



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

JEFFERSON NUNES RADAESKI

**MORFOLOGIA POLÍNICA DE TÁXONS DE *POACEAE* DO RIO GRANDE DO SUL:
UMA ABORDAGEM PARA DISTINGUIR VEGETAÇÕES CAMPESTRES E
FLORESTAIS NO SUL DO BRASIL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

São Gabriel

2015

JEFFERSON NUNES RADAESKI

**MORFOLOGIA POLÍNICA DE TÁXONS DE *POACEAE* DO RIO GRANDE DO SUL:
UMA ABORDAGEM PARA DISTINGUIR VEGETAÇÕES CAMPESTRES E
FLORESTAIS NO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Batista Pereira

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Soraia Girardi Bauermann

São Gabriel

2015

Radaeski, Jefferson Nunes

Morfologia polínica de táxons de *Poaceae* do Rio Grande do Sul:
Uma abordagem para distinguir vegetações campestres e florestais no
sul do Brasil / Jefferson Nunes Radaeski. Julho de 2015. 85 p.

Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pampa, Mestrado
em Ciências Biológicas, 16 de julho de 2015. Orientação: Dr. Antonio
Batista Pereira.

1. gramíneas. 2. grãos de pólen. 3. Pampa. 4. Mata atlântica.

JEFFERSON NUNES RADAESKI

**MORFOLOGIA POLÍNICA DE TÁXONS DE *POACEAE* DO RIO GRANDE DO SUL:
UMA ABORDAGEM PARA DISTINGUIR VEGETAÇÕES CAMPESTRES E
FLORESTAIS NO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Batista Pereira

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Soraia Girardi Bauermann

Área de concentração: Ecologia e Sistemática

Dissertação defendida e aprovada em: 16 de julho de 2015.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antonio Batista Pereira

Orientador

UNIPAMPA

Prof^a. Dr^a. Soraia Girardi Bauermann

Co-orientadora

ULBRA

Prof. Dr. Angelo Alberto Schneider

UNIPAMPA

Prof. Dr. Filipe de Carvalho Victoria

UNIPAMPA

Dedico este trabalho a meu avô e padrinho Paulo Guimarães Nunes (in memoriam) que me ensinou muitos valores da vida e que sempre está presente em meu coração. Foi companheiro de muitos momentos incluindo viagens à praia onde em uma delas me recitou a seguinte

frase:

“Ô meu neto de estimação, afilhado do coração. Toda vez que vem na praia eu ti pego pela mão”.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa, Jóice Viviane Alves Radaeski, por sempre confiar e principalmente me apoiar, com seu imenso amor, em literalmente todos os momentos não somente durante a elaboração deste trabalho, mas no percurso da vida. Além de ser meu porto seguro me presenteou com o maior tesouro de minha vida: nosso filho Arthur.

Aos meus pais, Roberto Radaeski e Eliete Nunes Radaeski, base familiar que me concedeu toda educação e condição para enfrentar as adversidades da vida. Sempre me apoiando e me reerguendo nas dificuldades, além de compreender minha ausência em momentos importantes.

À minha irmã Roberta Nunes Radaeski, por sempre me apoiar e “aturar” minhas brincadeiras que muitas vezes extrapolam os limites. Além de auxiliar na elaboração das imagens das plantas do presente trabalho.

As minhas avós Araci da Silva Radaeski, Ottilia Salvador Nunes e avô Paulo Guimarães Nunes (in memoriam) fontes de sabedoria e amor transmitindo sempre muito aprendizado. As avós “Xica” (in memoriam) e Maria, que mesmo não sendo avós de sangue me acolheram como neto legítimo concedendo conhecimento de suas vivências.

A Luiz Carlos Alves e Julia Maria Alves, sogro e sogra que me tratam como filho, auxiliando e compartilhando bons momentos. Tia Odete e tia Rejane que estão sempre muito presentes em minha vida. Á Lúcia Ana Vitczak por estar sempre disposta as leituras e correções dos textos regididos em língua inglesa.

A meu orientador, Prof. Antonio Batista Pereira, que me acolheu como aluno concedendo muito aprendizado e oportunidade de desenvolver este trabalho, vivenciando muitos ensinamentos.

A minha co-orientadora desta dissertação e orientadora ao longo de toda graduação e vida acadêmica, Prof^ª. Soraia Girardi Bauermann. Posso dizer que durante estes anos obtive muito aprendizado e experiência com engrandecimento profissional e pessoal. Me transmite constantemente muitos ensinamentos com muita dedicação.

A todos os membros da Equipe do Laboratório de Palinologia da Ulbra pelo apoio e auxílio, em especial a Prof^ª. Andreia Evaldt que sempre me passa muito conhecimento. A Vanessa Salvadé da Unipampa, pelo auxílio das coletas de campo no Cerro do Ouro.

Aos integrantes do Núcleo de Estudos da Vegetação Antártica da Unipampa pelo acolhimento, disposição e auxílio.

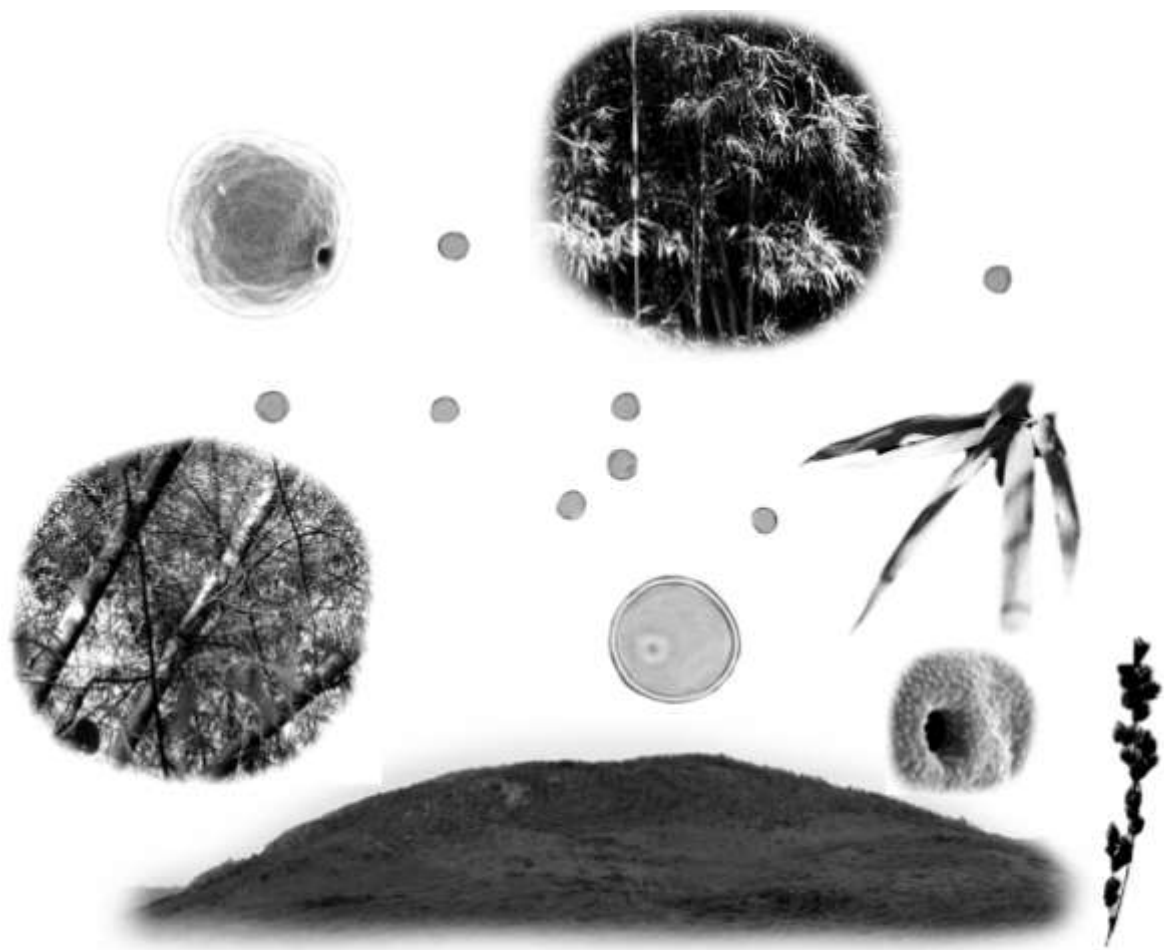
Ao Prof. Angelo Alberto Schneider pelo auxílio na identificação do material botânico, sempre disposto e atencioso, dedicando tempo para analisar as plantas e chaves.

A Prof. Mara Rejane Ritter por proporcionar a consulta as exsicatas do Herbário ICN da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em especial.

Ao Prof. Hermann Behling pelas valiosas sugestões e discussões para os direcionamentos e aprimoramento do trabalho.

Finalmente agradeço ao Senhor por ser meu sustento e guia em todos os obstáculos da vida. Como não acreditar que todas as leis que regem sobre a natureza não possam ser obras de um criador e que seleção natural e crença possam estar unidas caminhando de forma conjunta? Creio que posso acreditar não somente na seleção natural e não somente no criacionismo, mas sim em ambas as formas de ver a vida. Obrigado Senhor pela natureza tão bela do qual podemos desfrutar e acima de tudo respeitar!

*“Felizes os que choram, porque serão consolados.
Felizes os que têm fome e sede da justiça, porque serão saciados”
(Sermão da Montanha)*



Com as suas gramináceas, este território bem merece o nome de “campo bonito”. Sua beleza consiste não somente nas vantagens que oferece a um povo de cavaleiros e ao gado, mas também na sua encantadora ornamentação com flores variadas em profusão (C.A.M. Lindman & M.G. Ferri 1906. A Vegetação no Rio Grande do Sul).

MORFOLOGIA POLÍNICA DE TÁXONS DE *POACEAE* DO RIO GRANDE DO SUL: UMA ABORDAGEM PARA DISTINGUIR VEGETAÇÕES CAMPESTRES E FLORESTAIS NO SUL DO BRASIL

Grãos de pólen de *Poaceae* identificados em registros quaternários podem ser somente indicativos da vegetação de Campo e não permite a obtenção de maiores inferências ambientais e ecológicas devido à uniformidade dos grãos de pólen. Neste sentido, foram realizadas análises em microscopia óptica e eletrônica de varredura em diferentes táxons contemplando-se todas as tribos e subfamílias de *Poaceae* do Rio Grande do Sul para avaliar se seus grãos de pólen podem ser distinguidos em relação: (i) ao tipo de vegetação (Campo e Floresta), (ii) ao metabolismo fotossintético C_3 e C_4 , (iii) ao tipo de hábito entre as espécies florestais, (iv) a diferentes níveis taxonômicos (gênero, tribo, subfamília). São apresentadas informações polínicas sobre 68 espécies de *Poaceae* distribuídas em vegetações campestres ou florestais do Rio Grande do Sul. A análise por microscopia óptica e eletrônica de varredura permitiu distinguir os grãos de pólen em relação ao tipo de vegetação em que os táxons estão distribuídos (Campo e Floresta). Grãos de pólen de espécies florestais apresentaram tamanho maior do que táxons campestres, assim como espécies com metabolismo fotossintético C_3 demonstraram tendência a apresentar grãos de pólen maiores que táxons com metabolismo C_4 . Padrões nos tamanhos dos grãos de pólen de táxons florestais de acordo com o hábito também foram obtidos, destacando-se o tamanho distinto dos grãos de pólen da tribo *Bambuseae*. Com base nos resultados, os grãos de pólen de *Poaceae* podem ser utilizados como indicadores ambientais para melhor caracterização das dinâmicas e reconstituições vegetacionais no sul do Brasil.

Palavras-chave: gramíneas, grãos de pólen, Pampa, Mata atlântica.

**POLLEN MORPHOLOGY OF *POACEAE* TAXA OF THE RIO GRANDE DO SUL:
AN APPROACH TO DISTINGUISH GRASSLANDS AND FOREST VEGETATION
IN SOUTHERN BRASIL**

Poaceae pollen grains identified in quaternary records can only indicate the grassland vegetation and does not allow more environmental and ecology inferences due to the uniform morphology of the pollen grains. In this sense, analyses were performed in optical and scanning electron microscopy in different taxa representing all tribes and subfamilies of *Poaceae* family of the Rio Grande do Sul to assess whether their pollen grains can be distinguished in relation: (i) to the type of vegetation (grassland and forest), (ii) to the photosynthetic metabolism C_3 and C_4 , (iii) to the type of habit between forest species, (iv) to different taxonomic levels (genera, tribe, subfamily). Are presented pollen information about 68 species of *Poaceae* family distributed in the grassland or forest vegetation of the Rio Grande do Sul. Analysis by optical and scanning electron microscopy allowed to distinguish the pollen grains in relation to the type of vegetation of species (grassland and forest). Pollen grains of forest species showed larger size than grasslands taxa, as well as species with photosynthetic metabolism C_3 showed trend to have pollen grains larger than taxa with metabolism C_4 . Patterns in sizes of pollen grains of the forest species in relation to the habit were also obtained, highlighting the distinct size of pollen grains of the *Bambuseae* tribe. Based on the results, the *Poaceae* pollen grains can be used as environmental indicators for better characterization of the dynamics and reconstructions vegetation in southern Brazil.

Keywords: grasses, pollen grains, Pampa, Atlantic Forest.

SUMÁRIO

RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	X
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVO GERAL.....	03
3. CAPÍTULO 1. Poaceae: an overview to distinguish grasslands in Southern Brazil based on pollen grain size.....	05
2.1. Introdução.....	07
2.2. Material e métodos.....	16
2.3. Resultados.....	19
2.4. Discussão.....	33
2.5. Conclusões.....	40
2.6. Referências.....	45
4. CAPÍTULO 2. Morfologia polínica de táxons florestais da família Poaceae nativos do sul do Brasil e sua implicação nos registros fósseis quaternários.....	50
3.1. Introdução.....	52
3.2. Material e métodos.....	54
3.3. Resultados.....	57
3.4. Discussão.....	68
3.5. Conclusões.....	74
3.6. Referências.....	74
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
6. REFERÊNCIAS.....	81
7. ANEXOS.....	83
7.1. Anexo A.....	83
7.2. Anexo B.....	84
7.3. Anexo C.....	85

1. INTRODUÇÃO

A grande representação de gramíneas no sul do Brasil ocorre desde o final do Pleistoceno até a atualidade e justamente sua distribuição antiga na região aliada à variabilidade de formas biológicas adaptadas a pressões ambientais faz esta família ser muito diversa em número de espécies (Behling et al. 2004; Boldrini et al. 2008). No Rio Grande do Sul, localizado no extremo sul do Brasil, ocorre na porção sul do Estado à única distribuição do bioma Pampa do país que ainda estende-se por regiões da Argentina e Uruguai (Pillar et al. 2009; IBGE 2004). A porção norte do Rio Grande do Sul é representada pelo bioma Mata Atlântica com diversas florestas incluindo a Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com *Araucaria* que muitas vezes ocorre em mosaico com os Campos de Cima da Serra no planalto da região nordeste do Estado (Boldrini et al. 2009).

A vegetação atualmente estabelecida no Rio Grande do Sul apresenta cerca de 450 espécies da família *Poaceae* Barnhart que estão distribuídas em 18 tribos, nove subfamílias e 110 gêneros com ocorrência em Campos, Florestas e banhados (Boldrini et al. 2008, Schmidt & Longhi-Wagner 2009; Boldrini & Longhi-Wagner 2011). Na flora sul-rio-grandense ocorrem nove das 12 subfamílias atualmente reconhecidas para a família *Poaceae* onde foram utilizadas informações anatômicas, morfológicas e moleculares para esta classificação (GPWG 2001).

Dentre os gêneros de *Poaceae* do Estado, destacam-se *Paspalum* L., *Stipa* L., *Panicum* L. e *Eragrostis* Wolf por serem os gêneros que contém os maiores números de espécies representadas principalmente nas vegetações campestres, amplamente distribuídas no sul do Brasil (Boldrini & Longhi-Wagner 2011). Suas espécies juntamente com táxons da família *Asteraceae* Bercht. & J.Presl e *Fabaceae* Lindl. formam o componente principal das formações campestres sul-brasileiras (Pillar et al. 2009). De acordo com a composição de espécies dominantes nas regiões do território rio-grandense (Figura 1) os campos do bioma Pampa são divididos em unidades fitofisionômicas (Hasenack et al. 2010). Além da configuração paisagística e cultural que as espécies desta família proporcionam a população do Estado, muitas espécies exóticas de *Poaceae* são utilizadas pelo homem, principalmente para fins alimentícios, como, por exemplo, a *Oryza sativa* L. (arroz), *Zea mays* L. (milho), *Triticum aestivum* L. (trigo) e *Secale cereale* L. (centeio) (Schneider 2007; Pillar et al. 2009).

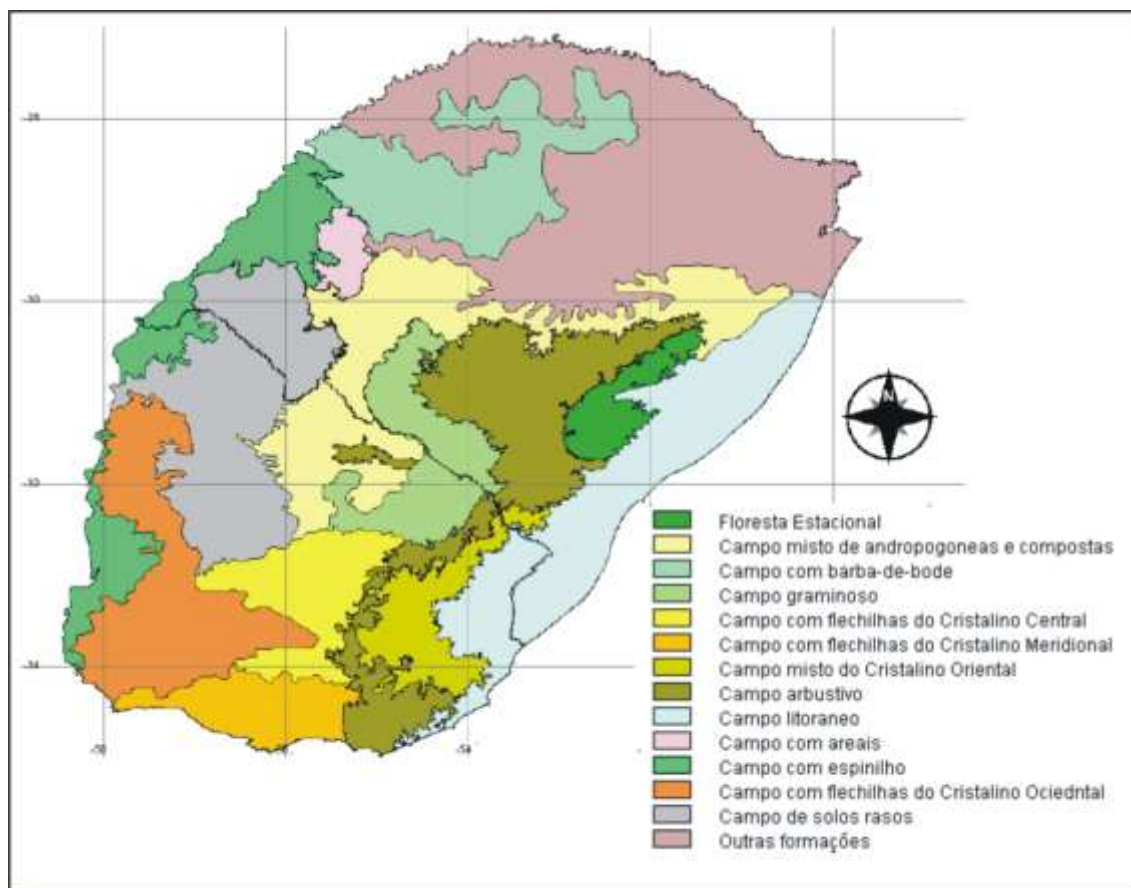


Figura 1. Unidades fitofisionômicas dos campos do bioma Pampa do Rio Grande do Sul e Uruguai (Fonte: Hasenack et al. 2010).

Embora de grande representatividade no Rio Grande do Sul, grãos de pólen de espécies de *Poaceae* não podem ser distinguidos em menores níveis taxonômicos nos materiais palinológicos devido à uniformidade dos grãos de pólen desta família com sua característica abertura monoporada com ânulo e forma esférica, sendo considerada uma família estenopolínica (Erdtman 1952, Salgado-Labouriau 1973). Quando identificados grãos de pólen da família *Poaceae* em sedimentos quaternários, estes são relacionados à vegetação campestre, entretanto alguns táxons desta família são de vegetação florestal. Além disso, as poucas descrições polínicas de táxons desta família do sul do Brasil são um fator agravante na dificuldade de diferenciar os grãos de pólen de gramíneas. Para o Rio Grande do Sul foram descritas até o momento a morfologia polínica de sete espécies, todas com ocorrência em Campos do bioma Pampa (Radaeski et al. 2011; Bauermann et al. 2013; Radaeski et al. 2014a; Radaeski et al. 2014b). Doze ilustrações polínicas de gramíneas do Estado são apresentadas por Medeanic et al. (2008) e Wilberger et al. (2004).

As poucas descrições e ilustrações polínicas da família *Poaceae* no Rio Grande do Sul demonstram a carência de dados para a realização de tentativas de distinguir os grãos de pólen de gramíneas no sul do Brasil. Recentemente foram propostas novas possibilidades para distinguir grãos de pólen de *Poaceae* entre diferentes ecossistemas campestres da América do Sul (Schuler & Behling 2010; Schuler & Behling 2011), sendo a vegetação de Páramo do Equador a que apresenta os maiores grãos de pólen da família. Entretanto a determinação taxonômica dos grãos de pólen em tribos, gêneros ou espécies não pode ser obtida. Jan et al. (2014) analisando a morfologia polínica de espécies de *Poaceae* de diferentes locais, incluindo o sul do Brasil, demonstrou que existe variação entre os grãos de pólen de espécies com fotossíntese C_3 e C_4 onde táxons com metabolismo C_4 tendem a apresentar grãos de pólen com tamanho maior, assim como ocorre variação no tamanho do grão de pólen em relação ao nível de ploidia da espécie. Embora a diferenciação de grãos de pólen de *Poaceae* entre diferentes ecossistemas seja promissora, é necessário aprofundar informações sobre as diferenças morfológicas polínicas de espécies de *Poaceae* em um único ecossistema campestre. Somente com o refinamento polínico de táxons da família *Poaceae* novas inferências serão possibilitadas para a reconstituição vegetacional com base nos grãos de pólen de gramíneas.

2. OBJETIVO GERAL

A partir da necessidade de refinamento polínico e de avaliar os grãos de pólen de espécies de *Poaceae* em um único ecossistema, o objetivo geral deste estudo é analisar a morfologia polínica de diferentes gêneros e espécies contemplando-se representantes de todas as tribos e subfamílias nativas do Rio Grande do Sul. Com estas informações poderão ser comparados os grãos de pólen, a fim de propor padrões entre espécies campestres e florestais, assim como táxons com fotossíntese C_3 e C_4 e ciclos de vida estival e hibernar para confirmar hipóteses se: (i) existe diferença entre grãos de pólen de vegetação de Campo e de Floresta da família *Poaceae*; (ii) pode-se distinguir entre grãos de pólen de fotossíntese C_3 e C_4 ; (iii) pode-se distinguir grãos de pólen de espécies florestais de acordo com o hábito; (iv) existe padrão entre os grãos de pólen de diferentes grupos de gêneros, tribos e subfamílias de *Poaceae*. Estas informações são fundamentais para tentativas de melhor refinamento taxonômico polínico de espécies da família *Poaceae* do sul do Brasil, uma vez que grãos de pólen desta família são

identificados somente ao nível de família e inferências ambientais aprofundadas a partir de sua morfologia atualmente não é obtida.

**3. CAPÍTULO 1. Poaceae: an overview to distinguish grasslands in
Southern Brazil based on pollen grain size**

(Artigo submetido para a revista *Grana*)

Poaceae: an overview to distinguish grasslands in Southern Brazil

based on pollen grain size

Jefferson Nunes Radaeski^{a,b}, Soraia Girardi Bauermann^b & Antonio Batista Pereira^a

^a*Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Campus São Gabriel, RS, Brasil*

^b*Laboratório de Palinologia da Universidade Luterana do Brasil – ULBRA, Canoas, RS, Brasil*

Correspondence: Jefferson N. Radaeski, Laboratório de Palinologia da Universidade Luterana do Brasil – ULBRA, Canoas, RS, Brasil. E-mail: *jefferson.radaeski@gmail.com*

Abstract

This study aims at distinguish the Poaceae pollen grains in grassland and forest vegetation in southern South America. Are present the morphological features of pollen grains from 18 species of grasses, contemplating the genera with the highest number of species of a native tribe from Rio Grande do Sul, through analysis in optical microscopy and scanning electron microscopy. Moreover, the sizes of pollen grains of 68 species of the 61 different genera native in the State were evaluated. Besides the pollen differentiation between grassland and forest vegetation, the parameters used demonstrate higher taxonomic resolution at the level of the tribes. The applied statistics revealed proportionality between the size of pollen grains with the pore and annulus sizes. Thus, through the pollen attributes used, besides the size of pollen grains, the pore and annulus can may also be considered for ecological characterization of the pollen grains. This Poaceae pollen dataset represents the assessment of the previously inaccessible information and paleoecological utility for the interpretation of pollen fossil records in southern South America.

Keywords: *Pollen morphology, grasses, Pampa, South America, Atlantic Forest, bamboos pollen.*

Introduction

Pollen grains of Poaceae family are widely found in palynological samples, however the stenopalynous characteristic of the family hinders the detailed description of pollen. Consequently, this affects the interpretation of ecological inferences, mainly due to low taxonomic resolution. Poaceae pollen are usually interpreted as indicative of open formations, being mainly associated with the grassland vegetation. Although in Rio Grande do Sul (RS) more than 80% of species of Poaceae are the grasslands vegetation, a significant percentage of representatives of this family live in the forest vegetation (Boldrini & Longhi-Wagner 2011). This demonstrates the need for higher description from pollen of this family, in order to assist in better understanding of the real contributions of pollen grains for grasslands and forest vegetation in RS.

Poaceae is one of the families best represented in species in the flora of RS together with species of the Asteraceae and Fabaceae families. Their species occurring in different environments in the two biomes of the state, Pampa Biome and Mata Atlântica (IBGE 2004). This great representation is due mainly to the high number of species of this family and its occurrence in grasslands vegetation, which constitutes the main formation in southern Brazil.

Twelve subfamilies for the Poaceae family are currently recognized, using anatomical, morphological and molecular information for this classification (GPWG 2001), being nine of these represented in the RS flora, with 18 native tribes, comprising 89 genera and 450 species occurring in grasslands, wetlands and forest environments

(Boldrini et al. 2008; Boldrini & Longhi-Wagner 2011; Lista de Espécies da Flora do Brasil 2014).

Regarding the type of pollination of the Poaceae family, their representatives have the primarily anemophily as a means to transport their pollen grains, except for a few forest species mainly of the subfamily Bambusoideae, which are entomophilous (Boldrini et al. 2008; Schmidt & Longhi-Wagner 2009; Dórea 2011). The anemophilous pollination contributes to the pollen grains of the respective species in this family to remain dispersed in the environment, being easily preserved and consequently found in quaternary sediments of RS (Salgado-Labouriau 2007).

Poaceae representation in Rio Grande do Sul

Poaceae in grassland vegetation

The natural vegetation of RS is of great abundance and diversity, because it is a flora that lives since past times in southern Brazil, where the temperature and humidity were different than the currently established (Behling et al. 2004). This long-time existence, allied to the different conditions in RS provided the distribution of diverse and endemic floras, where the Poaceae, Asteraceae and Fabaceae families are those with the largest number of species in natural RS grasslands (Pillar et al. 2009).

In grasslands vegetation (Figure 1A-B), the most representative genera of species are *Paspalum*, *Stipa*, *Panicum*, *Eragrostis*, *Aristida*, *Digitaria*, *Axonopus*, *Chascolytrum*, *Schizachyrium*, *Melica*, *Setaria* and *Andropogon*, in descending order of number of species respectively. The taxa of these genera have as preferred habitat open formations, highlighting *Paspalum*, which covers more than 50 species in these environments (Boldrini & Longhi-Wagner 2011).

Although the Poaceae species studies are of a geographic area (Rio Grande do Sul state) their representation in South America has a greater range. These species are part of a biome that extends throughout much of South America which includes southern Brazil, Uruguay and Argentina (Pampa biome). In addition, its species are distributed in different grassland ecosystems of the regions of South America (eg. Pampa, “Campos de altitude”, Páramo).

Poaceae in forest vegetation

The representatives of Poaceae family in RS living in forest formations mainly correspond to the tribes belonging to subfamilies Anomochlooideae, Bambusoideae and Pharoideae, including also some species of Panicoideae (Boldrini & Longhi-Wagner 2011).

Anomochlooideae presents only one species occurring in RS, *Streptochaeta spicata*, living in the Mata Atlântica forests in the Torres city (Boldrini et al. 2008). Bambusoideae (Figure 1C-D), represented by Bambuseae and Olyreae tribes, consists of genera like *Alonemia*, *Chusquea*, *Colantheria*, *Guadua*, *Merostachys* (Bambuseae tribe with lignified bamboo) and *Olyra*, *Parodiolyra* and *Litrachne* (Olyreae tribe with herbaceous bamboos) living exclusively on forests in RS. The genera *Chusquea* and *Merostachys*, with larger numbers of species in the Bambuseae tribe, have the highest occurrence of habitat in the Ombrofila Mixed Forest and Ombrofila Dense Forest (Schmidt & Longhi-Wagner 2009).

Pharus is the only genera from Pharoideae subfamily in RS, and they live in herbaceous vegetation inside the forests. Panicoideae, besides being composed by a high number of species living in grassland, has few representatives of forest that are related to Paniceae tribe, mainly covering the genera *Ichnanthus*, *Oplismenus*,

Parodiophyllochloa, *Pennissetum* and *Pseudechinolaena* (Boldrini & Longhi-Wagner 2011).

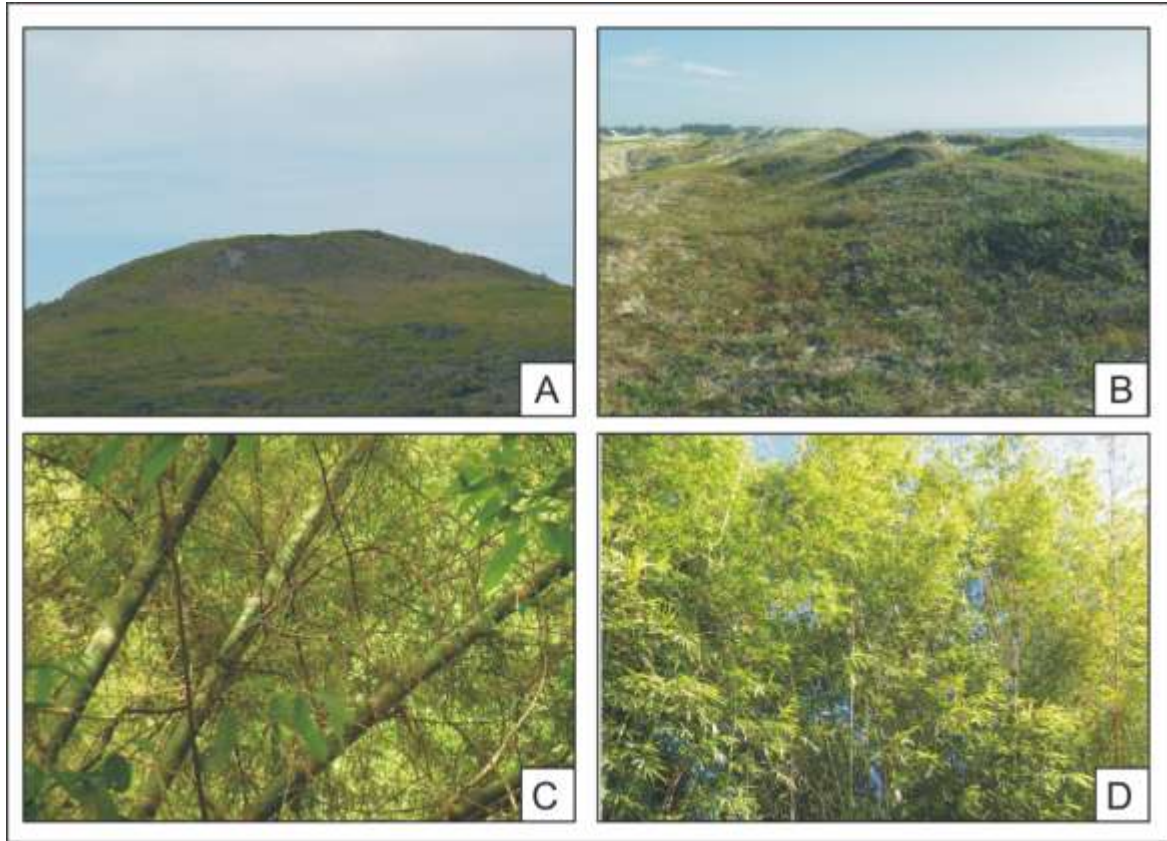


Figure 1. **A.** Grassland vegetation of Rio Grande do Sul, “Cerro do Ouro”, São Gabriel city. **B.** Grassland of the coastal plain of RS, “Balneário Quintão”, Palmares do Sul city. **C, D.** Riparian forest with lignified bamboos, Gravataí city.

Poaceae Pollen descriptions in South America

In South America several species have been described showing the uniform characteristic of pollen grains of Poaceae family, with small differences especially regarding the amount of apertures and type of ornamentation. Highlighting that the possible pollen differences of Poaceae would be between native species and grain corn pollen (*Zea mays*) due to the size of pollen grains (Salgado-Labouriau 1973).

In Brazil, Salgado-Labouriau (1973) found homogeneity between the Cerrado grass pollen grains, highlighting that there had not been obtained differentiation between genres or native tribes. Likewise, Melhem et al. (2003) described the *Andropogon bicornis* L., *Lolium multiflorum* L. and *Schizachyrium tenerum* Nees pollen grains, demonstrating similar morphologies with one aperture, spherical shape and exine psilate, verifying that the pollen morphology of ryegrass (*Lolium multiflorum*) could not be distinguished from native as was done with *Zea mays*. In São Paulo state, in pollen study in the Reserva Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (Corrêa et al. 2005), there were described pollen grains from thirty species belonging to five tribes, using optical and scanning electron microscopy that showed the pollen uniformity found. Dórea (2011) addressed through scanning electron microscopy the surface of pollen grains corresponding to forest species of Poaceae, discussing its relationship with zoofila pollination. Analyzing the morphology and pollen viability of *Lolium multiflorum* among different genotypes of the specie, Nunes et al. (2012) described the pollen grains under optical and scanning electron microscopy obtaining results that indicate, through the measures, the pollen grains that belong to the same size class and without variation in the amount of apertures and ornamentation.

For Chile, species from eight tribes and 16 Poaceae species had their pollen grains described by Heusser (1971), who found few differences in size and ornamentation ranging from psilate to scabrate. Similar results were found in 17 species in Argentina described by Markgraf and D'Antoni (1978), though the pollen grains showed only psilate ornamentation. In the Andes of Venezuela, Salgado-Labouriau and Rinaldi (1990) described the pollen grains of 49 taxa, where they observed differences mainly in the ornamentation, size of the pollen and number of apertures, highlighting the larger size of the pollen grains of species of Bambusoideae subfamily and the

distinct morphology pollen of *Pariana stenolemma*, due to its areolate ornamentation and mainly by the absence of the annulus.

Panorama of Poaceae pollen descriptions in southern South America

Although the Poaceae family is well represented and studied in RS, there are few studies of pollen representatives of this family. Being the few descriptions or illustrations for pollen representatives presented in the works of Tedesco et al. (1999), which analyzed the diameter of the pollen grains of *Hemarthria altissima* under different ploidy levels, noting that the average diameters were variable, depending on the ploidy, however the analyzed pollen grains were not acetolysed. Medeanic et al. (2008) illustrated images of pollen grains from nine species and Wilberger et al. (2004) presents images of pollen grains corresponding to three species. Nakamura et al. (2010) addressing the development of anther and pollen grains in *Axonopus aureus*, *Chloris elata*, *Eragrostis solida*, *Olyra humilis*, *Paspalum polyphyllum* and *Sucrea monophylla*, found similar pollen morphology between taxa, except for ornamentation, where they have been observed to have patterns that are important for the differentiation between species of the family. Radaeski et al. (2011) described the pollen morphology of *Paspalum notatum*, *Paspalum plicatulum* and *Schizachyrium microstachyum*. Later, Bauermann et al. (2013) described the pollen grains of *Andropogon lateralis* and *Eragrostis bahiensis*, Radaeski et al. (2014a) described the pollen morphology of the *Eragrostis neesii* and Radaeski et al. (2014b) contributed to the pollen description of six taxa of Poaceae that showed that, in general, the pollen grains have average size, monoaperture, spherical forms, noting the identified stenopalynous characteristic of the family.

The few grass pollen morphological data, allied to stenopalynous character, make many palynological works of Quaternary in RS, melissopalynologia and pollination biology to have low taxonomic resolution, not exceeding the pollen identification family level (eg. Behling et al. 2004; Macedo et al. 2007; Bauermann et al. 2008). Furthermore, the study of the pollen of many Poaceae taxa is hampered by the rare flowering which have been observed in many members of the tribe Bambuseae as, for example, *Merostachys multiramea* and *Guadua trinii*, which have their flowering every 30 years (Schmidt & Longhi-Wagner 2009; Boldrini & Longhi-Wagner 2011). This demonstrates a certain complication for obtaining pollen material for palynological studies.

Recently, studying pollen grains of fossil Poaceae in the grassland ecosystems of South America, Shuler and Behling (2010) provided new possibilities for distinguishing pollen grains of this family. The later results (Shuler & Behling 2011) could differentiate the ecosystems present in South America, however it was not possible to reach lower taxonomical levels. Jan et al. (2014) managed to establish a pattern among changes in the size of Poaceae pollen grains according to the ploidy level and C₃ and C₄ metabolism, showing that polyploid species have higher pollen grain size.

Due to this problem, more detailed studies of pollen morphology of the Poaceae species are needed to evaluate whether obtaining better pollen taxonomic detail is possible. In order to obtain different representatives of the Poaceae flora, collections of botanical material were held in different regions of RS (Figure 2) with the intention of obtaining pollen material for the study.

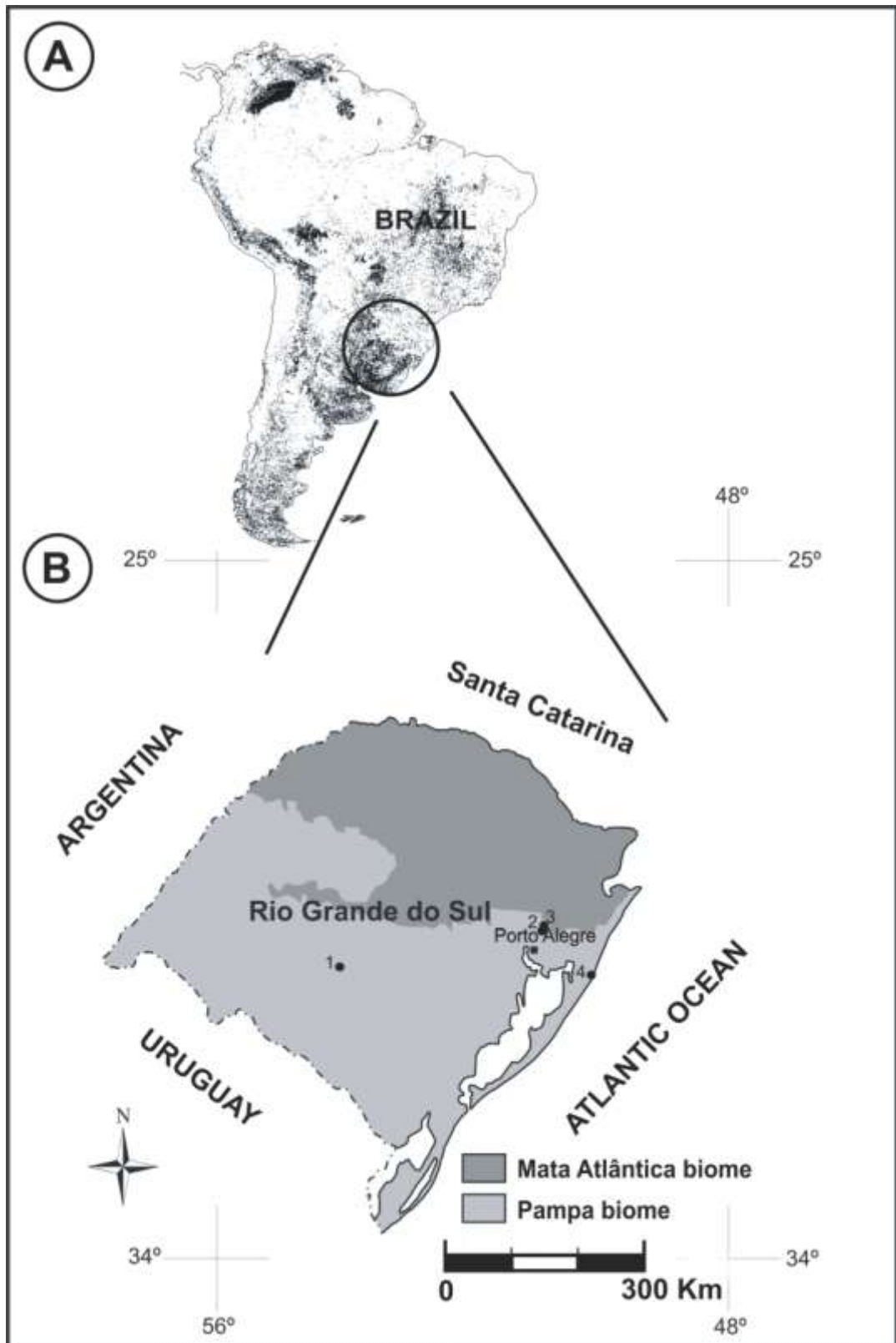


Figure 2. **A.** Distribution of grasslands in South America highlighting the southern region of Brazil (adapted from Eva et al., 2002). **B.** Map of Rio Grande do Sul showing the sampling sites in RS. 1. “Cerro do Ouro”, São Gabriel city; 2.

Cachoeirinha city; 3. “Sitio Laranjal”, Gravataí city; 4. “Balneário Quintão”, Palmares do Sul city.

In this sense, in order to perform a study on the pollen morphology of native tribes of Poaceae in RS, it was analyzed, by optical microscopy (OM) and scanning electron microscopy (SEM), the morphometric characters of pollen grains of current plants of the most representative genus in terms of species of each tribe (Andropogoneae, Aristideae, Arundinelleae, Bambuseae, Bromeae, Cynodonteae, Danthonieae, Eragrostideae, Meliceae, Olyreae, Oryzeae, Paniceae, Pappophoreae, Phareae, Poeae, Stipeae, Streptochaeteae and Triticeae) belonging to the nine subfamilies of Poaceae distributed in RS (Figure 3). In addition to the pollen morphological characteristics of the eighteen species, there were also investigated the diameters of sixty-eight different genera to assess whether the establishment of standards between the morphology of pollen grains of different genres is possible.

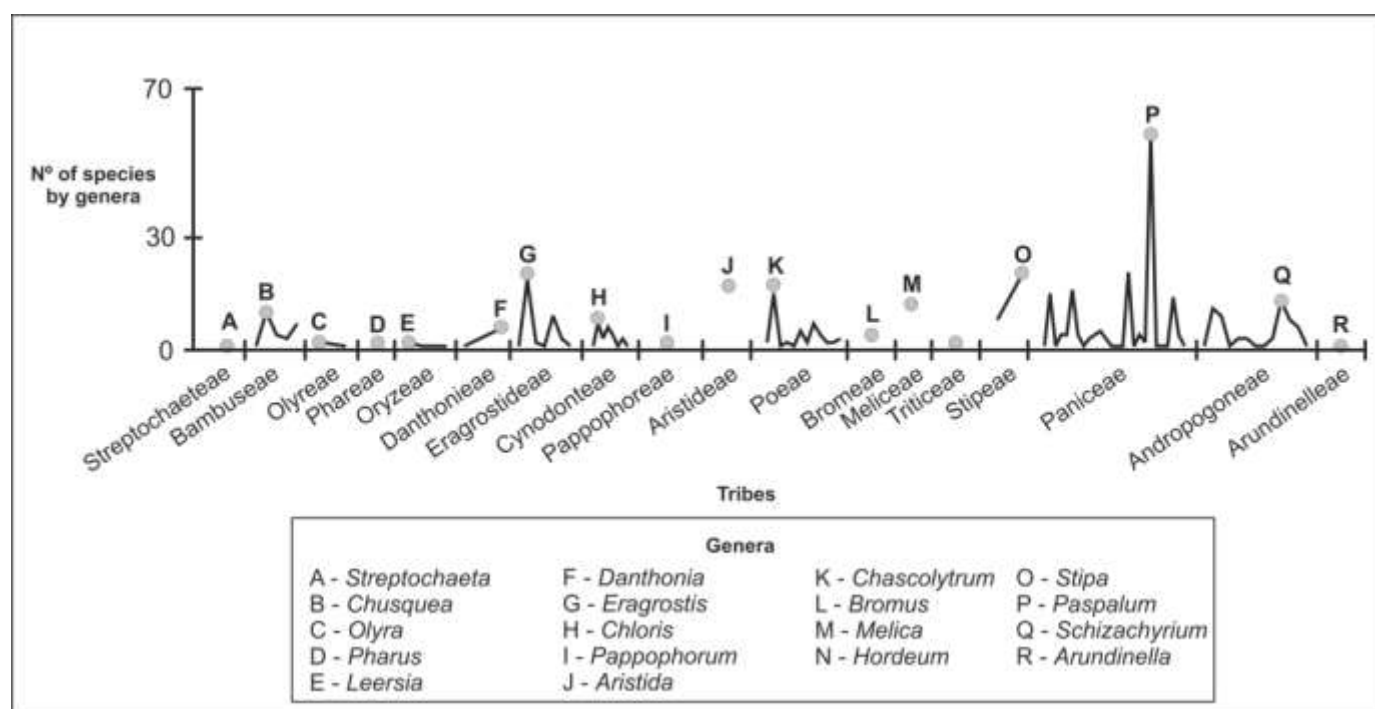


Figure 3. Number of native Poaceae species in Rio Grande do Sul according to Boldrini & Longhi-Wagner (2011).

Material and methods

Collection of botanical material

During the field expeditions, ninety-eight specimens of Poaceae were obtained, contemplating the twenty-one taxa representative of this family, and some, being fertile, selected for extraction of pollen material (Figure 4). The sampling was performed using the method of traversal (Filgueiras et al. 1994), in winter, autumn, spring and summer in the months of May, August, September, October, November and December of 2013 and in January of 2014, in order to get hibernal and estival plants in the flowering seasons.

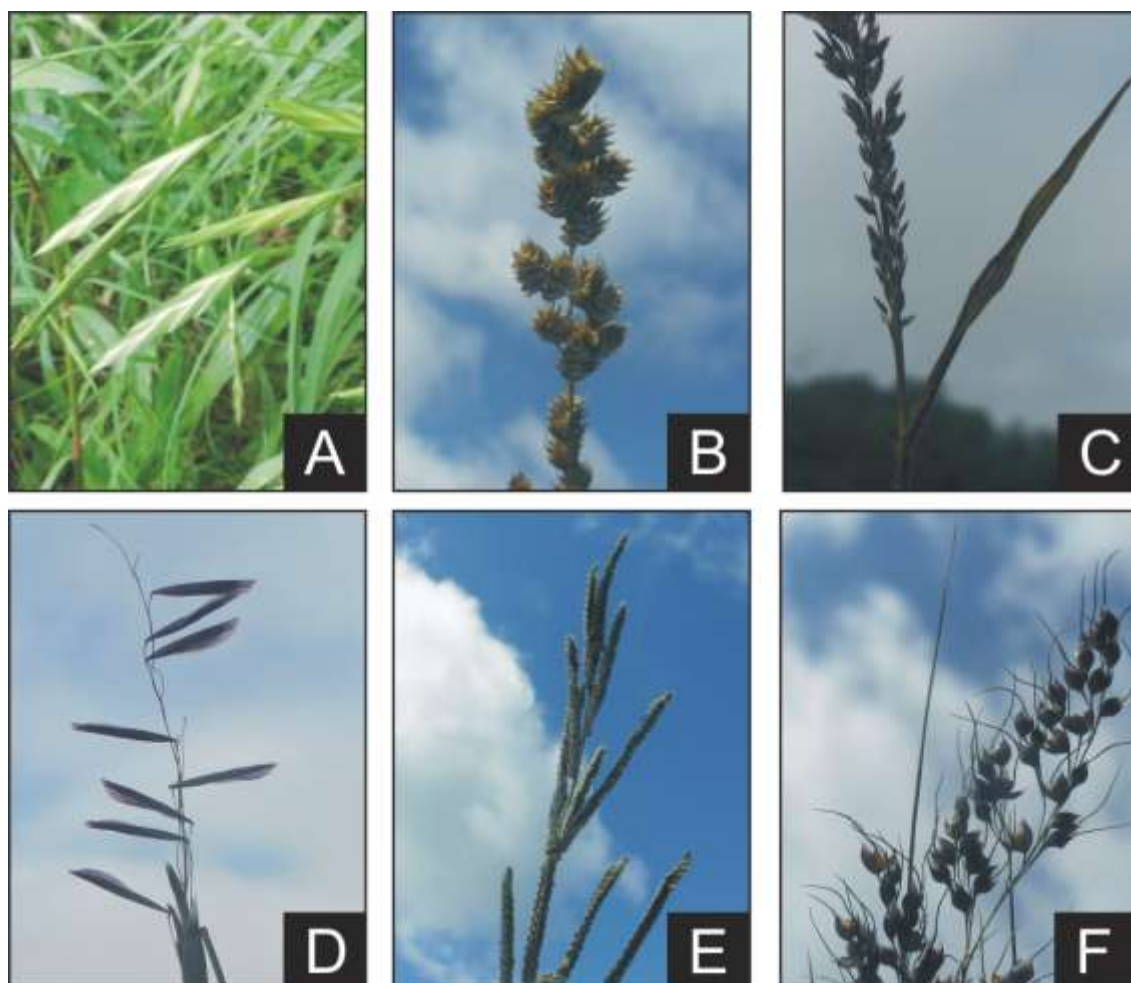


Figure 4. Different grass species of grassland in the Rio Grande do Sul flora collected and subsequently dehydrated to extract pollen material. **A.** *Bromus catharticus*. **B.** *Chascolytrum subaristatum*. **C.** *Eragrostis neesii*. **D.** *Melica* sp. **E.** *Paspalum urvillei*. **F.** *Piptochaetium montevidense*.

After collection, the plants were pressed and dehydrated with subsequent assembly of herbarium specimens deposited in the Herbário do Museu de Ciências Naturais da Universidade Luterana do Brasil (MCNU/HERULBRA) and duplicates deposited in the Herbário Bruno Edgar Irgang da Unipampa (HBEI/UNIPAMPA). The anthers of the herbarium material of representatives from each tribe of the nine subfamilies of Poaceae were collected for chemical treatment. Moreover, samples were also taken from pollen material by consulting the ICN Herbarium, since some species have restricted state distribution or sporadic bloom periods.

The collection pollen material of herbarium containing plants that occur in different regions of the state enabled the establishment of the modern grasses pollen Panorama of Rio Grande do Sul. For this, from the vegetable physiognomy of State proposed by Hasenack et al. (2010) a relationship between the pollen and the regional flora was made.

Treatment and description of pollen grains

The anthers (Figure 5) were chemically processed according to the acetolysis methodology proposed by Erdtman (1952). After acetolysis, using glycerinated jelly, five permanent slides were created for each sample deposited in the Laboratório de Palinologia da ULBRA.



Figure 5. Anthers of some species subjected to chemical process. **A.** *Bromus catharticus*. **B.** *Chascolytrum subaristatum*. **C.** *Paspalum urvillei*.

The pollen grains were described observing their morphological characteristics by optical microscope, being measured, with a zoom of 1000 x, the polar diameter (D), the equatorial diameter (E) or only the diameter (D) in the case of spherical pollen grain, and the thickness of the exine (Ex) in 25 pollen grains selected randomly as proposed by Erdtman (1952) and Barth and Melhem (1988). In addition to these, measurements of the diameter of the pore and annulus of the studied species were taken. The pollen grains were described in regards to their pollen unit, size, symmetry, polarity, amb, type of aperture and ornamentation as proposed by terminology of Barth and Melhem (1988) and Punt et al. (2007). In the UNIPAMPA, Photomicrographs were made of the pollen grains for the purpose of illustrations their morphology.

In addition to the morphometric analysis of each representative of Poaceae tribes by optical microscopy, analyses by scanning electron microscopy (SEM) were also performed. For this end, the material, after acetolysis and stored in glycerol, was assembled from the precipitation of a drop of the suspended material on the surface of metal substrate "stub". Later the pollen material deposited on the support was metallized with gold/palladium cover through a metal evaporator, then being observed and

photographed the morphological aspects of pollen ultrastructures in the Centro de Microscopia Eletrônica e Microanálise da Ulbra.

Statistical analysis

The BioEstat 5.0 *software* was used for statistical analysis. We use this program to interpret the data elaborating Box-plots and diagram of the size of the pollen grains to compare and distinguish the Poaceae pollen grains. Correlation analysis by simple linear regression were made, with the same software, among the size of the pores, annulus and pollen grains.

Results

The morphological characteristics of pollen and illustrations of native pollen genus with the highest number of species of the eighteen tribes of the Poaceae family in Rio Grande do Sul and pollen size of the 68 species are presented (Table I) in evolutionary order according to the classification of the GPWG (2001). In general, the species showed medium size pollen grains, bilateral symmetry, circular amb, spherical shape, monoporate aperture, circular pore with annulus and microequinate ornamentation (Figure 6, 7, 8, 9, 10, 11). However, the morphological pollen differences, especially in the diameters of the pore, annulus and the size of the pollen grain often allow to distinguishing the tribe from the taxa.

Table I. Pollen morphological characteristics of 18 tribes natives of the Poaceae family in the region of southern South America.

Subfamily	Tribe	Species	Vegetation	Size	Diameter pollen grain (µm)	Aperture	Pore diameter (µm)	Annulus diameter (µm)	Exine (µm)	Figs.
Anomochlooideae	Streptochaeteae	<i>Streptochaeta spicata</i>	Forest	medium	28 (23-32)	monoporate	3	9	1,32	6A-E; 11A
Bambusoideae	Bambuseae	<i>Chusquea juergensii</i>	Forest	large	44 (40-52)	monoporate	5	12	1,08	6F-J; 11B
	Olyreae	<i>Olyra latifolia</i>	Forest	medium	27 (23-30)	monoporate	2	6	1,08	6K-O
Pharoideae	Phareae	<i>Pharus lappulaceus</i>	Forest	medium	25 (23-27)	diporate	3	8	1,08	6P-T; 11C
Ehrarchoideae	Oryzeae	<i>Leersia</i> sp.	Grassland	medium	27 (23-34)	monoporate	2	7	1	7A-E; 11D
Danthonioideae	Danthonieae	<i>Danthonia montana</i>	Grassland	medium	28 (22-32)	monoporate	3	8	1	7F-J; 11E
Chloridoideae	Eragrostideae	<i>Eragrostis neesii</i>	Grassland	small	22 (19-26)	monoporate	2,5	5	1	7K-O
	Cynodonteae	<i>Chloris canterae</i>	Grassland	medium	33 (27-37)	monoporate	3	8	1,04	7P-T
	Pappophoreae	<i>Pappophorum philippianum</i>	Grassland	medium	30 (25-36)	monoporate	3	7	1	8A-E; 11F
Aristidoideae	Aristideae	<i>Aristida</i> sp.	Grassland	medium	31 (26-33)	monoporate	3	8	1,08	8F-J; 11G
Pooideae	Poeae	<i>Chascolytrum subaristatum</i>	Grassland	medium	29 (21-32)	monoporate	3	8	1,1	8K-O
	Bromeae	<i>Bromus catharticus</i>	Grassland	medium	37 (32-43)	monoporate	3	9	1,2	8P-T; 11H
	Meliceae	<i>Melica</i> sp.	Grassland	medium	30 (25-33)	monoporate	2	7	1	9A-E
	Triticeae	<i>Hordeum stenostachys</i>	Grassland	medium	37 (33-40)	monoporate	3	9	1	9F-J
	Stipeae	<i>Piptochaetium montevidense</i>	Grassland	medium	27 (23-29)	monoporate	3	9	1,04	9K-O
Panicoideae	Paniceae	<i>Paspalum urvillei</i>	Grassland	medium	33 (29-36)	monoporate	3	9	1	9P-T; 11I
	Andropogoneae	<i>Schizachyrium microstachyum</i>	Grassland	medium	30 (24-36)	monoporate	3	9	1,3	10A-E
	Arundinelleae	<i>Arundinella hispida</i>	Grassland	medium	25 (21-30)	monoporate	2	7	1	10F-J

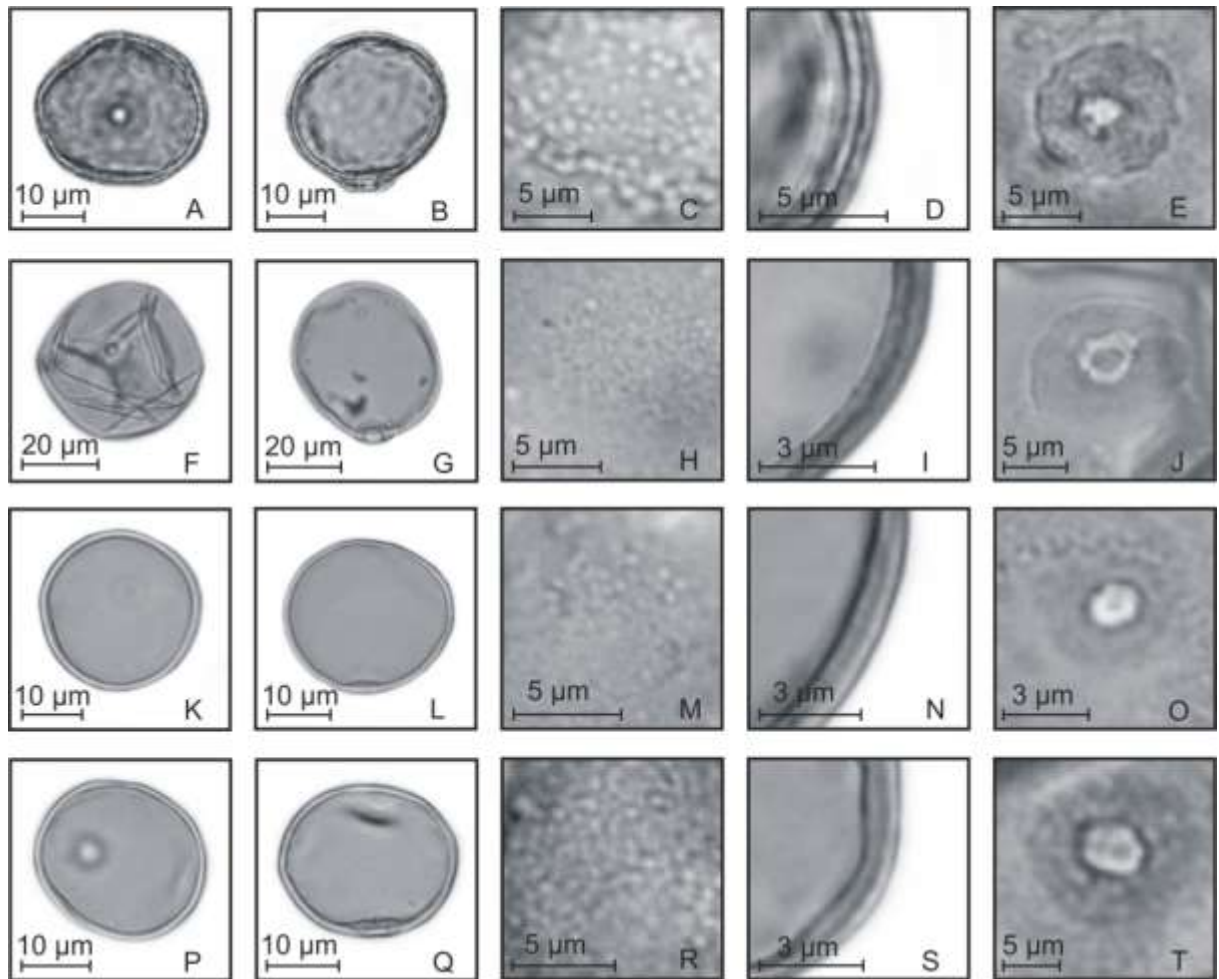


Figure 6. Pollen grains of the Subfamilies Anomochloideae, Bambusoideae and Pharoideae. **A-E.** *Streptochaeta spicata*: PV (**A**), EV (**B**), detail of ornamentation (**C**), detail of the thickness of the exine (**D**) and detail of the aperture (**E**); **F-J.** *Chusquea juergensii*: PV (**F**), EV (**G**), detail of ornamentation (**H**), detail of the thickness of the exine (**I**) and detail of the aperture (**J**); **K-O.** *Olyra latifolia*: PV (**K**), EV (**L**), detail of ornamentation (**M**), detail of the thickness of the exine (**N**) and detail of the aperture (**O**); **P-T.** *Pharus lappulaceus*: PV (**P**), EV (**Q**), detail of ornamentation (**R**), detail of the thickness of the exine (**S**) and detail of the aperture (**T**).

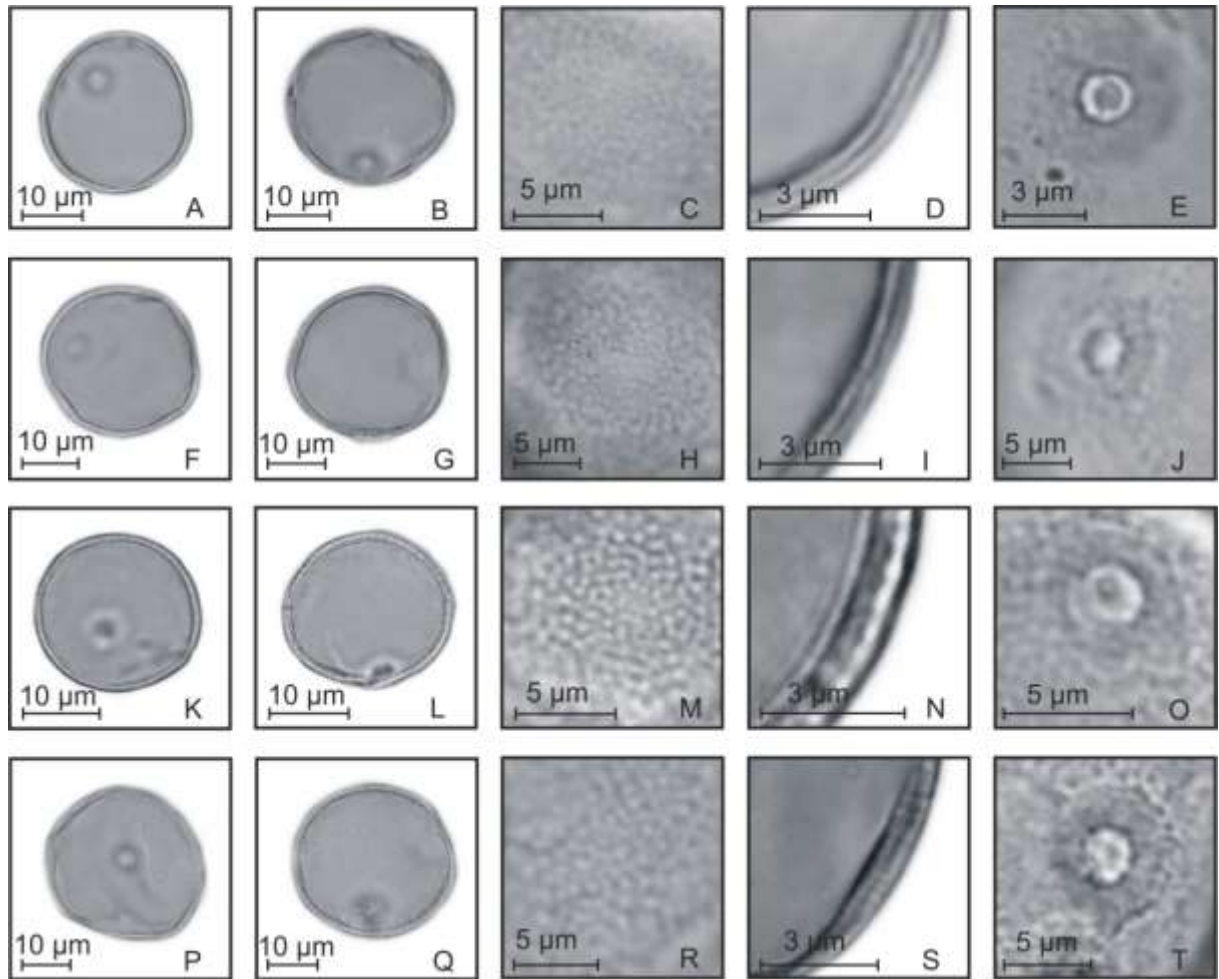


Figure 7. Pollen grains of the Subfamilies Ehrharthoideae, Danthonioideae and Chloridoideae. **A-E.** *Leersia* sp.: PV (**A**), EV (**B**), detail of ornamentation (**C**), detail of the thickness of the exine (**D**) and detail of the aperture (**E**); **F-J.** *Danthonia montana*: PV (**F**), EV (**G**), detail of ornamentation (**H**), detail of the thickness of the exine (**I**) and detail of the aperture (**J**); **K-O.** *Eragrostis neesii*: PV (**K**), EV (**L**), detail of ornamentation (**M**), detail of the thickness of the exine (**N**) and detail of the aperture (**O**); **P-T.** *Chloris cantherae*: PV (**P**), EV (**Q**), detail of ornamentation (**R**), detail of the thickness of the exine (**S**) and detail of the aperture (**T**).

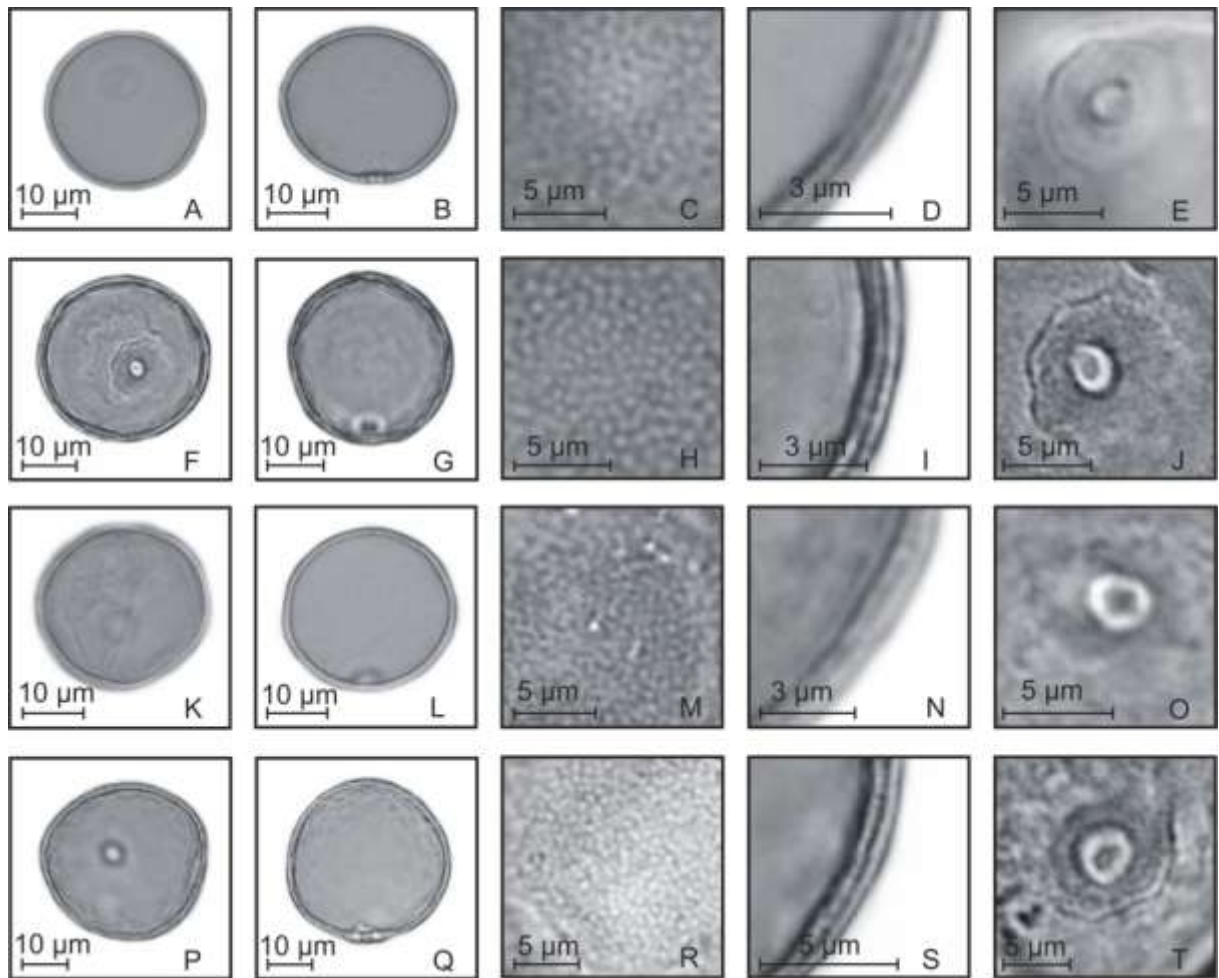


Figure 8. Pollen grains of the Subfamilies Chloridoideae, Aristidoideae and Pooideae. **A-E.** *Pappophorum philippianum*: PV (**A**), EV (**B**), detail of ornamentation (**C**), detail of the thickness of the exine (**D**) and detail of the aperture (**E**); **F-J.** *Aristida* sp.: PV (**F**), EV (**G**), detail of ornamentation (**H**), detail of the thickness of the exine (**I**) and detail of the aperture (**J**); **K-O.** *Chascolytrum subaristatum*: PV (**K**), EV (**L**), detail of ornamentation (**M**), detail of the thickness of the exine (**N**) and detail of the aperture (**O**); **P-T.** *Bromus catharticus*: PV (**P**), EV (**Q**), detail of ornamentation (**R**), detail of the thickness of the exine (**S**) and detail of the aperture (**T**).

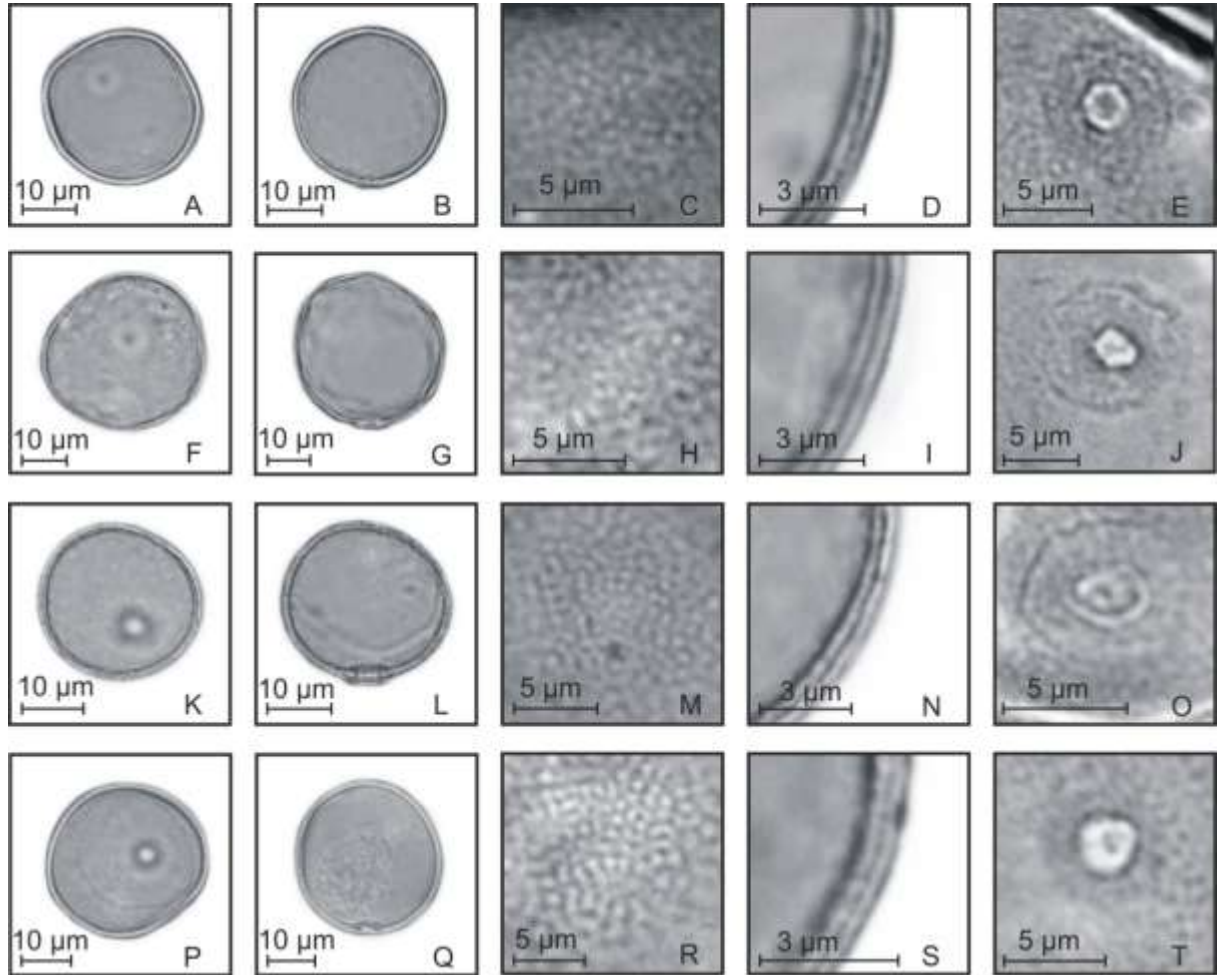


Figure 9. Pollen grains of the Subfamilies Pooideae and Panicoideae. **A-E.** *Melica* sp.: PV (A), EV (B), detail of ornamentation (C), detail of the thickness of the exine (D) and detail of the aperture (E); **F-J.** *Hordeum stenostachys*: PV (F), EV (G), detail of ornamentation (H), detail of the thickness of the exine (I) and detail of the aperture (J); **K-O.** *Piptochaetium montevidense*: PV (K), EV (L), detail of ornamentation (M), detail of the thickness of the exine (N) and detail of the aperture (O); **P-T.** *Paspalum urvillei*: PV (P), EV (Q), detail of ornamentation (R), detail of the thickness of the exine (S) and detail of the aperture (T).

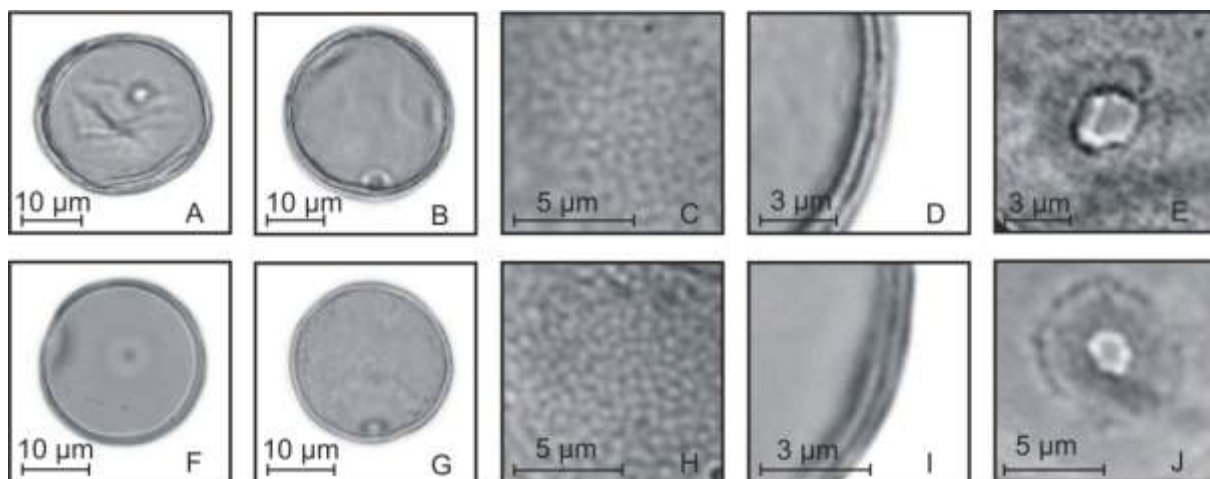


Figure 10. Pollen grains of the Subfamilies Panicoideae. **A-E.** *Schizachyrium microstachyum*: PV (**A**), EV (**B**), detail of ornamentation (**C**), detail of the thickness of the exine (**D**) and detail of the aperture (**E**); **F-J.** *Arundinella hispida*: PV (**F**), EV (**G**), detail of ornamentation (**H**), detail of the thickness of the exine (**I**) and detail of the aperture (**J**).

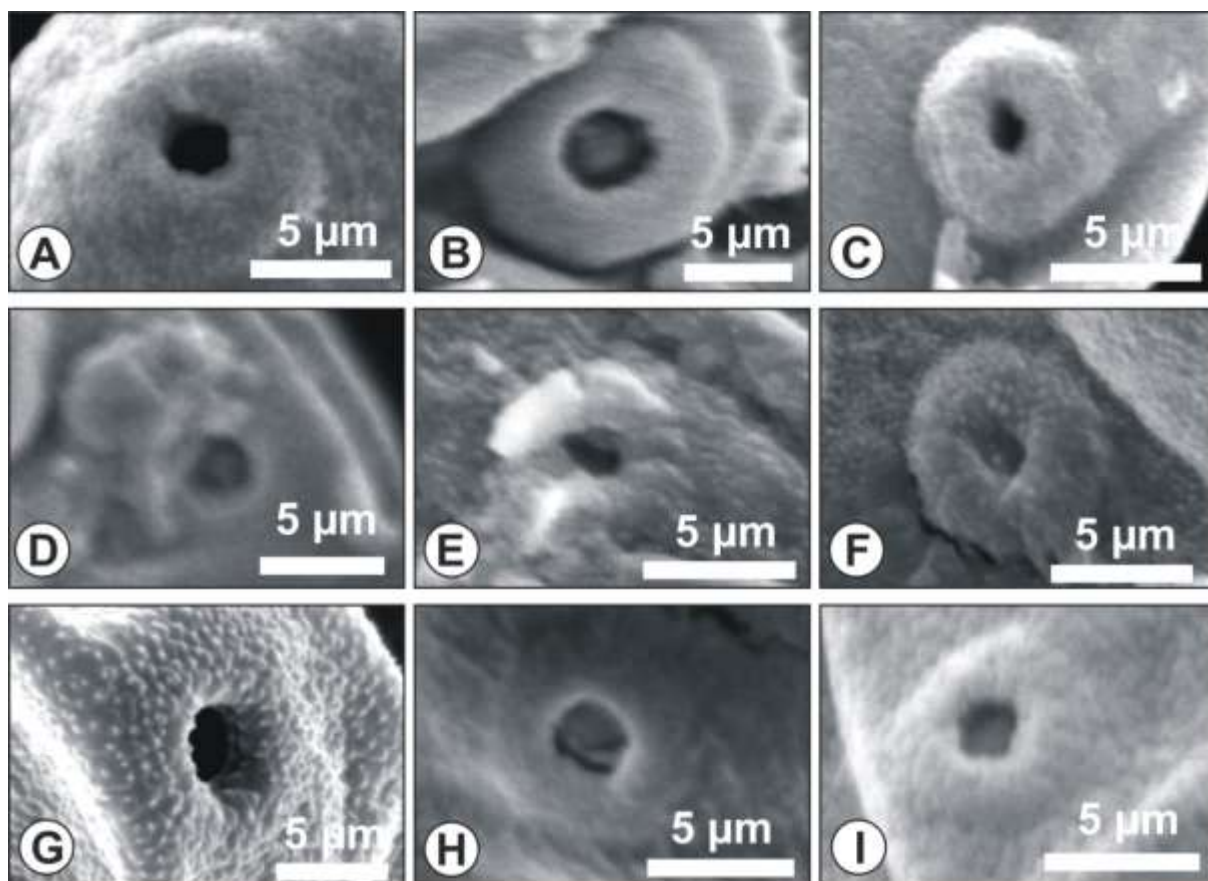


Figure 11. Images of the pores of the pollen grains in the scanning electron microscopy of the nine subfamilies of Poaceae family. **A.** Anomochlooideae (*Streptochaeta spicata*). **B.** Bambusoideae (*Chusquea juergensii*). **C.** Pharoideae (*Pharus lappulaceus*). **D.** Ehrarthoideae (*Leersia* sp.). **E.** Danthonioideae (*Danthonia montana*). **F.** Chloridoideae (*Pappophorum philippianum*). **G.** Aristidoideae (*Aristida* sp.). **H.** Pooideae (*Bromus* sp.). **I.** Panicoideae (*Paspalum urvillei*).

Morphometric variation in diameters of pollen grains, pores and annulus

The comparative analysis between the average measures and ranges of variation in the diameters of the pollen grains (Figure 12-13) allowed for the recognition of important differences in the interpretation of Poaceae family palynomorphs in palynological materials. Although measures of some species have presented overlapping values, it was observed wide

variation between the diameters of the most representative genera of the native tribes of RS. This variation is shown more markedly mainly between different subfamilies analyzed.

The pollen grains with the largest diameter were *Chusquea juergensii*, representative of Bambuseae tribe, which showed maximum extent of 52 μm . In contrast, the smaller diameter was found in pollen grains of *Eragrostis neesii* (Eragrostideae tribe) with a minimum measure of 19 μm . These data indicate promising possibilities for differentiation in Poaceae pollen, since they are pollen grains with very different sizes. The most striking difference was between pollen grains of forest tree species and grassland species, demonstrating positive coefficient for the difference between forest arboreal pollen of other species and negative coefficient for the difference between the grassland species.

All taxa showed monoporate aperture with annulus around the pore, except *Pharus lappulaceus*, which showed disparate pollen grains besides monoporate. Their pollen grains showed monoporate and diporate apertures. The simple linear regression statistical allowed to observe positive correlation between size pollen grains, annulus and pores. The relationship pore-pollen grains showed adjusted coefficient of determination where 55 % the value pore is explained by value size pollen grains. As the relationship annulus-pollen grains showed adjusted coefficient of determination of 60%. Analyzing the values of the pores and annulus, allied to the diameters of the pollen grains, it can be observed that the measures of the average size of the pollen grains are directly related to the pore and annulus diameters (Figure 13). Noting correlation between pollen-aperture, where large pollen grains had the highest measures corresponding to the values of aperture, being the same way with small pollen grains that scored lower aperture measures. Thus, the diameters of the apertures are also attributes that can be used as an input for better family pollen taxonomic resolution. Pollen grains with annulus between 10-14 μm correspond to forest vegetation (Figure 14-15). On the other hand, annulus with diameter below 5 μm are pollen attributes that belong to grassland

and the range between 6-10 μm is an overlap between measures of the annulus of the pollen grains from grasslands and forests.

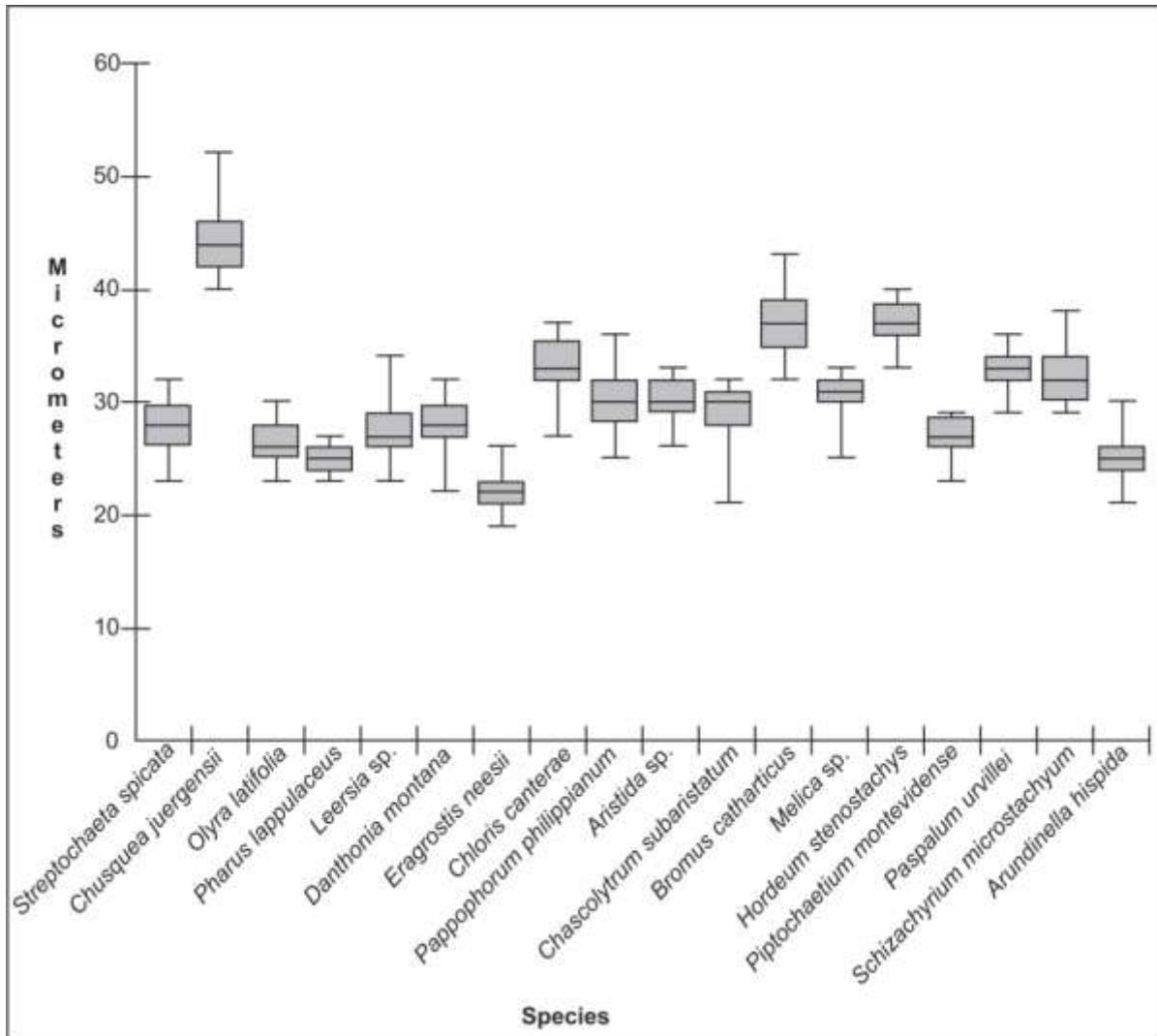


Figure 12. Chart Box Plot of the diameters of the pollen grains. The bold horizontal line within the box represents the median. The box shows 50% of the interquartile range and whiskers of the total variation.

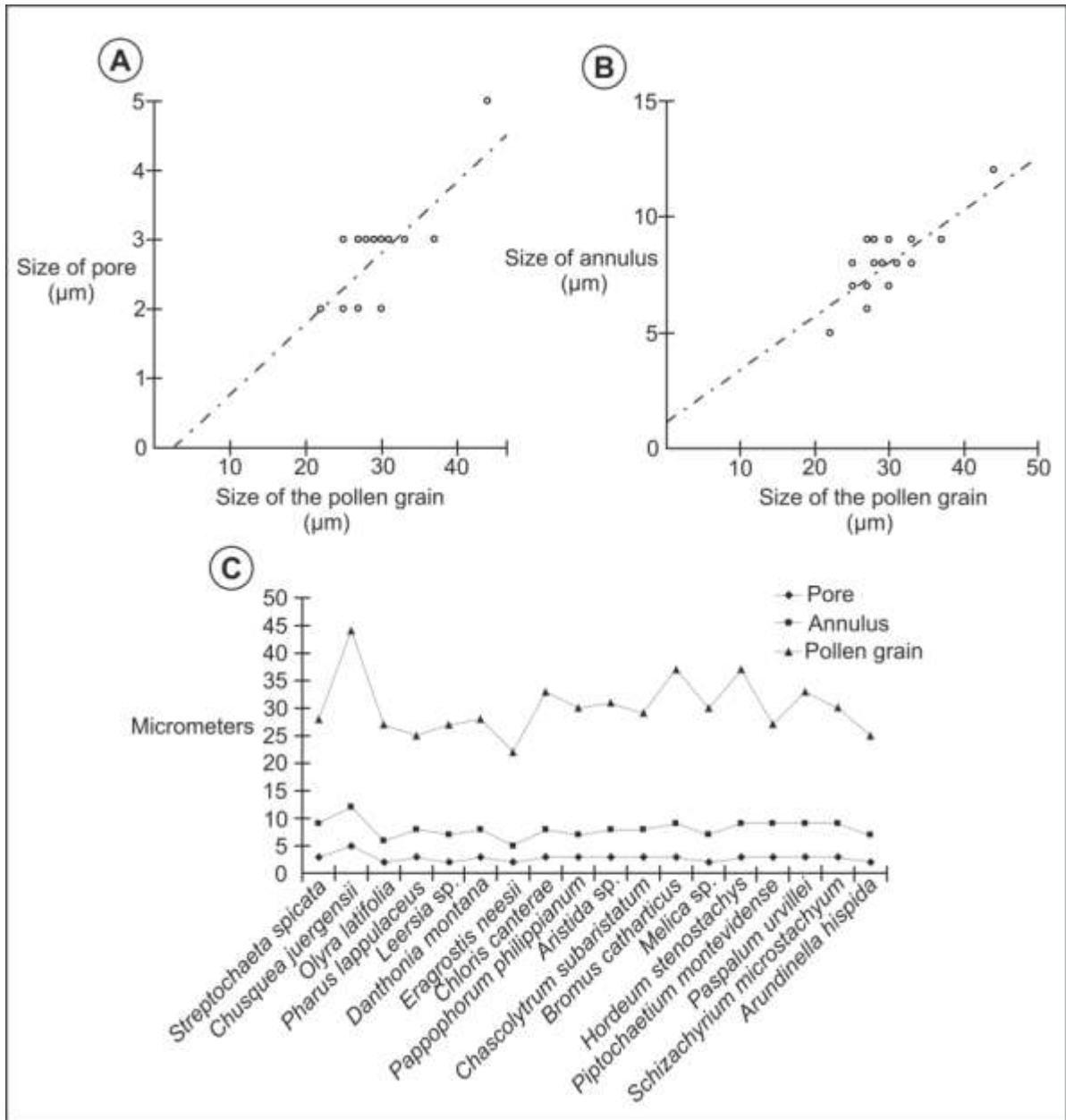


Figure 13. A. Correlation between the variable sizes of the pore and size of the pollen grain. **B.** Correlation between the variable annulus sizes and the pollen grain sizes. **C.** Linear chart of the values of the diameters of the pores, annulus and pollen grains.

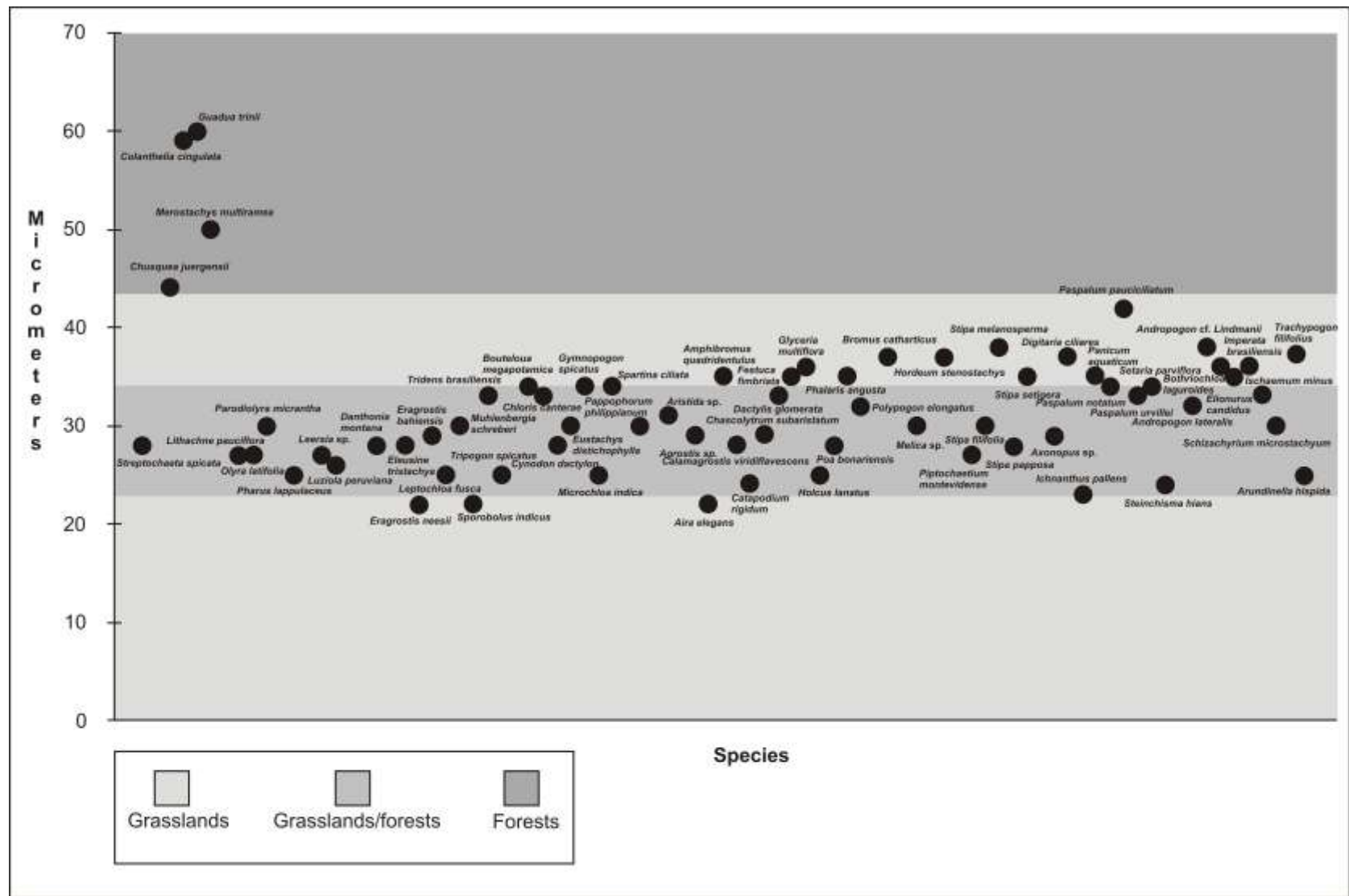


Figure 14. Plot of medium diameters of 68 native species of Poaceae family in Rio Grande do Sul. 30

Interpretation and distinction of the grassland and forest pollen grains

From the analysis of different diameters of the native species of Rio Grande do Sul State (Figure 14), it was found that the differentiation of the Poaceae pollen grains is possible at environmental level (grassland and forest). The average values of the size of 68 pollen grain species can infer that, through their diameters, there may be attributed four band zones related to the environment. Pollen grains with sizes greater than 45 μm correspond to forest genera, while those which are less than 22 μm are relevant to grasslands, as well as pollen grains between variations of 35-44 μm . The size range between 23-34 μm is composed of grassland vegetation and forest pollen grains, where we cannot assign a specific environment for pollen grains, considering a band overlapping both vegetation.

Due to the fragility of the exine of pollen grains, being often presented deformed in palynological materials, other attributes such as pore and annulus can be used to distinguish their pollen grains in grassland and forest vegetation (Figure 15A-B). Annulus with measures higher than 10 μm match forest species pollen grains. On the other hand, annulus with less than 5 μm are relevant to grasslands species. The range of variation of measurements between 6 to 10 μm is overlapping between grassland and forest pollen grains. Considering the pore as a parameter, one can assign that measures of above 4 μm represent forest pollen grains, and values below this threshold refer to overlapping pollen grains (grassland and forest).

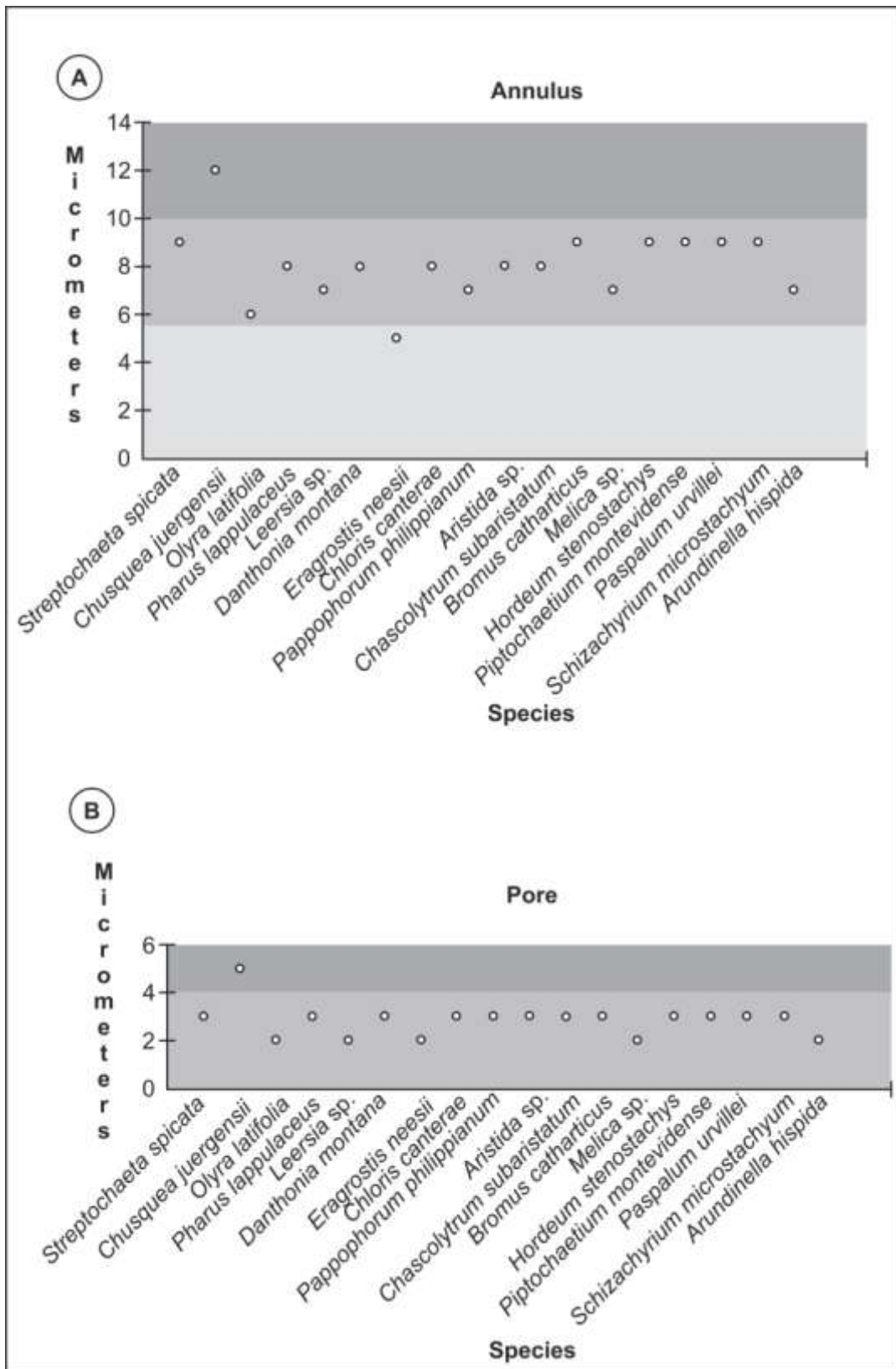


Figure 15 A. Variation in measures of annulus of 18 species representing each native tribe of the Poaceae pollen grains in RS. **B.** Variation of measures of the pores of 18 species representing each native tribe of the Poaceae pollen grains in RS.

Discussion

The analysis of the size of the pollen grains from different tribes and genera of the Poaceae family, allied to pore and annulus diameters, revealed strong indicators for the use as markers of vegetation formations (forests and grasslands) of Holocene and Pleistocene in the southern South America. Studies of Poaceae pollen grains, relating their size with pore and annulus diameters, have shown satisfactory results (Skvarla et al. 2003; Joly et al. 2007; Schuler & Behling 2010; Schuler & Behling 2011). In this paper, the relationship of the pollen grain with its aperture also provided information to better determine patterns to distinguish them among of native Poaceae pollen grains to southern South America.

The study also demonstrated the variation in size of pollen grains from different tribes and subfamilies, improving the taxonomic resolution in the Poaceae (Figure 14-15). By emphasizing the size to distinguish the pollen grains of Bambuseae tribe, it has allowed for the pollen resolution in the level of tribe. In Venezuela, larger pollen grains were already related to Bambusoideae and Pooideae subfamily (Salgado-Labouriau & Rinaldi 1990). However, in southern Brazil, we can differentiate the level of tribes. In Chile, the overlapping between measures of pollen grains of some tribes assessed made difficult the differentiation between tribes or subfamilies (Heusser 1971). However, more taxa needed to have their pollen grains evaluated. Likewise, it occurred to pollen grains of Barro Colorado Island (Roubik & Moreno 1971). However, analysis of many species are based on only one pollen grain, it cannot verify the total diameter variation of the species. Analyzing pollen grains from Argentina (Markgraf & D'Aantoni 1978), their observed the largest diameter of pollen grain

of the Bamboo *Chusquea culeou* from other grassland species studied. The analysis of pollen grains of other forest species can provide patterns related to vegetation from this site.

The type of photosynthesis was also variable between pollen grains of different subfamilies of Poaceae family (Figure 16A). According to the average diameter of the pollen grains of 68 native species of Poaceae family assessed, measures with larger sizes ($> 45 \mu\text{m}$) correspond to species with metabolism C_3 . On the other hand, smallest pollen grains size ($< 45 \mu\text{m}$) presented a range overlap between pollen grains of species with metabolism C_3 and C_4 . The same way pollen grains could be divided as to the life cycle (Figure 16B), where larger pollen grains ($> 45 \mu\text{m}$) correspond to the estival cycle and pollen grains smaller than $45 \mu\text{m}$ belong to the range of diameters of overlapping between species with estival and hibernal life cycle. The characteristics ascertained in the pollen grain on the photosynthesis and life cycles, reflect the environmental condition in which the respective species are inserted, since larger pollen grains correspond to humid and warm species of sites, and, on the other hand, species with smaller pollen grains are related to dry and cold environments. Therefore, the probable distribution of pollen grains with metabolism C_3 increases from the Holocene, there is an increase in moisture and temperature in southern South America, while pollen grains corresponding to species with metabolism C_4 would have greater concentration at the end of the Pleistocene (Schuler & Behling 2010; Schuler & Behling 2011).

The pollen material analysis of plants deposited in the herbarium allowed the recognition of the pollen grain size variation of species that occur in different regions of the State. According to the results, relating pollen data to information on the current vegetation of Rio Grande do Sul State, there can be mapped the main variations in size of Poaceae pollen grains in RS (Figure 17). Taking into account the vegetation types that are based on more representative genera in different regions (Hasenack et al. 2010) we can assign to regions the main probable pollen types occurring in different locations. Thus, the northern half of the RS

would be composed of larger pollen grains with a decrease in size towards the southern half, where the concentration of smaller pollen grains would be related to the western portion of the RS, especially in the region of grassland with shallow soils (range of diameters of pollen grains between 22-34 μm).

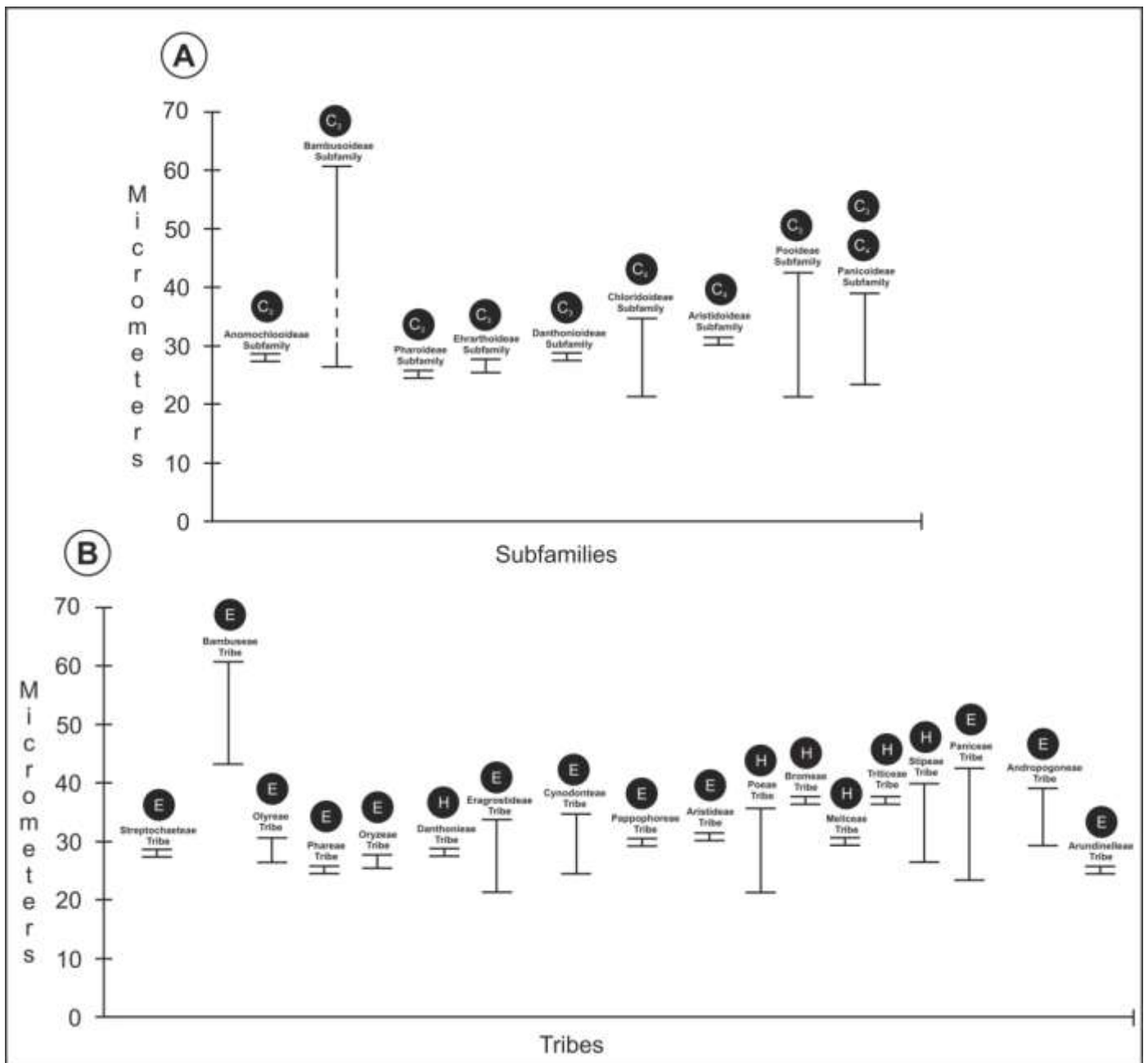


Figure 16. A. Variation between the average diameters of pollen grains from nine native subfamilies of Poaceae family in Rio Grande do Sul (C₃ and C₄: types of photosynthesis). **B.** Variation between the

average diameters of pollen grains of 18 native tribes of the Poaceae family in Rio Grande do Sul (E: Estival cycle, H: Hibernar cycle).

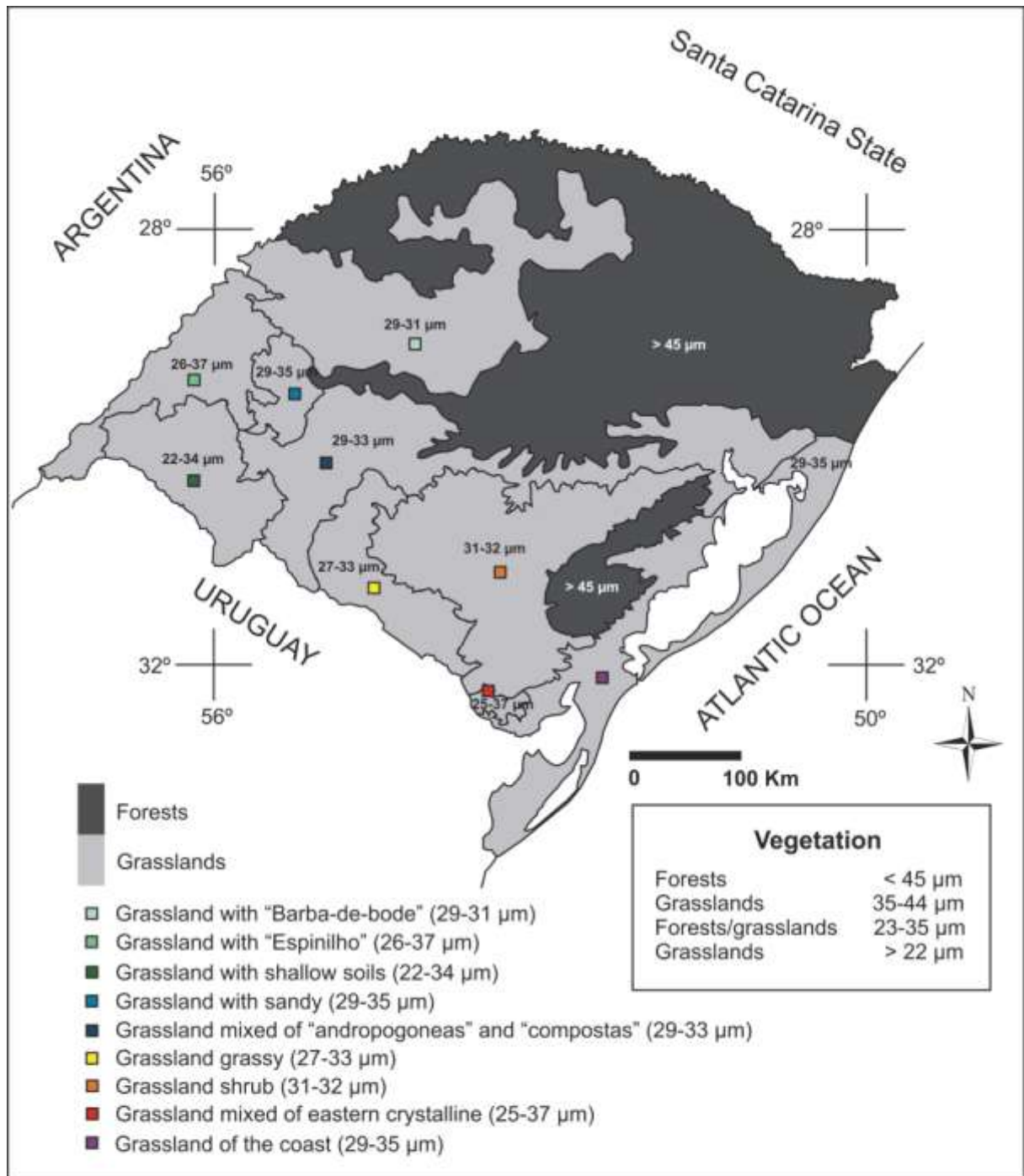


Figure 17. Main changes in the average size of Poaceae pollen grains in the different regions of Rio Grande do Sul, according to the physiognomies vegetation in RS (Adapted from Hasenack et al., 2010).

Forest vegetation

The Anomochloideae subfamily represented in RS by only one species (*Streptochaeta spicata*) of the Streptochaeteae tribe that lives in the Mata Atlantica of the North Coast did not allow to be distinguished from other subfamilies, located in a range of diameters overlapping between grassland and forest vegetation. Although this subfamily cannot be identified in palynological materials, the recognition of their range of variation was important to demonstrate diameters that cannot be used as markers for a specific vegetation.

Bambusoideae, composed of Bambuseae and Olyreae tribes with lignified and herbaceous bamboos, respectively, demonstrated both pollen grains in the range overlying vegetation as diameters of pollen grains that can be differentiated in the specific vegetation.

The Olyreae tribe remained in the range of variation overlapping with measurements of pollen grains of grassland vegetation. They are considered pollen grains that cannot be related to a specific vegetation. On the other hand, the Bambuseae tribe is composed of genera that have distinguishable pollen grains. Therefore, pollen grains found in this range of variation (45-70 μm) are indicative of forest formations.

The Pharoideae subfamily composed by Phareae tribe, represented in RS by *Pharus* genus, though showing pollen grains with measures that overlap in the diameters of species of the grassland vegetation, was the only genus out of 18 described which presented diporate aperture beyond of the monoporate aperture.

Grasslands vegetation

The Ehrharthoideae subfamily, represented in RS by Oryzae tribe, presents species distributed in wetlands which depend of very humid environments. This subfamily has genera with pollen grains of overlapping diameters (grassland and forest).

In Rio Grande do Sul the species of the subfamily Danthonioideae (Danthonieae tribe), subfamily with species that live in the grasslands independent of humid conditions, proved to be located in range overlap. The native tribes of the subfamily Chloridoideae with distribution in open formations obtained wide variation range, being present in the range of overlapping and in range that corresponds to grassland vegetation.

The representative species of the only genus in the subfamily Aristidoideae distributed in RS that lives in dry grasslands is located in the range of overlap between pollen grains of the grassland and forest vegetation. Pooideae, subfamily with the largest number of tribes in RS with species distributed in the open formations both dry and humid, was the subfamily that showed pollen grains with small and medium sizes, attributed to grassland vegetation and overlap range with forest pollen grains. Likewise, the Panicoideae subfamily, represented by the Paniceae, Andropogoneae and Arundinelleae tribes in RS, obtained their measurements with variation in two ranges (grasslands vegetation and grassland/forest).

Exine

The thin exine of the Poaceae pollen grains is a remarkable characteristic, which does not exceed the measure of 2 μm in thickness and has the equivalent value sexine and nexine. Due to this thin layer, many pollen grains, especially large size grains, may have mild changes in their spherical shape due to the flattening of the pollen grain. This often provides the impression of pollen grains with prolate or oblate forms. However, these shapes are easily observed in crushed pollen grains, because when the non-deformed as parameters pollen grains are taken, it is noted the pattern of spherical form, characteristic of the Poaceae family.

Another pattern observed in pollen grains of the native tribes of the Poaceae in RS is related to the structural uniformity of the pollen surface when observed under optical microscopy, showing tected exine with obvious columellae and microequinate ornamentation

in all taxa. Due to very small ornamentation, the increased observation of the ornamentation in the species is variable depending on the objective of the analysis. To identify the pollen grains in the palynological materials where smaller increases are used mainly in Quaternary sediments, the ornamentation is often not observed. With a magnification of 400x, many ornamentations of taxa studied are not visible (Schuler & Behling 2010; Schuler & Behling 2011), being the ornamentation often interpreted with psilate, scabrate or microrreticulate surfaces. However, when larger increases for analysis are taken, the sculptures of the pollen grains surfaces can be evident. For this reason, it is necessary to take into account the increasing of observation of pollen grains, being that the smaller increases in the observation of the ornamentation of some species can not be accurately observed.

Conclusions

The results demonstrated the possibility of differentiation in the pollen grains of native tribes of Poaceae family in Rio Grande do Sul between grassland and forest vegetation. It was observed when the ranges of variation of the diameter of the pollen grains, pores and annulus were analyzed, showing disparity between measurements through the parameters used. The pollen characterization by vegetation is of great importance, since the pollen morphologies of the grasslands and forest can be used as indicators of humid and dry environments, respectively.

With the determination of the diameters of different genera of native Poaceae pollen grains in Rio Grande do Sul, it was possible to elucidate previously inaccessible information for ecological inferences of grasses in southern Brazil. The analyzes allowed for the use of different attributes for environmental characterization of pollen grains of grasses, since, in addition to the pollen grain diameters, the pore diameter and annulus provide, through its measures, the differentiation of pollen between grassland and forest.

Obtaining better taxonomic resolution at the level of tribes shows new perspectives for identifying palynological materials that did not exceed the family level. With the continuity of the work, checking the pollen morphology of other native genera Poaceae family for RS, it is expected to arise new possibilities for differentiation and consequently greater taxonomic pollen detail for the family.

Acknowledgements

This work is part of the M.Sc. dissertation of the first authors, sponsored by CAPES. My thanks go to Dr. Angelo Alberto Schneider from UNIPAMPA, for the great help with the identification of botanical materials. Also, I want to thank the ICN herbarium.

Specimens investigated

Agrostis sp. L. Brazil, Rio Grande do Sul, Z. Rúgolo, H. Longhi-Wagner, S. Boechat & A.M. Molina 1435 (ICN 98908).

Aira elegans Willd. ex Gaudin. Brazil, Rio Grande do Sul, I.I. Boldrini 1143 (ICN 116651).

Amphibromus quadridentulus (Döll) Swallen. Brazil, Rio Grande do Sul, Longhi-Wagner, Boldrini & Miotto 2654 (ICN 106188).

Andropogon cf. *lindmanii* Hack.. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N.Radaeski (HERULBRA).

Andropogon lateralis Nees. Brazil, Rio Grande do Sul, S.G. Bauermann (HERULBRA 4090).

Aristida sp. L. Brazil, Rio Grande do Sul, S.G. Bauermann (HERULBRA 4421).

Arundinella hispida (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kuntze. Brazil, Rio Grande do Sul, R. Trevisan & Boldrini 830 (ICN 148716).

Axonopus sp. P.Beauv. Brazil, Rio Grande do Sul, S.G. Bauermann (HERULBRA 4430).

Bothriochloa laguroides (DC.) Herter. Brazil, Rio Grande do Sul, M. Marchi 97 (ICN 1032776).

Bouteloua megapotamica (Spreng.) Kuntze. Brazil, Rio Grande do Sul, H.S.A. 74 (ICN 23977).

Bromus catharticus Vahl. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N. Radaeski (HERULBRA).

Calamagrostis viridiflavescens (Poir.) Steud. Brazil, Rio Grande do Sul, I. Gabino 20 (ICN 31673).

Catapodium rigidum (L.) C.E.Hubb. Brazil, Rio Grande do Sul, J. Valls (ICN 27751).

Chascolytrum subaristatum (Lam.) Desv. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N. Radaeski (HERULBRA).

Chloris canterae Arechav. Brazil, Rio Grande do Sul, J. Valls & A. Barcellos 2477 (ICN 23313).

Chusquea juergensii Hack.. Brazil, Rio Grande do Sul, J. Valls, H. Longhi-Wagner & A. Barcellos 3081 (ICN 25141).

Cynodon dactylon (L.) Pers. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N. Radaeski (HERULBRA).

Dactylis glomerata L.. Brazil, Rio Grande do Sul, J. Valls (ICN 27750).

Danthonia Montana Döll. Brazil, Rio Grande do Sul, A. Guglieri, F. J. M. Caporal, S. Mochiutti & M. Behling 533 (ICN 143458).

Digitaria ciliares (Retz.) Koeler. Brazil, Rio Grande do Sul, B. Irgang & M.L. Porto (ICN 30662).

Eleusine tristachya (Lam.) Lam. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N. Radaeski (HERULBRA).

Elionurus candidus (Trin.) Hack.. Brazil, Rio Grande do Sul, R. Setubal 235 (ICN 151732).

Eragrostis bahiensis Schrad. ex Schult. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N. Radaeski (HERULBRA).

Eragrostis neesii Trin. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N. Radaeski (HERULBRA).

Eustachys distichophylla (Lag.) Nees. Brazil, Rio Grande do Sul, R. Setubal 683 (ICN 185901).

Festuca fimbriata Nees. Brazil, Rio Grande do Sul, I. Boldrini 1636 (ICN 189894).

Glyceria multiflora Steud. Brazil, Rio Grande do Sul, José F.M. Valls, Gonçalves, Salles & Moraes 6959 (ICN 62200).

Guadua trinii (Nees) Nees ex Rupr. Brazil, Rio Grande do Sul, N.I. Matzembacker 2293 (ICN 151025).

Gymnopogon spicatus (Spreng.) Kuntze. Brazil, Rio Grande do Sul, Boldrini, Pillar, Kafpel & Jacques 334 (ICN 88679).

Holcus lanatus L. Brazil, Rio Grande do Sul, K. Hagelund 3797 (ICN 140174).

Hordeum stenostachys Godr. Brazil, Rio Grande do Sul, H. Longhi-Wagner 1560 (ICN 67937).

Ichnanthus pallens (Sw.) Munro ex Benth. Brazil, Rio Grande do Sul, V. Citadini 59 (ICN 34620).

Imperata brasiliensis Trin. Brazil, Rio Grande do Sul, Waechter 1019 (ICN 43261).

Ischaemum minus J.Presl. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N. Radaeski (HERULBRA).

Leersia sp. Sol. ex Sw. Brazil, Rio Grande do Sul, H. M. Longhi-Wagner (ICN 135124).

Leptochloa fusca (L.) Kunth. Brazil, Rio Grande do Sul, J. Valls et al. 4760 (ICN 45181).

Lithachne pauciflora (Sw.) P.Beauv. Brazil, Rio Grande do Sul, Valls, Lindeman, Irgang, Oliveira & Pott 1782 (ICN 9671).

Luziola peruviana Juss. ex J.F.Gmel. Brazil, Rio Grande do Sul, Lacê (ICN 34705).

Melica sp. L. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N. Radaeski (HERULBRA).

Merostachys multiramea. Hack. Brazil, Rio Grande do Sul, V. Kinupp (ICN 152702).

Microchloa indica. (L.f.) P. Beauv. Brazil, Rio Grande do Sul, H.M. Longhi-Wagner & C.A.D. Welker 9757a (ICN 148152).

Muhlenbergia schreberi. J.F.Gmel. Brazil, Rio Grande do Sul, R. Trevisan (ICN 138328).

Olyra latifolia. L. Brazil, Rio Grande do Sul, L. C. Mancino, T. B. Guimarães, L. R. M. Batista & G. E. Ferreira (ICN 182413).

Panicum aquaticum. Poir. Brazil, Rio Grande do Sul, E. N. Garcia 892 (ICN 121873).

Pappophorum philippianum Parodi. Brazil, Rio Grande do Sul, E. Freitas 359 (ICN 152772).

Parodiolyra micrantha (Kunth) Davidse & Zuloaga. Brazil, Rio Grande do Sul, J. Valls, J. Jung & A.M. Barcellos 2151 (ICN 10213).

Paspalum notatum Flüggé. Brazil, Rio Grande do Sul, S. G. Bauermann (HERULBRA 4083).

Paspalum pauciciliatum (Parodi) Herter. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N. Radaeski (HERULBRA).

Paspalum urvillei Steud. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N. Radaeski (HERULBRA).

Phalaris angusta Nees ex Trin. Brazil, Rio Grande do Sul, C. Bonilha 486 (ICN 176026).

Pharus lappulaceus Aubl. Brazil, Rio Grande do Sul, L.R.M. Baptista (ICN 33404).

Piptochaetium montevidense (Spreng.) Parodi. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N. Radaeski (HERULBRA).

Poa bonariensis (Lam.) Kunth. Brazil, Rio Grande do Sul, A. Kappel (ICN 24483).

Polypogon elongatus Kunth. Brazil, Rio Grande do Sul, A. Barcelos & B. Irgang 9 (ICN 023450).

Schizachyrium microstachyum (Desv. ex Ham.) Roseng. Brazil, Rio Grande do Sul, S. G. Bauermann (HERULBRA 4098).

Setaria parviflora (Poir.) Kerguelen. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N. Radaeski (HERULBRA).

Spartina ciliata Brongn. Brazil, Rio Grande do Sul, H.M. Longhi-Wagner & S. Leite (ICN 80042).

Sporobolus indicus (L.) R.Br. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N. Radaeski (HERULBRA).

Steinchisma hians (Elliott) Nash. Brazil, Rio Grande do Sul, J.N. Radaeski (HERULBRA).

Stipa filifolia Nees. Brazil, Rio Grande do Sul, H. M. Longhi-Wagner 5042 (ICN 131400).

Stipa melanosperma J. Presl. Brazil, Rio Grande do Sul, R.L.C. Bortoluzzi 816 (ICN 120817).

Stipa papposa Nees. Brazil, Rio Grande do Sul, I. Boldrini 1177 (ICN 189811).

Stipa setigera J.Presl. Brazil, Rio Grande do Sul, S.C. Boechat (ICN 101281).

Streptochaeta spicata Schrad. ex Nees. Brazil, Rio Grande do Sul, J. F. M. Valls 1055 (ICN 9669).

Tridens brasiliensis (Nees ex Steud.) Parodi. Brazil, Rio Grande do Sul, J. Valls (HERULBRA 4683).

Trachypogon filifolius (Hack.) Hitchc. Brazil, Rio Grande do Sul, Boldrini & Pilz 187 (ICN 88222).

Tripogon spicatus (Nees) Ekman. Brazil, Rio Grande do Sul, Boldrini, Barreto, Boechat & Pillar 279 (ICN 88650).

References

- Barth OM, Melhem, TS. 1988. Glossário Ilustrado de Palinologia. Campinas, Editora da UNICAMP.
- Bauermann SG, Macedo RB, Behling H, Pillar V, Neves PCP. 2008. Dinâmicas vegetacionais, climáticas e do fogo com base em palinologia e análise multivariada no Quaternário Tardio no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 11: 87-96.
- Bauermann SG, Radaeski JN, Evaldt ACP, Queiroz EP, Mourelle D, Prieto AR, Silva CI. 2013. Pólen nas angiospermas: diversidade e evolução. Canoas, Editora da ULBRA.
- Behling H, Pillar V, Bauermann SG. 2004. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (campos), fire and climate dynamics, inferred from a high-resolution pollen record of

- Cambará do Sul in southern Brazil. *Palaeogeograph, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 203: 277-297.
- Boldrini II, Longhi-Wagner HM, Boechat SC. 2008. *Morfologia e Taxonomia de gramíneas sul-rio-grandenses*. 2 ed. Porto Alegre, Editora UFRGS.
- Boldrini II, Longhi-Wagner HM. 2011. Poaceae no Rio Grande do Sul: Diversidade, Importância na Fitofisionomia e Conservação. *Ciência & Ambiente* 42: 71-92.
- Côrrea AMS, Guimarães MITM, Cruz-Barros MAV, Begale FF. 2005. Flora polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). *Hoehnea* 32: 269-282.
- Dórea MC. 2011. *Morfologia polínica, fenologia reprodutiva e biologia floral de espécies florestais de Poaceae*. Ph.D. Thesis, Universidade Estadual de Feira de Santana.
- Erdtman G. 1952. *Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms*. Stockholm, Almqvist & Wiksell.
- Eva HD, Miranda EE, Di Bella CM, Gond V, Huber O, Sgrenzaroli S, Jones A, Coutinho A, Dorado M, Guimarães C, Elvidge F, Achard AS, Belward E, Bartholomé. 2002. *A vegetation map of South America*. Joint Research Centre. Office for Official Publications of the European Communities.
- Filgueiras TS, Brochado AL, Nogueira PE, Guala II GF. 1994. Caminhamento – um método expedito para levantamentos florísticos quantitativos. *Cadernos de Geociências* 12: 39-44.
- GPWG (Grass Phylogeny Working Group). 2001. Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 88: 373-457.
- Hasenack H, Weber E, Boldrini II, Trevisan R. 2010. *Mapa de Sistemas Ecológicos da Ecorregião das Savanas Uruguaias em escala 1:500.000 ou superior e Relatório*

- Técnico descrevendo insumos e metodologia de elaboração do mapa de Sistemas Ecológicos. Relatório Técnico: The Nature Conservancy.
- Heusser CJ. 1971. Pollen and spores of Chile. The university of Arizona Press, Tucson.
- IBGE. 2004. Mapa de Biomas do Brasil. Primeira aproximação. http://www2.ibge.gov.br/download/mapas_murais/biomas_pdf.zip.
- Jan F, Schuler L, Behling H. 2014. Trends of pollen grain size variation in C3 and C4 Poaceae species using pollen morphology for future assessment of grassland ecosystem dynamics. *Grana* 53: 1-17.
- Joly C, Barillé L, Barreau M, Mancheron A, Visset L. 2007. Grain and annulus diameter as criteria for distinguishing pollen grains of cereals from wild grasses. *Review of Palaeobotany and Palynology* 146: 221-233.
- Lista de Espécies da Flora do Brasil. 2014. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>.
- Macedo RB, Cancelli RR, Bauermann SG, Neves PCP, Bordignon SAL. 2007. Palinologia de níveis do Holoceno da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (localidade de Passinhos), Brasil. *Revista Gaea Unisinos* 3: 68-74.
- Markgraf V, D'Aantoni H. 1978. Pollen flora of Argentina. Tucson, University of Arizona Press.
- Medeanic S, Cordazzo CV, Lima LG. 2008. Diversidade Polínica de Plantas em Dunas no Extremo Sul do Brasil. *Porto Alegre, Gravel* 6: 67-80.
- Melhem TSA, Cruz-Barros MAV, Côrrea AMS, Makino-Watanabe H, Silvestre-Capelato MSF, Esteves VLG. 2003. Variabilidade polínica em plantas de Campos de Jordão (São Paulo, Brasil). *Boletim do Instituto de Botânica* 16: 1-104.
- Nakamura AT, Longhi-Wagner HM, Scatena VL. 2010. Anther and pollen development in some species of Poaceae (Poales). *Brazilian Journal Biology* 70: 351-360.

- Nunes RC, Bustamante FO, Techio VH, Mittelmann A. 2012. Morphology and pollen viability of *Lolium multiflorum* Lam. *Ciência e Agrotecnologia* 36: 180 -188.
- Pillar VDP, Muller SC, Castilhos ZMS, Jacques AVÁ. 2009. Campos Sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília.Ministério do Meio Ambiente.
- Punt W, Hoen PP, Blackmore S, Nilsson S, Le Thomas A. 2007. Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology* 143: 1-81.
- Radaeski JN, Evaldt ACP, Lima GL, Bauermann SG. 2011. Grãos de pólen das formações campestres sul-brasileiras. *Canoas, Revista de Iniciação Científica da ULBRA* 9: 59-67.
- Radaeski JN, Evaldt ACP, Bauermann SG. 2014a. Grãos de pólen de espécies ocorrentes na Unidade de Conservação Parque Estadual do Espinilho, Barra do Quaraí, Rio Grande do Sul, Brasil. *PESQUISAS, BOTÂNICA* 65: 305-331.
- Radaeski JN, Evaldt ACP, Bauermann SG, Lima GL. 2014b. Diversidade de grãos de pólen e esporos dos Campos do sul do Brasil: descrições morfológicas e implicações paleoecológicas. *Porto Alegre, IHERINGIA, Série Botânica* 69: 107-132.
- Roubik DW, Moreno JE. 1991. Pollen and Spores of Barro Colorado Island. St. Louis, Missouri Botanical Garden.
- Salgado-Labouriau ML. 1973. Contribuição à palinologia dos cerrados. Rio de Janeiro, Ed. da Academia Brasileira de Ciências.
- Salgado-Labouriau ML, Rinaldi M. 1990. Palynology of Gramineae of the Venezuelan Mountains. *Grana* 29, 119-128.
- Salgado-Labouriau ML. 2007. Critérios e técnicas para o Quaternário. São Paulo, Editora Blücher.
- Schmidt R, Longhi-Wagner HM. 2009. A tribo Bambuseae (Poaceae, Bambusoideae) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Porto Alegre, Revista Brasileira de Biociências* 7: 71-128.

- Schuler L, Behling H. 2010. Characteristics of Poaceae pollen grains as a tool to assess palaeoecological grassland dynamics in South America. *Veget Hist Archaeobot* 20.
- Schuler L, Behling H. 2011. Poaceae pollen grain size as a tool to distinguish past grasslands in South America: a new methodological approach. *Veget. Hist. Archaeobot.* 20: 83-96.
- Skvarla JJ, Rowley JR, Hollowell VC, Chissoe WF. 2003. Annulus-Pore relationship in Gramineae (Poaceae) pollen: the pore margin of *Pariana*. *American Journal of Botany* 90: 924–930.
- Tedesco SB, Battistin A, Valls JFM. 1999. Diâmetro dos grãos de pólen e tamanho dos estômatos em acessos diplóides e tetraplóides de *Hemarthria altissima* (Poiret) Stapf & Hubbard (Gramineae). *Santa Maria. Ciência Rural* 29: 273-276.
- Wilberger TP, Stranz A, Paz C, Boeni B, Cancelli RR, Bauermann SB, Dutra TL, Mondin CA. 2004. Flora do Setor Oriental do Planalto sul-rio-grandense. Guia de espécies vegetais. 1ª ed., São Leopoldo, ALPP.

4. CAPÍTULO 2. Morfologia polínica de táxons florestais da família Poaceae nativos do sul do Brasil e sua implicação nos registros fósseis quaternários

(Artigo submetido para a *Revista Árvore*)

MORFOLOGIA POLÍNICA DE TÁXONS FLORESTAIS DA FAMÍLIA POACEAE NATIVOS DO SUL DO BRASIL E SUA IMPLICAÇÃO NOS REGISTROS FÓSSEIS QUATERNÁRIOS

Jefferson Nunes Radaeski^{1,2}, Soraia Girardi Bauermann² e Antonio Batista Pereira¹

¹Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Campus São Gabriel, RS, Brasil

²Laboratório de Palinologia da Universidade Luterana do Brasil – ULBRA, Canoas, RS, Brasil

RESUMO - Neste estudo foi analisada a morfologia polínica de 11 espécies dos diferentes gêneros nativos florestais da família Poaceae do extremo sul do Brasil para averiguar se seus grãos de pólen são diferentes do pólen de gramíneas campestres dos ecossistemas da América do Sul. Embora grãos de pólen de gramíneas sejam relacionados à vegetação campestre quando identificados em sedimentos quaternários, algumas espécies desta família são florestais e sua morfologia polínica é desconhecida para o sul do Brasil. Foram avaliadas diferenças entre os grãos de pólen florestais de Poaceae e o pólen de vegetação campestre desta família já descrito para a região. Espécies florestais de Poaceae demonstraram grãos de pólen maiores do que os grãos de pólen de espécies campestres. Comparando-se os grãos de pólen dos diferentes gêneros florestais podem-se distinguir dois padrões que estão relacionados ao tipo de hábito. Espécies florestais herbáceas apresentaram grãos de pólen menores que as espécies de arbóreas que podem alcançar o estrato superior da floresta. As informações apresentadas indicam que é possível a distinção de padrões entre grãos de pólen de gramíneas florestais em relação ao hábito e que seus grãos de pólen podem ser distinguidos de espécies campestres em registros fósseis quaternários do sul da América do Sul.

Palavras-chave: *Gramíneas, Pampa, Mata Atlântica.*

***POLLEN MORPHOLOGY OF FORESTS POACEAE NATIVE OF SOUTHERN BRAZIL
AND ITS IMPLICATIONS IN THE QUATERNARY FOSSIL RECORDS***

ABSTRACT - In this study we analyzed the pollen morphology of different native genera forest of the Poaceae family from southern Brazil. The objective of this study is to determine if Poaceae pollen grains forests are different from Poaceae pollen grains grasslands of South America ecosystems. Although Poaceae pollen grains are related to grassland when identified in quaternary sediments, some species of this family are forest and its pollen morphology is unknown to the south of Brazil. We observed differences between Poaceae pollen grains forest and pollen from grassland this family already described for the region. Poaceae pollen grains of forest species showed larger size than pollen grains grassland species. Comparing the pollen grains of different forest genera we can distinguish two patterns that are related with habit. Herbaceous forest species has smallest pollen grains that tree species. The data presented indicate that it is possible to distinguish between patterns of Poaceae pollen grains in relation to the habit and than their pollen grains can be distinguished of the grassland species in Quaternary fossil record of southern South America.

Keywords: grasses; Pampa; Atlantic Forest.

1. INTRODUÇÃO

A família Poaceae tem grande importância ecológica no sul da América do Sul, por ser uma das três famílias com maior número de espécies em campos naturais (PILLAR et al., 2009). Além disso, espécies desta família apresentam papel crucial nas dinâmicas da vegetação no passado no sul do Brasil, determinando a principal formação vegetacional no final do Pleistoceno, quando predominavam os campos (BEHLING et al., 2004; BAUERMANN et al., 2008; BEHLING et al., 2005).

A vegetação atual do Rio Grande do Sul tem cerca de 450 espécies da família Poaceae distribuídas em 18 tribos e nove subfamílias (BOLDRINI et al., 2008; BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011). As poucas descrições ou ilustrações polínicas desta família aliadas a condição estenopolínica dificultam a identificação de palinomorfos em menor nível taxonômico. Esta dificuldade agrava-se, pois os únicos táxons com grãos de pólen descritos para Poaceae pertencem à vegetação campestre (TEDESCO et al., 1999; WILBERGER et al., 2004; MEDEANIC et al., 2008; NAKAMURA et al., 2010; RADAESKI et al., 2011;

BAUERMANN et al., 2013; RADAESKI et al., 2014a; RADAESKI et al., 2014b). A morfologia polínica de espécies florestais de Poaceae do Rio Grande do Sul e do Brasil é desconhecida, gerando maior dificuldade para refinamento polínico.

Cerca de 50 espécies florestais da família Poaceae estão distribuídas no Rio Grande do Sul, representadas principalmente pelas subfamílias Anomochlooideae, Bambusoideae e Pharoideae, todas as espécies com metabolismo C₃ e ciclo de vida estival. Anomochlooideae tem somente uma espécie distribuída no nordeste do Estado (*Streptochaeta spicata*, tribo Streptochaeteae), enquanto a subfamília Pharoideae representada por duas espécies do gênero *Pharus* (tribo Phareae) está distribuída no estrato herbáceo de diferentes florestas (BOLDRINI et al., 2008; BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011). A subfamília Bambusoideae tem o maior número de espécies florestais da família Poaceae do Rio Grande do Sul, representada pela tribo Bambuseae por 23 táxons de bambus lignificados dos gêneros *Chusquea*, *Colantheria*, *Guadua* e *Merostachys*, sendo *Chusquea* o gênero com maior número de espécies (SCHMIDT e LONGHI-WAGNER, 2009). A outra tribo que compõem a subfamília Bambusoideae, tribo Olyreae, é representada por três espécies de bambus herbáceos dos gêneros *Olyra* e *Parodiolyra* (BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011). A tribo Paniceae apresenta 20 táxons florestais destacando-se o gênero *Ichnanthus* e *Parodiophyllochloa* com maior número de espécies e a tribo Eragrostideae está representada nas florestas somente pela espécie *Muhlenbergia schreberi* (BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011).

Ressalta-se o florescimento raro de várias espécies florestais da família Poaceae que dificultam estudos sobre sua morfologia polínica. O “taquaruçu” (*Guadua trinii* (Nees) Nees ex Rupr.) floresce a cada 30 anos e apresenta somente sete registros de observação de material fértil no Rio Grande do Sul. Assim como a “taquara-lixá” (*Merostachys multiramea* Hack.) que também florescem a cada 30 anos e morrem após este evento. *Chusquea juergensii* foi encontrada fértil no Estado duas vezes, enquanto que *Colantheria cingulata* foi registrada fértil apenas uma vez no Rio Grande do Sul (BOLDRINI et al., 2008; SCHMIDT e LONGHI-WAGNER, 2009).

Na América do Sul existem poucas descrições de grãos de pólen de Poaceae florestais. Para os Andes da Venezuela, grãos de pólen de 12 espécies florestais de Poaceae foram analisados demonstrando que táxons da família Bambusoideae tem grãos de pólen maiores que de outras subfamílias (SALGADO-LABOURIAU, 1990). Heusser (1971) descreveu o grão de pólen *Chusquea quila* para o Chile, mostrando que seus grãos de pólen tem tamanho

médio a grande e ornamentação psilada. Na Argentina, Markgraf e D'Aantoni (1978) também encontraram o mesmo tipo de ornamentação para *Chusquea culeou* com grãos de pólen grandes, os maiores grãos de pólen da família Poaceae na Argentina.

Recentemente, Jan et al. (2014) avaliando a variação de tamanho de grãos de pólen de espécies C_3 e C_4 aliados ao nível de ploidia mostraram que espécies de gramíneas poliplóides tem grãos de pólen maiores que os diplóides enquanto táxons com metabolismo C_4 tem uma tendência a ter maior tamanho que espécies C_3 .

Entretanto devido à avaliação de táxons de diferentes ecossistemas campestres distribuídos ao redor do mundo, o estudo amplo de grãos de pólen de gramíneas em um único ecossistema é necessário para confirmar se estas variações ocorrem de modo regional. Neste estudo, utilizamos abordagens morfométricas juntamente com microscopia óptica e eletrônica de varredura como tentativa de distinguir grãos de pólen de espécies florestais de Poaceae no sul da América do Sul.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Medidas e microscopia óptica

A partir de coletas de material polínico de espécies florestais da família Poaceae depositadas no herbário ICN, os grãos de pólen foram processados pela técnica de acetólise descrita por Erdtman (1952). As lâminas montadas com gelatina glicerizada estão depositadas na Palinoteca do Laboratório de Palinologia da Universidade Luterana do Brasil. As descrições e mensurações polínicas foram realizadas com aumento de 1000 x em microscópio Leica CME. Foi determinada a unidade polínica, tamanho do grão de pólen, simetria, polaridade, âmbito, forma, quantidade de aberturas, ornamentação, espessura de sexina e nexina conforme terminologias propostas por Barth e Melhem (1988) e Punt et al. (2007). Além disso, foram medidos 25 grãos de pólen escolhidos ao acaso considerando seis parâmetros (Figura 1):

1. Diâmetro polar (P) medido na vista equatorial do grão de pólen.
2. Diâmetro equatorial (E) medido na vista equatorial do grão de pólen.
3. Espessura da exina (Ex) do grão de pólen.
4. Diâmetro do poro (Dp) medidos em vista polar e vista equatorial do grão de pólen.
5. Diâmetro do ânulo (Da) medidos em vista polar e vista equatorial do grão de pólen.
6. Espessura do ânulo (Ea) medidos em vista polar e vista equatorial do grão de pólen.

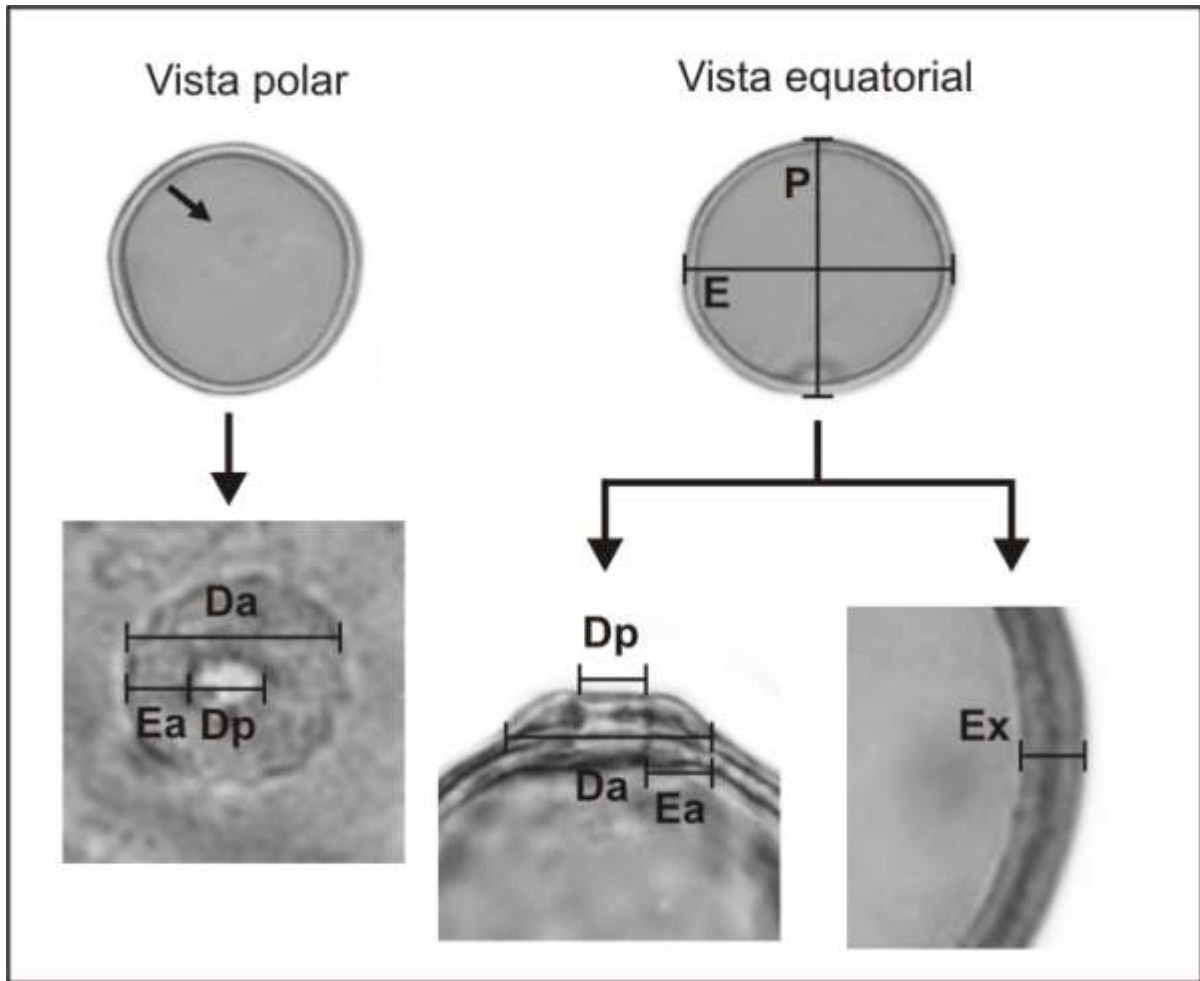


Figura 1. Os seis parâmetros medidos nos grãos de pólen florestais de Poaceae. Diâmetro polar (P), diâmetro equatorial (E) e espessura da exina (Ex) em vista equatorial. Diâmetro do poro (Dp), diâmetro do ânulo (Da) e espessura do ânulo (Ea) medidos em vista polar e equatorial do grão de pólen.

Figure 1. The six measured parameters in the forest Poaceae pollen grains. Polar diameter (P), equatorial diameter (E) and thickness of the exine (Ex) in equatorial view. Pore diameter (Dp), annulus diameter (Da) and e thickness of the annulus (Ea) measured in polar and equatorial view of the pollen grain.

Fotomicrografias em microscopia óptica dos grãos de pólen de cada espécie foram realizadas da vista polar, vista equatorial, detalhe da ornamentação, detalhe da exina e detalhe da abertura, sempre acompanhadas de escalas para ilustrar suas morfologias.

2.2. Microscopia eletrônica de varredura

Após o procedimento químico de acetólise, foi precipitada uma gota de glicerol contendo o material polínico no stub, os grãos de pólen foram metalizados com ouro/paládio através de um evaporador de metais possibilitando a observação das morfologias e ultra-estruturas polínicas. Fotomicrografias em microscopia eletrônica de varredura foram realizadas dos grãos de pólen, ornamentações e detalhe das aberturas.

2.3. Panorama geral da vegetação e do clima durante o Quaternário no Rio Grande do Sul

O campo era a vegetação predominante durante o final do Pleistoceno e início do Holoceno no sul do Brasil, indicada pelas altas concentrações de grãos de pólen da vegetação campestre (principalmente de táxons de Poaceae, Cyperaceae e Asteraceae) nos registros fósseis para este período. A vegetação campestre predominou no sul do Brasil entre aproximadamente 42.000 e 10.000 anos antes do presente quando o clima era frio e seco. A partir do início do Holoceno começou a expansão das florestas em condições climáticas mais úmidas. No Holoceno tardio ocorreram períodos mais quentes e as florestas substituem a vegetação campestre (BAUERMAN, 2003; BEHLING et al., 2004; BEHLING et al., 2005).

2.4. Vegetação e clima atual do Rio Grande do Sul

O território do Rio Grande do Sul atualmente apresenta dois biomas: Pampa e Mata Atlântica (IBGE, 2004). O bioma Mata Atlântica está localizado na porção norte do Estado onde diferentes formações florestais estão distribuídas, tais como a Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacional Semidecidual. Além das florestas, ocorrem no planalto desta região os Campos de Cima da Serra (BOLDRINI, 2009; OLIVEIRA, 2009). No nordeste do Rio Grande do Sul ocorrem as temperaturas mais baixas do Estado (temperatura mínima média anual de 3°C e temperatura máxima média anual de 15°C). Na metade norte do Rio Grande do Sul também estão concentrados os maiores índices pluviométricos que podem alcançar até 2.000 mm anuais (RIO GRANDE DO SUL, 2012).

O bioma Pampa localizado na metade sul do Rio Grande do Sul apresenta o domínio da vegetação campestre entremeada por florestas de galeria. Os campos naturais são representados principalmente por espécies das famílias Poaceae, Asteraceae, Fabaceae e Cyperaceae (RAMBO, 1956; BOLDRINI, 2009; PILLAR et al., 2009). Com base na

distribuição e abundância de táxons nas regiões do sul do Estado, são observadas diferentes fitofisionomias da vegetação de Campo (HASENACK et al., 2010). A metade sul do Rio Grande do Sul apresenta em sua maior porção temperatura mínima média anual de 16°C e temperatura máxima média anual de 24°C. Baixos índices pluviométricos são observados para porções da região sul do Estado podendo apresentar 1.100 mm anuais em algumas áreas (RIO GRANDE DO SUL, 2012).

2.5. Comparação entre grãos de pólen de Poaceae atuais e fósseis do Rio Grande do Sul

A partir dos dados obtidos no presente trabalho pôde-se comparar as morfologias polínicas atuais de táxons florestais de Poaceae com os grãos de pólen fósseis dos sedimentos quaternários do Rio Grande do Sul. As variações de tamanho dos palinomorfos dos materiais fósseis aliadas às informações polínicas atuais fornecem maior refinamento polínico. Com base na relação pólen atual – pólen fóssil são gerados indicadores de quais grãos de pólen de Poaceae contidos nos sedimentos pertencem à vegetação florestal.

2.6. Estatísticas

A elaboração do gráfico estatístico de Box-plot para demonstração da variação total de medida dos grãos de pólen assim como o tamanho médio foi utilizado o *software* BioEstat 5.0. O mesmo programa estatístico foi utilizado para a elaboração do gráfico de dispersão linear das medidas dos tamanhos dos grãos de pólen, diâmetros dos ânulos, diâmetros dos poros e espessura dos ânulos através da correlação linear de *Pearson*.

3. RESULTADOS

São apresentadas as descrições e ilustrações polínicas sob microscopia óptica e eletrônica de varredura de 11 espécies de diferentes gêneros florestais de Poaceae distribuídas no Rio Grande do Sul. As descrições polínicas, que estão em ordem evolutiva conforme classificação de GPWG (2001) são acompanhadas dos dados morfométricos e informações ecológicas.

Subfamília Anomochlooideae

Tribo Streptochaeteae

Streptochaeta spicata Schrad. ex Nees

(Figura 2A-E)

Mônade, grão de pólen pequeno a médio, simetria bilateral, isopolar, âmbito circular, esférico, monoporado, poro circular com ânulo medindo aproximadamente 3 µm localizado no pólo distal, ânulo com 9 µm de diâmetro e 3 µm de espessura apresentando superfície ornamentada, exina tectada, columelada com ornamentação microequinada. Sexina com 0,66 µm e nexina de mesma espessura. D: 28 µm (23-32); Ex: 1,32 µm.

Informações ecológicas: Gênero monoespecífico de ocorrência nativa no Estado, vivendo na Mata Atlântica com distribuição restrita ao Litoral Norte do Rio Grande do Sul (LONGHI-WAGNER, 2012); apresenta ciclo estival e fotossíntese C₃ (BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011).

Subfamília Bambusoideae

Tribo Bambuseae

Chusquea juergensii Hack.

(Figura 2F-J)

Mônade, grão de pólen médio a grande, simetria bilateral, isopolar, âmbito circular, esférico, monoporado, poro circular com ânulo medindo aproximadamente 5 µm localizado no pólo distal, ânulo com 12 µm de diâmetro e 3,5 µm de espessura apresentando superfície ornamentada, exina tectada, columelada com ornamentação microequinada. Sexina com 0,54 µm e nexina de mesma espessura. D: 44 µm (40-52); Ex: 1,08 µm.

Informações ecológicas: Gênero com dez espécies nativas de formações florestais (BOLDRINI et al., 2008), distribuídas em matas de galeria associadas sendo muito comum em altitudes elevadas como na Floresta Ombrófila Mista da região dos Campos de Cima da Serra (SCHMIDT e LONGHI-WAGNER, 2009). As espécies da subfamília Bambusoideae apresentam ciclo de vida estival e fotossíntese C₃ (BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011).

Colanthea cingulata (McClure & L.B.Sm.) McClure

(Figura 2K-O)

Mônade, grão de pólen médio a grande, simetria bilateral, isopolar, âmbito circular, esférico, monoporado, poro circular com ânulo medindo aproximadamente 5 µm localizado no pólo distal, ânulo com 14 µm de diâmetro e 4,5 µm de espessura apresentando superfície ornamentada, exina tectada, columelada com ornamentação microequinada. Sexina com 0,66 µm e nexina de mesma espessura. D: 58 µm (47-74); Ex: 1,32 µm.

Informações ecológicas: Gênero com quatro espécies nativas de formações florestais (BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011; SCHMIDT e LONGHI-WAGNER, 2009), distribuídas principalmente na Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional ocorrendo na região fisiográfica do Litoral Norte. *Colantheia cingulata* é exclusiva da metade norte do Estado (SCHMIDT e LONGHI-WAGNER, 2009).

Guadua trinii (Nees) Nees ex Rupr.

(Figura 2P-T)

Mônade, grão de pólen grande, simetria bilateral, isopolar, âmbito circular, esférico, monoporado, poro circular com ânulo medindo aproximadamente 5 µm localizado no pólo distal, ânulo com 14 µm de diâmetro e 4,5 µm de espessura apresentando superfície ornamentada, exina tectada, columelada com ornamentação microequinada. Sexina com 0,76 µm e nexina de mesma espessura. D: 60 µm (50-77); Ex: 1,52 µm.

Informações ecológicas: Gênero com três espécies nativas de formações florestais (BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011; SCHMIDT e LONGHI-WAGNER, 2009), *Guadua trinii* é a espécie mais comum do gênero no Estado com grande distribuição principalmente nas florestas de galeria, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional (SCHMIDT e LONGHI-WAGNER, 2009).

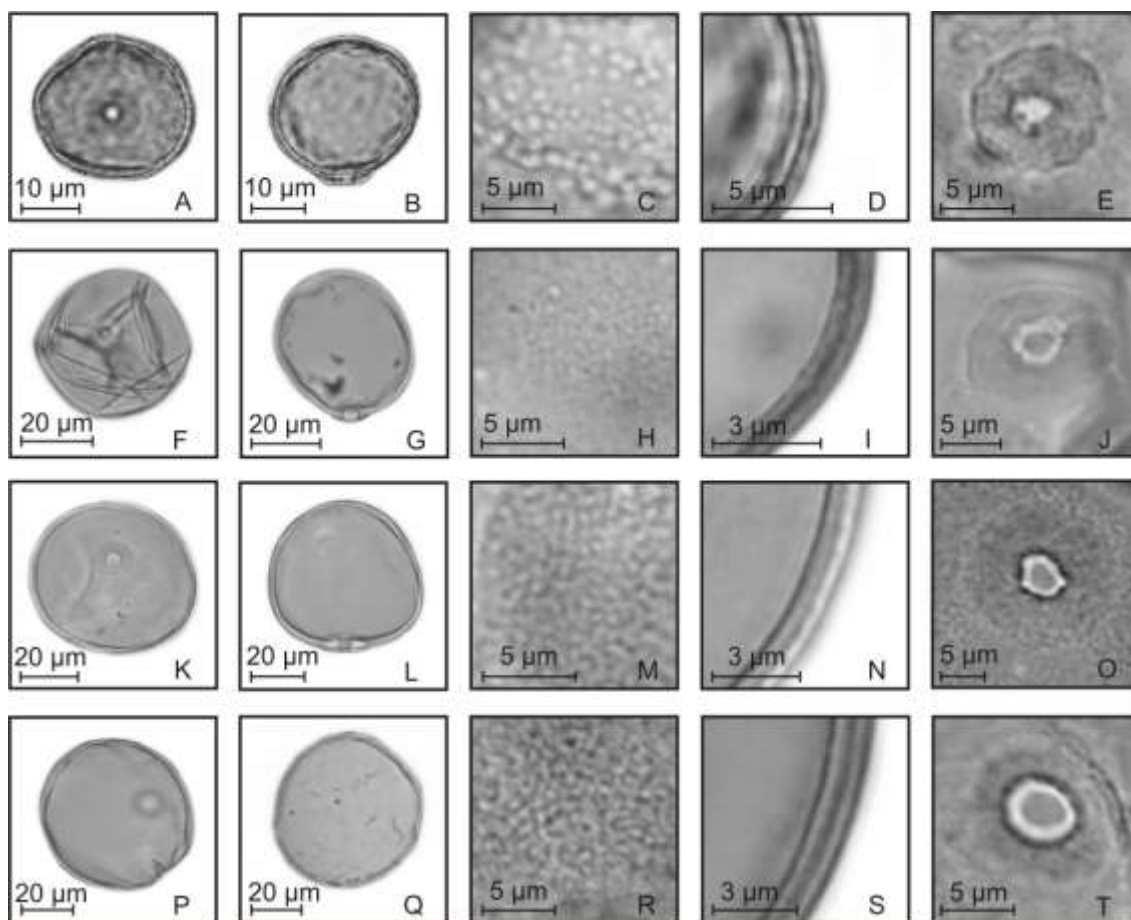


Figura 2. Grãos de pólen das subfamílias Anomochlooideae e Bambusoideae. A-E. *Streptochaeta spicata*: VP (A), VE (B), detalhe da ornamentação (C), detalhe da espessura da exina (D) e detalhe da abertura (E); F-J. *Chusquea juergensii*: VP (F), VE (G), detalhe da ornamentação (H), detalhe da espessura da exina (I) e detalhe da abertura (J); K-O. *Colantheia cingulata*: VP (K), VE (L), detalhe da ornamentação (M), detalhe da espessura da exina (N) e detalhe da abertura (O); P-T. *Guadua trinii*: VP (P), VE (Q), detalhe da ornamentação (R), detalhe da espessura da exina (S) e detalhe da abertura (T).

Figure 2. Pollen grains of the Subfamilies Anomochlooideae and Bambusoideae. A-E. *Streptochaeta spicata*: PV (A), EV (B), detail of ornamentation (C), detail of the thickness of the exine (D) and detail of the aperture (E); F-J. *Chusquea juergensii*: PV (F), EV (G), detail of ornamentation (H), detail of the thickness of the exine (I) and detail of the aperture (J); K-O. *Colantheia cingulata*: PV (K), EV (L), detail of ornamentation (M), detail of the thickness of the exine (N) and detail of the aperture (O); P-T. *Guadua trinii*: PV (P), EV (Q), detail of ornamentation (R), detail of the thickness of the exine (S) and detail of the aperture (T).

Merostachys multiramea Hack.

(Figura 3A-E)

Mônade, grão de pólen médio a grande, simetria bilateral, isopolar, âmbito circular, esférico, monoporado, poro circular com ânulo medindo aproximadamente 5 µm localizado no pólo distal, ânulo com 14 µm de diâmetro e 4,5 µm de espessura apresentando superfície ornamentada, exina tectada, columelada com ornamentação microequinada. Sexina com 0,76 µm e nexina de mesma espessura. D: 50 µm (44-55); Ex: 1,52 µm.

Informações ecológicas: Gênero com nove espécies nativas vivendo em capoeiras, matas semidevastadas e florestas. De modo geral são plantas megatérmicas florestais (BOLDRINI et al., 2008). As espécies da subfamília Bambusoideae apresentam ciclo de vida estival e fotossíntese C₃ (BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011). A espécie *Merostachys multiramea* tem sua ocorrência na Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista (SCHMIDT e LONGHI-WAGNER, 2009).

Tribo Olyreae

Lithachne pauciflora (Sw.) P.Beauv.

(Figura 3F-J)

Mônade, grão de pólen médio, simetria bilateral, isopolar, âmbito circular, esférico, monoporado, poro circular com ânulo medindo aproximadamente 2 µm localizado no pólo distal, ânulo com 7 µm de diâmetro e 2,5 µm de espessura apresentando superfície ornamentada, exina tectada, columelada com ornamentação microequinada. Sexina com 0,5 µm e nexina de mesma espessura. D: 27 µm (25-28); Ex: 1 µm.

Informações ecológicas: Gênero com uma espécie herbácea nativa para o Rio Grande do Sul (LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL, 2014).

Olyra latifolia L.

(Figura 3K-O)

Mônade, grão de pólen pequeno a médio, simetria bilateral, isopolar, âmbito circular, esférico, monoporado, poro circular com ânulo medindo aproximadamente 2 µm localizado no pólo distal, ânulo com 6 µm de diâmetro e 2 µm de espessura apresentando superfície ornamentada, exina tectada, columelada com ornamentação microequinada. Sexina com 0,54 µm e nexina de mesma espessura. D: 27 µm (23-30); Ex: 1,08 µm.

Informações ecológicas: Gênero com duas espécies nativas, sendo *Olyra latifolia* bambu herbáceo de ambientes florestais (BOLDRINI et al., 2008; BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011).

Paradiolyra micrantha (Kunth) Davidse & Zuloaga

(Figura 3P-T)

Mônade, grão de pólen médio, simetria bilateral, isopolar, âmbito circular, esférico, monoporado, poro circular com ânulo medindo aproximadamente 3 μm localizado no pólo distal, ânulo com 9 μm de diâmetro e 3 μm de espessura apresentando superfície ornamentada, exina tectada, columelada com ornamentação microequinada. Sexina com 0,5 μm e nexina de mesma espessura. D: 30 μm (26-37); Ex: 1 μm .

Informações ecológicas: Gênero com uma espécie nativa, bambu herbáceo *Paradiolyra micrantha*, que ocorre em formações florestais da Mata Atlântica (BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011; LONGHI-WAGNER, 2012; SILVA et al., 2012).

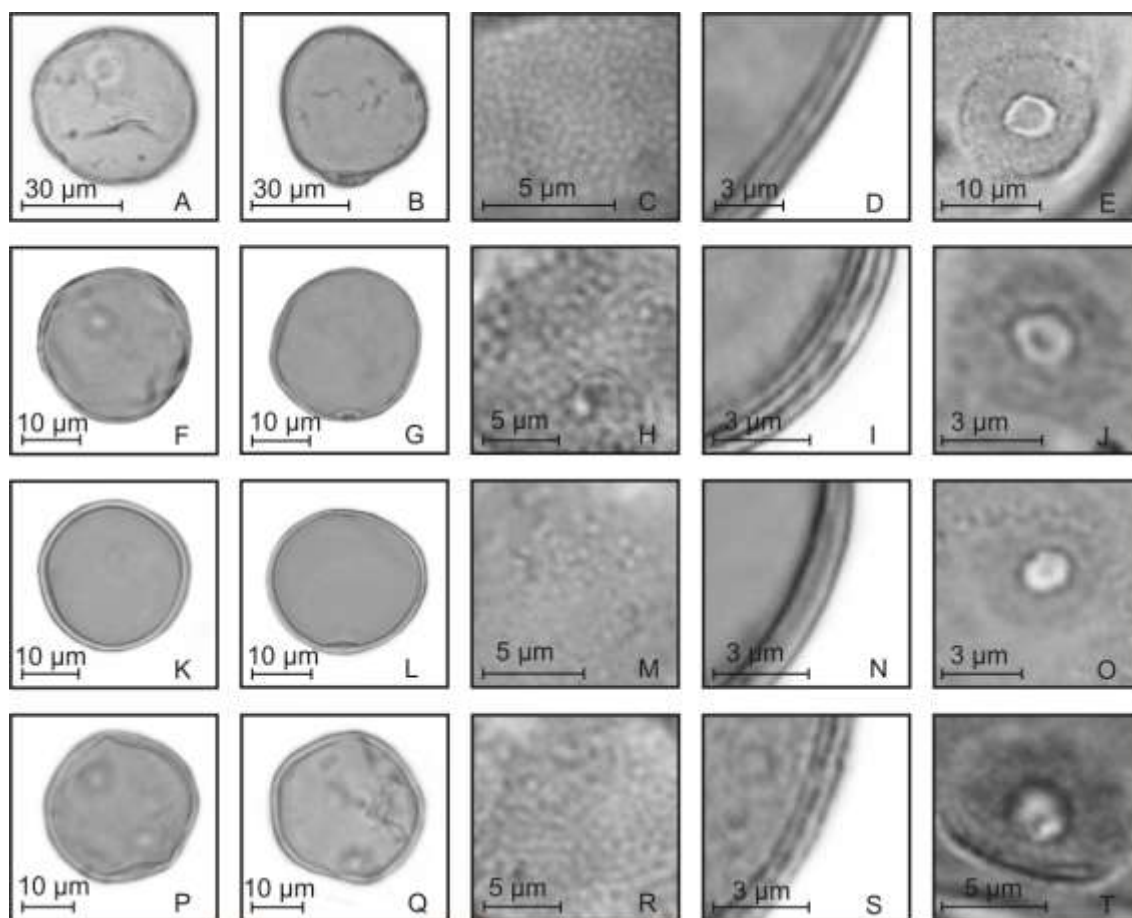


Figura 3. Grãos de pólen da subfamília Bambusoideae. A-E. *Merostachys multiramea*: VP (A), VE (B), detalhe da ornamentação (C), detalhe da espessura da exina (D) e

detalhe da abertura (E); F-J. *Lithachne pauciflora*: VP (F), VE (G), detalhe da ornamentação (H), detalhe da espessura da exina (I) e detalhe da abertura (J); K-O. *Olyra latifolia*: VP (K), VE (L), detalhe da ornamentação (M), detalhe da espessura da exina (N) e detalhe da abertura (O); P-T. *Parodiolyra micrantha*: VP (P), VE (Q), detalhe da ornamentação (R), detalhe da espessura da exina (S) e detalhe da abertura (T).

Figure 3. Pollen grains of the Subfamily Bambusoideae. A-E. Merostachys multiramea: PV (A), EV (B), detail of ornamentation (C), detail of the thickness of the exine (D) and detail of the aperture (E); F-J. Lithachne pauciflora: PV (F), EV (G), detail of ornamentation (H), detail of the thickness of the exine (I) and detail of the aperture (J); K-O. Olyra latifolia: PV (K), EV (L), detail of ornamentation (M), detail of the thickness of the exine (N) and detail of the aperture (O); P-T. Parodiolyra micrantha: PV (P), EV (Q), detail of ornamentation (R), detail of the thickness of the exine (S) and detail of the aperture (T).

Subfamília Pharoideae

Tribo Phareae

Pharus lappulaceus Aubl.

(Figura 4A-E)

Mônade, grão de pólen pequeno a médio, simetria bilateral, isopolar, âmbito circular, esférico, monoporado a diporado, poro circular com ânulo medindo aproximadamente 3 µm localizado no pólo distal, ânulo com 8 µm de diâmetro e 2,5 µm de espessura apresentando superfície ornamentada, exina tectada, columelada com ornamentação microequinada. Sexina com 0,54 µm e nexina de mesma espessura. D: 25 µm (23-27); Ex: 1,08 µm.

Informações ecológicas: Gênero com duas espécies nativas de formações florestais que vivem no estrato herbáceo do interior das matas (BOLDRINI et al., 2008; BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011). As espécies da subfamília Pharoideae ocorrem exclusivamente em florestas, sendo espécies de ciclo de vida estival e fotossíntese C₃ (BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011).

Subfamília Chloridoideae

Tribo Eragrostideae

Muhlenbergia schreberi J.F.Gmel.

(Figura 4F-J)

Mônade, grão de pólen médio, simetria bilateral, isopolar, âmbito circular, esférico, monoporado, poro circular com ânulo medindo aproximadamente 2 µm localizado no pólo distal, ânulo com 6 µm de diâmetro e 2 µm de espessura apresentando superfície ornamentada, exina tectada, columelada com ornamentação microequinada. Sexina com 0,52 µm e nexina de mesma espessura. D: 30 µm (26-35); Ex: 1,04 µm.

Informações ecológicas: Gênero com somente uma espécie no Estado, *Muhlenbergia schreberi*, com distribuição em diferentes formações florestais do Rio Grande do Sul (BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011).

Subfamília Panicoideae

Tribo Paniceae

Ichnanthus pallens (Sw.) Munro ex Benth.

(Figura 4K-O)

Mônade, grão de pólen pequeno a médio, simetria bilateral, isopolar, âmbito circular, esférico, monoporado, poro circular com ânulo medindo aproximadamente 2 µm localizado no pólo distal, ânulo com 6 µm de diâmetro e 2 µm de espessura apresentando superfície ornamentada, exina tectada, columelada com ornamentação microequinada. Sexina com 0,5 µm e nexina de mesma espessura. D: 23 µm (22-26); Ex: 1 µm.

Informações ecológicas: Gênero com cinco espécies nativas distribuídas em formações florestais do Rio Grande do Sul (BOLDRINI e LONGHI-WAGNER, 2011). A espécie *Ichnanthus pallens* ocorre em locais úmidos no interior e beira de matas (BOECHAT, 2005).

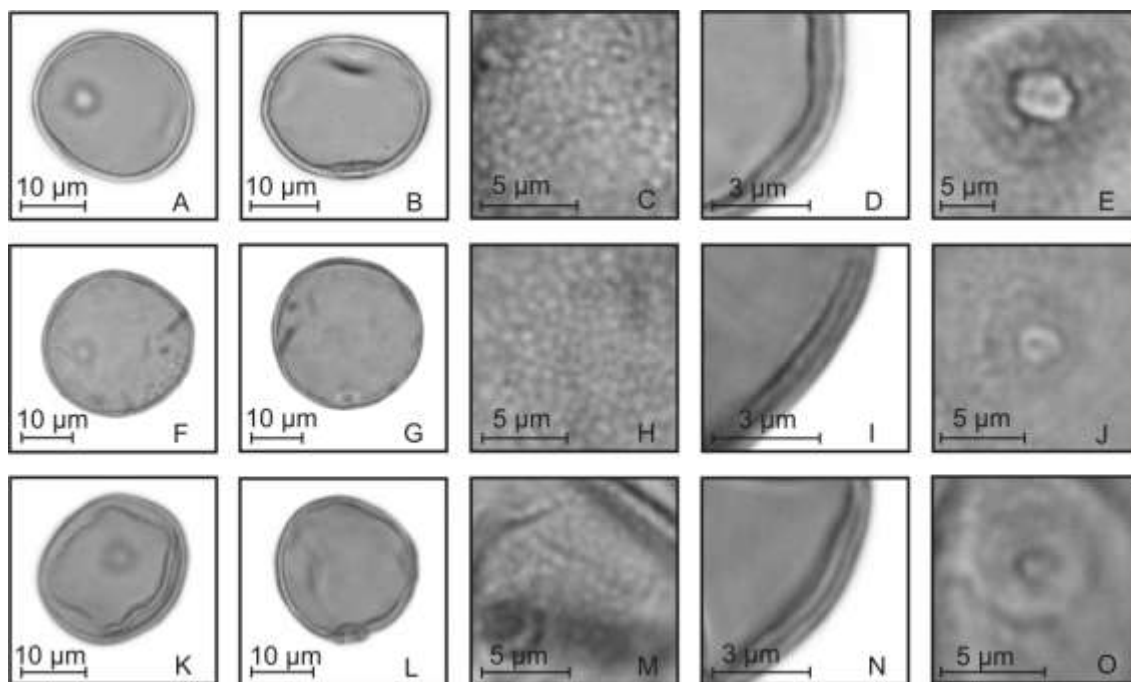


Figura 4. Grãos de pólen das subfamílias Pharoideae, Chloridoideae e Panicoideae. A-E. *Pharus lappulaceus*: VP (A), VE (B), detalhe da ornamentação (C), detalhe da espessura da exina (D) e detalhe da abertura (E); F-J. *Muhlenbergia schreberi*: VP (F), VE (G), detalhe da ornamentação (H), detalhe da espessura da exina (I) e detalhe da abertura (J); K-O. *Ichnanthus pallens*: VP (K), VE (L), detalhe da ornamentação (M), detalhe da espessura da exina (N) e detalhe da abertura (O).

Figure 4. Pollen grains of the Subfamilies Pharoideae, Chloridoideae and Panicoideae. A-E. Pharus lappulaceus: PV (A), EV (B), detail of ornamentation (C), detail of the thickness of the exine (D) and detail of the aperture (E); F-J. Muhlenbergia schreberi: PV (F), EV (G), detail of ornamentation (H), detail of the thickness of the exine (I) and detail of the aperture (J); K-O. Ichnanthus pallens: PV (K), EV (L), detail of ornamentation (M), detail of the thickness of the exine (N) and detail of the aperture (O).

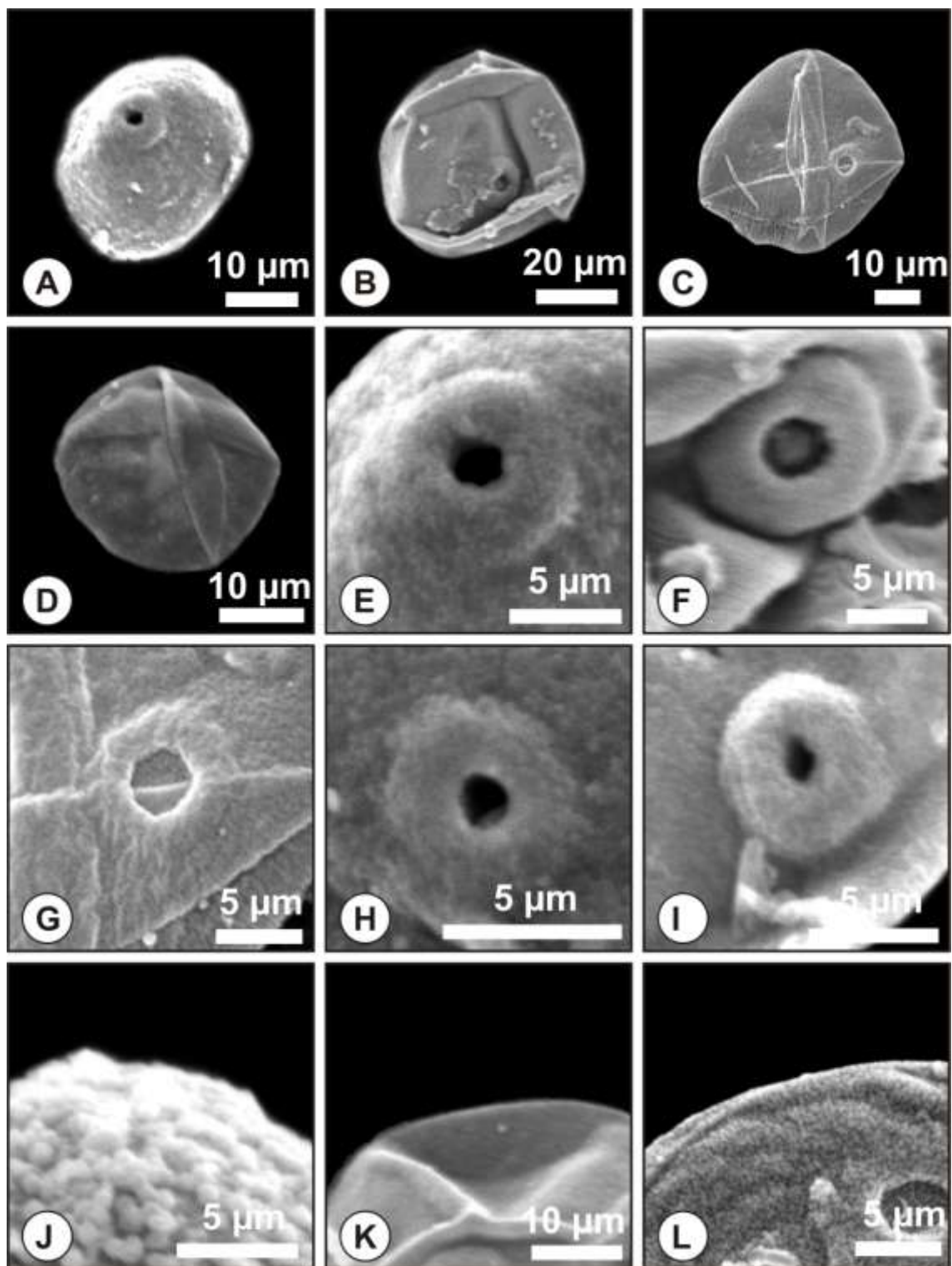


Figura 5. Microscopia eletrônica de varredura dos grãos de pólen de *Streptochaeta spicata* (A), *Chusquea juergensii* (B), *Guadua trinii* (C) e *Olyra latifolia* (D). Detalhe da abertura em microscopia eletrônica de *Streptochaeta spicata* (E), *Chusquea juergensii* (F), *Guadua trinii* (G), *Olyra latifolia* (H) e *Pharus lappulaceus* (I). Detalhe da ornamentação em microscopia eletrônica de varredura de *Streptochaeta spicata* (J), *Chusquea juergensii* (K) e *Guadua trinii* (L).

Figure 5. Scanning electron microscopy of pollen grains of the *Streptochaeta spicata* (A), *Chusquea juergensii* (B), *Guadua trinii* (C) and *Olyra latifolia* (D). Detail of the aperture in electron microscopy of *Streptochaeta spicata* (E), *Chusquea juergensii* (F), *Guadua trinii* (G), *Olyra latifolia* (H) and *Pharus lappulaceus* (I). Detail of the ornamentation in scanning electron microscopy of *Streptochaeta spicata* (J), *Chusquea juergensii* (K) and *Guadua trinii* (L).

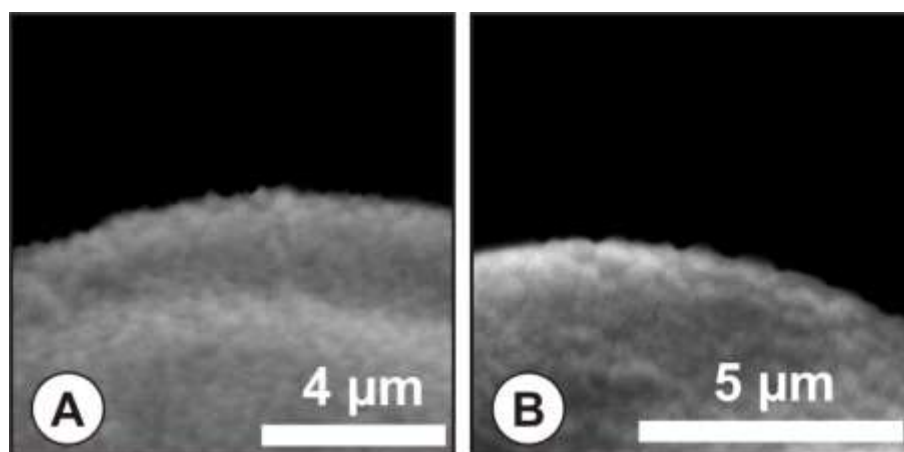


Figura 6. Detalhe da ornamentação em microscopia eletrônica de varredura de *Olyra latifolia* (A) e *Pharus lappulaceus* (B).

Figure 6. Detail of the ornamentation in scanning electron microscopy of *Olyra latifolia* (A) and *Pharus lappulaceus* (B).

3.1. Espécimes investigados

Chusquea juergensii. Brasil, Rio Grande do Sul, J. Valls, H. Longhi-Wagner & A. Barcellos 3081 (ICN 25141).

Colantheria cingulata. Brasil, Rio Grande do Sul, J. Valls, R. Schmidt & Ene s/nº (ICN 190425).

Guadua trinii. Brasil, Rio Grande do Sul, N.I. Matzemberger 2293 (ICN 151025).

Ichnanthus pallens. Brasil, Rio Grande do Sul, V. Citadini 59 (ICN 34620).

Lithachne pauciflora. Brasil, Rio Grande do Sul, Valls, Lindeman, Irgang, Oliveira & Pott 1782 (ICN 9671).

Merostachys multiramea. Brasil, Rio Grande do Sul, V. Kinupp s/nº (ICN 152702).

Muhlenbergia schreberi. Brasil, Rio Grande do Sul, R. Trevisan s/nº (ICN 138328).

Olyra latifolia. Brasil, Rio Grande do Sul, L. C. Mancino, T. B. Guimarães, L. R. M. Batista & G. E. Ferreira s/nº (ICN 182413).

Parodiolyra micrantha. Brasil, Rio Grande do Sul, J. Valls, J. Jung & A.M. Barcellos 2151 (ICN 10213).

Pharus lappulaceus. Brasil, Rio Grande do Sul, L.R.M. Baptista s/n° (ICN 33404).

Streptochaeta spicata. Brasil, Rio Grande do Sul, J. F. M. Valls 1055 (ICN 9669).

4. DISCUSSÃO

Dois padrões polínicos puderam ser estabelecidos com base no tamanho dos grãos de pólen de Poaceae florestais. Os grãos de pólen das espécies herbáceas apresentaram tamanhos menores (22-37 μm), enquanto que as espécies de arbóreas demonstraram grãos de pólen maiores (40-77 μm). Estas informações permitem distinguir táxons florestais da família Poaceae de acordo com o estrato em que ocorrem na floresta (Figura 7, 8A).

As espécies florestais herbáceas apresentam amplitude de tamanho que se sobrepõem aos tamanhos dos grãos de pólen de táxons campestres de Poaceae do Rio Grande do Sul (WILBERGER et al., 2004; MEDEANIC et al., 2008; RADAESKI et al., 2011; BAUERMANN et al., 2013; RADAESKI et al., 2014a; RADAESKI et al., 2014b).

Por outro lado, devido ao tamanho maior dos grãos de pólen das espécies arbóreas, estas podem ser distinguidas dos demais táxons florestais, podendo-se obter, em alguns casos, resolução polínica em nível específico dentre as espécies nativas de Poaceae do Estado. As espécies da tribo Bambuseae, *Guadua trinii* com ocorrência em diferentes florestas do RS é a espécie com os maiores grãos de pólen (50-77 μm) das espécies nativas de Poaceae do Rio Grande do Sul, sendo seu grão de pólen indicativo deste tipo de vegetação. Em contrapartida, *Chusquea juergensii* apresentou os menores grãos de pólen da tribo (40-52 μm) indicando ocorrência da Floresta Ombrófila Mista além de matas de galeria (SCHMIDT e LONGHI-WAGNER, 2009). Salgado-Labouriau e Rinaldi (1990) já haviam destacado o tamanho maior dos grãos de pólen da tribo Bambuseae, contudo também ressalta que outros táxons apresentam grãos de pólen com tamanho em sobreposição às espécies de bambus dos Andes Venezuelanos. Para o Chile somente *Chusquea quila* teve seus grãos de pólen descritos para as espécies florestais de Poaceae deste país demonstrando tamanho com variação de médio a grande (HEUSSER, 1971). Da mesma maneira, para a Argentina Markgraf e D'Antoni (1978) descreveram somente *Chusquea culeou* dentre as espécies florestais.

O tamanho dos grãos de pólen é proporcional aos diâmetros do ânulo, poro e espessura do ânulo (Figura 8B). Os grãos de pólen maiores apresentaram os diâmetros maiores de ânulo,

poro e espessura do ânulo, assim como os menores grãos de pólen demonstraram as menores medidas para estes parâmetros.

Todos os grãos de pólen analisados apresentaram opérculo que dificilmente resiste à acetólise (Figura 9A-D). A presença de opérculo nos grãos de pólen da família Poaceae já havia sido observada (HEUSSER, 1971; ERDTMAN, 1952) ressaltando a fragilidade do opérculo após os grãos de pólen serem submetidos ao procedimento químico. Com exceção de *Pharus lappulaceus* com abertura monoporada a diporada (Figura 9E-F), todos os táxons demonstraram abertura unicamente monoporada.

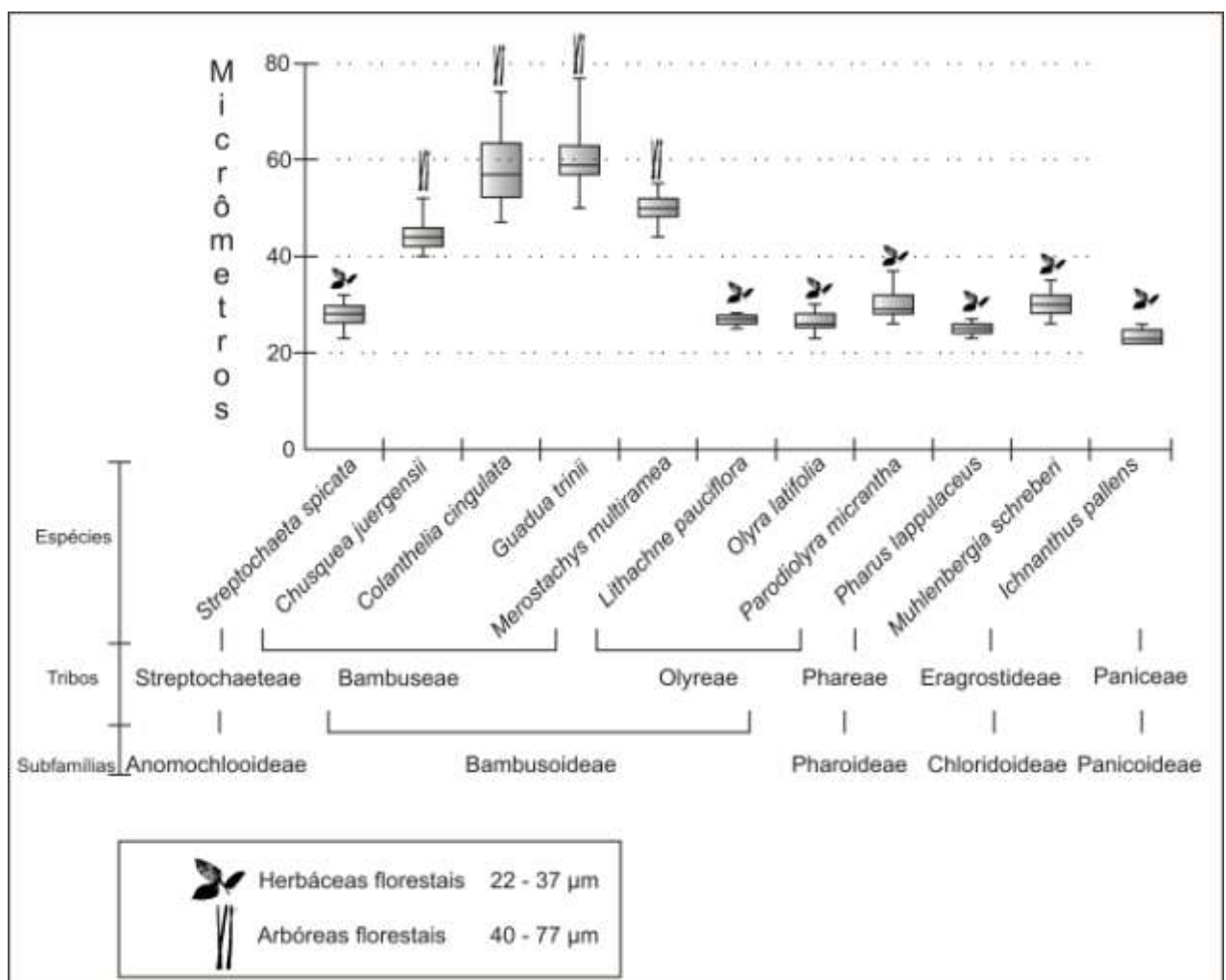


Figura 7. Box Plot dos diâmetros dos grãos de pólen florestais de Poaceae. A linha horizontal em negrito no interior da caixa representa a mediana. A caixa demonstra 50% dos interquartis e as suíças a amplitude de variação total.

Figure 7. Box Plot of the diameters of forest Poaceae pollen grains. The bold horizontal line within the box represents the median. The box shows 50% of the interquartile and the vertical lines shows the range of the total variation.

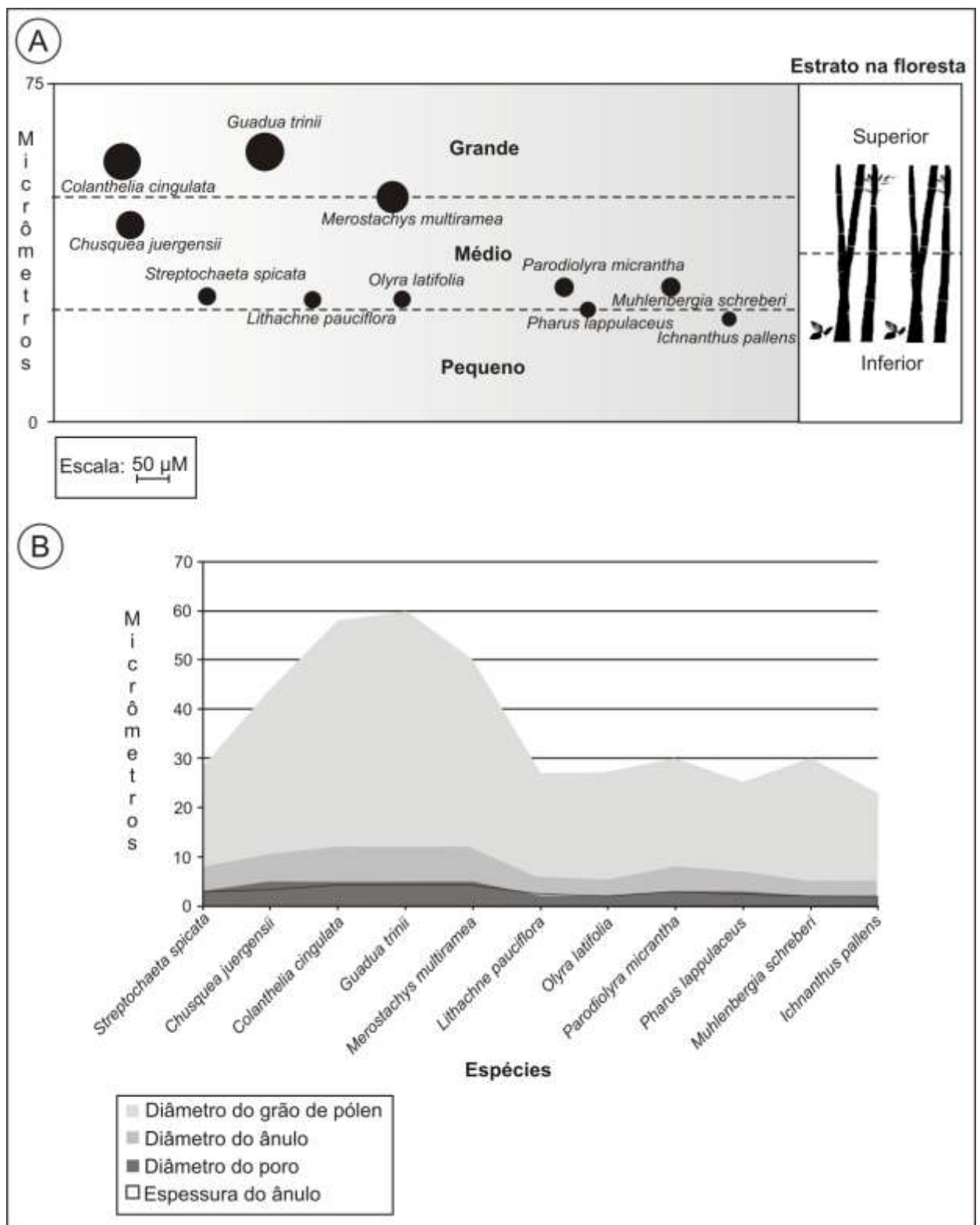


Figura 8. A. Gráfico demonstrativo dos diferentes tamanhos dos grãos de pólen florestais de Poaceae e suas representações no estrato inferior e superior das florestas do Rio Grande do Sul. B. Gráfico de área dos diâmetros dos grãos de pólen, ânulos, poros e espessuras dos ânulos das espécies florestais de Poaceae.

Figure 8. A. Chart showing the different sizes of the forest Poaceae pollen grains and its representations in the lower and upper layers of forests of the Rio Grande do Sul. B. Chart of the area of diameters of the pollen grains, annulus, pores and thickness of annulus of forest Poaceae species.

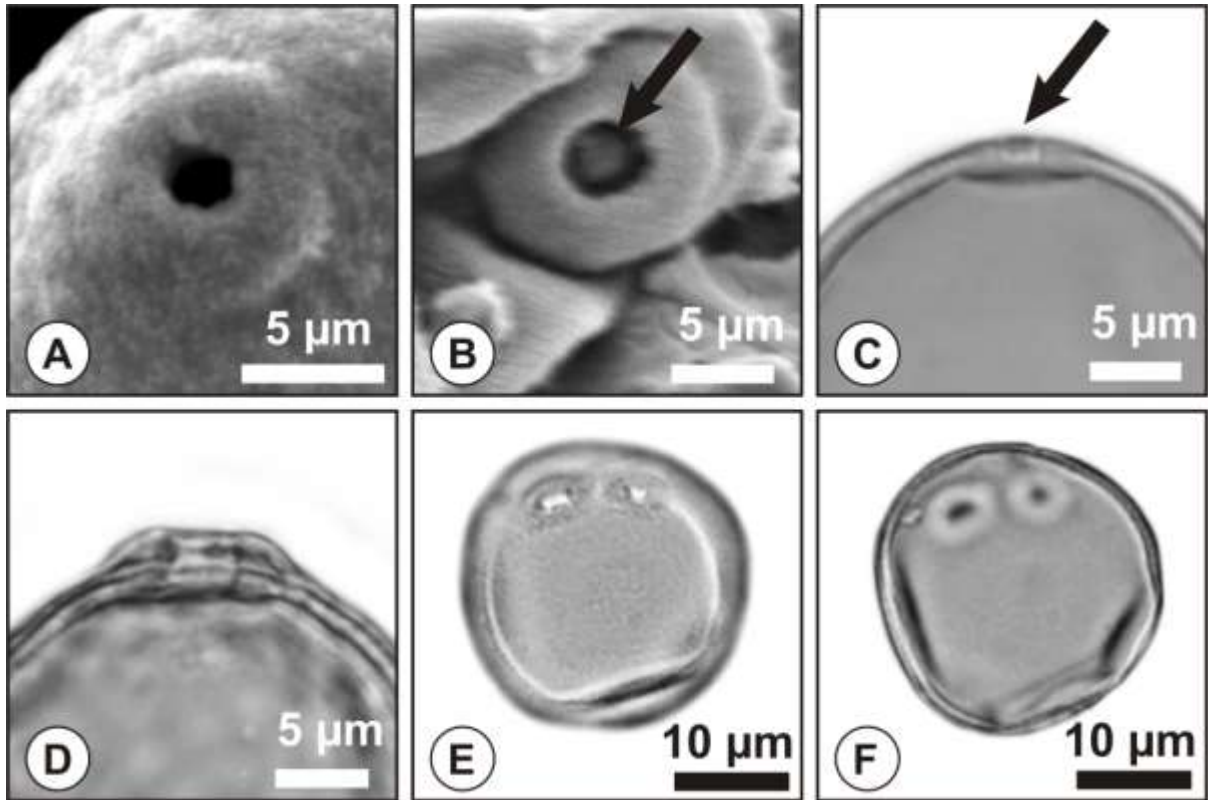


Figura 9. A. Detalhe do poro sem opérculo de *Streptochaeta spicata* em microscopia eletrônica de varredura. B. Detalhe da abertura de *Chusquea juergensii* com opérculo em microscopia eletrônica de varredura. C. Detalhe da abertura com opérculo de *Olyra latifolia* em microscopia óptica. D. Detalhe da abertura sem opérculo de *Streptochaeta spicata* em microscopia óptica. E. *Pharus lappulaceus* com abertura diporada em primeiro plano. F. *Pharus lappulaceus* com abertura diporada em segundo plano. Setas indicam o opérculo.

Figure 9. A. Detail of the pore with operculum absent of *Streptochaeta spicata* in scanning electron microscopy. B. Detail of the aperture of *Chusquea juergensii* with operculum in scanning electron microscopy. C. Detail of the aperture with operculum of *Olyra latifolia* in optical microscopy. D. Detail of the aperture with operculum absent of *Streptochaeta spicata* in optical microscopy. E. *Pharus lappulaceus* with diporate aperture in foreground. F. *Pharus lappulaceus* with diporate aperture in background. Arrows indicate the operculum.

4.1. Implicações do pólen florestal de Poaceae nas reconstituições vegetacionais do Quaternário do Rio Grande do Sul

Em decorrência da morfologia uniforme dos grãos de pólen das espécies da família Poaceae, com sua característica abertura monoporada com ânulo e forma esférica, os grãos de pólen desta família contidos em sedimentos quaternários do Rio Grande do Sul são identificados somente até família e relacionados à vegetação campestre.

Como a morfologia polínica de espécies florestais de Poaceae do RS era desconhecida e o número de espécies campestres da família era superior, quando encontrados seus grãos de pólen nos registros fósseis estes eram sempre vinculados à formação aberta (Campo). As informações apresentadas sobre os grãos de pólen de táxons florestais de Poaceae contribui para melhor caracterização ambiental do registro fóssil, a partir dos grãos de pólen desta família.

Quando os resultados obtidos neste trabalho são confrontados com as descrições polínicas já realizadas para o Quaternário do Rio Grande do Sul (Figura 10), observa-se uma relação entre os grãos de pólen dos táxons de Poaceae com as diferentes áreas e floras do Estado analisadas. Na planície costeira, grãos de pólen descritos para os sedimentos de Águas Claras e Barrocadas (BAUERMANN, 2003) apresentaram variação de tamanho de 26 a 50 μm . A partir dos dados aqui obtidos os grãos de pólen de maior tamanho poderiam ser atribuídos a táxons de vegetação florestal refinando a reconstituição paleovegetacional. Da mesma forma em Santo Antonio da Patrulha, outro local da planície costeira (MACEDO et al., 2009), foi observada variação de tamanho de 25 a 48 μm , onde os maiores grãos de pólen poderiam estar relacionados aos fragmentos de mata citadas para o entorno da área de estudo.

Em vegetação do extremo oeste do Rio Grande do Sul foram descritos grãos de pólen fósseis entendimento sobre as dinâmicas da Savana Estépica Parque (EVALDT et al., 2013) que incluiu a descrição de táxons da família Poaceae obtendo-se variação de grãos de pólen com diâmetros entre 30 a 65 μm . Com base nos dados sobre a morfologia polínica de espécies florestais de Poaceae os grãos de pólen maiores contidos neste sedimento podem ser atribuídos a vegetação florestal, provavelmente proveniente da Mata Ciliar distribuída na Unidade de Conservação estudada.

A partir desta relação estabelecida entre as espécies florestais da família Poaceae e o tamanho de seus grãos de pólen, uma nova interpretação ambiental gerada com base nos grãos de pólen desta família pode se estender aos demais sítios quaternários estudados como os de Capão do Leão, Guaíba e São Francisco de Paula uma vez que estes sedimentos apresentaram

os maiores grãos de pólen da família Poaceae com medidas variando de 50 μm a 60 μm , (NEVES, 1991; NEVES et al., 2003; LEAL e LORSCHTEITTE, 2006; ROTH e LORSCHTEITTE, 2008; SCHERER e LORSCHTEITTE, 2009; SPALDING e LORSCHTEITTE, 2010).

As informações obtidas permitem identificar as alterações climáticas com base em grãos de pólen de Poaceae nos registros fósseis do sul do Brasil. O tamanho maior dos grãos de pólen de táxons arbóreos florestais são indicadores de condições úmidas e podem ser utilizados para marcar a melhora climática durante o Quaternário no Rio Grande do Sul. Desta maneira, grãos de pólen da família Poaceae, além de indicar a ocorrência da vegetação de Campo, também podem ser indicativos da vegetação florestal. Grãos de pólen de Poaceae com tamanho maior que 45 μm correspondem a espécies arbóreas florestais enquanto que grãos de pólen com tamanhos abaixo deste limiar pertencem a táxons herbáceos.

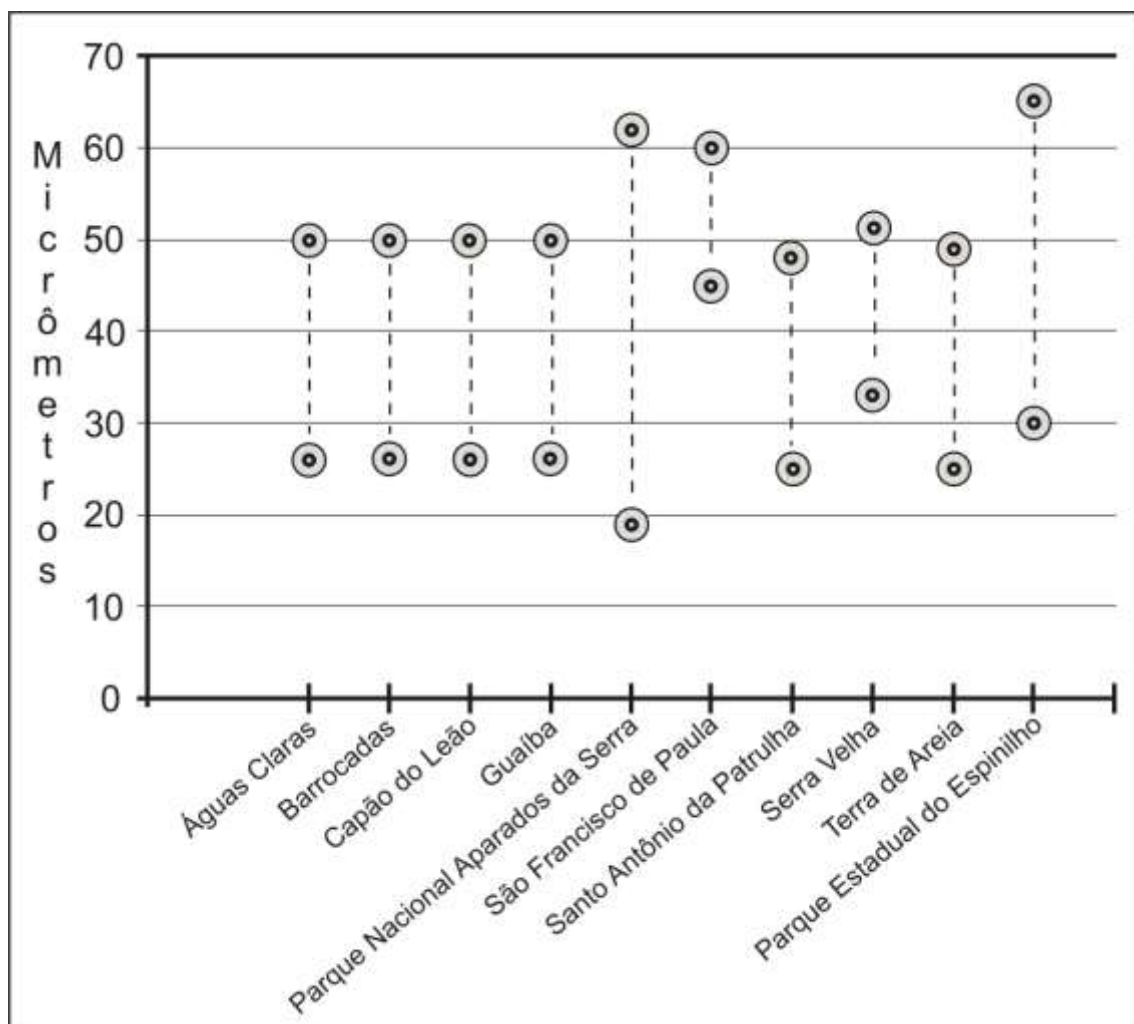


Figura 10. Variação total de tamanho dos grãos de pólen fósseis da família Poaceae em sedimentos quaternários do Rio Grande do Sul.

Figure 10. Total variation of size of the fossil pollen grains of Poaceae family in Quaternary sediments of the Rio Grande do Sul.

5. CONCLUSÃO

As espécies florestais de Poaceae no sul da América do Sul podem ser distinguidas de acordo com o hábito dos táxons (herbáceo e arbóreo). Espécies nativas arbóreas podem ser distinguidas tanto das espécies herbáceas florestais como das campestres o que proporciona, em alguns casos (eg. *Guadua trinii*), a identificação até o menor nível taxonômico (espécie). Contudo, as espécies herbáceas florestais de Poaceae não podem ser distinguidas das espécies campestres já descritas para o sul da América do Sul.

Outros parâmetros além do tamanho dos grãos de pólen podem ser utilizados para a identificação de grãos de pólen de Poaceae, já que os diâmetros dos poros, ânnulos e espessuras dos ânnulos são proporcionais ao tamanho do grão de pólen.

Informações com aplicações paleoecológicas que antes eram desconhecidas agora são acessíveis em decorrência do refinamento polínico obtido. Os dados gerados neste estudo, sobre os grãos de pólen florestais de Poaceae, podem ser aplicadas em trabalhos de palinologia do Quaternário já realizados ou em andamento.

A partir desta abordagem, as dinâmicas paleovegetacionais das vegetações campestres e florestais podem ser melhor delimitadas com base na utilização do tamanho de grãos de pólen de Poaceae. A delimitação dos grãos de pólen florestais abre nova possibilidade de reconstituição vegetal proporcionando maior fidedignidade a nível ambiental das formações campestres e florestais.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho faz parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor que agradece a CAPES pela concessão de bolsa de Mestrado. Ao Herbário ICN da UFRGS pela consulta as exsicatas. Ao Prof. Dr. Angelo Alberto Schneider da UNIPAMPA pelo auxílio na identificação de material botânico.

7. REFERÊNCIAS

BAUERMANN, S. G. **Análises Palinológicas e Evolução Paleovegetacional e Paleoambiental das Turfeiras de Barrocadas e Águas Claras, Planície Costeira do Rio**

- Grande do Sul, Brasil.** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- BAUERMANN, S. G.; MACEDO, R. B.; BEHLING, H.; PILLAR, V.; NEVES, P. C. P. Dinâmicas vegetacionais, climáticas e do fogo com base em palinologia e análise multivariada no Quaternário Tardio no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v.11, p. 87-96, 2008.
- BAUERMANN, S. G.; RADAESKI, J. N.; EVALDT, A. C. P.; QUEIROZ, E. P.; MOURELLE, D.; PRIETO, A. R.; SILVA, C. I. **Pólen nas angiospermas: diversidade e evolução.** Canoas, Editora da ULBRA, 2013. 216p.
- BEHLING, H.; PILLAR, V.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (campos), fire and climate dynamics, inferred from a high-resolution pollen record of Cambará do Sul in southern Brazil. **Palaeogeograph, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v.203, p.277-297, 2004.
- BEHLING, H.; PILLAR, V.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics, studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**, v.133, p.235-248, 2005.
- BOECHAT, S. C. O gênero *Ichnanthus* (Poaceae – Panicoideae – Paniceae) no Brasil. Porto Alegre, **IHERINGIA, Série Botânica**, v.60, p.189-248, 2005.
- BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M.; BOECHAT, S. C. **Morfologia e Taxonomia de gramíneas sul-rio-grandenses.** 2 ed. Porto Alegre, Editora UFRGS, 2008.
- BOLDRINI, I. I. Biodiversidade dos Campos do Planalto das Araucárias. Ministério do Meio Ambiente, **Série Biodiversidade**, v.30, 2009.
- BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M. Poaceae no Rio Grande do Sul: Diversidade, Importância na Fitofisionomia e Conservação. **Ciência & Ambiente**, v.42, p.71-92, 2011.
- ERDTMAN, G. **Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms.** Stockholm, Almkvist & Wiksell, 1952.
- EVALDT, A. C. P.; BAUERMANN, S. G.; SOUZA, P. A. Descrições morfológicas de palinomorfos holocênicos de um fragmento da Savana Estépica Parque em Barra do Quaraí, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v.40, n.3, p.209-232, 2013.
- GPWG (Grass Phylogeny Working Group). Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). **Annals of the Missouri Botanical Garden** v.88, p.373-457, 2001.
- HEUSSER, C. J. **Pollen and spores of Chile.** The university of Arizona Press, Tucson, 1971.

HASENACK, H.; WEBER, E.; BOLDRINI, I. I.; TREVISAN, R. Mapa de Sistemas Ecológicos da Ecorregião das Savanas Uruguaias em escala 1:500.000 ou superior e Relatório Técnico descrevendo insumos e metodologia de elaboração do mapa de Sistemas Ecológicos.

Relatório Técnico: The Nature Conservancy, 2010.

IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil. Primeira aproximação**. Disponível em: <http://www2.ibge.gov.br/download/mapas_murais/biomas_pdf.zip>, Acesso em: 14 mai, 2015, 2004.

JAN, F.; SCHULER, L.; BEHLING, H. Trends of pollen grain size variation in C3 and C4 Poaceae species using pollen morphology for future assessment of grassland ecosystem dynamics. **Grana**, v.53, p.1-17, 2014.

LEAL, M. G.; LORSCHHEITTER, M. L. Pólen, esporos e demais palinórfos de sedimentos holocênicos de uma floresta paludosa, Encosta Inferior do Nordeste, Rio Grande do Sul, Brasil. Porto Alegre, **IHERINGIA, Série Botânica**, v.61, n.1-2, p.13-47, 2006.

LONGHI-WAGNER, H. M. Poaceae: an overview with reference to Brazil. **Rodriguésia**, v.63, n.1, p.89-100, 2012.

MACEDO, R. B.; SOUZA, P. A.; BAUERMANN, S. G. Catálogo de pólenes, esporos e demais palinórfos em sedimentos holocênicos de Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Brasil. Porto Alegre, **IHERINGIA, Série Botânica**, v.64, n.2, p.43-78, 2009.

MARKGRAF, V.; D'ANTONI, H. **Pollen flora of Argentina**. Tucson, University of Arizona Press, 1978.

MEDEANIC, S.; CORDAZZO, C. V.; LIMA, L. G. Diversidade Polínica de Plantas em Dunas no Extremo Sul do Brasil. Porto Alegre, **Gravel**, v.6, p.67-80, 2008.

NAKAMURA, A. T.; LONGHI-WAGNER, H. M.; SCATENA, V. L. Anther and pollen development in some species of Poaceae (Poales). **Brazilian Journal Biology** v.70, p.351-360, 2010.

NEVES, P. C. P. **Palinologia de Sedimentos de uma Mata Tropical paludosa em Terra de Areia, Planície Costeira Norte, RS, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991.

NEVES, P. C. P.; BAUERMANN, S. G.; KROEFF, V. N. Catálogo palinológico em coberturas quaternárias no Estado do Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. Descrições taxonômicas – Parte III: Magnoliophyta (Liliopsida) e Gymnospermae. **Acta Geologica Leopoldense**, v.26, n.56, p.35-45, 2003.

- OLIVEIRA, M. L. A. A. A vegetação atual do Rio Grande do Sul, Brasil. In: RIBEIRO, A. M.; BAUERMANN, S. G.; SCHERER, C. S. **Quaternário do Rio Grande do Sul: integrando conhecimentos**. Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2009.
- PILLAR, V. D. P.; MULLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. Á. **Campos Sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília. Ministério do Meio Ambiente, 2009.
- RADAESKI, J. N.; EVALDT, A. C. P.; LIMA, G. L.; BAUERMANN, S. G. Grãos de pólen das formações campestres sul-brasileiras. Canoas, **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, v.9, p.59-67, 2011.
- RADAESKI, J. N.; EVALDT, A. C. P.; BAUERMANN, S. G. Grãos de pólen de espécies ocorrentes na Unidade de Conservação Parque Estadual do Espinilho, Barra do Quaraí, Rio Grande do Sul, Brasil. **PESQUISAS, BOTÂNICA**, v.65, p.305-331, 2014a.
- RADAESKI, J. N.; EVALDT, A. C. P.; BAUERMANN, S. G.; LIMA, G. L. Diversidade de grãos de pólen e esporos dos Campos do sul do Brasil: descrições morfológicas e implicações paleoecológicas. Porto Alegre, **IHERINGIA, Série Botânica**, v.69, p.107-132, 2014b.
- RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. 2ª. ed. Porto Alegre, Ed. Selbach, 1956.
- RIO GRANDE DO SUL. **Atlas Climático Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.r3pb.com.br/AtlasCemetRS/#/I/zoomed>>. Acesso em 28 abr. 2015, 2012.
- ROTH, L.; LORSCHREITER, M. L. Palinomorfos de um perfil sedimentar em uma turfeira do Parque Nacional dos Aparados da Serra, leste do Planalto do Rio Grande do Sul, Brasil. Porto Alegre, **IHERINGIA, Série Botânica**, v.63, p.69-100, 2008.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L.; RINALDI, M. Palynology of Gramineae of the Venezuelan Mountains. **Grana** v.29, p.119-128, 1990.
- SCHERER, C.; LORSCHREITER, M. L. Pólen de gimnospermas e angiospermas em sedimentos quaternários de duas matas com Araucária, planalto leste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.23, n.3, p.681-696, 2009.
- SCHMIDT, R.; LONGHI-WAGNER, H. M. A tribo Bambuseae (Poaceae, Bambusoideae) no Rio Grande do Sul, Brasil. Porto Alegre, **Revista Brasileira de Biociências**, v.7, p.71-128, 2009.
- SILVA, C.; CONDE, M. M. S.; LONGHI-WAGNER, H. M. Olyreae (Poaceae: Bambusoideae) da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 63, n.2, p.357-372, 2012.

SPALDING, B. B. C.; LORSCHHEITTER, M. L. Palinologia de sedimentos da turfeira do Banhado Amarelo, São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. Gimnospermas e angiospermas. **Hoehnea**, v.37, n.3, p.419-434, 2010.

TEDESCO, S. B.; BATTISTIN, A.; VALLS, J. F. M. Diâmetro dos grãos de pólen e tamanho dos estômatos em acessos diplóides e tetraplóides de *Hemarthria altissima* (Poiret) Stapf & Hubbard (Gramineae). Santa Maria. **Ciência Rural**, v.29, p.273-276, 1999.

WILBERGER, T. P.; STRANZ, A.; PAZ, C.; BOENI, B.; CANCELLI, R. R.;

BAUERMAN, S. G.; DUTRA, T. L.; MONDIN, C. A. **Flora do Setor Oriental do**

Planalto sul-rio-grandense. Guia de espécies vegetais. 1ª ed., São Leopoldo, ALPP, 2004.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise morfológica dos grãos de pólen das espécies da família *Poaceae* estudadas, pôde-se distinguir padrões de acordo com o tipo de vegetação em que os táxons estão inseridos. A observação de diferenciação e tendências nos grãos de pólen de *Poaceae* do sul do Brasil promove melhor distinção ambiental dos grãos de pólen fósseis desta família em sedimentos quaternários do Rio Grande do Sul, já que a uniformidade polínica de táxons de *Poaceae* implicava em identificação em nível de família que determinava indicação de vegetação campestre. As informações geradas podem melhor caracterizar as dinâmicas da vegetação campestre e florestal durante o Pleistoceno e Holoceno com base nos grãos de pólen de *Poaceae*.

Assim como foram observados padrões entre grãos de pólen de *Poaceae* em nível ambiental (Campo e Floresta), também foram percebidas tendências em táxons com metabolismo fotossintético C₃ a apresentar grãos de pólen com tamanho maior que espécies com fotossíntese C₄.

Analisando-se a morfologia polínica de táxons de diferentes gêneros incluindo representantes de todas as tribos e subfamílias de *Poaceae* pôde-se observar a amplitude de variação de medidas dos grãos de pólen de diferentes grupos, ressaltando-se o distinto tamanho dos grãos de pólen da tribo *Bambuseae*.

A distinção de grãos de pólen florestais de *Poaceae* também pôde ser obtida em relação ao hábito dos táxons (herbáceo e arbóreo). Esta característica dos grãos de pólen florestais pode estar relacionada com o tipo de polinização desempenhado pelos táxons florestais, já que no interior da floresta há baixo fluxo de correntes de ar e com isso muitas espécies destes ambientes recorrem a intervenção biótica para efetivar a polinização.

Neste trabalho foram apresentados os padrões encontrados nos tamanhos dos grãos de pólen de táxons nativos de *Poaceae*. Estudos devem ser realizados sobre a morfologia polínica de espécies exóticas que estão distribuídas no Rio Grande do Sul para confrontar as informações entre os táxons nativos e exóticos e verificar se também possam existir padrões.

Como foi estabelecido o cenário polínico atual das espécies de *Poaceae* do Rio Grande do Sul, deve-se futuramente ser realizado estudo sobre os padrões dos grãos de pólen de *Poaceae* fósseis em sedimentos do Estado aplicando e confrontando com o panorama atual encontrado. Desta maneira, a resposta sobre as mudanças climáticas e vegetacionais com base

em grãos de pólen de *Poaceae* pode ser mais aprofundada e constituída de maiores inferências acerca das dinâmicas da vegetação campestre e florestal ao longo do tempo no sul do Brasil.

6. REFERÊNCIAS

- BAUERMANN, S. G.; RADAESKI, J. N.; EVALDT, A. C. P.; QUEIROZ, E. P.; MOURELLE, D.; PRIETO, A. R.; SILVA, C. I. 2013. **Pólen nas angiospermas: diversidade e evolução**. Canoas, Editora da ULBRA.
- BEHLING, H.; PILLAR, V.; BAUERMANN, S. G. 2004. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (campos), fire and climate dynamics, inferred from a high-resolution pollen record of Cambará do Sul in southern Brazil. **Palaeogeograph, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 203, 277-297.
- BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M.; BOECHAT, S. C. 2008. **Morfologia e Taxonomia de gramíneas sul-rio-grandenses**. 2 ed. Porto Alegre, Editora UFRGS.
- BOLDRINI, I. I.; EGGERS, L.; MENTZ, L. A.; MIOTTO, S. T. S.; MATZENBACHER, N. I.; LONGHI-WAGNER, H. M.; TREVISAN, R.; SCHNEIDER, A. A.; SETÚBAL, R. B. 2009. Flora, p. 39-94. In: BOLDRINI, I. I. **Biodiversidade dos Campos do Planalto das Araucárias**. Série Biodiversidade 30, 237 p.
- BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M. 2011. Poaceae no Rio Grande do Sul: Diversidade, Importância na Fitofisionomia e Conservação. **Ciência & Ambiente** 42, 71-92.
- ERDTMAN, G. 1952. **Pollen morphology and plant taxonomy**. Angiosperms. Stockholm, Almqvist & Wiksell.
- GPWG (Grass Phylogeny Working Group)**. 2001. Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 88, 373-457.
- HASENACK, H.; WEBER, E.; BOLDRINI, I. I.; TREVISAN, R. 2010. Mapa de Sistemas Ecológicos da Ecorregião das Savanas Uruguaias em escala 1:500.000 ou superior e Relatório Técnico descrevendo insumos e metodologia de elaboração do mapa de Sistemas Ecológicos. **Relatório Técnico: The Nature Conservancy**.
- IBGE**. 2004. Mapa de Biomas do Brasil. Primeira aproximação. http://www2.ibge.gov.br/download/mapas_murais/biomas_pdf.zip.
- JAN, F.; SCHULER, L.; BEHLING, H. 2014. Trends of pollen grain size variation in C3 and C4 Poaceae species using pollen morphology for future assessment of grassland ecosystem dynamics. **Grana** 53, 1-17.
- MEDEANIC, S.; CORDAZZO, C. V.; LIMA, L. G. 2008. Diversidade Polínica de Plantas em Dunas no Extremo Sul do Brasil. Porto Alegre, **Gravel** 6, 67-80.
- PILLAR, V. D. P.; MULLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. Á. 2009. **Campos Sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília. Ministério do Meio Ambiente.

RADAESKI, J. N.; EVALDT, A. C. P.; LIMA, G. L.; BAUERMANN, S. G. 2011. Grãos de pólen das formações campestres sul-brasileiras. Canoas, **Revista de Iniciação Científica da ULBRA** 9, 59-67.

RADAESKI, J. N.; EVALDT, A. C. P.; BAUERMANN, S. G. 2014a. Grãos de pólen de espécies ocorrentes na Unidade de Conservação Parque Estadual do Espinilho, Barra do Quaraí, Rio Grande do Sul, Brasil. **PESQUISAS, BOTÂNICA** 65, 305-331.

RADAESKI, J. N.; EVALDT, A. C. P.; BAUERMANN, S. G.; LIMA, G. L. 2014b. Diversidade de grãos de pólen e esporos dos Campos do sul do Brasil: descrições morfológicas e implicações paleoecológicas. Porto Alegre, **IHERINGIA, Série Botânica** 69, 107-132.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. 1973. **Contribuição à palinologia dos cerrados**. Rio de Janeiro, Ed. da Academia Brasileira de Ciências.

SCHMIDT, R.; LONGHI-WAGNER, H. M. 2009. A tribo Bambuseae (Poaceae, Bambusoideae) no Rio Grande do Sul, Brasil. Porto Alegre, **Revista Brasileira de Biociências** 7, 71-128.

SCHNEIDER, A. A. 2007. A Flora naturalizada no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Herbáceas subespontâneas. Porto Alegre, **Revista Brasileira de Biociências** 15(2):257-268.

SCHULER, L.; BEHLING, H. 2010. Characteristics of Poaceae pollen grains as a tool to assess palaeoecological grassland dynamics in South America. **Veget. Hist. Archaeobot.** 20.

SCHULER, L.; BEHLING, H. 2011. Poaceae pollen grain size as a tool to distinguish past grasslands in South America: a new methodological approach. **Veget. Hist. Archaeobot.** 20, 83-96.

WILBERGER, T.P.; STRANZ, A.; PAZ, C.; BOENI, B.; CANCELLI, R.R.; BAUERMANN, S. B.; DUTRA, T. L.; MONDIN, C. A. 2004. **Flora do Setor Oriental do Planalto sul-rio-grandense. Guia de espécies vegetais**. 1ª ed., São Leopoldo, ALPP.

7. ANEXOS

7.1. Anexo A. Comprovante de submissão do manuscrito “Poaceae: an overview to distinguish grasslands in Southern Brazil based on pollen grain size” junto ao periódico *Grana*.

23-Apr-2015

Dear Mr Radaeski:

Your manuscript entitled "Poaceae: an overview to distinguish grasslands in Southern Brazil based on pollen grain size" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in *Grana*.

Your manuscript ID is SGRA-2015-0036.

Thank you for submitting your manuscript to *Grana*.

Sincerely,

Grana Editorial Office

7.2. Anexo B. Comprovante de submissão do manuscrito “Morfologia polínica de táxons florestais da família Poaceae nativos do sul do Brasil e sua implicação nos registros fósseis quaternários” junto ao periódico *Árvore*.

Jefferson Nunes Radaeski,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "MORFOLOGIA POLÍNICA DE TÁXONS FLORESTAIS DA FAMÍLIA POACEAE NATIVOS DO SUL DO BRASIL E SUA IMPLICAÇÃO NOS REGISTROS FÓSSEIS QUATERNÁRIOS" para Revista *Árvore*. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:

<http://submission.scielo.br/index.php/rarv/author/submission/149940>

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Alfredo Santos Araújo Alves
Revista *Árvore*

7.3. Anexo C. Espécies coletadas nas saídas a campo e seus respectivos locais de coleta e coordenadas geográficas.

Espécies	Local de Coleta	Coordenadas geográficas
<i>Andropogon cf. lindmanii</i>	Balneário Quintão, Palmares do Sul, RS	30° 21' 27.62''S / 50° 16' 29.64''O
<i>Avena sativa</i>	Sítio Osvaldo, Gravataí, RS	29° 52' 53.87''S / 50° 58' 15.37''O
<i>Bromus catharticus</i>	Cachoeirinha, RS	29° 57' 46.15''S / 51° 06' 24.37''O
<i>Chascolytrum subaristatum</i>	Cerro do Ouro, São Gabriel, RS	30° 33' 10.90''S / 54° 05' 18.74''O
<i>Cynodon dactylon</i>	Sítio Laranjal, Gravataí, RS	29° 53' 44.13''S / 51° 0' 25.51''O
<i>Eleusine tristachya</i>	Sítio Laranjal, Gravataí, RS	29° 53' 44.13''S / 51° 0' 25.51''O
<i>Eragrostis bahiensis</i>	Sítio Laranjal, Gravataí, RS	29° 53' 44.13''S / 51° 0' 25.51''O
<i>Eragrostis neesii</i>	Cerro do Ouro, São Gabriel, RS	30° 33' 10.90''S / 54° 05' 18.74''O
<i>Ischaemum minus</i>	Sítio Osvaldo, Gravataí, RS	29° 52' 53.87''S / 50° 58' 15.37''O
<i>Lolium multiflorum</i>	Sítio Osvaldo, Gravataí, RS	29° 52' 53.87''S / 50° 58' 15.37''O
<i>Melica</i> sp.	Cerro do Ouro, São Gabriel, RS	30° 33' 10.90''S / 54° 05' 18.74''O
<i>Panicum</i> sp.	Sítio Laranjal, Gravataí, RS	29° 53' 44.13''S / 51° 0' 25.51''O
<i>Paspalum pauciciliatum</i>	Sítio Laranjal, Gravataí, RS	29° 53' 44.13''S / 51° 0' 25.51''O
<i>Paspalum urvillei</i>	Balneário Quintão, Palmares do Sul, RS	30° 21' 27.62''S / 50° 16' 29.64''O
<i>Cenchrus clandestinus</i>	Cerro do Ouro, São Gabriel, RS	30° 33' 10.90''S / 54° 05' 18.74''O
<i>Piptochaetium montevidensis</i>	Cerro do Ouro, São Gabriel, RS	30° 33' 10.90''S / 54° 05' 18.74''O
<i>Poa annua</i>	Sítio Osvaldo, Gravataí, RS	29° 52' 53.87''S / 50° 58' 15.37''O
<i>Saccharum angustifolium</i>	Cerro do Ouro, São Gabriel, RS	30° 33' 10.90''S / 54° 05' 18.74''O
<i>Setaria parviflora</i>	Sítio Laranjal, Gravataí, RS	29° 53' 44.13''S / 51° 0' 25.51''O
<i>Sporobolus indicus</i>	Sítio Laranjal, Gravataí, RS	29° 53' 44.13''S / 51° 0' 25.51''O
<i>Steinchysma hians</i>	Sítio Laranjal, Gravataí, RS	29° 53' 44.13''S / 51° 0' 25.51''O
<i>Stipa</i> sp.	Cerro do Ouro, São Gabriel, RS	30° 33' 10.90''S / 54° 05' 18.74''O