20886 (CANM); Bélgica, Ardenas, vale lateral do Ambleve em Lorce, Leg. Frahm (SP 147043); Canadá, Quebec, Lac Guillaume-Delisle (Richmond Gulf), campus da Universidade Laval, 17/VII/ 1983, R. R. Ireland 21125 (CANM);

Kiaeria falcata (Hedw.) I.Hagen

Estados Unidos da América, Washington, Austin Pass, 23/IX/1973, W.B. Schofield 74282 (CANM); Canadá, Vancouver, trilha Arrowsmith, 01/IX/1965, F.M. Boas 1523 (CANM); Canadá, Vancouver, área de Cypress Bowl, 13/IX/1979, W.B. Schofield, 74202 (CANM);

Kiaeria glacialis (Berggr.). I. Hagen

Canadá, Nain, Parque e Reserva Nacional Montanhas Torngat, 21/VIII/1986, T. Hedderson 5168 (CANM); Canadá, Nain, Parque e Reserva Nacional Montanhas Torngat,

21/VIII/1986, T. Hedderson 5106 (CANM); Canadá, Quebec, baía de Ungava, 24/VII/1975, D. Weber 1386 (CANM);

Kiaeria starkei (F. Weber & D. Mohr) I. Hagen

Canadá, Alberta, 02/VIII/1955, H. Crum & W. B. Schofield 5983 (CANM); Canadá, Distrito de Cassiar, Omineca Mts., Peak Range, Mt. Hartley, sudeste do lago Katherine, 28/VII/1977, R.R. Ireland & G. Bellolio-Trucco 18698 (CANM); Canadá, Alberta, Boggy, Parque Nacional dos Lagos de Waterton, margem aberta de Summit Lake, 04/VIII/1955, H. Crum & W. B. Schofield 6097 (CANM); Canadá, Colúmbia Britânica, Ilha Moresby, lago Takakia, 27/VII/1964, W.B. Schofield 25093 (CANM);

Oreas martiana (Hoppe & Hornsch.) Brid.

Alemanha, Staiernmark, Terrach, Kiluprein, VII/1878, J. Breidler s/n°(R80449);

Oreoweisia brasiliensis Hampe

Brasil, Rio de Janeiro, Parque Nacional do Itatiaia, Leg. Schäfer- Verwimp & Verwimp s/n° (SP 398451); Bolívia, La Paz, Laguna Huichicani, M. Lewis 87446 (SP); Brasil, Espírito Santo, Iúna, Parque Nacional do Caparaó, D. M. Vital & W. R. Buck 11799 (SP);

Oreoweisia laxiretis Broth ex Herzog

Rússia, Duitama, 26/X/1988, R.R. Ireland 23648 (CANM);

Rhabdoweisia crispata (Dicks ex With.) Lindb.

Canada, Ontario, Haliburton Co., Lago Boshkung R.F. Cain & H. Williams s/n° (SP 171370);

Rhabdoweisia fugax (Hedw.) Bruch & Schimp.

Hungria, Comitatus Beszterozse-Naszéd, 17/VIII/1902, Dr. Degen s/n° (R 103485); Polónia, Carpathians, Montanhas Tatra R. Ocyra s/n° (CANM 171428); Luxemburgo, Berdorf, Valley of the Aesborach, (SP 230857);

Oncophorus virens (Hedw.) Brid.

Newfoundland-Labrador: Halmilton Falls, 28/VI/1963; P. Kallio s/n° (CANM 118578);

Oncophorus wahlenbergii Brid.

Estados Unidos da América, Shelton, Área Natural de Preservação Kennedy, 28/VII/2012, J. Doubt DRBB28 (CANM); Canadá, Ontário, Hastings, 05/VII/1972, R.R. Ireland 16252 (CANM); Gloucester, 15/VIII/1989, R.R. Ireland, A.W. Dugal & L. M Ley 23826 (CANM);

6. Referências bibliográficas

ALFAYATE, C.; RON, E.; ESTÉBANEZ, B.; PÉREZ-BATISTA, M. A. Mature spores of four pleurocarpous mosses in the Canary Islands: ultrastructure and early germination stages. **The Bryologist**, v. 116, n. 2, p. 97-112, 2013.

ARIIZUMI, T.; TORIYAMA, K. Genetic Regulation of Sporopollenin Synthesis and Pollen Exine Development. Annu. **Rev. Plant Biol**, v. 62, p. 1.1-1.24, 2011.

BRINDA, J. C.; STARK, L. R.; SHEVOCK, J. R.; SPENCE, J.R. An annotated checklist of the bryophytes of Nevada, with notes on collecting history in the state. **Bryologist**, v.110, p. 673–705. 2007.

BROTHERUS, V. F. VF 1924-1925. Musci. **A. Engler and K. Prantl, Die Natürlichen Pflanzenfamilien**, v. 10, p. 1-478. 1924.

BROWN, R. C.; LEMMON, B. E. Sporogenesis in Bryophytes. **Advances in Bryology**, v. 3, p. 159-223, 1988.

BUCK, W. R.; GOFFINET, B. Morphology and classification of mosses. In: SHAW, A. J., GOFFINET, B. (Org.) **Bryophyte Biology**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 71-123. 2000.

CALDEIRA, I. C.; ESTEVES, V. G. L.; LUIZI-PONZO, A. P. Morfologia dos esporos de Sematophyllaceae Broth. ocorrentes em três fragmentos de Mata Atlântica, no Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, v. 32, n. 2, p. 299-306, 2009.

CALDEIRA, I. C.; ESTEVES, V. G. L.; LUIZI-PONZO, A. P. Morfologia dos esporos das espécies de Leucobryaceae Schimp. (Bryophyta) do Parque Estadual de Ilha Grande, Município de Angra dos Reis, Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasil. Bot.**, v. 29, n. 2, p. 301-307, 2006.

CALDEIRA, I. C.; LUIZI-PONZO, A. P.; ESTEVES, V. G. L. Palynology of selected species of *Fissidens* Hedw. (Bryophyta). **Plant Systematics and Evolution**, v. 299, p. 187-195, 2013.

CRANDALL-STOTLER, B. J.; BARTHOLOMEW-BEGAN, S. E. Morphology of mosses (Phylum Bryophyta). In: Flora of North America Editorial Committee (eds.). **Flora of North America North of Mexico**. New York & Oxford, v. 27, p. 3-13. 2007.

CROSBY, M. R.; MAGILL, R. E.; ALLEN, B.; SI, H. **A checklist of the Mosses**. Missouri Botanical Garden, 1999.

CRUNDWELL, A. C. Notes on the British Species of *Cynodontium*, Transactions of the British Bryological Society, 3:5, 706-712, 1960. DOI: 10.1179/006813860804829025

ECKEL, P. M. *Cynodontium* in Flora of North América. Missouri Botanical Garden. 2017. Disponível em <http://www.e-floras.org> acesso em: dezembro de 2017.

ERDTMAN, G. The acetolysis method. A revised description. **Svensk Botanisk Tidskrift**. v. 39, p. 561-564, 1960.

ERNST-SCHWARZENBACH, M. la sexualite et la dimorphisme des spores des mousses. *Rev. Bryol. Lichénol.* 68: 105-113.1944.

FRAHM, J. P.; BUCHBENDER, V.; LACHMANN, V.; REIFENRATH, K.; WERNER, F. Revision der Gattung *Oncophorus* (Musci, Dicranaceae). **Tropical Bryology**, 119-132. 1998.

FRISVOLL, A. A. Twenty-eight bryophytes new to Svalbard. **Bryologist**, 122-136.1978.

GOFFINET, B.; BUCK, W. R.; SHAW, J. Morphology, anatomy, and classification of the Bryophyta. In: GOFFINET, B.; SHAW, B. (Org.) **Bryophyte Biology**, 2 ed. Cambridge: Cambridge University Press, p. 55-138. 2008.

GOFFINET, B.; SHAW, A. J. **Bryophyte Biology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

- GRADSTEIN, S. R.; CHURCHILL, S. P.; SALAZAR-ALLEN, N. **Guide to the Bryophytes of Tropical America**. Memoirs of the New York Botanical Garden. v. 86, p. 577. 2001.
- HEDDERSON, T. A.; BLOCKEEL, T. L. *Oncophorus dendrophilus*, a new moss species from Cyprus and Crete. **Journal of Bryology** v. 28 p. 357–359. 2006.
- HEDDERSON, T. A.; MURRAY, D. J.; COX, C. J.; NOWELL, T.L. Phylogenetic Relationships of Haplolepidaceous Mosses (Dicranidae) Inferred from rps4 Gene Sequences. **Systematic Botany**, 29(1): 29-41. 2004.
- HEDENÄS, L. Scandinavian *Oncophorus* (Bryopsida, Oncophoraceae): species, cryptic species, and intraspecific variation. **European Journal of Taxonomy**, v. 315, p. 1–34. 2017.
- HOLZ, I.; GRADSTEIN, R. S. Phytogeography of the bryophyte floras of oak forests and páramo of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica. **Journal of biogeography**, 32(9), 1591-1609. 2005.
- IRELAND, R. R.; BRASSARD, G. R.; SCHOFIELD, W. B; VITT, D. H. **Checklist of the mosses of Canada II**. *Lindbergia*, 13: 1–62, 1987.
- KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American statistical Association**, v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952.
- LA FARGE, C.; SHAW, A. J.; VITT, D. H. The circumscription of the Dicranaceae (Bryopsida) based on the chloroplast regions trnL-trnF and rpsA. **Systematic Botany**, v. 27. p. 435-452. 2002.
- LUIZI-PONZO, A. P.; BARTH, M. O. Spore morphology of some Bruchiaceae species (Bryophyta) from Brazil. **Grana**, v. 37, p. 222-227. 1998.
- LUIZI-PONZO, A. P.; BARTH, M. O. Spore morphology of some Dicranaceae species (Bryophyta) from Brazil. **Grana**, v. 38, n.1, p. 42-49.1999.
- LUIZI-PONZO, A. P.; MELHEM, T. S. Palinotaxonomia de Rhachithecaceae (Bryophyta) do Brasil. **Boletim do Instituto de Botânica**, n. 18, p. 91-99. 2006a.

LUIZI-PONZO, A. P.; MELHEM, T. S. Spore morphology and ultrastructure of the tropical moss *Helicophyllum torquatum* (Hook.) Brid. (Helicophyllaceae) in relation to systematics and evolution. **Cryptogamie Bryologie**, v. 27, p. 413-420, 2006b

LUIZI-PONZO, A. P. **Palinotaxonomia de Orthotrichineae Flesich. (Bryales- Bryophyta) do Brasil**. Tese. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de botânica. São Paulo. 2001.

MCCLYMONT, J. W.; LARSON, D. A. An electron-microscope study of spore wall structure in the Musci. **American Journal of Botany**, v. 51, p. 195-200. 1964.

MOGENSEN, G. S. Spore development and germination in *Cinclidium* (Mniaceae, Bryophyta), with special reference to spore mortality and false anisospory. **Can. J. Bot.** v. 56, p. 1032-1060. 1978.

MOGENSEN, G. S. The Biological Significance of Morphological Characters in Bryophytes: The Spore. **The Bryologist**, v. 84, n. 2, p. 187-207. 1981.

MOGENSEN, G. S. The spore. In: Schuster, R. M. (ed.). **New Manual of Bryology**. v. 1, p. 324-342. 1983.

NEIDHART, H. B. Comparative studies of sporogenesis in bryophytes. In: CLARKE, G. C. S.; DUCKETT, J. G. (Org.) **Bryophyte Systematics**. London: Academic Press, p. 251-280. 1979.

NEWMASER, S. G. *Arctoa* in Flora of North América. Missouri Botanical Garden. 2017. Disponível em <http://www.e-floras.org> acesso em: dezembro de 2017.

OCHYRA, R.; BEDNAREK-OCHYRA, H. On the identity of *Dicranoweisia tenuis* (Bryophyta, Seligeriaceae), a neglected Indian species. **Nova Hedwigia**, v. 96, p. 471-477. 2013.

OCHYRA, R.; BUCK, W. R. *Arctoa fulvella*, new to Tierra del Fuego, with notes on trans-American bipolar bryogeography. **The Bryologist**, 106(4), 532-538. 2003.

OLESEN, P & MOGENSEN, G. S. Ultrastructure, Histochemistry and Notes on Germination Stages of Spores in Selected Mosses. **The Bryologist**, v. 81, n. 4, p. 493-516. 1978.

- PUNT W, NILSON S, BLACKMORE S, LE THOMAS A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Palaeobotany and Palynology** 143:1-81. 2007.
- RAMSAY, H. P. Introduction to mosses. In: **Flora of Australia**. v. 51, p. 20-57. 2006.
- ROBINSON, H; BOWERS, F. D. A new species of *Oreoweisia* from Mexico (Dicranaceae, Musci). *Phytologia* 29:114-115, 1974.
- ROCHA, L. M.; GONÇALVES-ESTEVEES, V.; LUIZI-PONZO, A. P. Morfologia de esporos de espécies de Polytrichaceae Schwärg. (Bryophyta) do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, p. 537-548, 2008.
- RODRIGUES, R. S.; LUIZI-PONZO, A. P. Palinologia de espécies selecionadas da família Pottiaceae (Bryophyta). **Pesquisas Botânica**, v. 67, p. 303-317. 2015.
- ROTHERO, G. P. *Arctoa anderssonii* Wich. (Dicranaceae), new to the British Isles. **Journal of Bryology**, v. 31, p. 76–79. 2009
- RUSHING, A. E. Spore morphology in the genus *Bruchia* Schwaegr. (Musci). **Amer. J. Bot.**, v. 72, n. 1, p. 75-85. 1985.
- SCHOFIELD, W. B. **Introduction to Bryology**. New York, Macmillan Publishing Co. 1985.
- SCHOFIELD, W. B. *Rhabdoweisia* in Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 2017. Disponível em <http://www.tropicos.org> acesso em: **Dezembro de 2017**.
- SILVA, J. C. **Palinologia de Frullaniaceae Lorch (Marchantiophyta) do Brasil**. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Juiz de Fora – Juiz de Fora, MG. 2015.
- SHARP, A. J.; CRUM, H.; ECKEL, P. M. **The Moss Flora of Mexico**. The York Botanical Garden, Ney York, 1994.
- SHAW, A. J.; GOFFINET. **Bryophyte Biology**. Cambrigde: Cambridge University Press, 2000.
- STECH, M. A reclassification of the Dicranaceae (Bryopsida) based on non-coding cp DNA sequence data. **Journal of the Hattori Botanical Laboratory**, v. 86 p. 137–159. 1999a

- STECH, M. A molecular systematic contribution to the position of *Amphidium* Schimp. (Rhabdoweisiaceae, Bryopsida). **Nova Hedwigia**, v. 68, p. 291-300. 1999b
- STECH, M.; FREY, W. A morpho-molecular classification of the mosses (Bryophyta). **Nova Hedwigia**. v.86. 2008.
- TAN, B. C; SCHOFIELD, W. B. On *Dichodoiztiuin pellucidum* and *D. olynpicum*. **J. Bot.** v. 58, p. 2067-2072. 1980.
- THIERS, Barbara. [continuously updated]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Disponível em: <<http://sweetgum.nybg.org/ih/>>. Acesso em dezembro de 2017.
- TSUBOTA, H.; AGENO, Y; ESTÉBANEZ, B; YAMAGUCHI, T.; DEGUCHI, H. Molecular phylogeny of the Grimmiales (Musci) based on chloroplast rbcL sequences. **Hikobia**. 2003.
- van ROOY, J. The Genus *Amphidium* Schimp. in Southern Africa. **Lindbergia**, v 17, p. 59-63. 1992.
- van ROOY, J. The Genus *Rhabdoweisia* in Southern Africa: *R. crispata* New to Africa, and *R. fugax*. **The Bryologist**, v. 94, p. 409-412. 1991.
- VANDERPOORTEN, A.; GOFFINET, B. **Introduction to Bryophyte Biology**. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 2009.
- VIEIRA, S. **Análise de variância: ANOVA**, Atlas, São Paulo. 2006.
- VITT, D. H. Classification of Bryopsida. In: Schuster, R. M. **New Manual of Bryology**. Nichinan, The Hattori Botanical Laboratory. v.2, p. 696-759.1984.
- VITT, D. H. **Sex Determination in Moss**. The Michigan Botanist. 1968.
- WALTER, K. Bryophytina, Laubmoose. In J. Gerloff; J. Poelt (eds.), **A. Englers Syllabus der Pflanzen familien, dreizehnte vollstlindig neubearbeitete Auflage**. Berlin and Stuttga. 1983.

WEBER, W.A. *Oreas* in Flora of North América. Missouri Botanical Garden. 2017. Disponível em <http://www.e-floras.org> acesso em: dezembro de 2017.

WODEHOUSE, R. P. **Pollen Grains. Their Structure, Identification and Significance in Science and Medicine.** New York: McGraw-Hill Book Company, 1935.

ZANDER, R. Statistical evaluation of the clade “Rhabdoweisiaceae”. **The Bryologist**, v. 111(2), p. 292–301, 2008.

YANO, O. & LUIZI-PONZO, A. P. *Dumortiera hirsuta* (Dumortieraceae, Marchantiophyta), taxonomy, palynology and geographic distribution. **Boletim do Instituto de Botânica de São Paulo**. v. 21, p. 9-18. 2011.

Capítulo 3

Relação entre aspectos palinológicos e ecológicos em espécies selecionadas de Rhadoweisiaceae Limpr. (Bryophyta)

Resumo:

As briófitas são cosmopolitas e a ocupação de diferentes ambientes é possível devido à capacidade de se adaptar às condições ambientais, que podem ser fisiológicas, morfológicas e de estratégias reprodutivas. Porém a existência de uma relação entre a morfologia dos esporos de briófitas e as estratégias ecológicas não foi completamente elucidada. Assim esse trabalho avaliou a relação de dados palinológicos com as estratégias ecológicas de espécies selecionadas de Rhabdoweisiaceae Limpr. (Bryophyta) através da análise de agrupamento. As características palinológicas e ecológicas das espécies de Rhabdoweisiaceae Limpr. analisadas foram submetidas à análise de agrupamento, porém os grupos resultantes não permitiram relacionar os dois conjuntos de características para a maioria das espécies. O padrão de ornamentação do esporoderma mais frequente foi báculo e grânulo; cerca de 80% das espécies analisadas apresentaram área apertural diferenciada; em relação às características ecológicas analisadas, rocha foi o substrato mais frequente, seguido por solos.

Palavras-chaves: análise de agrupamento, musgos, Palinologia, substrato, formas de vida

Abstract

The bryophytes are cosmopolitan and the occupation of different environments is possible due to the ability to adapt to environmental conditions, which may be physiological, morphological and reproductive strategies. However, the existence of a relationship between the morphology of bryophyte spores and ecological strategies has not been fully elucidated. Thus, this work evaluated the relationship of palynological data with the ecological strategies of selected species of Rhabdoweisiaceae Limpr. (Bryophyta) by cluster analysis. The palynological and ecological characteristics of the species of Rhabdoweisiaceae Limpr. analyzed were submitted to grouping analysis, but the resulting groups did not allow to relate the two sets of characteristics to most species. The most frequent pattern of sporoderma ornamentation was cranberry and granule; about 80% of the analyzed species presented a distinct aperiur area; in relation to the ecological characteristics analyzed, rock was the most frequent substrate, followed by soils.

Keywords: cluster analysis, mosses, Palynology, substrates, life of forms.

1. Introdução

Rhabdoweisiaceae Limpr. é caracterizada pelo caulídio curto, simples ou pouco ramificado e filídios lanceolados a estreito- lanceolados (Frahm et al., 2000a; Goffinet & Shaw, 2008). A família integra a divisão Bryophyta, que se distinguem das demais briófitas por apresentar gametófito formado por filídios não divididos, em geral, organizados espiraladamente ao redor do caulídio e rizoides pluricelulares; o esporófito apresenta seta pigmentada e cápsula composta, na maioria das espécies, por um opérculo e uma urna (Schofield, 1985; Goffinet et al., 2008; Vanderpoorten & Goffinet, 2009).

No interior da urna, encontra-se o tecido esporogíno, que através da meiose origina os esporos. Os esporos representam a primeira etapa da geração gametofítica (Schofield, 1985) e constituem uma adaptação essencial para a conquista do ambiente terrestre pelas primeiras plantas (Wellmann, 2004), devido à presença de esporopolenina, um biopolímero, que confere resistência mecânica e fisiológica ao esporo (Brooks & Shaw, 1978; Neidhart, 1979; Ariizumi & Toriyama, 2011).

Os esporos dos musgos são, geralmente, unicelulares, esféricos, sendo tipicamente formados por três camadas no esporoderma, que possuem diferenças nas constituições químicas e nos aspectos estruturais (McClymont & Larson, 1964; Olesen & Mogensen, 1978; Neidhart, 1979; Mogensen, 1981).

A intina, camada mais interna do esporoderma, é formada por polissacarídeos, pectina e calose (Olesen & Mogensen, 1978; Mogensen, 1981). A segunda camada é denominada exina e, é composta por esporopolenina (Olesen & Mogensen, 1978; Brown & Lemmon, 1988; Ariizumi & Toriyama, 2011). A terceira camada do esporoderma, denominada perina, é composta por esporopolenina e materiais lipídicos. Os elementos da perina são responsáveis pela ornamentação da superfície do esporo (Mogensen, 1987; Olesen & Mogensen, 1978; Brown & Lemmon, 1988). Algumas espécies apresentam o leptoma ou área preferencial para a germinação, que consiste em uma área com espessamento da intina associada com diminuição da espessura da exina e, às vezes, com ornamentação diferenciada (Olesen & Mogensen, 1978; Mogensen, 1981; Rushing, 1985; Luizi-Ponzo & Barth, 1998, 1999).

As briófitas são cosmopolitas sendo encontradas, geralmente, em locais úmidos e sombreados, colonizando diversos substratos: rochas, troncos vivos, troncos mortos, folhas e substratos artificiais (Lisboa, 1993; Glime, 2017).

A ocupação destes diferentes ambientes pelas briófitas foi possível devido à capacidade de se adaptar às condições ambientais. Essas adaptações podem ser fisiológicas, morfológicas e de estratégias reprodutivas. Dentre as adaptações presentes nos musgos, se destacam as formas de vida, tipos de crescimento e de dispersão (Glime, 2017).

Os tipos de crescimento se relacionam à direção do crescimento, tamanho, frequência e posição dos ramos, sendo controlados geneticamente (La Farge-England, 1996; Glime, 2017). Já as formas de vida levam em consideração o padrão de ramificação associado ao tipo de crescimento, podendo ser modificados pelo *habitat* (La Farge-England, 1996). Os musgos podem apresentar diferentes formas de vida, entre elas, almofada, dendróide, pendente, relva, tapete, trama e tufo (Mägdefrau, 1982). As formas de vida estão relacionadas a um equilíbrio entre a economia de água e as necessidades de captação de luz e carbono e aquisição de nutrientes minerais (Proctor, 1990).

As formas de dispersão podem ocorrer através da reprodução vegetativa, por meio de gemas, propágulos e fragmentos de filídios ou ramos (Frahm, 2008; Goffinet et al., 2008; Frey & Kürshner, 2011), e pela reprodução sexuada através da consequente formação de esporos (Goffinet et al., 2008).

Algumas adaptações dos esporos permitem que eles se mantenham viáveis por mais tempo, mesmo após períodos de desidratação (NEIDHART, 1979; FRAHM, 2008). Por exemplo, a proteção conferida pela esporopolenina, que evita a desidratação dos esporos e os protege do ataque de patógenos, radiação e luz ultravioleta. Quando um esporo viável atinge um substrato que fornece condições favoráveis, ele germina em um processo iniciado pela sua reidratação e pelo rompimento da parede (MOGENSEN, 1978).

Silva et al. (2009a, 2009b) realizaram estudos com duas espécies de musgos e concluíram que a disponibilidade de água necessária para que os esporos de uma espécie germinem está relacionada às condições ambientais. Assim, as espécies que ocorrem em locais mais secos possuem esporos que estão adaptados a germinar com baixo potencial de água, enquanto que nas espécies que ocorrem em locais úmidos precisam de maior quantidade de água para que seus esporos germinem. Dessa forma, a quantidade de água necessária para que os esporos germinem é um fator fundamental para que a espécie possa se estabelecer.

Luizi-Ponzo (2012), ao relacionar características palinológicas com as estratégias ecológicas de diferentes espécies de musgos, constatou que espécies que apresentam esporos

com diâmetro maior inferior a 25µm, sendo acrocárpicas ou pleurocárpicas, apresentam região apertural delimitada por discreta delimitação externa. Observou também que as espécies corticícolas, ou seja, que ocorrem sobre tronco-vivo, não apresentaram delimitação externa da área apertural, enquanto espécies que ocorrem sobre solo ou rocha apresentaram diferenciação na área apertural.

Rodrigues (2014), ao estudar 19 espécies de musgos de diferentes famílias, constatou que o diâmetro maior assim como as características da ornamentação do esporoderma, tipo e densidade da ornamentação, não apresentaram relação com outras características analisadas. Porém, a espessura do esporoderma apresentou relação com a posição do periquécio das espécies, sendo que as espécies acrocárpicas geralmente possuem esporoderma espesso, enquanto as espécies pleurocárpicas, em geral, possuem esporoderma delicado.

Silva (2015) ao relacionar as características palinológicas com as estratégias adaptativas de diferentes espécies de Frullaniaceae Lorch. Constatou que espécies dessa família que possuem ocorrência em rochas apresentam exina delgada; e as que ocorreram sobre tronco morto apresentaram exina espessa. Já as espécies que apresentaram ocorrência sobre tronco vivo possuem diferentes combinações da espessura da exina e intina.

A existência de uma relação entre a morfologia dos esporos de briófitas e as estratégias adaptativas não foi completamente elucidada (Mogensen, 1978; Silva et al., 2009a, 2009b; Luizi-Ponzo, 2012; Rodrigues, 2014; Silva, 2015). Sendo assim, este trabalho tem por objetivos avaliar a relação de dados palinológicos com as estratégias de vida de espécies selecionadas de Rhabdoweisiaceae Limpr.

A hipótese deste trabalho é que as espécies de Rhabdoweisiaceae Limpr. analisadas que apresentam característica ecológicas próximas irão apresentar esporos com morfologia semelhante.

2. Material e Métodos

Para a realização desse estudo foram analisadas as características ecológicas de Rhabdoweisiaceae Limpr. associadas às características palinológicas analisadas por Passarella (2018, capítulo 1 e 2 dessa dissertação).

As espécies analisadas estão reunidas em 10 gêneros, totalizando 23 espécies, a saber, *Amphidium lapponicum* (Hedw.) Schimp.; *A. mougeotii* (B.S.G.) Schimp.; *A. tortuosum* (Hornsch.) Cufod; *Arctoa hyperborea* (Gunnerus ex With.) Bruch & Schimp., *A.*

fulvella (Dicks.) Bruck & Schimp; *Cynodontium gracilescens* (F. Weber & D. Mohr) Schimp.; *C. polycarpum* (Hedw.) Schimp.; *C. strumiferum* (Hedw.) Lindb.; *C. strumulosum* Müll. Hal. & Kindb.; *C. tenellum* (Schimp.) Limpr.; *Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp.; *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb. ex Milde; *D. crispula* (Hedw.) Milde; *Kiaeria falcata* (Hedw.) I.Hagen; *K. glacialis* (Berggr.) I. Hagen; *K. starkei* (F. Weber & D. Mohr) I. Hagen; *Oncophorus virens* (Hedw.) Brid.; *O. wahlenbergii* Brid.; *Oreas martiana* (Hoppe & Hornsch.) Brid.; *Oreoweisia brasiliensis* Hampe; *O. laxiretis* Broth ex Herzog; *Rhabdoweisia crispata* (Dicks ex With.) Lindb. e *R. fugax* (Hedw.) Bruch & Schimp.

As observações das estratégias ecológicas das espécies, considerando-se a forma de vida foram realizadas sob microscópio estereoscópico, modelo Olympus GSX 10x/22.

A avaliação da forma de vida seguiu Mägdefrau (1982).

Para avaliação do substrato foi realizado um levantamento considerando-se o material botânico analisado, além daqueles referidos em literatura especializada, a saber, Crundwell, 1960; Robinson & Bowers, 1974; Tan & Schofield, 1980; van Rooy, 1991, 1992; Sharp et al., 1994; Frahm et al., 1998, 2000a; 2000b; Crosby, 1999; Gradstein et al., 2001; Allen, 2002; Hedderson & Blockeel, 2006; Rhotero, 2009; Werne, 2013; Ochyra & Bednarek-Ochyra, 2013; Hedenas, 2017; Schofield, 2017.

Para a realização da análise de agrupamento, foi elaborada uma matriz binária com os dados palinológicos e os dados referentes às estratégias ecológicas das espécies. Após elaboração da matriz, os dados foram submetidos à análise de agrupamento, para verificar o grau de similaridade entre as espécies. Para isso, utilizou-se o índice de similaridade de Soresen (algoritmo UPGMA - Médias não ponderadas de grupos pareados). Essa análise foi realizada no software Past ver. 2.17c (Hammer et al., 2001).

Devido à natureza qualitativa da maior parte das variáveis, para que todos os dados pudessem ser incluídos nas análises, as características selecionadas foram classificadas como 0 ou 1 para cada espécie.

Sendo assim, as características palinológicas analisadas e os valores atribuídos foram: Condição de tamanho (1: anisospórica ou 0: isospórica), polaridade (1: heteroplar ou 0: apolar), espessura do Esporderma (0: espessura inferior a 2 µm ou 1: espessura superior a 2.01 µm), área apertural (1: presente ou 0: ausente) e ornamentação (0: grânulos ou 1: diferente de grânulos); Já as características ecológicas foram especificidade de substrato (0:

ocorre em apenas um substrato ou 1: ocorrem em dois ou mais substratos) e forma de vida (1: tufo ou 0: diferente de tufo).

3. Resultados e Discussão

O padrão mais frequente de ornamentação dos esporos foi baculoide e granuloide, presentes em nove espécies cada uma. O padrão gemoide e o padrão de ornamentação presente no gênero *Amphidium* Schimp. que consiste em gemas, que se anastomosam, associadas a rúgulas espessas, e perfurações, apresentaram baixa representatividade ocorrendo em apenas 2 e 3 espécies, respectivamente.

Cerca de 80% das espécies analisadas apresentam área apertural diferenciada, as espécies do genero *Kiaeria* I. Hagen, que possuem esporos apolares, juntamente com *Oreowesia laxireitis*, porém com esporos heteropolares, não apresenta área apertural diferenciada.

As espécies *Amphidium lapponicum*, *A. mougeotii*, *Cynodontium gracilescens*, *C. polycarpum*, *C. tenellum*, *Oreas martina*, *Rhabdowesia crispata* e *R. fugax* apresentam registros de ocorrência em apenas um tipo de substrato, enquanto que *Dicranowesia cirrata* e *Kiaria falcata* ocorrem em quatro tipos de substratos. Todas as demais espécies ocorrem em dois ou três tipos de substratos. Rocha foi o substrato mais frequente com ocorrência em 78% (18) das espécies, seguido por solos com ocorrência em 65% (15) das espécies. Tronco-vivo e tronco-morto foram pouco frequentes, ocorrendo em 26% (6 espécies) e 17% (4) das espécies (Tabela 1).

Das 23 espécies analisadas, 18 apresentam somente tufo como forma de vida, enquanto que *Amphidium lapponicum*, *A. mougeotii*, *A. tortuosum* e *Oreas martiana*, apresentam coxim como forma de vida e *Dichodontium pellucidum* apresenta tapete e coxim como forma de vida (Tabela 1). As formas de vida como tufo, assim como coxim e tapete são frequentemente encontradas em espécies que colonizam solos e rochas (Magdefrau, 1982).

A análise de agrupamento, utilizando o índice de Soresen, apresenta correlação cofenética de 0.8842, demonstrando que os dados utilizados na matriz são consistentes (Figura 1).

Com um nível de significância de 0.27, há formação de dois grandes grupos, diferenciados pela polaridade dos esporos. Com significância de 0.66, o grupo formado pelas espécies apolares, representado pelo gênero *Kiaeria* I. Hagen apresenta formação de dois

grupos, um com a espécie *Kiaeria falcata* que tem registro de ocorrência em quatro substratos e as outras duas espécies formam o outro grupo (Figura 1).

Com nível de significância de 0.62, o grupo formado por espécies com esporos heteropolares, apresenta formação de outros dois grupos, um com a espécie *Oreoweisia laxiretis* que não possui área apertural diferenciada, e o outro grupo com o restante das espécies (Figura 1).

O grupo das espécies heteropolares com área apertural diferenciada, se divide, com significância de 0.70. *Arctoa fulvella*, *Dichodontium pellucidum* e *Oreoweisia brasiliensis* formam um grupo por compartilhar o mesmo elemento de ornamentação e terem registro de ocorrência em dois tipos de substrato, nesse grupo, *O. brasiliensis* se diferencia por possuir esporoderma delicado (espessura inferior a 2.0 µm) (Figura 1).

O grupo do restante das espécies se divide, com significância de 0.73. Um grupo formado pelas espécies anisospóricas *Cynodontium strumulosum*, *C. polycarpum*, *C. strumiferum*, *C. gracilescens*, *Oncophorus wahlenbergii*, *C. tenellum*, *Arctoa hyperborea* e *O. virens*. Já as demais espécies, isospóricas, formam outros dois grupos, com significância de 0.75, baseado na espessura do esporoderma. As espécies *Amphidium tortuosum* e *Rhabdoweisia fugax* apresentam esporoderma com espessura inferior a 2.00 µm, enquanto que as espécies *A. lapponicum*, *A. mougeotti*, *R. crispata*, *Dicranoweisia cirrata*, *D. crispula* e *Oreas martiana* apresentam esporoderma com espessura superior a 2.01 µm (Figura 1).

Assim, a análise de agrupamento demonstrou a formação de oito grupos com nível de significância de 0.75 (Figura 1). As características palinológicas foram preponderantes na formação dos grupos das espécies heteropolares; entre as características dos esporos, destacam-se presença/ausência de área apertural, ornamentação, espessura do esporoderma e condição de tamanho. Nas espécies apolares foi a característica ecológica relacionada aos substratos de ocorrência que permitiu separar os grupos.

Luizi-Ponzo (2012), em estudo das estratégias adaptativas de espécies de musgos, observou que grupos de espécies preferencialmente corticícolas, ou seja, que ocorrem sobre tronco-vivo, apresentam esporos sem delimitação externa da área apertural, enquanto que as espécies que ocorrem sobre rochas e solo apresentam abertura bem desenvolvida e marcada externamente. Essas diferenças ocorrem em função da disponibilidade de água e nutrientes do substrato, que são mais escassos em solos e rochas, resultados semelhantes ao encontro para

as espécies de Rhabdoweisiaceae analisadas. Assim como no trabalho de Rodrigues (2014) e Silva (2015), as características da ornamentação do esporoderma e condição de tamanho dos esporos das espécies analisadas de Rhabdoweisiaceae Limpr. não apresentaram relação as características ecológicas avaliadas. Não foi possível estabelecer a separação de grupos de espécies baseados na associação das características ecológicas e palinológicas, apenas para o do grupo o substrato se mostrou relevante na separação de tais espécies.

Tabela 1: Características palinológicas e ecológicas das espécies analisadas de Rhabdoweisiaceae Limpr.

| Espécies | Características Palinológicas | | | | Características Ecológicas | | |
|------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------|---------------------|----------------------------|----------------|-----------------|
| | Elementos de Ornamentação | Espessura do Esporoderma | Polaridade | Condição de tamanho | Área apertural | Forma de Vida | Substrato |
| <i>A. fulvella</i> | Grânulos | 2.22 µm | Heteropolar | Isomórficos | Com delimitação | Tufo | Ro; So; |
| <i>A. lapponicum</i> | Rúgulas | 2.24 µm | Heteropolar | Isomórficos | Com delimitação | Coxim | Ro; |
| <i>A. tortuosum</i> | Rúgulas | 1.78 µm | Heteropolar | Isomórficos | Com delimitação | Coxim | Ro; So; |
| <i>A. mougeotti</i> | Rúgulas | 2.34 µm | Heteropolar | Isomórficos | Com delimitação | Coxim | Ro; |
| <i>A. hyperborea</i> | Grânulos | 1.47 µm | Heteropolar | Anisomórficos | Com delimitação | Tufo | Ro; So; |
| <i>C. strumiferum</i> | Báculos | 2.93 µm | Heteropolar | Anisomórficos | Com delimitação | Tufo | Ro; So; |
| <i>C. strumosum</i> | Báculos | 2.34 µm | Heteropolar | Anisomórficos | Com delimitação | Tufo | So; |
| <i>C. gracilescens</i> | Báculos | 1.16 µm | Heteropolar | Anisomórficos | Com delimitação | Tufo | Ro; |
| <i>C. polycarpum</i> | Báculos | 2.34 µm | Heteropolar | Anisomórficos | Com delimitação | Tufo | Ro; |
| <i>C. tenellum</i> | Báculos | 2.34 µm | Heteropolar | Anisomórficos | Com delimitação | Tufo | Ro; So; Tv; |
| <i>D. cirrata</i> | Báculos | 2.34 µm | Heteropolar | Isomórficos | Com delimitação | Tufo | Ro; So; Tv; Tm; |
| <i>D. crispula</i> | Báculos | 2.16 µm | Heteropolar | Isomórficos | Com delimitação | Tufo | Ro; Tv; Tm; |
| <i>D. pellucidum</i> | Grânulos | 2.39 µm | Heteropolar | Isomórficos | Com delimitação | Coxim e tapete | Ro; So; |
| <i>K. falcata</i> | Grânulos | 1.16 µm | Apolar | Isomórficos | Sem delimitação | Tufo | Ro; So; Tv; Tm |
| <i>K. glacialis</i> | Grânulos | 1.75 µm | Apolar | Isomórficos | Sem delimitação | Tufo | Ro; So; |
| <i>K. starkei</i> | Grânulos | 1.68 µm | Apolar | Isomórficos | Sem delimitação | Tufo | Ro; So |
| <i>O. martiana</i> | Gemas | 2.16 µm | Heteropolar | Isomórficos | Com delimitação | Coxim | So; |
| <i>O. brasiliensis</i> | Grânulos | 1.65 µm | Heteropolar | Isomórficos | Com delimitação | Tufo | Ro; So |
| <i>O. laxiretis</i> | Gemas | 1.87 µm | Heteropolar | Isomórficos | Sem delimitação | Tufo | Ro; So; Tv |
| <i>O. virens</i> | Grânulos | 2.34 µm | Heteropolar | Anisomórficos | Com delimitação | Tufo | Ro; So |
| <i>O. wahlenbergii</i> | Grânulos | 2.34 µm | Heteropolar | Anisomórficos | Com delimitação | Tufo | Ro; Tv; Tm; |
| <i>R. crispata</i> | Báculos | 2.01 µm | Heteropolar | Isomórficos | Com delimitação | Tufo | Ro; |
| <i>R. fugax</i> | Báculos | 1.75 µm | Heteropolar | Isomórficos | Com delimitação | Tufo | So |

Legenda: R0= Rocha; So=Solo; Tv= Tronco Vivo; Tm= Tronco-Morto.

Tabela 2. Matriz binária das características palinológicas e ecológicas das espécies de Rhabdoweisiaceae Limpr. analisadas.

| Espécies | Características Palinológicas | | | | | Características Ecológicas | |
|-----------------------|-------------------------------|------------|--------------------------|----------------|--------------|----------------------------|---------------|
| | Condição de tamanho | Polaridade | Espessura do esporoderma | Área apertural | Ornamentação | Substrato | Forma de vida |
| <i>A_fulvella</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| <i>A_hyperporea</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| <i>A_lapponicum</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| <i>A_mougeotti</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| <i>A_tortuosum</i> | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| <i>C._strumulosum</i> | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| <i>C_gracilescens</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| <i>C_polycarpum</i> | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| <i>C_strumiferum</i> | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| <i>C_tenellum</i> | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>D_cirrata</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>D_crispula</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>D_pellucidum</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>K_falcata</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>K_glacialis</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>K_starkei</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>O_brasiliensis</i> | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| <i>O_laxiretis</i> | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>O_martiana</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| <i>O_virens</i> | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| <i>O_wahlenbergii</i> | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| <i>R_crispata</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| <i>R_fugax</i> | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

Legenda: Características palinológicas: Condição de tamanho: 1: anisopórica ou 0: isopórica; Polaridade: 1: heteroplar ou 0: apolar; Espessura do Espoderma: 0: espessura inferior a 2 µm ou 1: espessura superior a 2.01 µm; Área apertural: 1: presente ou 0: ausente; Ornamentação: 0: grânulos ou 1: diferente de grânulos; Características ecológicas: Especificidade de substrato: 0: ocorre em apenas um substrato ou 1: ocorrem em dois ou mais substratos. Forma de vida: 1: tufo ou 0: diferente de tufo.

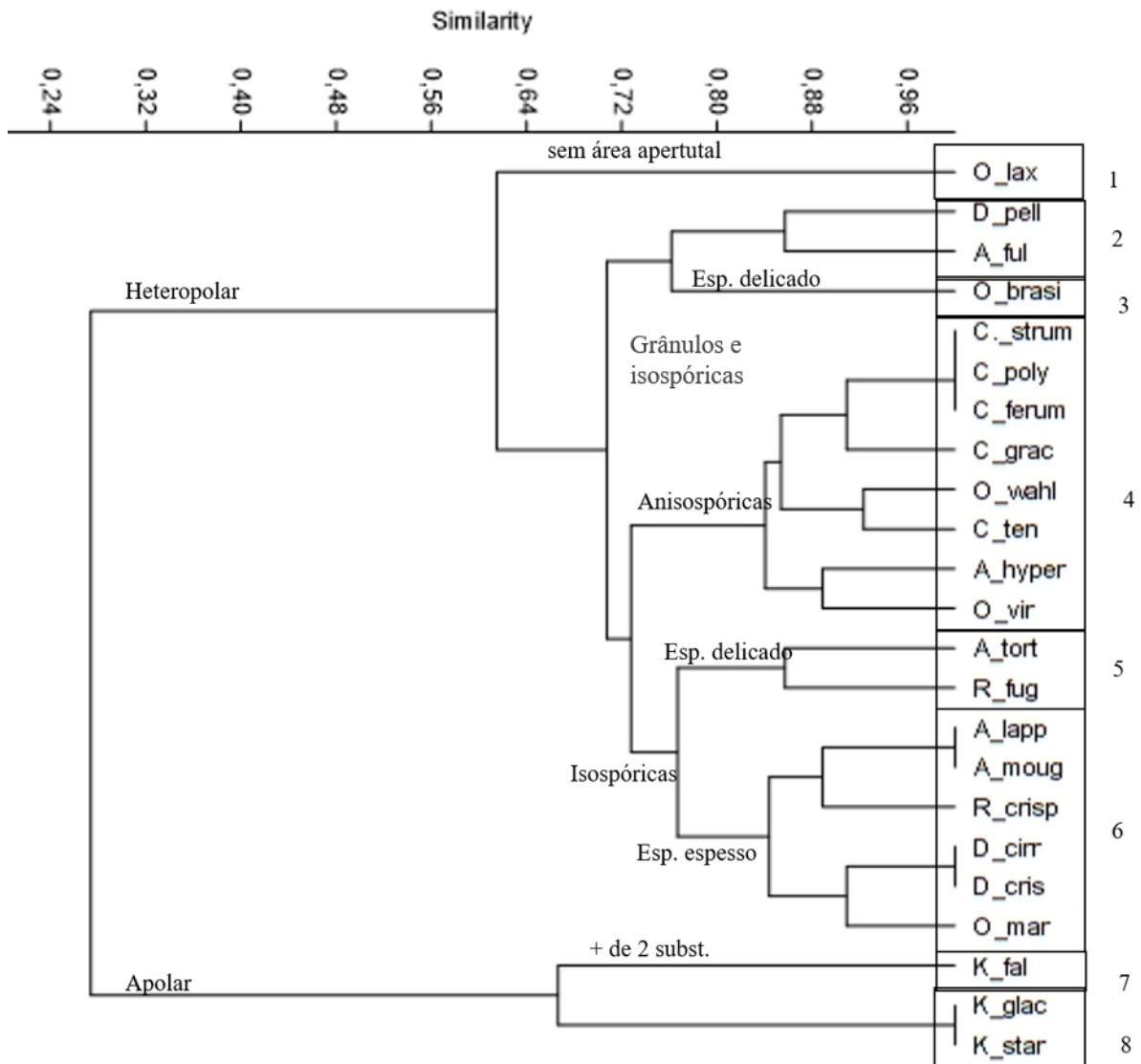


Figura 1. Dendrograma correspondente à análise de agrupamento considerando as características palinológicas e de estratégias ecológicas das espécies. Legenda: O_laxi: *Oreoweisia laxiretis* Broth ex Herzog; D_pel: *Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp.; A_ful: *Arctoa fulvella* (Dicks.) Bruch & Schimp; O_bra: *Oreoweisia brasiliensis* Hampe; C_strum: *Cynodontium strumulosum* Müll. Hal. & Kindb C_pol: *Cynodontium polycarpum* (Hedw.) Schimp; C_ferum: *Cynodontium strumiferum* (Hedw.) Lindb.; C_gra: *Cynodontium gracilescens* (F. Weber & D. Mohr) Schimp.; O_wah: *Oncophorus wahlenbergii* Brid.; C_ten: *Cynodontium tenellum* (Shimp.) Limpr.; A_hyp: *Arctoa hyperborea* (Gunnerus ex With.) Bruch & Schimp.; O_vir: *Oncophorus virens* (Hedw.) Brid.; A A_tor: *Amphidium tortuosum* (Hornsch.) Cufod; R_fug: *Rhabdoweisia fugax* (Hedw.) Bruch & Schimp; A_lap: *Amphidium lapponicum* (Hedw.) Schimp.; A_mou: *Amphidium mougeotii* (B.S.G.) Schimp.; R_cris: *Rhabdoweisia crispata* (Dicks ex With.) Lindb.; D_cir: *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb. ex Milde; D_cris: *Dicranoweisia crispula* (Hedw.) Milde; O_mar: *Oreas martiana* (Hoppe & Hornsch.) Brid.; K_fal: *Kiaeria falcata* (Hedw.) I. Hagen; K_glac: *Kiaeria glacialis* (Berggr.). I. Hagen; K_star: *Kiaeria starkei* (F. Weber & D. Mohr) I. Hagen; Gr: grânulos; Esp.: esporoderma.

4. Conclusões

Os elementos de ornamentação do esporoderma mais frequente nas espécies de Rhabdoweisiaceae Limpr. estudadas foram báculos e grânulos e cerca de 80% das espécies analisadas apresentaram esporos com área apertural com elementos de ornamentação diferente do restante da superfície do esporoderma.

Rocha foi o substrato mais frequente nas espécies analisadas, com registro de ocorrência em 18 espécies, seguido por solos com registro em 15 espécies. A forma de vida mais frequente foi tufo, com ocorrência em 18 das 23 espécies analisadas.

Não foi possível estabelecer a separação de grupos de espécies baseados na associação das características ecológicas e palinológicas, apenas para um dos grupos o substrato se mostrou relevante. A forma de vida não exerceu função na separação dos grupos.

As características palinológicas permitiram o agrupamento das espécies considerando a ornamentação, espessura do esporoderma, presença/ausência de abertura e condição de tamanho do esporo.

5- Referências bibliográficas

ALLEN, B. **Moss flora of central America**. Missouri Botanical Garden. Missouri, 2002.

ARIIZUMI, T.; TORIYAMA, K. Genetic Regulation of Sporopollenin Synthesis and Pollen Exine Development. Annu. **Rev. Plant Biol**, v. 62, p. 1.1-1.24, 2011.

BROOKS, J. & SHAW, G. Sporopollenin: A review of its chemistry, palaeochemistry and geochemistry. **Grana**, v. 17 p. 91-97. 1978.

BROWN, R. C.; LEMMON, B. E. Sporogenesis in Bryophytes. **Advances in Bryology**, v. 3, p. 159-223, 1988.

CROSBY; MARSHALL R.; MAGILL; ROBERT E., ALLEN, BRUCE, SI HE. **A checklist of the Mosses**. Missouri Botanical Garden, 1999.

CRUNDWELL, A. C. Notes on the British Species of *Cynodontium*, Transactions of the British Bryological Society, 3:5, 706-712, 1960. DOI: 10.1179/006813860804829025

- FRAHM, J. P. Diversity, dispersal and biogeography of bryophytes (mosses). **Biodivers Conserv**, v. 17, p. 277–284, 2008.
- FRAHM, J. P.; BUCHBENDER, V.; LACHMANN, V.; REIFENRATH, K.; WERNER, F. Revision der Gattung *Oncophorus* (Musci, Dicranaceae). **Tropical Bryology**, 119-132. 1998.
- FRAHM, J. P.; KLÖCKER, T.; SCHMIDT, R.; SCHÖTER, C. Revision der Gattung *Amphidium* (Musci, Dicranaceae). **Tropical Bryology** 18: 171, 2000a.
- FRAHM, J.P.; AHMED, J., HAGEN, M.; PELES, M. Revision der Gattung *Rhabdoweisia* (Musci, Dicranaceae). **Tropical Bryology** 18: 161-172, 2000b.
- FREY, W.; KÜRSHNER, H. Asexual reproduction, habitat colonization and habitat maintenance in bryophytes. **Flora**, v. 206, p. 173–184, 2011.
- GLIME, J. M. **Bryophyte Ecology**. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. 2017. Disponível em: <http://www.bryoecol.mtu.edu/>. Acesso em novembro de 2017.
- GOFFINET, B.; BUCK, W. R.; SHAW, J. Morphology, anatomy, and classification of the Bryophyta. In: GOFFINET, B.; SHAW, B. (Org.) **Bryophyte Biology** 2 ed. Cambridge: Cambridge University Press, p. 55-138. 2008.
- GOFFINET. B.; SHAW, A. J. **Bryophyte Biology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
- GRADSTEIN, S. R.; CHURCHILL, S. P.; SALAZAR-ALLEN, N. **Guide to the Bryophytes of Tropical America**. Memoirs of the New York Botanical Garden. v. 86, p. 577. 2001.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. **Palaeontologia Electronica**. v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- HEDDERSON, T. A.; BLOCKEEL, T. L. *Oncophorus dendrophilus*, a new moss species from Cyprus and Crete. **Journal of Bryology** v. 28 p. 357–359. 2006.

- HEDENÄS, L. Scandinavian *Oncophorus* (Bryopsida, Oncophoraceae): species, cryptic species, and intraspecific variation. **European Journal of Taxonomy**, v. 315, p. 1–34. 2017.
- LA FARGE-ENGLAND, C. Growth Form, Branching Pattern, and Perichaetial Position in Mosses: Cladocarpy and Pleurocarpy Redefined. **The Bryologist**, v. 99, n. 2, p. 170-186. 1996.
- LISBOA, R. C. L. **Musgos Acrocárpicos do estado de Rondônia**. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi/Editora Superiores. p. 272. 1993.
- LUIZI-PONZO, A. P. Morfologia e ultraestrutura de esporos de musgos: interpretando estratégias e relações evolutivas. In: MESA REDONDA: BRIÓFITAS, 2012, Joinville. Anais... Joinville: 63 Congresso Nacional de Botânica. p. 20-27. 2012
- LUIZI-PONZO, A. P.; BARTH, M. O. Spore morphology of some Bruchiaceae species (Bryophyta) from Brazil. **Grana**, v. 37, p. 222-227. 1998.
- LUIZI-PONZO, A. P.; BARTH, M. O. Spore morphology of some Dicranaceae species (Bryophyta) from Brazil. **Grana**, v. 38, n.1, p. 42-49.1999.
- MÄGDEFRAU, K. Life-forms of Bryophytes in: A. J. E. Smith (ed.), **Bryophyte Ecology**. Chapman and Hall, p. 45-58. 1982.
- MCCLYMONT, J. W.; LARSON, D. A. An electron-microscope study of spore wall structure in the Musci. **American Journal of Botany**, v. 51, p. 195-200. 1964.
- MOGENSEN, G. S. Spore development and germination in *Cinclidium* (Mniaceae, Bryophyta), with special reference to spore mortality and false anisospory. **Can. J. Bot.** v. 56, p. 1032-1060. 1978.
- MOGENSEN, G. S. The Biological Significance of Morphological Characters in Bryophytes: The Spore. **The Bryologist**, v. 84, n. 2, p. 187-207.1981.
- NEIDHART, H. B. Comparative studies of sporogenesis in bryophytes. In: CLARKE, G. C. S.; DUCKETT, J. G. (Org.) **Bryophyte Systematics**. London: Academic Press, p. 251-280. 1979.

OCHYRA, R.; BEDNAREK-OCHYRA, H. On the identity of *Dicranoweisia tenuis* (Bryophyta, Seligeriaceae), a neglected Indian species. **Nova Hedwigia**, v. 96, p. 471–477. 2013.

OLESEN, P & MOGENSEN, G. S. Ultrastructure, Histochemistry and Notes on Germination Stages of Spores in Selected Mosses. **The Bryologist**, v. 81, n. 4, p. 493-516. 1978.

PROCTOR, M. C. F. The physiological basis of bryophyte production. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 104: 61-77. 1990.

ROBINSON, H; BOWERS, F. D. A New Species Of *Oreoweisia* From Mexico (Dicranaceae, Musci). *Phytologia* 29:114-115, 1974.

RODRIGUES, R.S. **Esporos de espécies selecionadas de musgos (Bryophyta) de Minas Gerais: morfologia, ultraestrutura e aspectos ecológicos.** Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Juiz de Fora – Juiz de Fora, MG. 2014.

ROTHERO, G.P. *Arctoa anderssonii* Wich. (Dicranaceae), new to the British Isles. **Journal of Bryology**, v. 31, p. 76–79. 2009

RUSHING, A. E. Spore morphology in the genus *Bruchia* Schwaegr. (Musci). **Amer. J. Bot.**, v. 72, n. 1, p. 75-85. 1985.

SCHOFIELD, W. B. **Introduction to Bryology.** New York, Macmillan Publishing Co. 1985.

SCHOFIELD, W. B. *Rhabdoweisia* in Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 2017. Disponível em <http://www.tropicos.org> acesso em: **Dezembro de 2017.**

SCHOFIELD, W. B. *Rhabdoweisia* in Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 2017. Disponível em <http://www.tropicos.org> acesso em: **Dezembro de 2017.**

SHARP, A.J.; CRUM, H.; ECKEL, P. M. **The Moss Flora of Mexico.** The York Botanical Garden, Ney York, 1994.

SILVA, A. S. M. da; PÔRTO, K. C.; SIMABUKURO, E. A. Effect of light and water availability on spore germination and protonemal growth of the Neotropical moss

Thamniopsis incurva (Pilotrichaceae). **Cryptogamie Bryologie**, v. 30, n. 2, p. 243-257. 2009a.

SILVA, A. S. M. da; SIMABUKURO, E. A.; PÔRTO, K. C. Effect of water availability on spore germination of the moss *Octoblepharum albidum* from Brazilian Atlantic Forest. **Journal of Bryology**, v. 31, n. 3, p. 169-173. 2009b.

SILVA, J. C. **Palinologia de Frullaniaceae Lorch (Marchantiophyta) do Brasil**. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Juiz de Fora – Juiz de Fora, MG. 2015.

TAN, B. C; SCHOFIELD, W. B. On *Dichodontium pellucidum* and *D. olynpicum*. **J. Bot.** v. 58, p. 2067-2072. 1980.

van ROOY, J. The Genus *Amphidium* Schimp. in Southern Africa. **Lindbergia**, v 17, p. 59-63. 1992.

van ROOY, J. The Genus *Rhabdoweisia* in Southern Africa: *R. crispata* New to Africa, and *R. fugax*. **The Bryologist**, v. 94, p. 409-412. 1991.

VANDERPOORTEN, A.; GOFFINET, B. **Introduction to Bryophyte Biology**. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 2009.

WELLMAN, C. H. Origin, function and development of the spore wall in early land plants. In: HEMSLEY, A. R.; POOLE, I. **The Evolution of Plant Physiology. From whole plants of ecosystems**. Linnean Society of London. Paleobotany Specialist Group Elsevier Academic Press. p. 43 – 60. 2004.

Considerações finais

Os principais resultados obtidos nessa dissertação foram:

1. As espécies de Rhabdoweisiaceae Limpr. analisadas, apresentam esporos anisomórficos ou isomórficos, de tamanho pequeno a médio, em mônades, com simetria radial, heteropolares ou apolares, âmbito subcircular; esporoderma formado por intina, exina e perina; superfície do esporoderma ornamentada por diferentes elementos de ornamentação; região apertural podendo ser diferenciada ou não
2. As espécies de *Amphidium* Schimp. analisadas apresentam características palinológicas que permitem diferenciar o gênero dos demais integrantes de Rhabdoweisiaceae Limpr. e de outros musgos haplolepídeos.
3. Os esporos das espécies de *Amphidium* Schimp. analisadas são heteropolares, com superfície do esporoderma rugulada, com rúgulas espessas e perfurações na face distal e com gemas na face proximal e sem diferenças na ornamentação dos esporos entre as espécies estudadas. No entanto, o tamanho do diâmetro maior dos esporos nas três espécies apresenta diferenças significativas.
4. Os elementos de ornamentação, formados pela perina, permitem separar as espécies em quatro tipos morfológicos. Nove espécies estudadas, incluídas em três gêneros apresentam esporos anisomórficos.
5. Não foi possível estabelecer a separação de grupos de espécies baseados na associação das características ecológicas e palinológicas, apenas para um dos grupos o substrato se mostrou relevante. A forma de vida não exerceu função na separação dos grupos.
6. As características palinológicas permitiram o agrupamento das espécies considerando a ornamentação, espessura do esporoderma, presença/ausência de abertura e condição de tamanho do esporo.