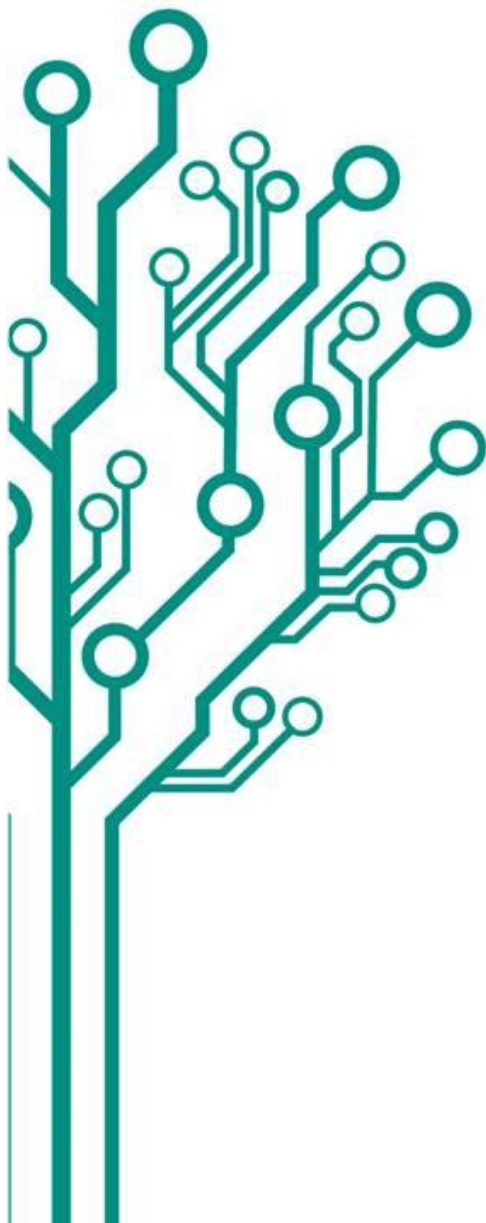


Mestrado Profissional
Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais



**INVENTÁRIO POLÍNICO PARA ACERVO
PALINOLÓGICO DA VEGETAÇÃO DE
CANGA DA SERRA SUL DE CARAJÁS,
PARÁ**

HIGOR JARDIM MACAMBIRA

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado Profissional em Uso Sustentável de
Recursos Naturais em Regiões Tropicais do
Instituto Tecnológico Vale (ITV).

Orientador(a):

Dr: José Tasso Felix Guimarães

Belém-PA

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca do ITV – Belém-PA

M113i Macambira, Higor Jardim

Inventário polínico para acervo palinológico da vegetação
de canga da Serra Sul de Carajás, Pará / Higor Jardim
Macambira -- Belém-PA, 2015.
73f.: il.

Dissertação (mestrado) -- Instituto Tecnológico Vale, 2015.
Orientador(a): Prof. José Tasso Felix Guimarães

1. Palinoteca. 2. Palinologia . 3. Serra dos Carajás. Título.

CDD 23. ed. 561.13098115

HIGOR JARDIM MACAMBIRA

**INVENTÁRIO POLÍNICO PARA ACERVO PALINOLÓGICO DA VEGETAÇÃO DE
CANGA DA SERRA SUL DE CARAJÁS, PARÁ**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Ciências
Ambientais e Desenvolvimento Sustentável do
Programa de Mestrado Profissional em Uso
Sustentável de Recursos Naturais em Regiões
Tropicais do Instituto Tecnológico Vale (ITV).

Data da aprovação:

Banca examinadora:

Dr. José Tasso Felix Guimarães
Orientador - Instituição (ITV)

Dra. Hivana Melo Barbosa Dall'Agnol
Membro interno - Instituição (ITV)

Dra. Clarisse Beltrão Smith
Membro externo - Instituição (UEPA)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe, tudo o que sou e conquistei vem dela.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente a minha mãe Lucia, a Lorena Bitar e a Luiza Alves por toda a valiosa ajuda.

Ao meu pai, tios(as), primos(as), pelo incentivo e confiança.

Ao Dr. José Tasso Felix Guimarães por me aceitar como aluno, pela orientação e pelo aprendizado em uma nova linha de pesquisa.

À Dra. Léa Maria Medeiros Carreira e a Anna Christina Dias, do Museu Paraense Emílio Goeldi, pela valiosa atenção na preparação de botões florais e lâminas para análise palinológica.

Ao Instituto Tecnológico Vale (ITV- VALE), através dos projetos Paleoclima (ITV-VALE) e Influência das Mudanças Climáticas do Holoceno no Desenvolvimento da Floresta Tropical do Sudeste da Amazônia (CNPQ 479182/2012-4) pelo financiamento deste trabalho.

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) por ter autorizado os trabalhos na Serra Sul de Carajás situada na Floresta Nacional de Carajás através da licença ICMBIO/SISBIO 35594-3.

À Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa (FADESP), pela concessão da bolsa de mestrado.

Sou grato a todos os que ajudaram a realizar este trabalho.

RESUMO

A implantação de um acervo palinológico possibilitará um maior detalhamento taxonômico das espécies vegetais e a análise comparativa dos tipos polínicos encontrados em amostras de sedimento do Quaternário da Serra dos Carajás, Estado do Pará. Além disso, os dados contidos no acervo subsidiarão estudos paleoambientais e paleoclimáticos na Serra dos Carajás, uma vez que permitirão a identificação precisa das espécies de plantas, espaço físico e fatores abióticos que condicionam o ecossistema e determinam a distribuição das populações de determinada comunidade. Este trabalho visa iniciar a montagem de banco de dados palinológico (palinoteca) e desenvolver um estudo aplicado sobre a utilização desta palinoteca na sistemática de grãos de pólen de Poaceae, da vegetação de canga da Serra dos Carajás e suas aplicações em estudos ecológicos e paleoecológicos. Desta forma, exsicatas existentes no herbário do Parque Zoobotânico de Carajás e herbário do Museu Paraense Emilio Goeldi foram examinadas para preparação dos botões florais para análise palinológica. Foram preparadas inicialmente 228 lâminas referentes a 57 espécies de monocotiledôneas (15 famílias e 43 gêneros), catalogadas e organizadas de acordo com Cronquist (1981, 1988), com as mais novas inclusões de lâminas conforme a APG II e APG III. Este material será depositado em armários Technolach, que podem armazenar um total de 6.534 lâminas, no Parque Zoobotânico de Carajás, o que reforça o interesse da Vale na exposição e divulgação dos trabalhos científicos desenvolvidos pelo Instituto Tecnológico Vale. Dentre as espécies de monocotiledôneas, grãos de pólen da família Poaceae pertencentes aos gêneros *Andropogon*, *Mesosetum*, *Mnesithea*, *Eragrostis*, *Paspalum* e *Rhytachne* foram morfológicamente e estatisticamente analisados na tentativa de agrupar espécies congêneras, além de espécies ocorrentes em ambientes secos e úmidos da canga da Serra dos Carajás. Esta família é de difícil caracterização morfológica, e sua ocorrência e predominância relativa no registro fóssil é geralmente associada a climas secos e “savanização”. Assim, a análise estatística indicou que os parâmetros tamanho do grão (largura e comprimento) e largura do anulus podem ser os mais adequados para diferenciação entre gêneros. Entretanto, dos gêneros ocorrentes em ambientes úmidos e secos, somente o gênero *Axonopus* pode ser individualizado. Então, a utilização da abundância de Poaceae em estudos paleoambientais para determinar aridez e

“savanização” deve ser realizada com cautela, uma vez que a dificuldade de identificar os grãos em nível de espécies e gênero devido à similaridade alta de características morfológicas pode causar erros na interpretação de dados inferidos a partir da abundância desta família. Contudo, é necessário a inclusão de mais gêneros de Poaceae neste estudo para reforçar ou não esta conclusão preliminar. Dessa maneira, um acervo palinológico possibilitará um maior detalhamento taxonômico das espécies vegetais e a análise comparativa dos tipos polínicos encontrados em amostras de sedimentos para uma identificação segura destas espécies para que problemas interpretativos em futuros estudos paleoambientais sejam minimizados.

Palavras-chave: Palinoteca, Palinologia, Serra dos Carajás

ABSTRACT

The implementation of a palynological collection will provide a greater taxonomic detailing of plant species and the comparative analysis of pollen types found in Quaternary sediment samples from the Serra dos Carajás, State of Pará. Furthermore, the data contained in the collection will subsidize paleoenvironmental and paleoclimate studies at Serra dos Carajás, as they will allow the accurate identification of plant species, physical space and abiotic factors that affect the ecosystem and determine the distribution of the populations of a particular community. This work aims to start the installation of a palynological collection and develop an applied study on its use in the system of Poaceae pollen grains, the lateritic crusts (canga) of the Serra dos Carajás and its applications in ecological and paleoecological studies. Therefore, existing exsiccatae in the herbarium of the Carajás Zoobotanical Park and the herbarium of Museu Paraense Emilio Goeldi were examined for preparation of flower buds for pollen analysis. Initially, 228 slides relative to 57 species of monocots were prepared, organized and catalogued according to Cronquist (1981, 1988) with the newest additions catalogued according to APG II and APG III. This material will be deposited in Technolach cabinets that can store up to 6.534 slides, at Carajás Zoobotanical Park, which reinforces the interest of Vale in the exhibition and propagation of scientific work developed by Vale Technological Institute. Among the species of monocots, pollen grains of the Poaceae Family belonging to the genus *Andropogon*, *Mesosetum*, *Mnesithea*, *Eragrostis*, *Paspalum* and *Rhytachne* were morphologically and statistically analyzed in an attempt to group congeneric species that occur in dry and wet environments in the canga of the Serra dos Carajás. This family is difficult to characterize morphologically, and its occurrence and relative predominance in the fossil record are generally associated to drier climate and savannization. As such, the statistical analysis indicates that the parameters: grain size (width and length) and annulus width may be the most adequate for inter genus differentiation. However, amongst the genus that occurs in dry and humid environments, only the *Axonopus* genus was possible to be individualized. So, the use of the abundance of Poaceae on paleoenvironmental studies to determine climate changes must be performed with caution, since the difficulty in identifying the grains at the level of species and genus due to high similarity of morphological characteristics, can cause errors in the

interpretation of data inferred from the abundance of this family. In light of this, it's necessary to include more genus of Poaceae in this study to validate or not this preliminary conclusion. That is why a palynological collection will be able to give a greater taxonomical detail of the vegetal species and comparative analysis of the pollen types found in sediment samples for a sure identification of these species and so that interpretative problems in future paleoenvironmental studies may be minimized.

Keywords: Palynological collection, Palinology, Serra dos Carajás

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de ornamentação que a exina pode apresentar em vários níveis de foco. Fonte: Traverse (2007).	17
Figura 2: a) Aspectos da exina em superfície e em corte ótico; b) terminologia das camadas da exina. Fonte: a) Modificado de Melhem e Salgado-Labouriau (1962) e b) Modificado de Punt et al. (2006).	18
Figura 3: Prédio do Parque Zootânico Vale, em Parauapebas, Pará	22
Figura 4: Sala de Coleções do Parque Zootânico Vale, em Parauapebas, Pará	23
Figura 5: Parte da Coleção de excicatas do Parque Zootânico Vale, em Parauapebas, Pará	24
Figura 6: Localização da área de estudo na serra Sul de Carajás. Modificado de ITV DS (2013) e Golder Associates (2010).	26
Figura 7: Vistas superior e lateral dos armários da Palinoteca do PZV	31
Figura 8: Perspectiva 3d dos armários da Palinoteca do PZV	31
Figura 9: Detalhe das gavetas onde serão guardadas as laminas na Palinoteca do PZV	32
Figura 10: Parâmetros mensurados de cada grão de Poaceae (Schüler e Behling, 2011): 1, comprimento do grão; 2, largura do grão; 3, diâmetro do poro; 4, largura do anulus.	36
Figura 11: MO: visão polar oblíqua de <i>Andropogon bicornis</i> .	37
Figura 12: MO: visão polar oblíqua de <i>Andropogon bicornis</i> .	38
Figura 13: MEV: visão polar oblíqua de <i>Andropogon bicornis</i> .	38
Figura 14: MEV: visão em detalhe do poro de <i>Andropogon bicornis</i> .	39
Figura 15: MEV: visão polar oblíqua de <i>Andropogon bicornis</i> .	40
Figura 16: MEV: visão em detalhe do poro de <i>Andropogon bicornis</i> .	41
Figura 17: MO: visão polar de <i>Axonopus capillaris</i>	42
Figura 18: MO: visão polar de <i>Axonopus capillaris</i>	42
Figura 19: MÓ: visão equatorial de <i>Axonopus leptostachyus</i> .	43
Figura 20: MÓ: visão polar oblíqua de <i>Axonopus leptostachyus</i> .	44
Figura 21: MEV: visão polar oblíqua de <i>Axonopus leptostachyus</i> .	44
Figura 22: MEV: visão em detalhe do poro de <i>Axonopus leptostachyus</i> .	45
Figura 23: MO: visão polar oblíqua de <i>Eragostris maypurensis</i> .	46
Figura 24: MO: visão polar oblíqua de <i>Eragostris maypurensis</i> .	47

Figura 25: MEV: visão equatorial de <i>Eragostris maypurensis</i>	47
Figura 26: MEV: visão em detalhe do poro de <i>Eragostris maypurensis</i>	48
Figura 27: MO: visão polar de <i>Mesotium cayennense</i>	49
Figura 28: MO: visão polar de <i>Mesotium cayennense</i>	50
Figura 29: MEV: visão equatorial de <i>Mesotium cayennense</i>	50
Figura 30: MEV: visão em detalhe do poro de <i>Mesotium cayennense</i>	51
Figura 31: MO: visão polar oblíqua de <i>Mnesithea aurita</i>	52
Figura 32: MO: visão polar oblíqua de <i>Mnesithea aurita</i>	53
Figura 33: MEV: visão polar de <i>Mnesithea aurita</i>	53
Figura 34: MEV: visão em detalhe do poro de <i>Mnesithea aurita</i>	54
Figura 35: MO: visão polar oblíqua de <i>Paspalum carajasense</i>	55
Figura 36: MO: visão polar oblíqua de <i>Paspalum carajasense</i>	55
Figura 37: MEV: visão polar oblíqua de <i>Paspalum carajasense</i>	56
Figura 38: MEV: visão em detalhe da ornamentação de <i>Paspalum carajasense</i>	57
Figura 39: MO: visão polar de <i>Paspalum carinatum</i>	58
Figura 40: MO: visão polar de <i>Paspalum carinatum</i>	58
Figura 41: MEV: visão polar oblíqua de <i>Paspalum carinatum</i>	59
Figura 42: MEV: visão em detalhe do poro de <i>Paspalum carinatum</i>	60
Figura 43: MO: visão equatorial de <i>Paspalum virgatum</i>	61
Figura 44: MO: visão equatorial de <i>Paspalum virgatum</i>	61
Figura 45: MO: visão polar oblíqua de <i>Rhytachne gonzalezii</i>	62
Figura 46: MO: visão polar oblíqua de <i>Rhytachne gonzalezii</i>	63
Figura 47: MEV: visão polar oblíqua de <i>Rhytachne gonzalezii</i>	63
Figura 48: MEV: visão em detalhe do poro de <i>Rhytachne gonzalezii</i>	64
Figura 49: Análise estatística dos tamanhos dos grãos de Poaceae	65
Figura 50: Análise estatística das características morfológicas dos grãos de Poaceae. Em azul as espécies de ambientes úmidos.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fauna do Parque Zoobotânico Vale20

Tabela 2. Espécies de monocotiledôneas cujos grãos de pólen serão depositados na
palinoteca do Parque Zoobotânico Vale.....27

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ITV - Instituto Tecnológico Vale

DS - Desenvolvimento Sustentável

PZV - Parque Zoobotânico Vale

MPEG – Museu Paraense Emílio Goeldi

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

MO - Microscópio Ótico

MEV – Microscópio de Varredura Eletrônica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA	15
2.1 Serra dos Carajás.....	19
2.2 Importância para futuros estudos	20
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Parque zoobotânico	20
3.2 Metodologia	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Palinoteca de referência.....	26
4.2 Análise dos armários para deposição	27
4.3 Estudo aplicado utilizando o acervo palinológico	32
4.3.1 Sistemática palinológica	33
4.3.2 Aplicação em estudos paleoambientais.....	66
5 CONCLUSÃO	68
REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A região Amazônica está situada na faixa equatorial, e apresenta clima quente e úmido, com índices pluviométricos muito altos durante o ano (valores médios de precipitação anual entre 2.000 a 2.200 mm) associada a uma forte atividade convectiva, com períodos longos e intensos de chuvas durante o ano (FISCH; VENDRAME; HANAOKA, 2007), assim como elevada incidência solar (SALATI e MARQUES, 1984), e forte influencia nos ciclos biogeoquímicos e hidrológicos, interagindo com o clima do planeta.

Os tipos de solos predominantes são Latossolos e Argissolos, mas a ciclagem constante de nutrientes consegue manter a estrutura florestal desta região, já que 86% da composição dos solos são de baixa fertilidade (LIMA, 2001). A fertilidade do solo é derivada de um terço ou mais da biomassa nas florestas Amazônicas (LAURANCE et al, 1999).

A Amazônia é um bioma autossustentado, suprido por um grande sistema fluvial e condições climáticas particulares (MÖRNER; ROSSETI; TOLEDO, 2001). O clima, a qualidade e a quantidade de incidência solar, a quantidade de água existente no meio e as propriedades do solo influenciam a diversidade na floresta. A Fotossíntese é influenciada pela intensidade de luz e disponibilidade de água para a planta, o suprimento de água modifica a taxa de transporte de elétrons e a eficiência do transporte da luz durante a fotossíntese (DUNISCH, MORAIS, 2002; GONÇALVES et al, 2005; WANG; BAUERLE; MUDDER, 2006). A diversidade é mantida mesmo após perturbações no ambiente devido aos mecanismos de sucessão ecológica, onde um ecossistema eventualmente volta ao seu conjunto característico de espécies (EMERY, 2012). Outro fator para diversidade na Amazônia pode estar associado à evolução conjunta de plantas (angiospermas) e animais polinizadores (LANDRY, 2012).

Florestas ombrófilas densas e abertas, além de campos rupestres/naturais são as tipologias vegetais predominantes na Amazônia (IBGE, 2004). Considerando a ocorrência e interação desta vegetação, a Serra dos Carajás, sudeste do Estado do Pará, apresenta mutuamente florestas ombrófilas, florestas estacionais decíduais

e campos rupestres (GOLDER ASSOCIATES, 2010). As florestas ombrófilas são caracterizadas por vegetação fanerófita, lianas lenhosas e epífitas. Esse tipo de floresta ocorre em áreas com altas temperaturas, elevada incidência de chuvas, onde latossolos de baixa fertilidade natural dominam o ambiente, enquanto que as florestas estacionais decíduais apresentam duas estações climáticas bem definidas, uma estação chuvosa seguida por um período biologicamente seco com vegetação fanerófita predominantemente caducifólia fica despida de folhagem. Os campos rupestres são desenvolvidos sob condições edáficas, onde o tipo de substrato define o tipo de vegetação (IBGE, 1992). Neste caso, as crostas ferruginosas e os tipos de rochas subjacentes no topo da Serra dos Carajás não permitem o desenvolvimento de espessos horizontes de solo e formação de reservatórios de água que influencia fortemente na disponibilidade hídrica para os vegetais. (GOLDER ASSOCIATES, 2010).

Dada à importância do ambiente amazônico, em especial a serra de Carajás, uma coleção botânica seria de grande importância para demonstrar a diversidade e riqueza da flora amazônica. As coleções botânicas são indispensáveis para estudos de sistemática de plantas e são ferramentas de apoio à pesquisa para diversas áreas do conhecimento. As coleções são reconhecidas hoje por toda a sociedade como prioritárias para se realizar estudos de biodiversidade, manejo sustentável dos recursos naturais, programas de recuperação ambiental, ecoturismo e etc. (BARBOSA; PEIXOTO, 2003).

A identificação precisa das espécies vegetais que se desenvolvem nestes ambientes deve auxiliar no entendimento da relação planta-solo, espaço físico e fatores abióticos que condicionam o ecossistema e determinam a distribuição das populações de determinada comunidade. Neste sentido, a implantação de um acervo palinológico com espécies pode auxiliar na definição taxonômica e análise comparativa dos tipos polínicos encontrados em amostras de sedimentos do Quaternário. Assim, as reconstruções paleobotânicas e paleoclimáticas para região podem também ser aprimoradas.

Estes dados subsidiarão estudos ecológicos, paleoambientais e paleoclimáticos na serra sul dos Carajás que estão em desenvolvimento pelo Grupo

de Pesquisa em geologia Ambiental e Recursos Hídricos do Instituto Tecnológico Vale (ITV), bem como a ampliação das coleções didático-científicas do Parque Zoobotânico de Carajás. Além disso, a integração desta palinoteca ao Parque Zoobotânico Vale dará maior visibilidade a biodiversidade vegetal da Floresta Nacional de Carajás, considerando primeiramente a vegetação de canga do corpo S11. Aliada ao herbário, a palinoteca será uma das pioneiras do Brasil em termos de coleção detalhada de espécimes vegetais que constituem referências científicas e possuem grande interesse para a conservação da biodiversidade da Amazônia Oriental.

1.1 Objetivos

Criar uma palinoteca de pólen e esporos provenientes das unidades fitofisionômicas da serra sul de Carajás, sudeste do Pará.

Os objetivos específicos são:

1. Análise das exsicatas do herbário do Museu Paraense Emilio Goeldi e Herbário do Parque Zoobotânico de Carajás.
2. Confeção de lâminas permanentes a partir de grãos de pólen extraídos de exsicatas depositadas.
3. Descrição microscópica e sistemática de pólen e esporos.
4. Criação de um acervo físico das espécies vegetais que ficará disponível no Parque Zoobotânico de Carajás.
5. Comparação para uma melhor distinção/separação/agrupamento de grãos de pólen das poáceas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Esporos e grãos de pólen são as unidades dispersoras e reprodutoras das plantas, permitindo que colonizem novos territórios e garantam a variabilidade genética. O pólen é o conjunto de minúsculos grãos produzidos pela antera das flores das Angiospermas ou pelos micrósporos das Gimnospermas. Estes são os gametófitos masculinos que irão fecundar a oosfera. Enquanto que esporos são unidades de dispersão que se formam por meiose nos esporângios das briófitas, samambaias e fungos (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 1996; APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006). A palinologia é designada à análise dos materiais biológicos de dimensões compreendidas entre 5 e 500 μm (palinormorfos), compostos de quitina e esporopolenina. Entretanto, os grãos de pólen e esporos são dominantes nos espectros palinomórficos (HESSE et al, 2009). Estes grãos são produzidos em abundância e têm dispersão ampla e eficiente que auxiliam nos estudos palinológicos como o desenvolvimento e modificações dos ecossistemas naturais, dinâmica e migrações das comunidades vegetais ao longo do tempo geológico, paleoclima, bioestratigrafia.

As características morfológicas dos grãos de pólen e esporos são observadas na exina, que é um envoltório externo com grande resistência química, ornamentação, aberturas e outras características morfológicas fundamentais para a identificação da planta produtora (HESLOP-HARRISON, 1971). As principais características morfológicas do pólen são (SALGADO-LABOURIAU, 2007):

(1) Associação. Após a divisão meiótica geradora do pólen, cada célula-mãe se subdivide em quatro células haplóides. Estas células são geralmente separadas e cada grão fica isolado dos outros (mônade). Contudo, os grãos de alguns gêneros ficam unidos firmemente em grupos de dois grãos (díade), de três grãos (tríade), de quatro grãos (tétrade) e de mais de quatro grãos (políade). Já os esporos estão sempre em grãos isolados e têm geralmente marcas (trilete ou monolete) na área da superfície onde houve a união dos grãos (polo proximal) durante a fase de tétrade.

(2) Polaridade. A posição dos grãos na tétrade inicial determina a polaridade do grão. O polo proximal fica na parte de contato entre as células, e o polo distal na parte mais afastada do centro da tétrade. Essa nomenclatura permanece nos grãos

depois que se separam. O eixo que vai do centro de um polo ao outro é o polar (diâmetro polar–P), enquanto que o eixo perpendicular ao eixo polar é o equatorial (diâmetro equatorial–E). A visão é polar quando o polo está voltado para o observador, e a visão equatorial está a 90° desta posição.

(3) Forma. Os grãos de pólen apresentam a forma de um elipsóide de revolução com a adoção da nomenclatura matemática de oblato, esférico e prolato (ERDTMAN, 1952). Os esporos, devido à cicatriz (lasura, marca de contato entre os grãos quando estavam em tétrade) no polo proximal são denominados triletes, monoletes ou aletes (ERDTMAN, 1952).

(4) Abertura. As aberturas podem estar localizadas em um setor da exina (zonoaperturado) ou em toda a superfície do grão (pantoaperturado). A posição das aberturas do grão infere a localização dos polos e dos diâmetros P e E. Poros, colpos e cólporos são os tipos de aberturas dos grãos. As aberturas são locais importantes para a saída do tubo polínico na germinação para fecundação e são caminho para transferência de água e outras substâncias entre a célula e o exterior (PUNT et al, 1994). Os esporos não têm aberturas.

(5) Colpo e poro. É uma invaginação germinal, arredondada ou elíptica, (ERDTMAN, 1947) ou uma área delgada da exina (FAEGRI; IVERSEN, 1950). A abertura composta, denominada cólporo, é constituída de um ou mais poros (PUNT et al, 1994).

(6) Ornamentação. A superfície do pólen pode ser estriada, reticulada, psilada, rugolada, foveolada, lisa ou ter saliências como espinhos, verrugas e pilos (Figura 1). A ornamentação negativa é aquela onde as estruturas encontram-se na parte interior da exina, oposto às estruturas positivas, que estão localizadas sobre a superfície da parede celular.

As categorias positivas de ornamentação são: escabrada, quando o padrão de ornamentação é composto de grânulos de qualquer formato, mas com diâmetros menores que 1 µm; gemada, ornamentação com estruturas arredondadas (gemas); clavada, ornamentação com elementos esculturais alongados com diâmetro da parte superior maior que o da base, denominados clavas; verrucada, quando a ornamentação é composta de elementos não pontiagudos, semelhantes a verrugas,

geralmente com diâmetros maiores que 1 μm ; espinhosa, ornamentação composta de espinhos maiores que 1 μm ; rugolada, ornamentação constituída de elementos alongados, produzindo um padrão escultural intermediário entre a condição estriada e a reticulada (IVERSEN; TROELS-SMITH, 1950); estriada, ornamentação onde existem sulcos separando elementos esculturais salientes; e reticulada, ornamentação em forma de malha, constituída de cavidades (lúmens) cercadas de elementos mais estreitos que os lúmens (PUNT et al, 1994; KREMP, 1965). As categorias negativas de ornamentação são: perforada, na qual o teto, microperforado, possui pequenas cavidades menores que 1 μm de diâmetro; foveolada, ornamentação caracterizada por cavidades ou depressões maiores que 1 μm ; fossulada, caracterizada pela presença de sulcos alongados e irregulares.

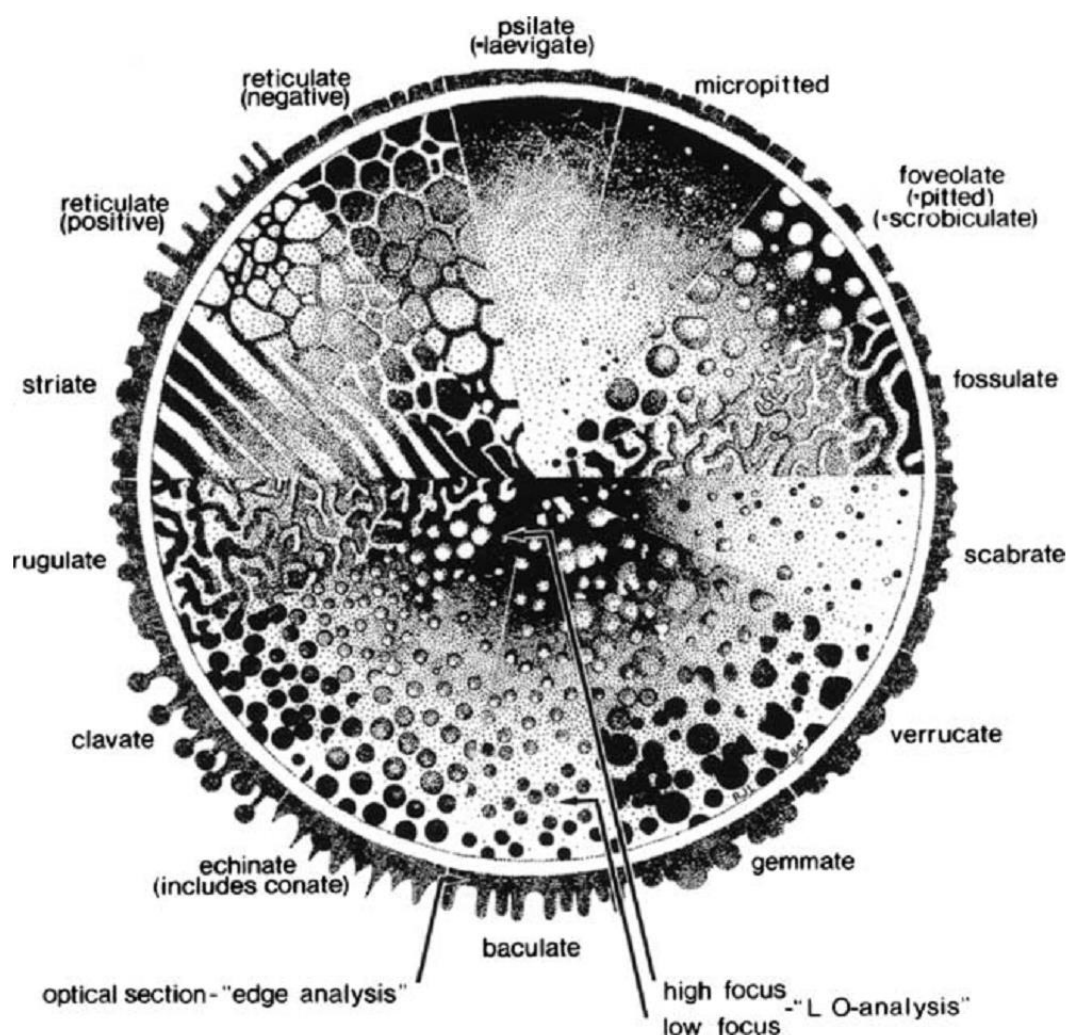


Figura 1 - Tipos de ornamentação que a exina pode apresentar em vários níveis de foco. Fonte: Traverse (2007).

(7) Estrutura interna. Erdtman (1952) denominou a camada externa e interna como sexina e nexina, respectivamente (Figura 2a). Faegri (1956) demonstrou duas camadas que se coram diferencialmente com a fucsina básica: a ectexina, parte externa que se cora positivamente com a fucsina básica e a endexina. As duas terminologias não são equivalentes (Figura 2b).

A ectexina tem uma densidade eletrônica mais alta quando observada em preparações convencionais de cortes para observação em microscópio eletrônico de transmissão (MET), e inclui a sexina e a parte Superior da nexina de Erdtman (1952). A endexina (FAEGRI, 1956) é a parte mais interna da exina, tem densidade eletrônica baixa nos cortes observados em MET e corresponde à nexina 2 de Erdtman (1960). As columelas são pequenos cilindros ou bastões da sexina/ectexina que sustentam um teto (tectum).

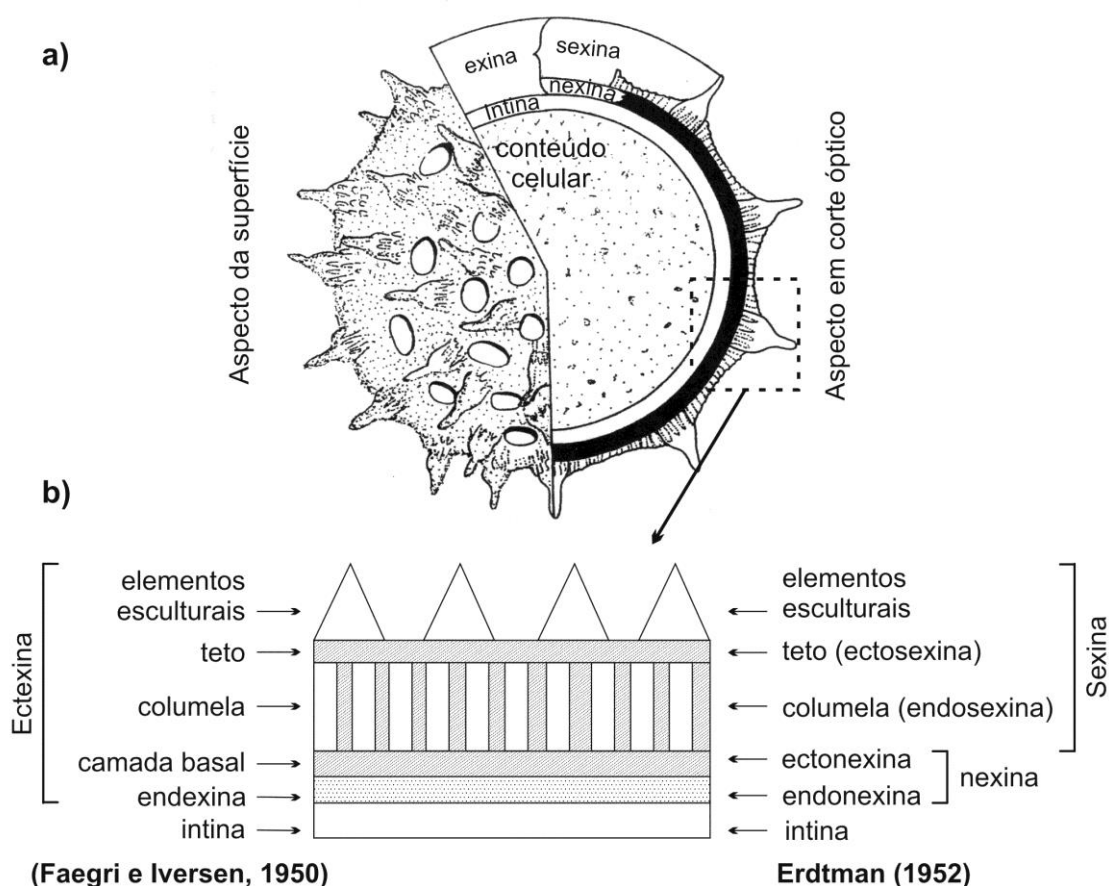


Figura 2 - a) Aspectos da exina em superfície e em corte óptico; b) terminologia das camadas da exina. Fonte: a) Modificado de Melhem e Salgado-Labouriau (1962) e b) Modificado de Punt et al. (2007).

(8) Tamanho. A distinção por tamanho é geralmente a única forma para distinguir duas ou mais espécies com o mesmo tipo polínico. Mas este tipo de distinção tem que ser usado com cautela em grãos antigos ou fósseis, pois foram preservados em condições diferentes. Em sedimentos antigos, os grãos de pólen e esporos dobram ou se achatam como um disco ou podem abrir em duas ou mais partes.

2.1 Serra dos Carajás

A região em estudo insere-se no Domínio da Floresta Amazônica, destacando-se as fisionomias de Florestas Ombrófila Densa e Ombrófila Aberta (IBGE, 1992). Essas florestas distribuem-se por regiões com elevado índice pluviométrico e apresentam árvores que podem ultrapassar os 50m de altura na primeira tipologia e com abundância de palmeiras ou cipós na segunda. Apesar do predomínio regional das formações florestais na vegetação original, em uma escala menor destaca-se a ocorrência da vegetação sobre canga hematítica, a qual possui predomínio herbáceoarbustivo sob fisionomias diversas, nas quais a sazonalidade marcante relacionada à caducifolia e um aspecto de destaque (GOLDER ASSOCIATES, 2010).

Por tratar-se de ambiente equatorial amazônico, a presença da vegetação sobre canga é uma peculiaridade da região de Carajás, ocorrendo em áreas isoladas nas partes mais altas de algumas serras regionais, com destaque para as Serras Norte e Sul inseridas no interior da Floresta Nacional de Carajás. Genericamente, tem sido usado o termo "Vegetação de Canga" para designar essa tipologia vegetal. Formações vegetais relacionadas a este tipo de substrato são também encontradas na parte central do Estado de Minas Gerais e na região de Corumbá em Mato Grosso do Sul. Em Carajás esta vegetação possui porte predominante arbustivo a sub-arbóreo, com aspecto entre as formas savânicas e estépicas, se assemelhando a fisionomias existentes nas caatingas nordestinas. A densidade de plantas varia desde ambientes com solo completamente coberto pela vegetação até locais com o predomínio de rochas expostas. Em diversas comunidades da vegetação ferruginosa é comum a ocorrência de agrupamentos de

indivíduos de uma mesma espécie, formando estruturas bem homogêneas (GOLDER ASSOCIATES, 2010).

2.2 Importância para futuros estudos

A Palinoteca do Parque Zoobotânico de Carajás será de grande importância para subsidiar pesquisas e projetos científicos na área da palinologia, também sendo depositária de espécimes polínicos e esporos provenientes de pesquisas realizadas no âmbito nacional e internacional. A Palinoteca do Parque Zoobotânico terá como objetivos gerar, organizar, perpetuar e difundir o conhecimento palinológico. O material depositado na Palinoteca servirá de base para diversos estudos que envolvem a palinologia em estudos sobre fisionomia vegetal em geral, bem como mudanças e evolução das tipologias vegetais ao longo do tempo.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Parque zoobotânico

Criado em março de 1985, o Parque Zoobotânico Vale (PZV) abrange uma área de 0,3 km² (ou 30 ha) destinados à interação homem-natureza e à conservação da flora e fauna da região amazônica. Se destaca entre outros parques por estar inserido diretamente em uma ampla área de floresta nativa, representado por poucas instalações civis. Está localizado no Núcleo Urbano de Carajás, na Floresta Nacional (FLONA) de Carajás, município de Parauapebas, sudeste do estado do Pará. Sua fauna compõe aproximadamente 274 animais de 56 espécies (10 répteis, 26 aves e 20 mamíferos; Tabela 1).

Tabela 1 - Fauna do Parque Zoobotânico Vale

CLASSE	Ordens	Famílias	Espécies	Indivíduos
AVES	9	10	26	87
MAMMALIA	4	9	20	106
REPTILIA	2	6	10	81
Total Geral	15	25	56	274

Dentre suas contribuições mais importantes, está a preservação de espécies ameaçadas de extinção, tais como, ararajuba, macaco-aranha-da-testa-branca, macaco cuxiú, queixada, harpia e onça-pintada. Também se torna um grande atrativo turístico, educacional e de lazer para a região.

As coleções botânicas, estão depositadas no prédio de coleções do PZV (Figura 4, 5 e 6), e são compostas por um total de 4.500 exsicatas de 785 espécies representativas da flora da região de Carajás, cujo material testemunho está depositado em um acervo disponível para consulta por pesquisadores interessados em conhecer e estudar a flora da região. Além deste material, há também coleções de frutos (carpoteca), sementes (sementeca) e madeira (xiloteca). Neste sentido, cerca de 258 espécies estão representadas por frutos, 61 sementes e 18 amostras de madeira, respectivamente. Estas amostras/coleções também contribuem para os processos de licenciamento ambiental da Vale em Carajás. Uma coleção de referência completa, identificada e atualizada são essenciais para embasar estudos de flora ou planejamentos de conservação da região, aliados aos processos de exploração mineral. Para tornar esta coleção mais completa, torna-se de extrema importância a implantação de um acervo palinológico no PZV para auxiliar na complementação dos estudos botânicos, educacionais e na busca de entender a dinâmica do ecossistema canga.



Figura 3 - Prédio do Parque Zoobotânico Vale, em Parauapebas, Pará.



Figura 4 - Sala de Coleções do Parque Zoobotânico Vale, em Parauapebas, Pará.



Figura 5 - Parte da Coleção de exsicatas do Parque Zoobotânico Vale, em Parauapebas, Pará.

3.2 Metodologia

3.2.1. Tratamento das exsicatas e preparo das lâminas

Exsicatas provenientes de diversos levantamentos florísticos, fitosionômicos e fitossociológicos realizados no corpo S11 (Figura 3), sob coordenação ou

participação da Vale, depositadas no herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e Parque Zoobotânico Vale (PZV) foram examinadas para separação dos botões florais e para análise palinológica. As lâminas foram confeccionadas no laboratório de palinologia do Museu Goeldi, sob a coordenação da Dra. Léa Carreira. Os botões florais adultos coletados foram submergidos em ácido acético glacial por 15 minutos para eliminação de água, em seguida ocorreu a centrifugação (2.400 rpm/5 min). Fez-se a decantação e procedeu-se para a Acetólise, onde foi utilizada uma solução de nove partes de anidrido acético por volume para uma parte de ácido sulfúrico concentrado, em banho-maria por aproximadamente 10 min na temperatura de 80 °C. Em seguida esse material foi centrifugado (2.400 rpm/5 min) e o sobrenadante descartado. Para a confecção de lâminas, um pedaço minúsculo de gelatina glicerizada foi preso a um estilete e tocado delicadamente no resíduo resultante da centrifugação. A gelatina contendo o resíduo foi colocada em uma lâmina, onde esta foi ligeiramente aquecida. Posteriormente, movimentos circulares foram realizados com a ponta do estilete, formando um círculo e colocou-se a lamínula sobre a lamina. Na etapa de lutagem, pequenos fragmentos de parafina foram colocados sobre a lamínula e aquecidos para a selagem hermética da lâmina.

3.2.2 Microscopia ótica

Um microscópio óptico modelo Zeiss Axio Imager II integrado a um desktop foi utilizado para obtenção das microfotografias e análise morfométrica dos grãos. Nas descrições polínicas, foram usadas a sequência padronizada de Erdtman (1969), Faegri e Iversen (1989) e a nomenclatura baseada em Punt et al (2007). As medidas dos eixos polar e equatorial foram feitas em 10 grãos de pólen, utilizando magnificação de 100x (em imersão). Com estes parâmetros, foram calculados a média, variância, desvio padrão das medidas. Estes dados foram estatisticamente avaliados através da análise de agrupamento baseado na ligação completa das distâncias euclidianas. As medidas da exina e dos diâmetros da lumina foram feitas em dez grãos de pólen, usando magnificações de 100x e, com essas, calculadas somente a média aritmética.

3.2.3 Microscopia eletrônica

Para as observações em microscópio eletrônico de varredura (MEV), os grãos de pólen acetolisados foram deixados por 24 h em acetona a 50% e posteriormente desidratados em acetona a 100% durante 30 min. Uma gota dessa suspensão de acetona com o pólen foi depositada sobre o suporte do MEV e deixada secar por algumas horas a 37 °C, antes de ser metalizada com ouro. As microfotografias em MEV foram obtidas em um microscópio eletrônico de varredura ZEISS, modelo DSM – 940 do MPEG e SIGMA VP DA UFPA-ITV. Nas descrições e nas legendas das figuras, foram usadas as seguintes abreviaturas. Os dados de sistemática assim como as microfotografias deverão compor um catálogo de pólen e esporos das espécies vegetais da Serra Sul de Carajás e posteriormente transferidas para o *Neotropical Pollen Database* (Bush & Weng, 2006).

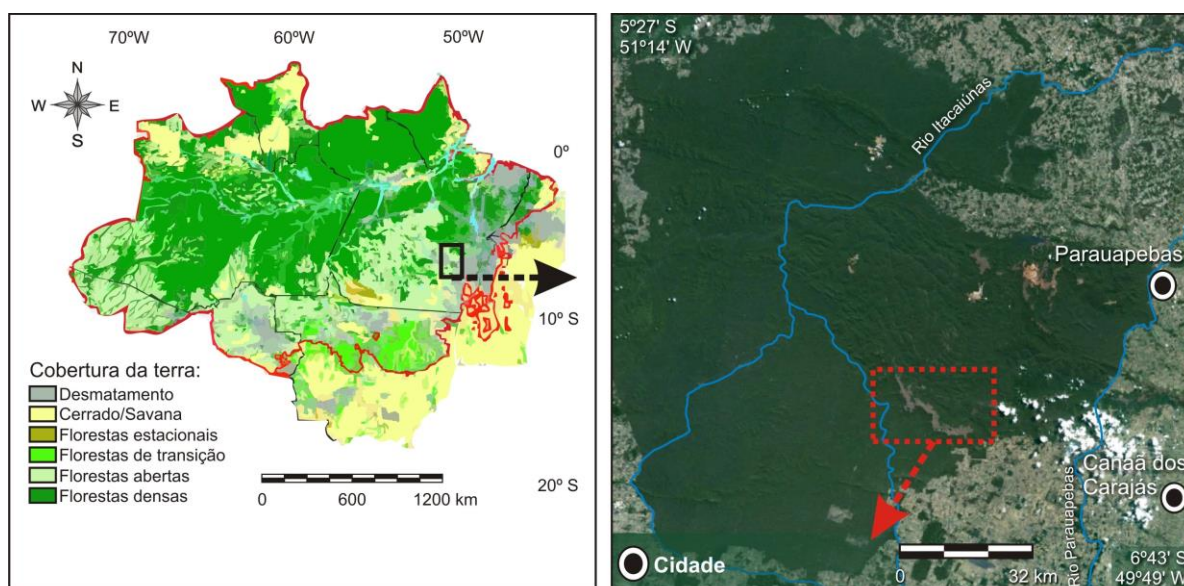


Figura 6 - Localização da área de estudo na serra Sul de Carajás. Modificado de ITV DS (2013) e Golder Associates (2010)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Palinoteca de referência

A Palinoteca de referência, que será instalada no Parque Zoobotânico Vale contará com grãos de pólen e esporos da atualidade provenientes da Serra dos

Carajás. A coleção terá diversas famílias botânicas, sendo algumas famílias típicas da canga. Com 228 lâminas referentes a 57 espécies de monocotiledôneas (15 famílias e 43 gêneros), catalogadas e organizadas de acordo com Cronquist (1981, 1988), e com as mais novas inclusões de lâminas conforme a APG II e APG III (Tabela 2). Neste acervo, que esta sendo expandido e tendo seus materiais depositados revisados, estarão depositadas somente as lâminas de microscopia permanentes com o pólen e esporos procedentes de coletas cujas plantas foram determinadas por especialistas nas diversas famílias botânicas. O pólen e o esporo são depositados na coleção de referência após serem medidos, descritos morfológicamente e fotografados. O foco inicial do trabalho foi nas monocotiledôneas da canga de Carajás, pois são de difícil caracterização morfológica e essencial para indicação climática pretérita.

Tabela 2 - Espécies de monocotiledôneas cujos grãos de pólen serão depositados na palinoteca do Parque Zoobotânico de Carajás

FAMÍLIAS	ESPÉCIES	Registro de Herbário
ACANTHACEAE	<i>Rhacodiscus calycinus</i> (Nees) Bremek.	ITV 728
ANNONACEAE	<i>Onychopetalum amazonicum</i> R. E. Fr.	ITV 1436
APOCYNACEAE	<i>Matelea</i> sp.	ITV 506
	<i>Telminostelma foetidum</i> (Cav.) Fontella & E. A.	ITV 533
ARACEAE	<i>Anthurium bonplandii</i> Bunting	
	<i>Anthurium lindmanianum</i> Engl.	MG 115589
	<i>Anthurium solitarium</i> Schott	MG 133848
ARECACEAE	<i>Oenocarpus distichus</i> Mart.	MG 126155
	<i>Maximiliana maripa</i> (Aubl.) Drude	ITV 383
	<i>Acrocomia sclerocarpa</i> Mart.	ITV 646
	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	ITV 1433
	<i>Orbignya phalerata</i> Mart.	ITV 273

BROMELIACEAE	<i>Aechmea castelnavii</i> Baker	
	<i>Ananas ananassoides</i> (Baker) L.B.Sm.	
	<i>Dyckia duckei</i> L.B.Sm.	MG 54568
	<i>Pitcairnia lanuginosa</i> Ruiz & Pav.	MG 79730
BURMANNIACEAE	<i>Burmannia flava</i> Mart.	MG 54664
	<i>Burmannia flava</i> Mart.	MG 99316
CYPERACEAE	<i>Bulbostylis caespitosa</i> Peter	MG 181370
	<i>Cyperus compressus</i> L.	MG 85770
	<i>Cyperus compressus</i> L.	MG 117053
	<i>Cyperus haspan</i> L.	MG 131897
	<i>Eleocharis atropurpurea</i> (Retz.) J.Presl & C.Presl	
	<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem. & Schult.	MG 71902
	<i>Eleocharis mutata</i> (L.) Roem. & Schult.	MG 186329
	<i>Rhynchospora barbata</i> (Vahl) Kunth	MG 95478
	<i>Rhynchospora holoschoenoides</i> (Rich.) Herter	MG 89965
	<i>Rhynchospora globosa</i> (Kunth) Roem. & Schult.	
	<i>Rhynchospora tenerrima</i> Nees ex Spreng.	
	<i>Rhynchospora tenuis</i> Link	
	<i>Rhynchospora graminea</i> Uittien (*)	
	<i>Scleria latifolia</i> Sw.	MG 105878
DIOSCOREACEAE	<i>Dioscorea huberi</i> R.Knuth	
ERIOCAULACEAE	<i>Eriocaulon aquatile</i> Körn.	MG 116276
	<i>Paepalanthus fasciculatus</i> var. <i>icanensis</i> Herzog	MG 11896
	<i>Paepalanthus pullus</i> Körn.	MG 85842

	<i>Paepalanthus subtilis</i> Miq.	MG 147016
	<i>Syngonanthus caulescens</i> (Poir.) Ruhland	MG 85782
	<i>Syngonanthus caulescens</i> var. <i>angustifolius</i> Moldenke	MG 37944
	<i>Syngonanthus gracilis</i> (Bong.) Ruhland	MG 117013
	<i>Syngonanthus gracilis</i> (Bong.) Ruhland	MG 117013
MARANTACEAE	<i>Maranta ruiziana</i> Körn.	MG 197444
ORCHIDACEAE	<i>Catasetum discolor</i> (Lindl.) Lindl. (S/PMG)	
	<i>Epidendrum nocturnum</i> Jacq.	
	<i>Epidendrum purpurascens</i> Focke (S/PMG)	
	<i>Habenaria mystacina</i> Lindl.	
	<i>Oncidium baueri</i> Lindl.	
	<i>Sobralia liliastrum</i> Salzm. ex Lindl.	
POACEAE	<i>Andropogon bicornis</i> L.	MG 99359/99359
	<i>Axonopus capillaris</i> (Lam.) Chase	MG 116782/99429
	<i>Axonopus leptostachyus</i> (Flüggé) Hitchc.	MG 99379/131902
	<i>Eragrostis maypurensis</i> (Kunth) Steud.	MG 147039/85831
	<i>Ichnanthus acuminatus</i> Swallen (S/PMG)	
	<i>Ichnanthus breviscrebs</i> Döll	MG 59087
	<i>Ichnanthus calvescens</i> var. <i>scabrior</i> Döll	MG 85761
	<i>Ichnanthus pallens</i> (Sw.) Munro ex Benth.	MG 116803
	<i>Ichnanthus tenuis</i> (J. Presl & C. Presl)	

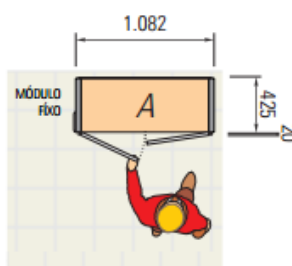
	Hitchc. & Chase	
	<i>Mnesithea aurita</i> (Steud.) de Koning & Sosef	MG 67183
	<i>Mesosetum cayennense</i> Steud.	MG 105630
	<i>Trichanthecium parvifolium</i> (Lam.) Zuloaga & Morrone	MG 198069
	<i>Trichanthecium pyrularium</i> (Hitchc. & Chase) Zuloaga & Morrone	MG 207780
	<i>Paspalum aspidiotes</i> Trin.	MG 116783
	<i>Paspalum carinatum</i> Humb. & Bonpl. ex Flügge	MG 131792/131792
	<i>Paspalum lanciflorum</i> Nees ex Steud.	MG 99380
	<i>Paspalum multicaule</i> Poir.	MG 145151
	<i>Paspalum virgatum</i> L.	MG 67531
	<i>Rhytachne gonzalezii</i> Davidse	MG 135244/133901
	<i>Sporobolus ciliatus</i> J.Presl	MG 105667
	<i>Streptostachys asperifolia</i> Desv.	MG 89768
	<i>Trachypogon macroglossus</i> Trin.	MG 99282
	<i>Trachypogon plumosus</i> (Kunth) Nees	
	<i>Paspalum carajasense</i> S.Denham	MG 208828
VELLOZIACEAE	<i>Vellozia glochidea</i> Pohl	
XYRIDACEAE	<i>Xyris laxifolia</i> Mart.	MG 155474
	<i>Xyris paraensis</i> var. <i>longiceps</i> (Malme) L.B.Sm. & Downs	MG 812
	<i>Xyris stenostachya</i> Steyererm.	MG 105658

4.2 Análise dos armários para deposição

Foram escolhidos armários da empresa Tecnolach para o armazenamento das lâminas.

PROJETO - VISTA SUPERIOR

escala 1:50



VISTA LATERAL

escala 1:50

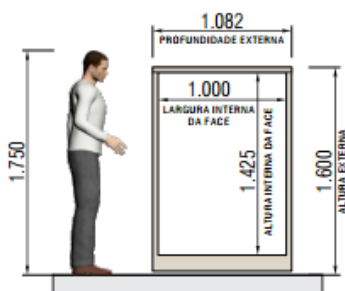


Figura 7 - Vistas superior e lateral dos armários da Palinoteca do PZV.

PERSPECTIVA 3D

sem escala

IMAGEM ILUSTRATIVA

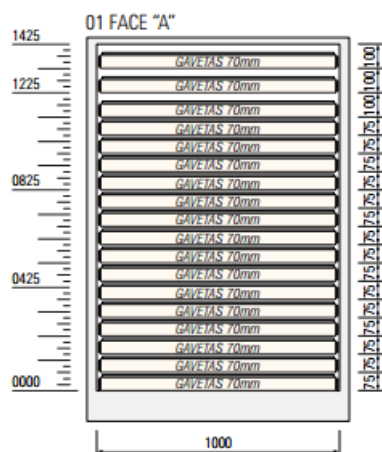


Modelo: File AF 1011
Estrutura e componentes: Bege

Figura 8 - Perspectiva 3d dos armários da Palinoteca do PZV.

FACES

escala 1:25



Componentes por face:

18 gavetas com altura de 70mm
198 suportes para lâminas na horizontal
(11 suportes por gavetas)

Capacidade por face:

17,10 metros lineares de gavetas 70(H) com suportes para lâminas, cada gaveta contém 11 suporte com 33 lâminas =
363 lâminas por gaveta = 6.534 lâminas

Detalhe da gaveta 70 mm(H) c/ os suportes para lâminas

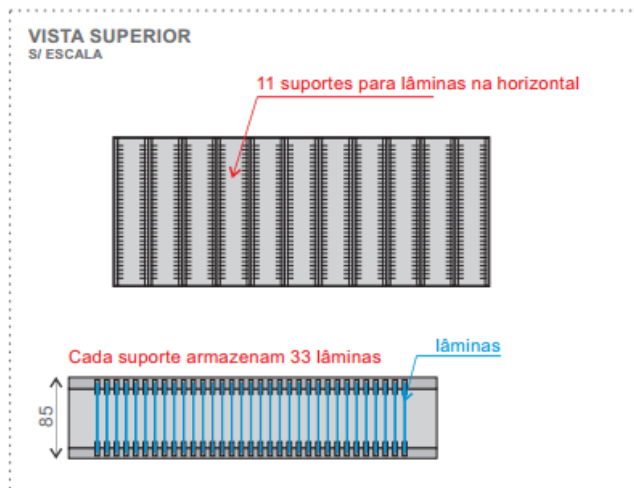


Figura 9 - Detalhe das gavetas do armário onde serão guardadas as laminas na Palinoteca do PZV.

4.3 Estudo aplicado utilizando o acervo palinológico

Este tópico é foco de um artigo científico em preparação, com coautoria de membros do ITV, MPEG e GABAN (Gerência Meio Ambiente Ferrosos Norte-VALE SA) intitulado "Pollen morphology of the Poaceae family from the canga vegetation of Carajás region: implications on the paleoecological and paleoclimate records of the southeastern Amazonia".

4.3.1 Sistemática palinológica

Ao longo de décadas a abundância de grão de pólen de Poaceae ao longo perfis sedimentares tem sido utilizados como indicativos de climas secos, que resultaram na expansão de savanas em áreas predominantemente colonizadas por florestas tropicais (HOOGHIMESTRA; VAN DER HAMMEN, 1998). Entretanto, a utilização da abundância de Poaceae em estudos paleoambientais para determinar mudanças climáticas em áreas de floresta pode induzir ao erro se a concentração de Poaceae for moderada no registro fóssil (BUSH, 2002). Apesar da abundância de pólen de Poaceae ser normalmente indicador de áreas secas e abertas, este autor indica que a variação na representação de Poaceae pode ser devido a outros fatores. O pólen de Poaceae está presente na maioria das amostras de pólen recentes de regiões tropicais, mas sua variação varia drasticamente de acordo com os tipos de vegetação local. Os principais fatores que determinam a abundância de Poaceae são precipitação anual, sazonalidade, os efeitos da ocupação humana, frequência e severidade de queimadas, condições edáficas e hidrologia. A abundância de Poaceae em chuvas polínicas atuais também é influenciada por estratégias de polinização de tipos específicos de gramíneas e outros membros de suas comunidades (BUSH, 2002).

Poaceae fazem polinização pelo vento (anemofilia) produzindo grandes quantidades de pólen, diferentemente das espécies polinizadas por insetos (entomofilia). Apenas 2-3% das espécies de florestas temperadas são anemófilas, em contraste com cerca de 70% de espécies vegetais que são entomófilas (BAWA et al., 1985). Taxa anemófilos teriam representação abundante em florestas tropicais já que sua produção de pólen seria muito maior que de taxa entomófilos (FAEGRI, 1966). A biomassa de Poaceae representa menos de 1% da biomassa total em área de florestas e ainda assim contribuem para 1-3% do pólen concentrado na floresta, tendo assim, representação abundante na chuva polínica (BUSH; RIVERA, 1998). Entretanto, não se pode assumir que a representação de Poaceae será sempre abundante. Quando coexistem com outras espécies anemófilas, a representação de Poaceae pode cair drasticamente quando estas espécies diluem a

representatividade de Poaceae na chuva polínica (SALOMANS, 1986; HOOGHIMSTRA et al., 1993).

Até recentemente, análises de mudanças na representatividade de Poaceae durante intervalos de glaciação eram interpretados como mudanças no regime de precipitação, resultando em um *turnover* de espécies e a formação de novas comunidades vegetais (BUSH, COLINVAUX, 1990; BUSH et al., 1990; HOOGHIMSTRA, VAN DER HAMMEN, 1998). Porém, seria prudente não somente analisar os efeitos das mudanças climáticas, e sim analisar também os efeitos das mudanças de estratégias de polinização nas comunidades. As configurações de comunidades vegetais que se formaram por advento, ao que se acreditava unicamente de mudanças climáticas pode ter causas mais próximas ou distantes da anemofilia (BUSH; COLINVAUX, 1990; BUSH et al., 1990). Ou seja, Poaceae terá representação abundante quando inserida em ambientes com espécies predominantemente entomófilas e terá representação baixa quando inserida em ambientes com espécies predominantemente anemófilas.

A representação do pólen de Poaceae não muda linearmente com a sazonalidade e precipitação (BUSH, 2000), o pólen de Poaceae, de fato, não é um bom medidor destas variáveis em ambientes de floresta úmida, tropical decídua e tropical semi-decídua, já que essa família é um raro componente nesses tipos de floresta. Mudanças no percentual de pólen de Poaceae só são notadas quando a precipitação anual é menor que 2000 mm, entretanto em ambientes onde a precipitação anual excede 2000 mm mudanças no regime de precipitação e sazonalidade não teriam efeito relevante na abundância de pólen de Poaceae, desde que condições edáficas e antropogênicas não superem a umidade como determinantes da estrutura vegetal local (BUSH, 2002).

A ação humana também é um fator para a alteração da abundância de Poaceae, porém a maioria dos estudos sobre chuva polínica é feito em florestas secundárias maduras (RODGERS, HORN, 1996; BEHLING, NEGRELLE, COLINVAUX, 1997; BUSH e RIVERA, 1998; BUSH, 2000; BUSH et al., 2001) não se tem os dados empíricos sobre a variação de Poaceae em varias escalas de alteração humana ao longo da recuperação florestal. Em ambientes de floresta

fechada, a proporção de Poaceae ideal pré-intervenção humana seria de 0-3%, mas na verdade é de 5-25% (BUSH et al., 1992). Desta base elevada, alterações humanas adicionais elevariam a porcentagem de pólen de Poaceae em apenas 5-10%. A intervenção humana pode ter um efeito sutil ao longo dos anos ou alterar permanentemente uma área (PRANCE; SCHUBART, 1977; METCALFE et al., 1989) fazendo com que alterações recentes tenham pouco a acrescentar na representação de palinológica.

Por fim, o fator hidrológico tem importância para a variabilidade de Poaceae em um ambiente onde o tamanho do lago é variável ou ocorre inundação sazonal do pântano. A área superficial do lago determina a proporção de pólen que vem de vegetação local/regional, uma superfície de água reduzida resulta em um aumento de pólen local (JACOBSON, BRADSHAW, 1981; PRENTICE, 1985; SUGITA, 1993, 1994). Assim, aumentos do pólen de Poaceae podem vir de pântanos ao invés de planaltos/platôs adjacentes. Esse efeito da mudança da superfície de lagos ao longo do tempo e a variação de entrada de pólen de fonte local e regional é uma variável importante, porém muitas vezes ignorada ao interpretar amostras de pólen de regiões tropicais (BUSH, 2002). A tendência de diminuição do tamanho do lago, e a formação de pântanos que inundam sazonalmente podem ser uma parte inerente da maturação de habitats, mas esse processo não induz uma resposta linear na abundância do pólen de Poaceae. Por exemplo, o registro de 4.000 anos A.P. do Lago Wodehouse, Panamá, contém vários episódios de enchentes que correspondem a épocas de baixa representação de Poaceae, cerca de 4-6% (BUSH; COLINVAUX, 1994). Durante esses períodos de enchente o lago pode ter ocupado toda a bacia, uma área de cerca de 9 km², e sua margem coberta por floresta e áreas cultivadas. Quando o lago contraiu, o aumento da abundância de Poaceae chegou a 26%. Entretanto, durante seu período mais seco, cerca de 200 anos atrás, o lago pode ter sido totalmente sazonal e o fundo do lago era coberto por samambaias e brejos de *Typha*. Nessas condições, Poaceae contribuiu com somente 3% da chuva polínica. Assim, Poaceae e outras taxa de áreas úmidas respondem a mudanças hidrológicas. Isso pode se tornar um indicador paleoecológico importante para mudanças climáticas, desde que se abandone a ideia que abundância de Poaceae significa aridez (BUSH, 2002).

Poaceae ocorre em diversos tipos de ambientes, desde secos a úmidos, mas a dificuldade de identificar os grãos em nível de espécies e gênero devido à similaridade alta de características morfológicas pode causar erros na interpretação de dados inferidos a partir da abundância desta família. Todos os grãos circulares, psilados e monoporados são geralmente e genericamente classificados como Poaceae. Em Carajás existem espécies de Poaceae em brejos, campo seco, borda de capão florestal, lagoas sazonais, savana, rocha exposta, dentre outros. Dessa forma, um acervo palinológico possibilitará um maior detalhamento taxonômico das espécies vegetais e a análise comparativa dos tipos polínicos para uma identificação segura destas espécies para que não ocorram problemas em futuros estudos paleoambientais. Abaixo seguem as descrições das espécies de Poaceae utilizadas neste trabalho. Os parâmetros morfométricos utilizados na análise estatística podem ser observados na figura 10.

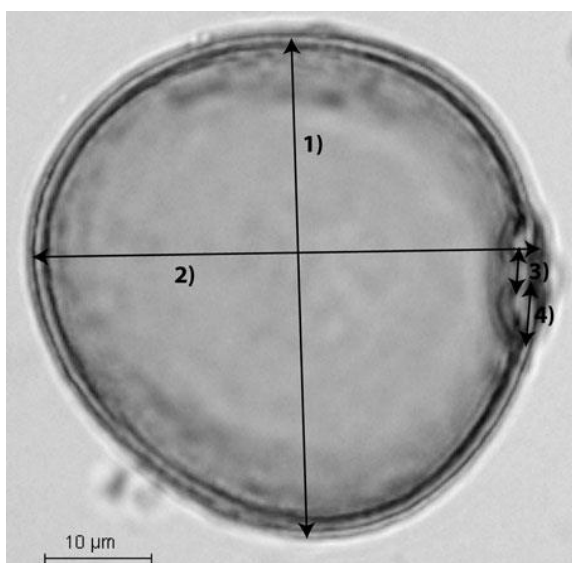


Figura 10 - Parâmetros mensurados de cada grão de Poaceae (SCHÜLER e BEHLING, 2011): 1, comprimento do grão; 2, largura do grão; 3, diâmetro do poro; 4, largura do anulus.

***Andropogon bicornis* L.**

Fig. 11-16

Material examinado: MG 99359

Descrição: Monado, bilateralmente simétrico, isopolar, esferoidal; monoporado, forma similar do ectoporo e endoporo, poro anulado, anulus com 1.5-3.1 μm de largura (média 2,04, variância 0,32, desvio padrão 0,49), proeminente, diâmetro do poro 1.0-3.0 μm (média 1,70, variância 0,34, desvio padrão 0,58); exina 1,1-2.6 μm de espessura (média 1,71, variância 0,15, desvio padrão 0,39), columela indistinta; ornamentação psilada/punctada em ótica e microreticulada/microechinada em MEV, muri levemente espiculado, regularmente distribuído. Diâmetro polar 35-40 μm . Comprimento 26.9-49.5 μm (média 36,85, variância 51,53, desvio padrão 7,18). Largura 29.0-46.3 μm (média 34,70, variância 28,75, desvio padrão 5,36).



Figura 11- MO: visão polar oblíqua de *Andropogon bicornis*.



Figura 12 - MO: visão polar oblua de *Andropogon bicornis*.

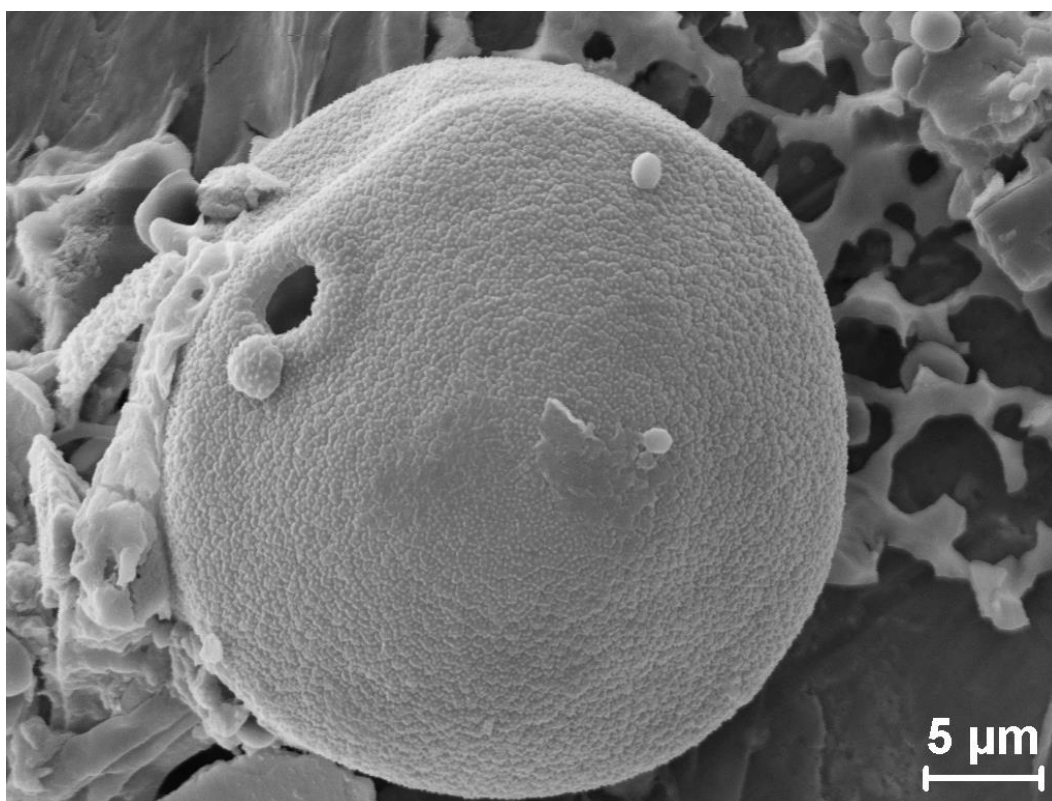


Figura 13 - MEV: viso polar oblua de *Andropogon bicornis*.

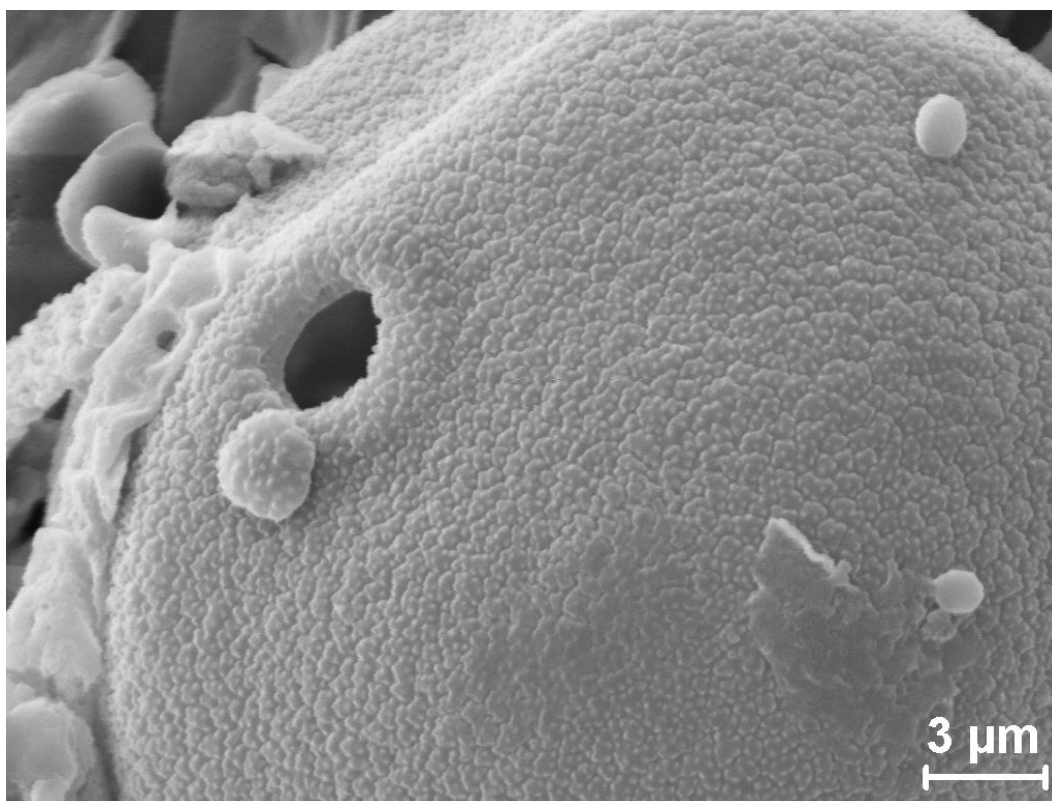


Figura 14 - MEV: visão em detalhe do poro de *Andropogon bicornis*.

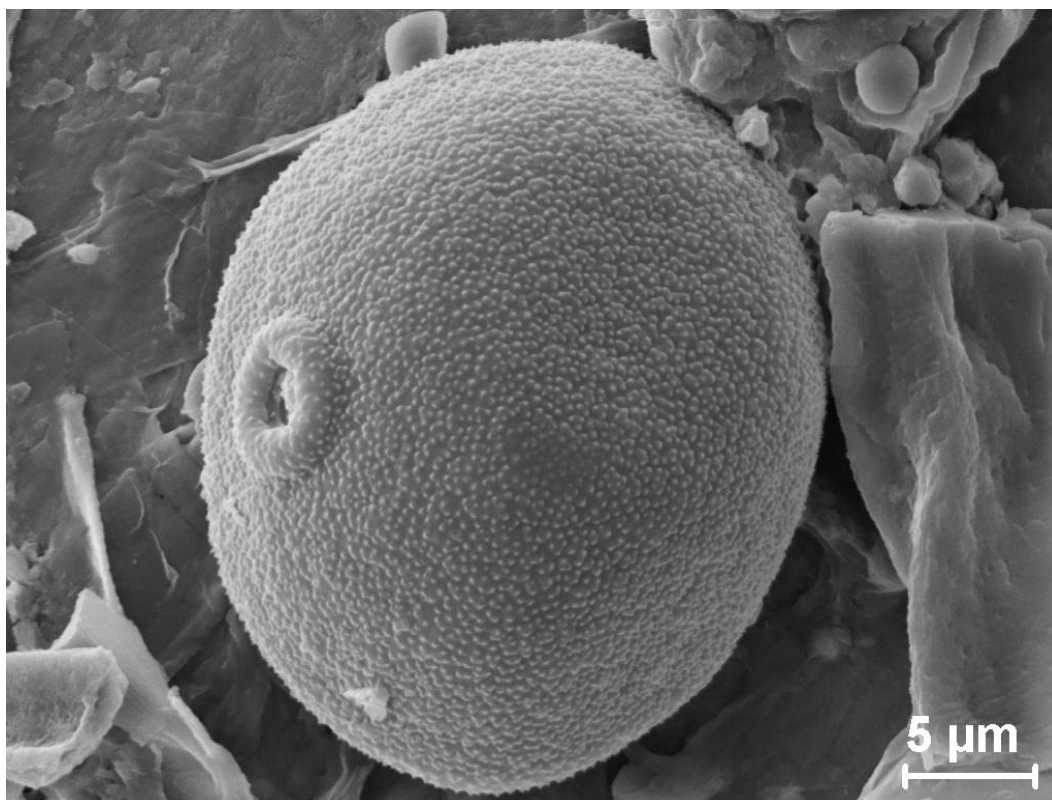


Figura 15 - MEV: visão polar oblínqua de *Andropogon bicornis*.

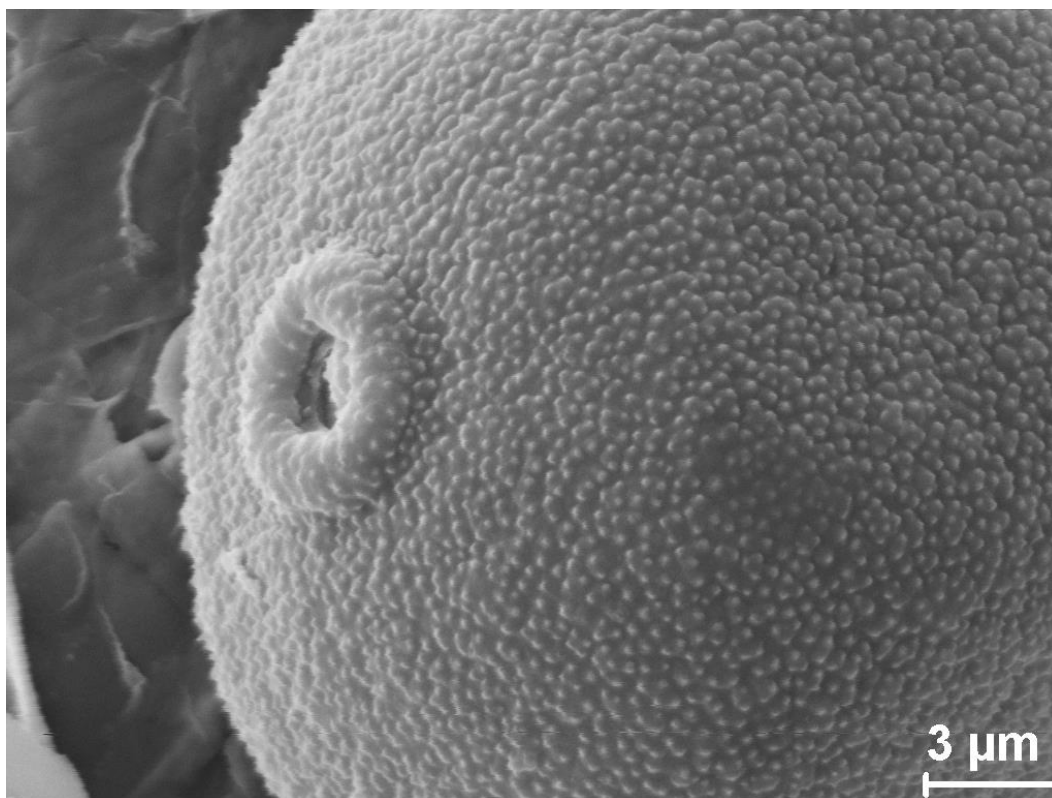


Figura 16 - MEV: visão em detalhe do poro de *Andropogon bicornis*.

***Axonopus capillaris* (Lam.) Chase**

Fig. 17-18

Material examinado: MG 116782

Descrição: Monado, bilateralmente simétrico, isopolar, subesferoidal; monoporado, ectoporo indistinto, poro anulado com 1.0-1.8 μm de largura (média 1,24, variância 0,07, desvio padrão 0,28), em geral indistinto em ótica, diâmetro do poro 0,9-2,3 μm (média 1,60, variância 0,22, desvio padrão 0,47), circular a esferoidal; exina 1.1-2.0 (média 1,49, variância 0,07, desvio padrão 0,27) μm de espessura, columela indistinta; ornamentação psilada/microreticulada em ótica e microreticulada em MEV. Diâmetro polar 31-42 μm . Comprimento 31.1-38.9 μm (média 36,08, variância 6,46, desvio padrão 2,54). Largura 23.6-34.4 μm (média 28,76, variância 10,37, desvio padrão 3,22).



Figura 17 – MO: visão polar de *Axonopus capillaris*.



Figura 18 – MO: visão polar de *Axonopus capillaris*.

***Axonopus leptostachyus* (Flüggé) Hitchc.**

Fig. 19-22

Material examinado: MG 99379

Descrição: Monado, bilateralmente simétrico, isopolar, esferoidal; monoporado, ectoporo levemente proeminente, poro anulado com 1.0-1.7 μm de largura (média 1,34, variância 0,05, desvio padrão 0,23), por vezes indistinto em ótica, diâmetro do poro 2.1-3.6 μm (média 2,54, variância 0,24, desvio padrão 0,49), circular; exina 0.9-1.5 (média 1,15, variância 0,03, desvio padrão 0,16) μm de espessura, columela indistinta; ornamentação psilada /punctada em ótica e microreticulada/microechinada em MEV, muri levemente espiculado, regularmente distribuído, lumina de tamanho variável com formas hexagonais e triangulares com 1-1,5 μm de largura. Diâmetro polar 30-35 μm . Comprimento 33.2-38.2 μm (média 35,29, variância 3,18, desvio padrão 1,78). Largura 26.9-35.1 μm (média 31,58, variância 9,32, desvio padrão 3,05).

Figura 19 - MÓ: visão equatorial de *Axonopus leptostachyus*.



Figura 20 - MÓ: visão polar oblíqua de *Axonopus leptostachyus*.

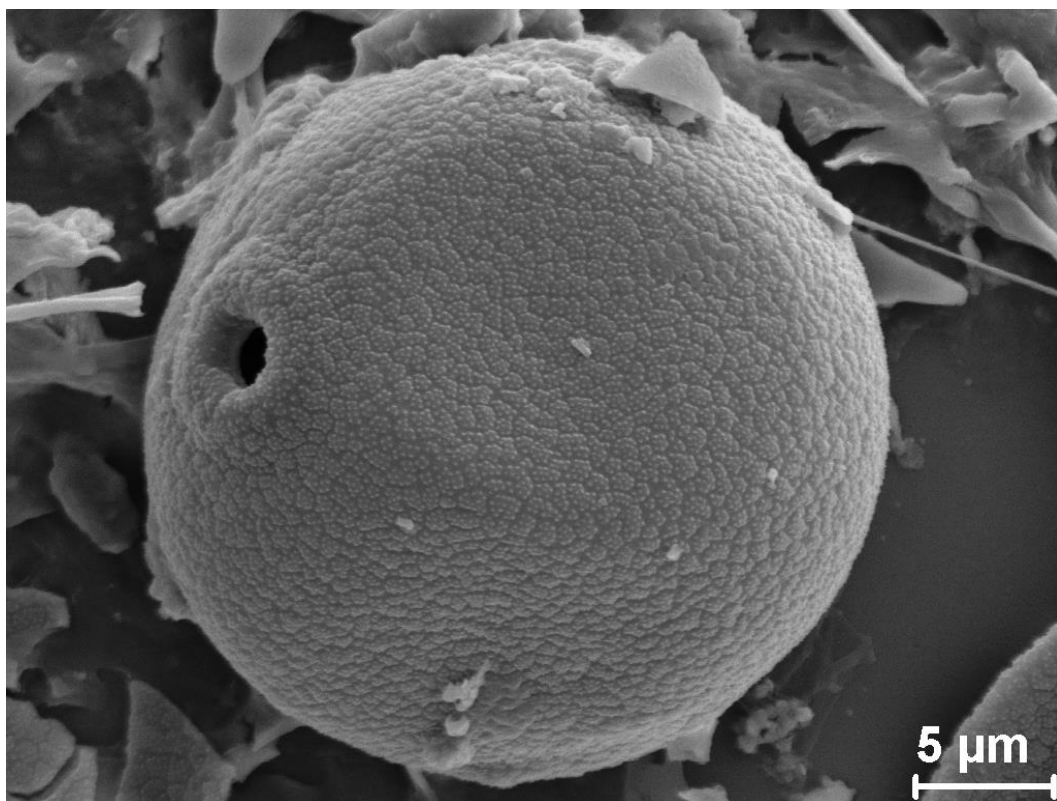


Figura 21 - MEV: visão polar oblíqua de *Axonopus leptostachyus*.

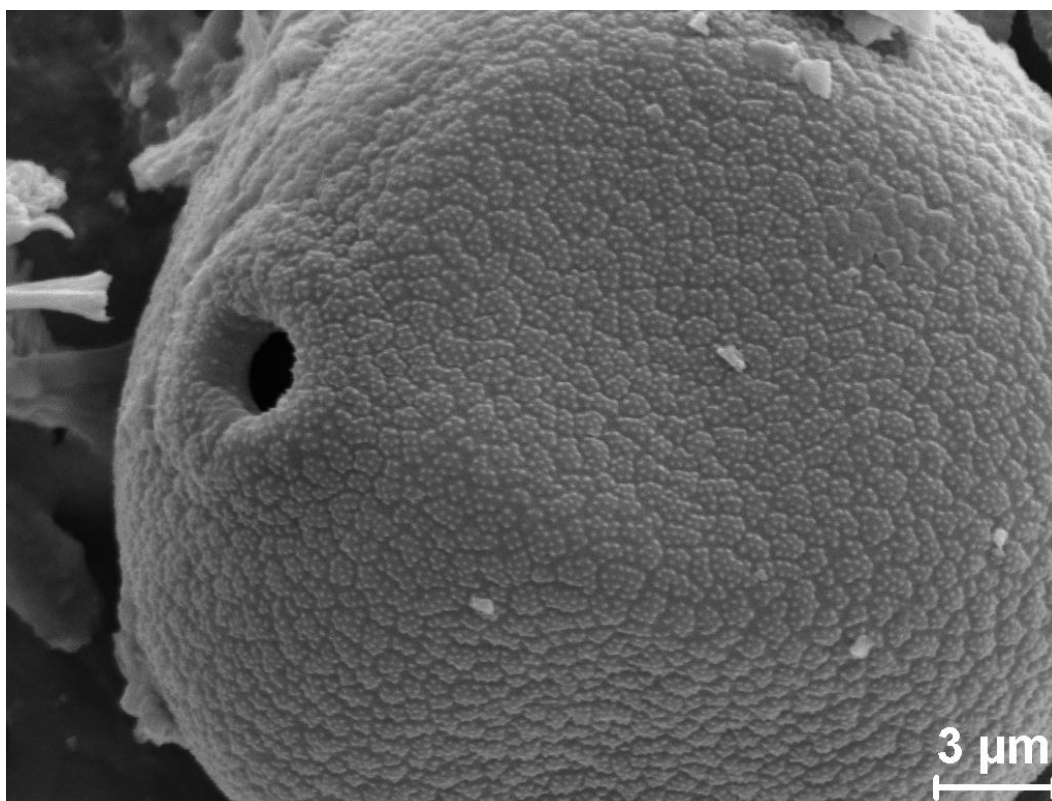


Figura 22 - MEV: visão em detalhe do poro de *Axonopus leptostachyus*.

***Eragrostis maypurensis* (Kunth) Steud.**

Fig. 23-26

Material examinado: MG 147039

Descrição: Monado, bilateralmente simétrico, isopolar, subesferoidal; monoporado, ectoporo levemente proeminente, poro anulado com 0.9-1.5 μm de largura (média 1,11, variância 0,03, desvio padrão 0,19), por vezes indistinto em ótica, diâmetro do poro 1.6-3.0 μm (média 2,30, variância 0,29, desvio padrão 0,54), circular; exina 0.8-1.3 μm de espessura (média 1,09, variância 0,01, desvio padrão 0,12), columela indistinta; ornamentação psilada/punctada em ótica e microreticulada/microechinada em MEV, muri levemente espiculado, regularmente distribuído, possivelmente rugulado próximo ao ectoporo, pontas arredondadas, lumina indistinta. Diâmetro equatorial 30-35 μm . Comprimento 23.8-35.4 μm (média 29,81, variância 10,61,

desvio padrão 3,26). Largura 16.0-29.7 μm (média 24,87, variância 20,44, desvio padrão 4,52).



Figura 23 - MO: visão polar oblínqua de *Eragostis maypurensis*.



Figura 24 - MO: visão polar oblíqua de *Eragostris maypurensis*.

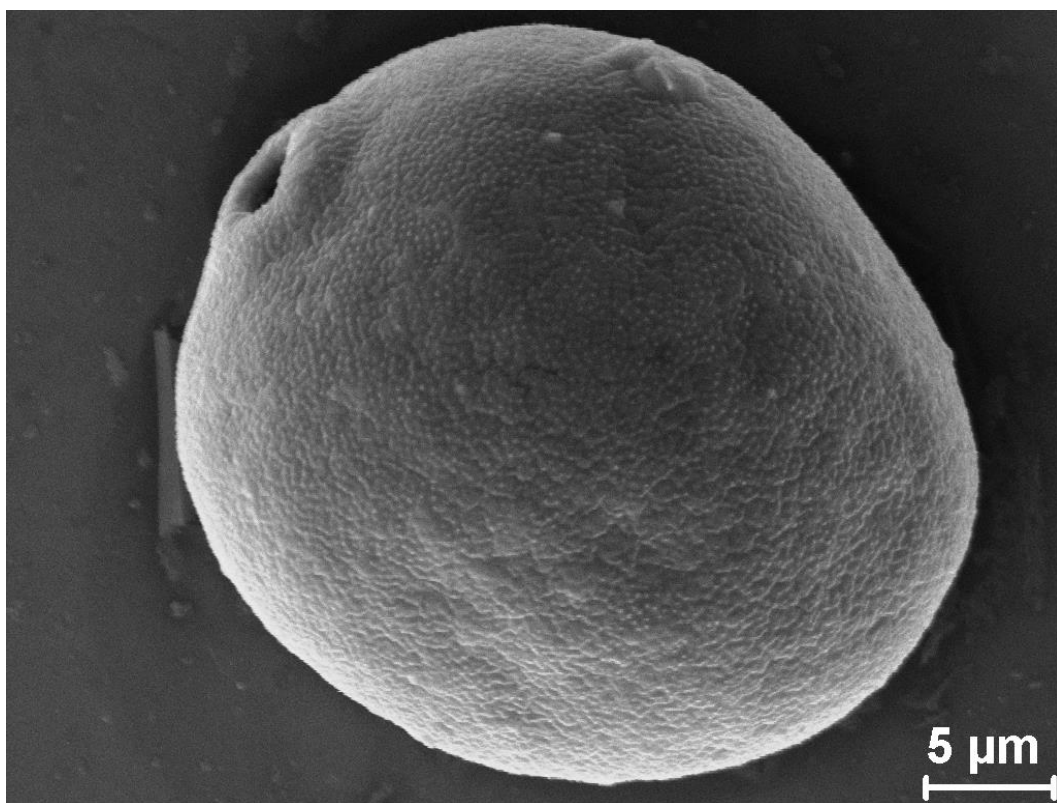


Figura 25 - MEV: visão equatorial de *Eragostris maypurensis*.

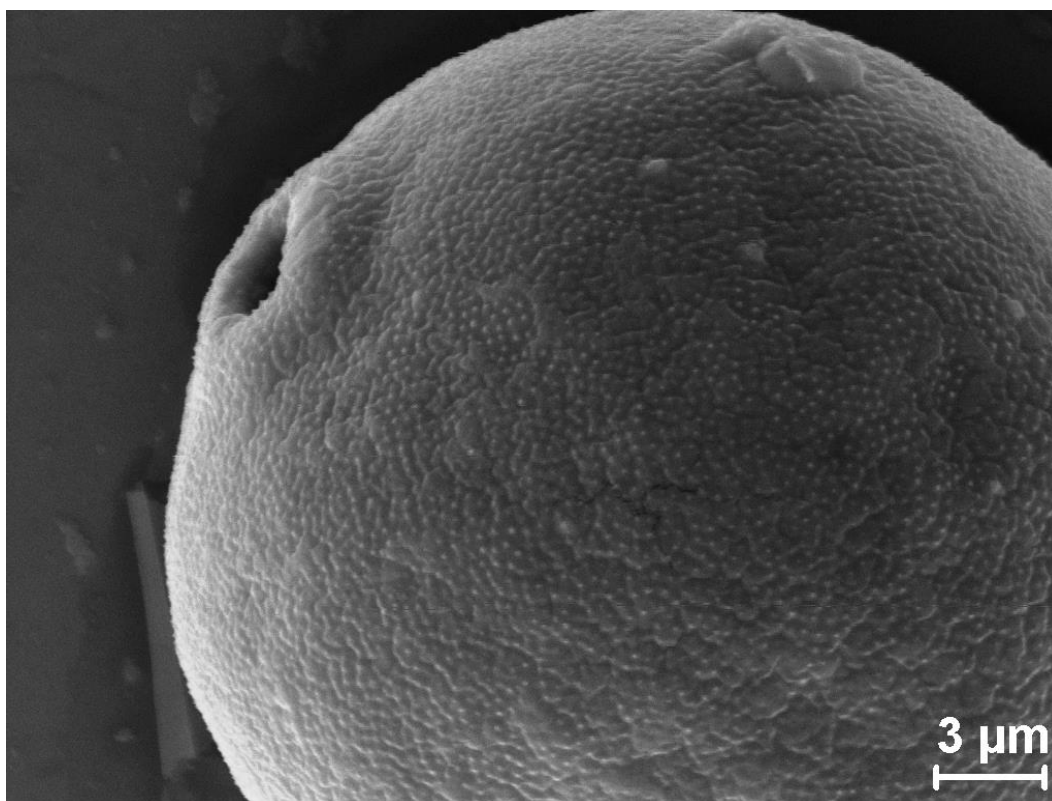


Figura 26 - MEV: visão em detalhe do poro de *Eragostris maypurensis*.

***Mesosetum cayennense* Steud.**

Fig. 27-30

Material examinado: MG 105630

Descrição: Monado, bilateralmente simétrico, isopolar, subesferoidal; monoporado, ectoporo indistinto, poro anulado com 1.0-1.5 μm de largura (média 1,18, variância 0,04, desvio padrão 0,16), em geral indistinto em ótica, diâmetro do poro 2.9-3.8 μm (média 3,42, variância 0,07, desvio padrão 0,26), circular a esferoidal; exina 0,9-1.4 μm de espessura (média 1,14, variância 0,03, desvio padrão 0,17), columela indistinta; ornamentação psilada/punctada em ótica e microreticulada/microechinada em MEV, muri levemente espiculado, regularmente distribuído, pontas pontiagudas a arredondadas, lumina indistinta. Diâmetro polar 35-40 μm . Comprimento 33.7-38.9

μm (média 36,42, variância 3,96, desvio padrão 1,99). Largura 30.8-43.7 μm (média 37,34, variância 16,17, desvio padrão 4,02).



Figura 27 - MO: visão polar de *Mesoteum cayennense*.

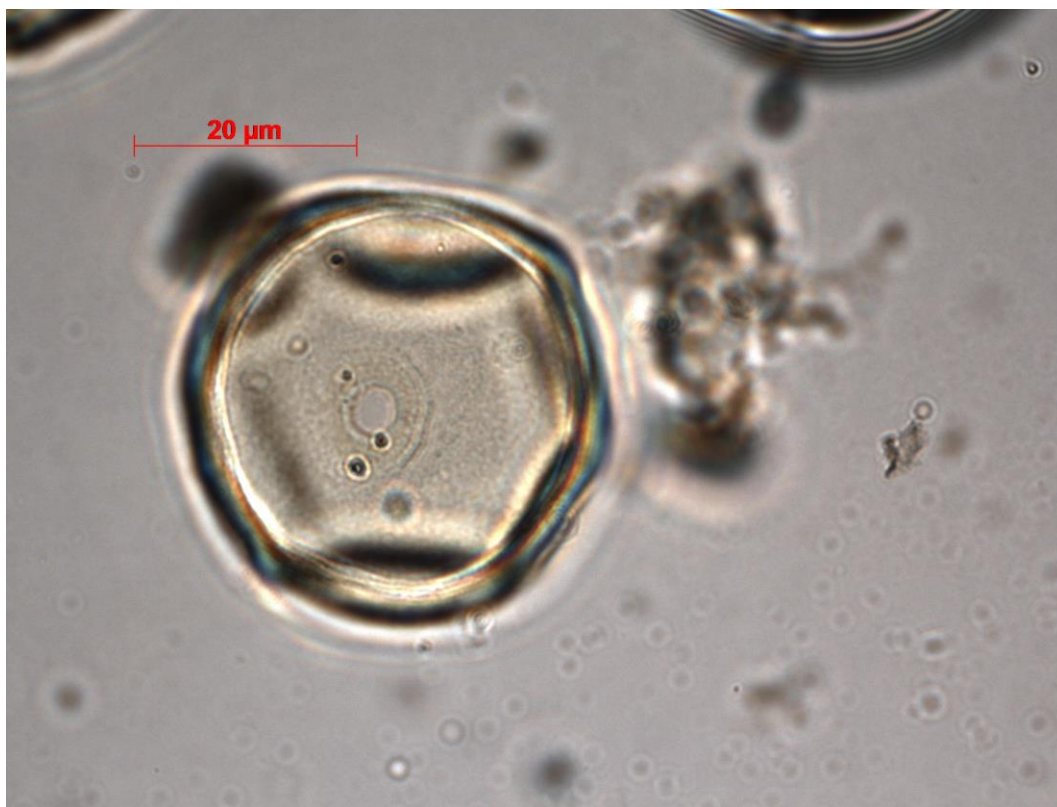


Figura 28 - MO: visão polar de *Mesoteum cayennense*.

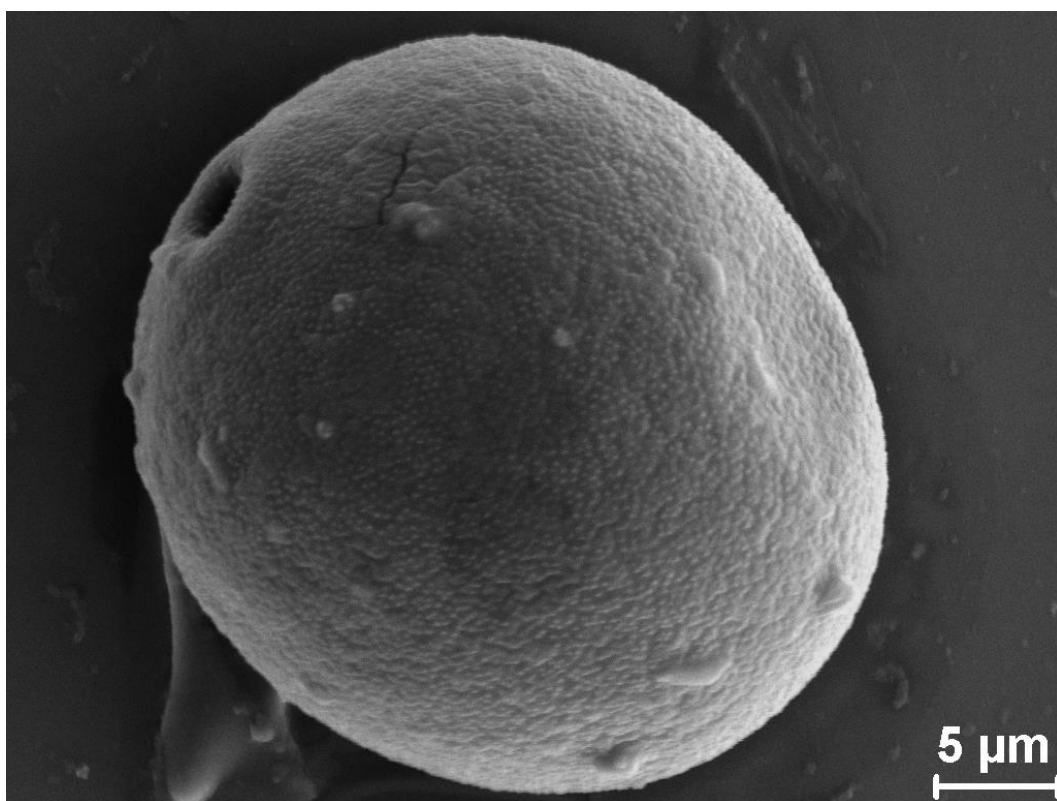


Figura 29 - MEV: visão equatorial de *Mesoteum cayennense*.

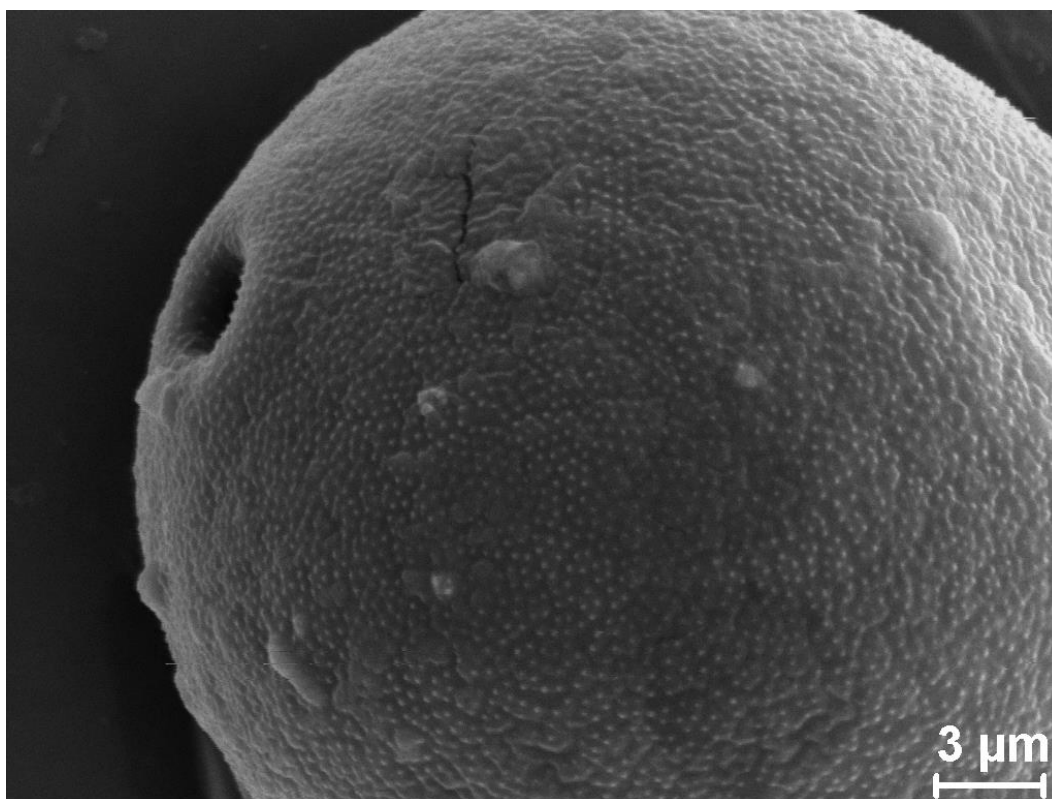


Figura 30 - MEV: visão em detalhe do poro de *Mesoteum cayennense*.

***Mnesithea aurita* (Steud.) de Koning & Sosef**

Fig. 31-34

Material examinado: MG 67183

Descrição: Monado, bilateralmente simétrico, isopolar, esferoidal; monoporado, forma similar do ectoporo e endoporo, poro anulado, anulus com 1.0-1,6 μm de largura (média 1,39, variância 0,24, desvio padrão 0,21), proeminente, diâmetro do poro 2.3-3.9 μm (média 2,97, variância 0,23, desvio padrão 0,48), por vezes indistinto; exina 1.1-2.0 μm de espessura (média 1,40, variância 0,06, desvio padrão 0,24), columela indistinta; ornamentação psilada/punctanda em ótica e microreticulada/microechinada em MEV, muri levemente espiculado, regularmente distribuído. Diâmetro equatorial 30 μm . Comprimento 40.8-46.0 μm (média 43,43, variância 4,27, desvio padrão 2,07). Largura 36.6-42.0 μm (média 39,40, variância 4,51, desvio padrão 2,12).



Figura 31 - MO: visão polar oblínqua de *Mnesithea aurita*.



Figura 32 - MO: visão polar oblínqua de *Mnesithea aurita*.

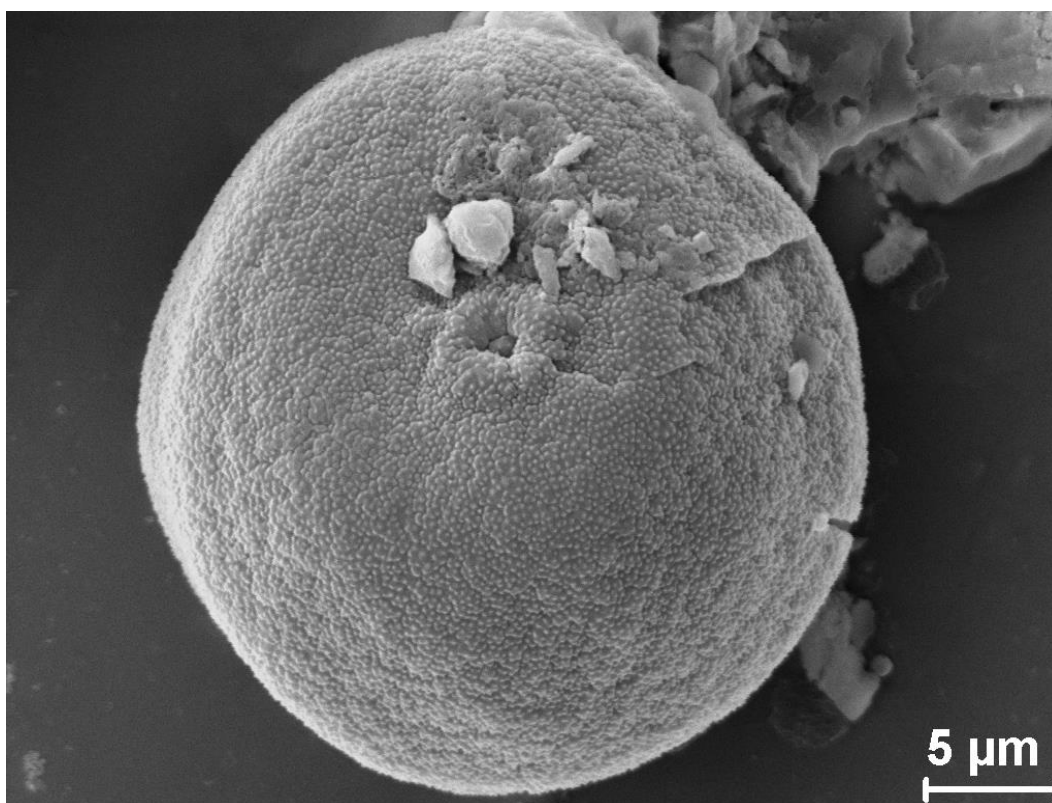


Figura 33 - MEV: visão polar de *Mnesithea aurita*.

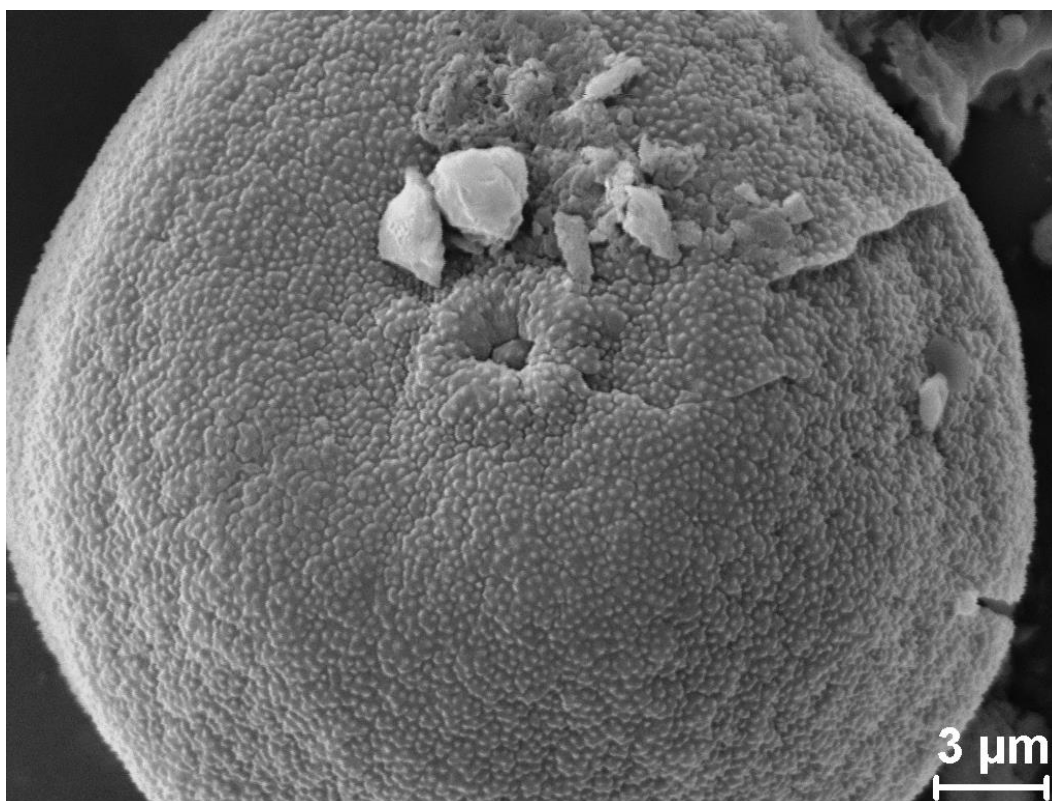


Figura 34 - MEV: visão em detalhe do poro de *Mnesithea aurita*.

***Paspalum carajasense* S. Denham**

Fig. 35-38

Material examinado: MG 208828

Descrição: Monado, bilateralmente simétrico, isopolar, esferoidal; monoporado, ectoporo indistinto, poro com 2 μm de diâmetro; exina 1-2 μm de espessura, columela indistinta; ornamentação punctada em ótica e microreticulada/microechinada em MEV, lumina positiva e espiculada, em formas hexagonais e triangulares, regularmente distribuída, muri negativo. Diâmetro equatorial 25-30 μm.



Figura 35 - MO: visão polar oblínqua de *Paspalum carajasense*.



Figura 36 - MO: visão polar oblínqua de *Paspalum carajasense*.

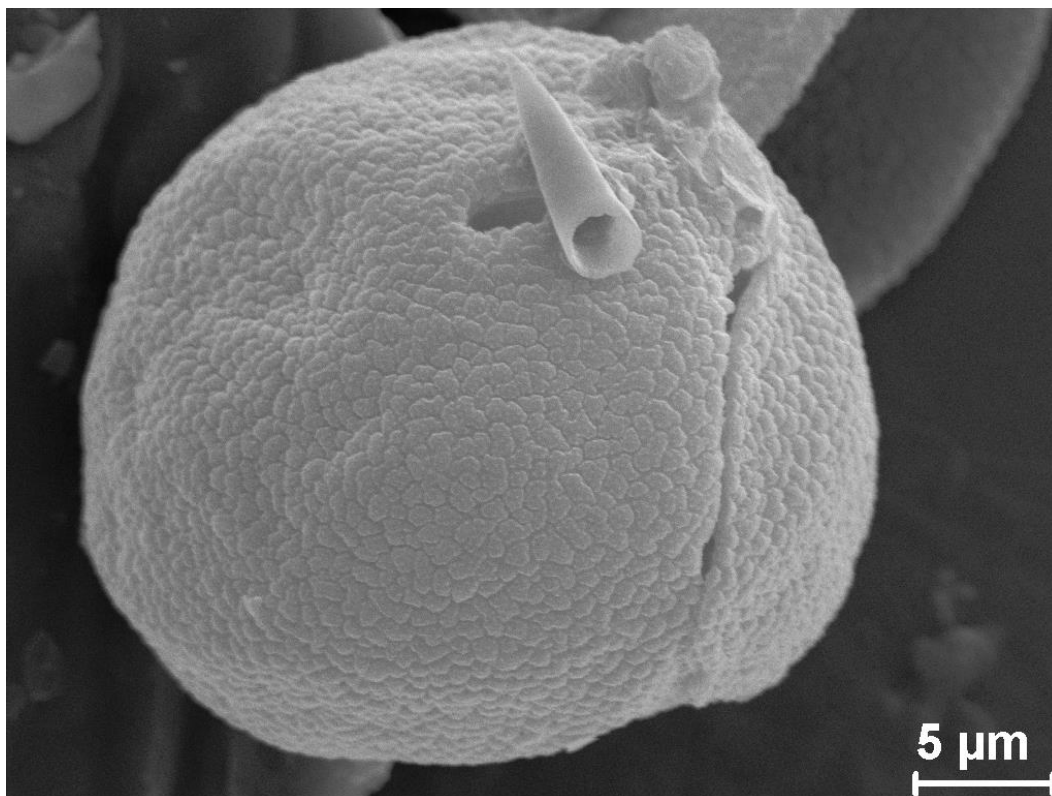


Figura 37 - MEV: visão polar oblíqua de *Paspalum carajasense*.

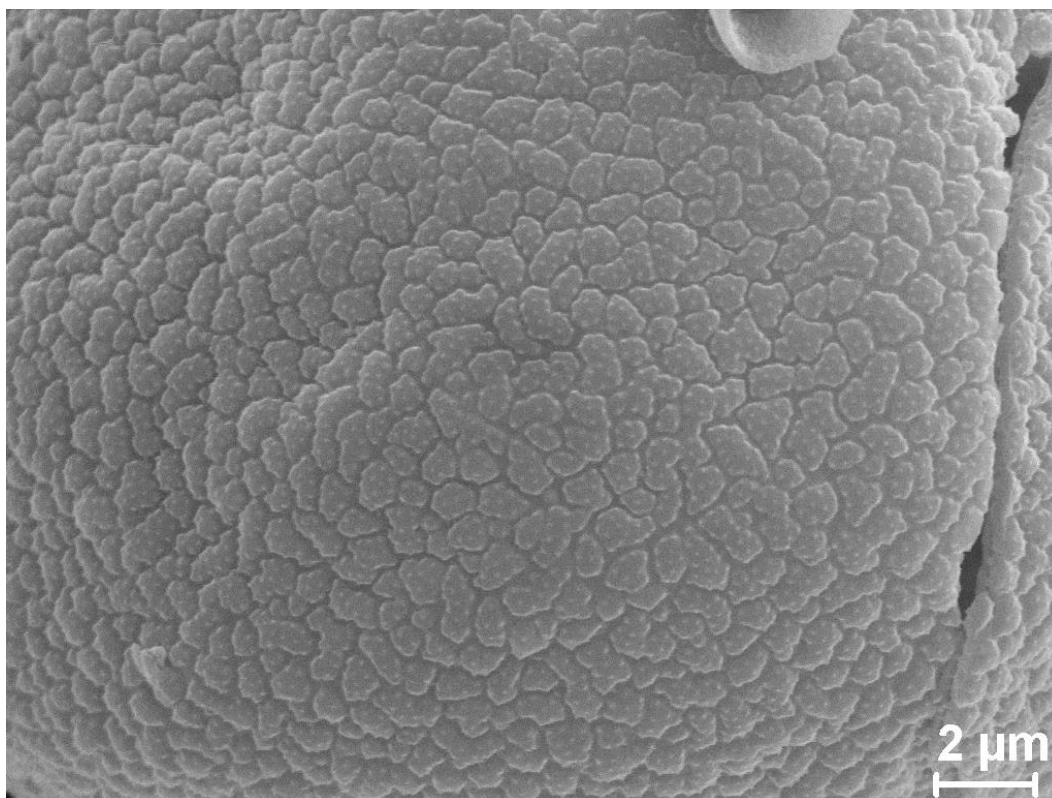


Figura 38 - MEV: visão em detalhe da ornamentação de *Paspalum carajasense*.

***Paspalum carinatum* Humb. & Bonpl. ex Flügge**

Fig. 39-42

Material examinado: MG 131792

Descrição: Monado, bilateralmente simétrico, isopolar, subesferoidal; monoporado, forma similar do ectoporo e endoporo, poro anulado, anulus com 1.5-2.8 μm de espessura (média 2,18, variância 0,19, desvio padrão 0,35), poro com 2.0-5.8 μm de diâmetro (média 4,08, variância 1,41, desvio padrão 1,19); exina 1.5-3.0 μm de espessura (média 2,23, variância 0,24, desvio padrão 0,49), columela indistinta; ornamentação punctada em ótica e microreticulada/microechinada em MEV, lumina positiva e espiculada, em formas hexagonais e triangulares, espinhos pontiagudos, regularmente distribuídos, muri levemente negativo. Diâmetro polar 35-40 μm . Comprimento 47.4-66.4 μm (média 59,10, variância 32,41, desvio padrão 5,69). Largura 37.7-65.8 μm (média 55,43, variância 54,62, desvio padrão 7,39).



Figura 39 - MO: visão polar de *Paspalum carinatum*.

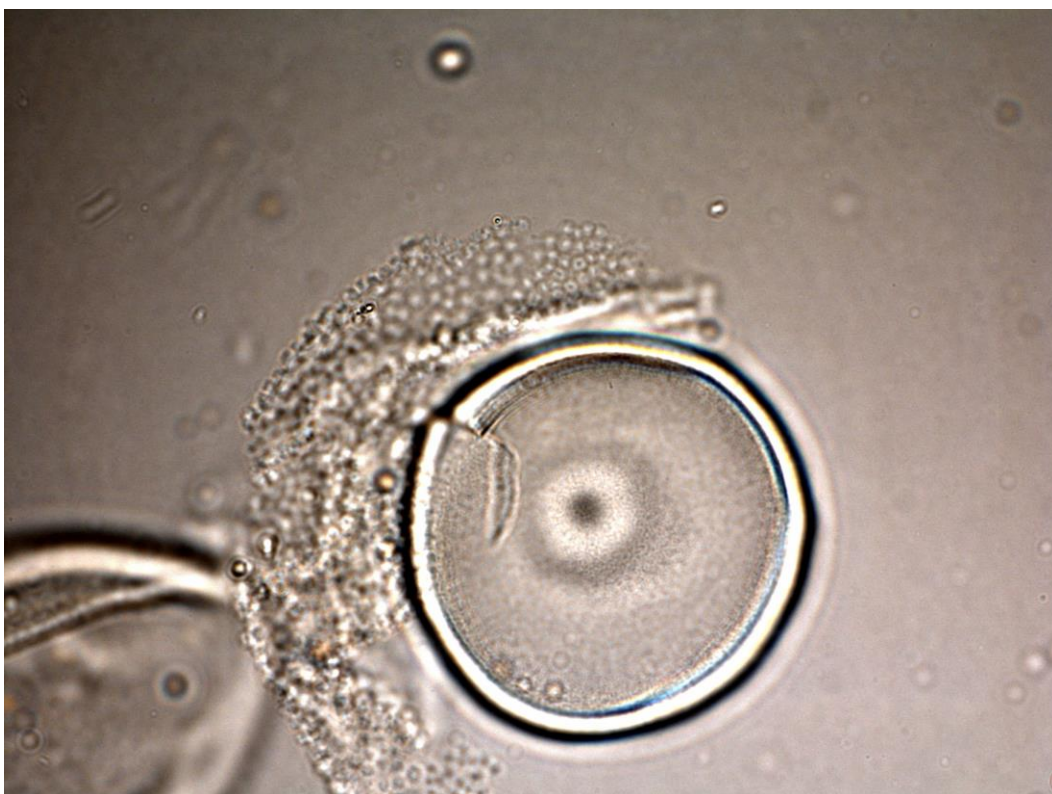


Figura 40 - MO: visão polar de *Paspalum carinatum*.

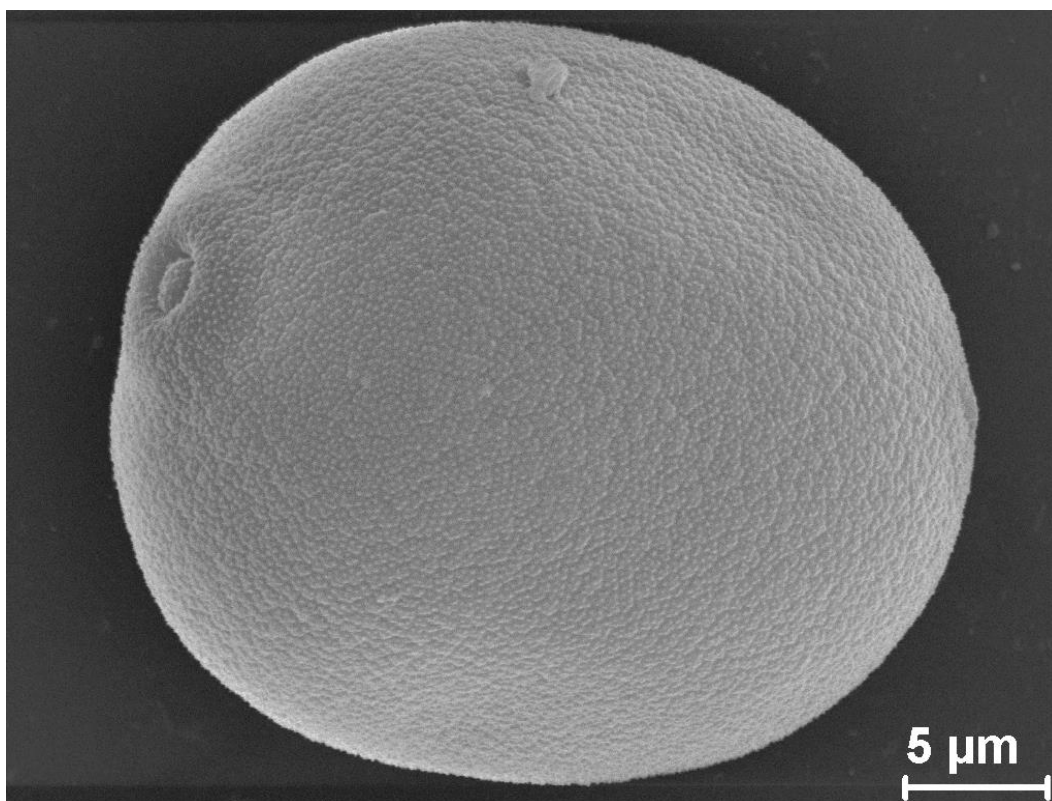


Figura 41 - MEV: visão polar oblínqua de *Paspalum cariantum*.

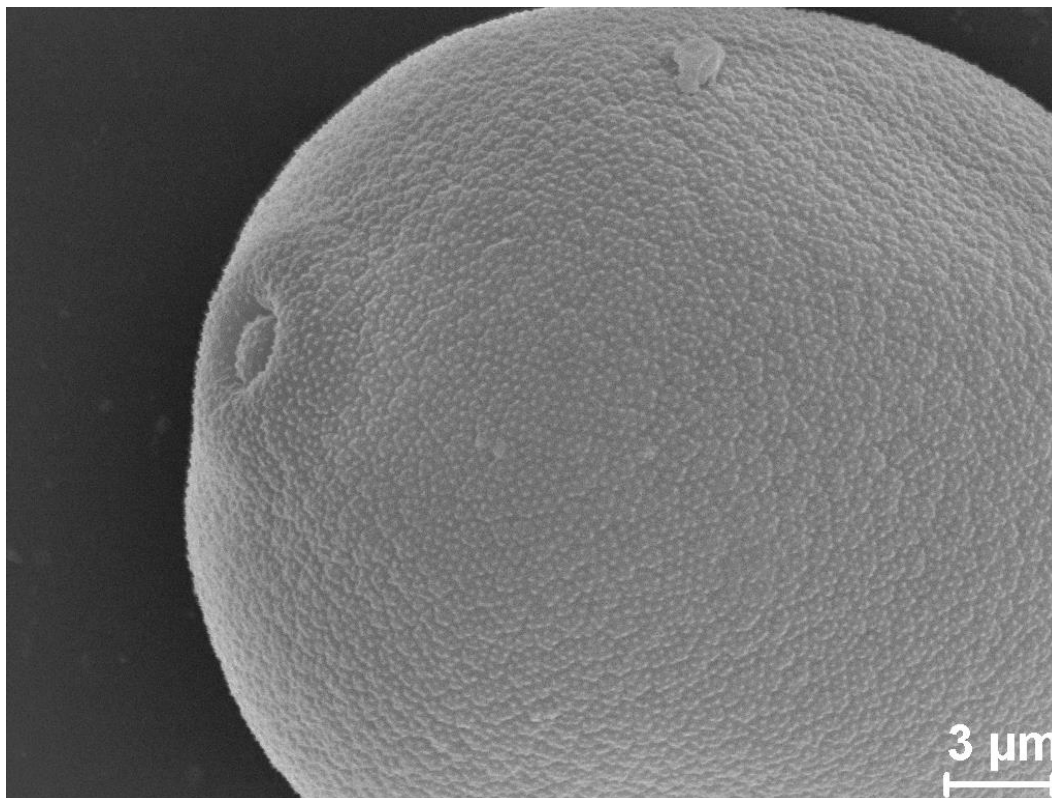


Figura 42 - MEV: visão em detalhe do poro de *Paspalum cariantum*.

***Paspalum virgatum* L.**

Fig. 43-44

Material examinado: MG 67531

Descrição: Monado, bilateralmente simétrico, isopolar, subesferoidal; monoporado, ectoporo indistinto, poro anulado com 1.2-2.7 μm de largura (média 1,84, variância 0,54, desvio padrão 0,46), em geral indistinto em ótica, diâmetro do poro 0,8-3,9 μm (média 1,97, variância 0,85, desvio padrão 0,92), circular a esferoidal; exina 0,9-1,7 μm de espessura (média 1,43, variância 0,061, desvio padrão 0,25), columela indistinta; ornamentação punctada em ótica e microreticulada/microechinada em MEV. Diâmetro polar 38-60 μm . Comprimento 44.0-62.1 μm (média 50,01, variância 32,85, desvio padrão 5,73). Largura 40,7-55,4 μm (média 46,53, variância 19,71, desvio padrão 4,44).



Figura 43 – MO: visão equatorial de *Paspalum virgatum*.



Figura 44 – MO: visão equatorial de *Paspalum virgatum*.

***Rhytachne gonzalezii* Davidse**

Fig. 45-48

Material examinado: MG 135244

Descrição: Monado, bilateralmente simétrico, isopolar, subesferoidal; monoporado, forma similar do ectoporo e endoporo, poro anulado com 2.1-4.2 μm de largura (média 2,86, variância 0,35, desvio padrão 0,59), anulus com 4 μm de espessura, poro com 1.6-5.2 μm de diâmetro (média 2,83, variância 0,94, desvio padrão 0,97); exina 1.3-3.4 μm de espessura (média 1,76, variância 0,37, desvio padrão 0,61), columela indistinta; ornamentação psilada/punctada em ótica e psilada/microechinada em MEV, espinhos pontiagudos, regularmente distribuídos, muri e lumina indistintos. Diâmetro equatorial 35-40 μm . Comprimento 51.8-71.6 μm (média 58,03, variância 44,56, desvio padrão 6,68). Largura 44,1-60,1 μm (média 52,11, variância 30,07, desvio padrão 5,48).

Figura 45 - MO: visão polar oblíqua de *Rhytachne gonzalezii*.

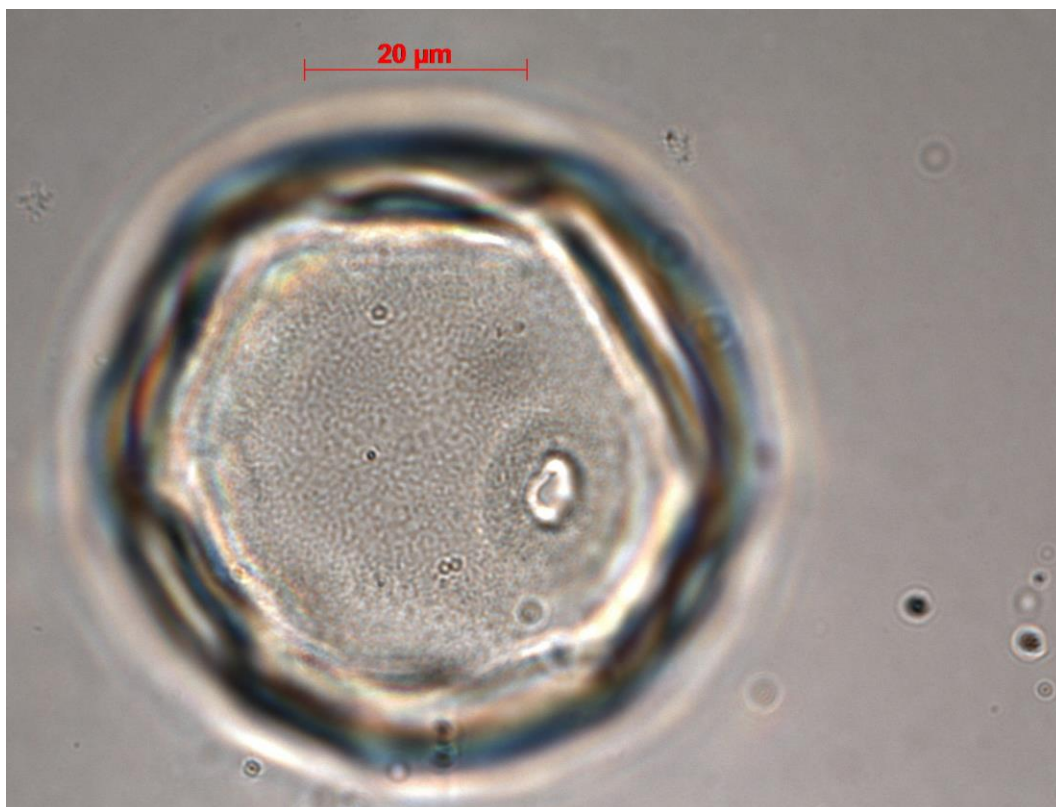


Figura 46 - MO: visão polar oblínqua de *Rhytachne gonzalezii*.

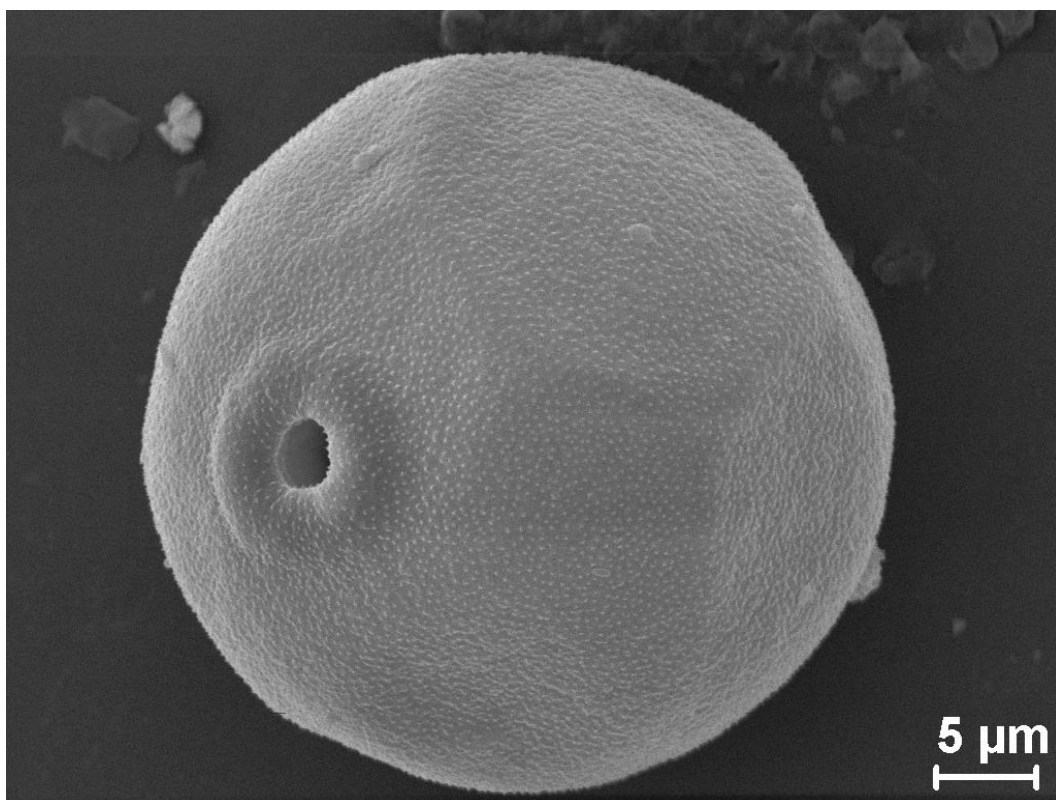


Figura 47 - MEV: visão polar oblínqua de *Rhytachne gonzalezii*.

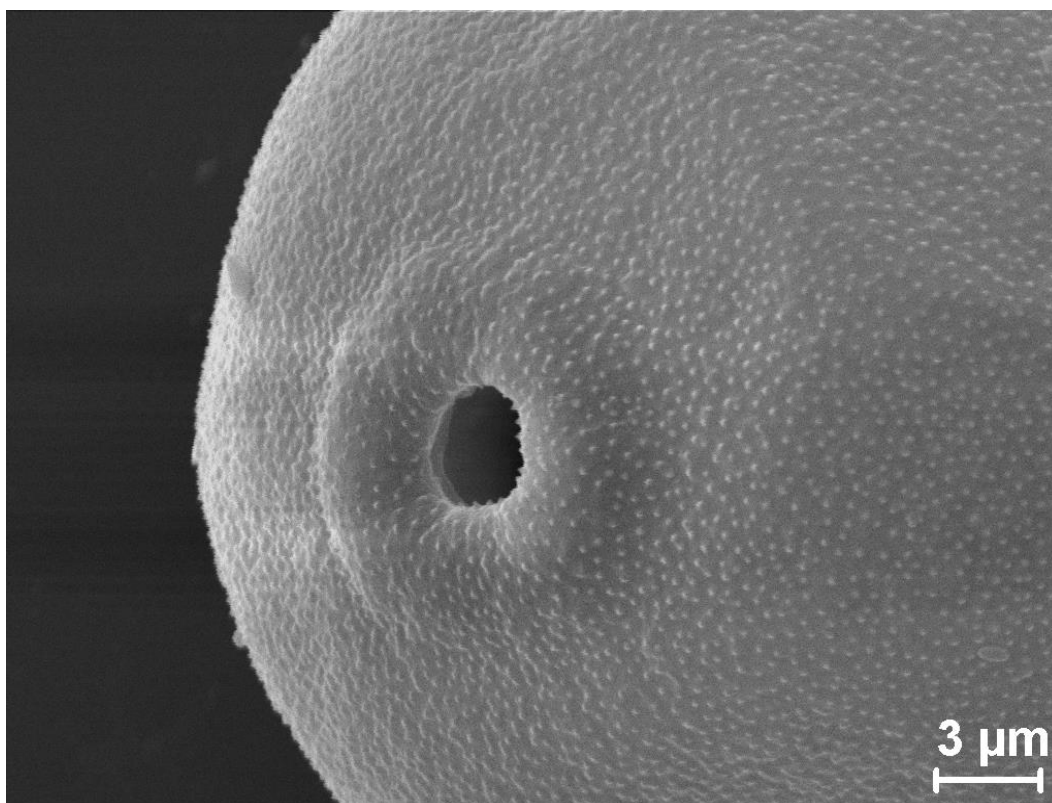


Figura 48 - MEV: visão em detalhe do poro de *Rhytachne gonzalezii*.

A seguir são apresentados os *blox-plots* com os dados morfométricos das espécies de Poaceae analisadas (Figura 49). Notar que a diferenciação é mais nítida para as espécies com os maiores tamanhos que são *Paspalum carinatum*, *Paspalum virgatum* e *Rytachne gonzalezii*. Assim, aplicou-se a análise de agrupamento dos dados morfométricos na tentativa de agrupar espécies congêneras (Figura 50), além de espécies ocorrentes em ambientes secos e úmidos da canga da Serra dos Carajás.

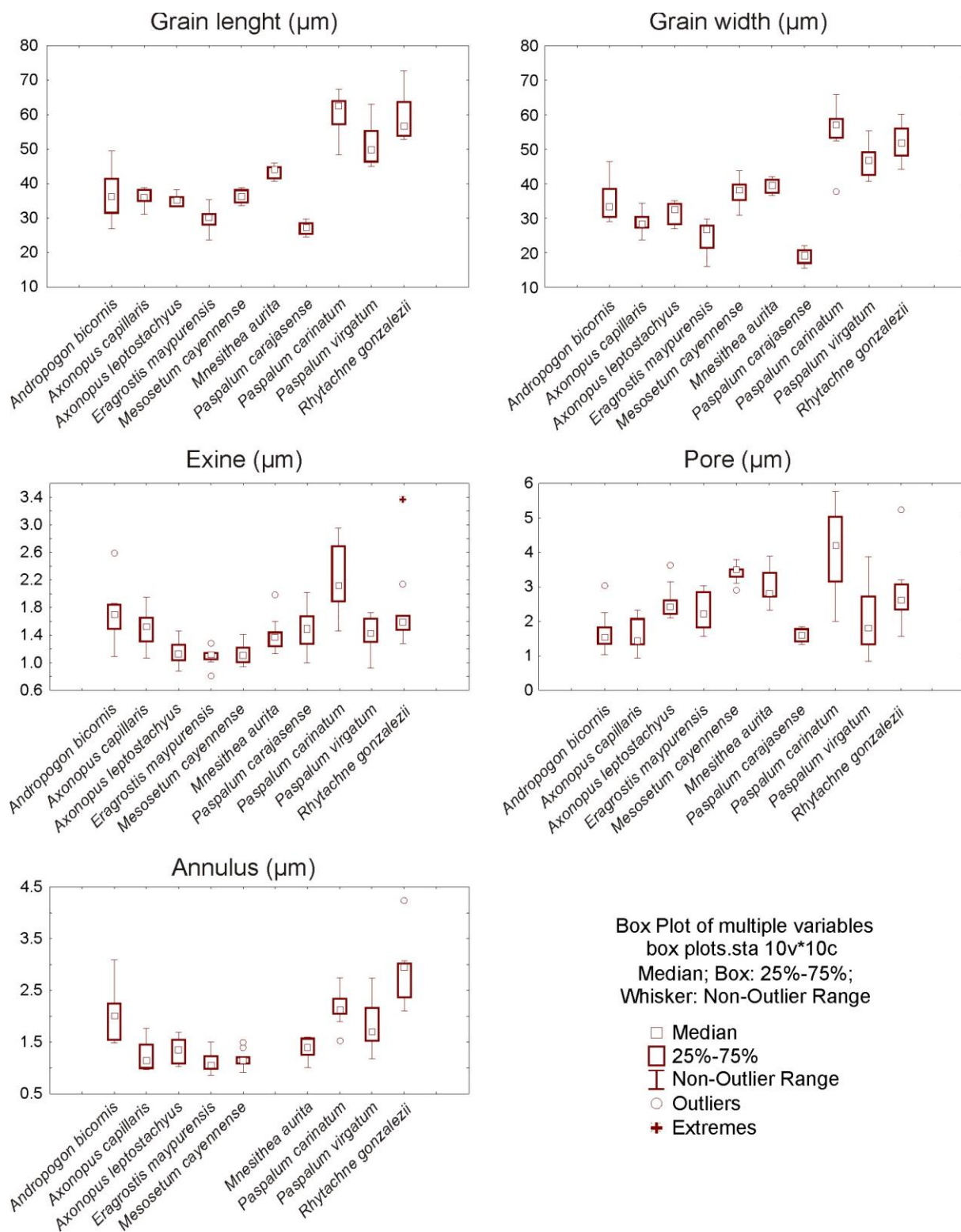


Figura 49 - Análise estatística dos tamanhos dos grãos de Poaceae.

4.3.2 Aplicação em estudos paleoambientais

O pólen de Poaceae é geralmente caracterizado como grãos monoporados com uma morfologia muito uniforme (SALGADO-LABOURIAU, RINALDI 1990; JOLY et al. 2007), o que faz a descrição taxonômica a nível de gênero muito difícil. Esse detalhe é de importância especial para a região Amazônica, já que Poaceae é abundante em registros fósseis dos sedimentos lacustres da canga de Carajás, e vem sendo comumente usado como indicador de condições ambientais e climáticas secas (ABSY et al. 1991; BEHLING, COHEN, LARA 2001; COHEN et al. 2005; HERMANOWSKI et al. 2012). Estes autores sugerem que as áreas de savana presentes avançaram sobre áreas anteriormente ocupadas por florestas decíduas e semi-decíduas durante períodos mais secos no Quaternário.

Esses grãos uniformes são usados normalmente para caracterizar campos abertos na maioria dos registros fósseis, e de fato, alta abundância de Poaceae é um forte indicador de savanas (BUSH, 2002). Entretanto, como comentado anteriormente, a abundância de Poaceae deve ser usada com cautela. Adicionalmente, é um fato conhecido por botânicos na Amazônia que Poaceae pode ocorrer em diversos ambientes, em condições úmidas e secas. Isso ocorre na canga da região de Carajás, onde Poaceae se desenvolve em solos com pouco nutriente e estresse hídrico, e também em substratos úmidos como lagos sazonais e brejos (GOLDER ASSOCIATES 2010, 2011). Porém, estudos paleoecológicos feitos na área genericamente descrevem Poaceae como uma unidade única (ABSY et al. 1991; HERMANOWSKI et al. 2012), dada a dificuldade de se determinar um número representativo de grãos utilizando magnificação ótica. Dessa forma, os dados obtidos com a descrição morfológica das espécies de Poaceae foram utilizados para avaliar o potencial de se distinguir suas características morfológicas com base em sua ocorrência em ambientes secos e úmidos.

A análise estatística as espécies de Poaceae neste trabalho indicou que os parâmetros tamanho do grão (largura e comprimento) e largura do anulus são possivelmente os mais adequados para diferenciação entre gêneros (Figura 50). Entretanto, dos gêneros ocorrentes em ambientes úmidos (*Axonopus* e *Rhytachne*) e secos (*Andropogon*, *Paspalum*, *Mnesithea* e *Eragrostis*), somente o gênero *Axonopus* pode ser individualizado. Então, a utilização da abundância de Poaceae

em estudos paleoambientais para determinar aridez e “savanização” deve ser realizada com cautela, uma vez que a dificuldade de identificar os grãos em nível de espécies e gênero devido à similaridade alta de características morfológicas pode causar erros na interpretação de dados inferidos a partir da abundância desta família. Contudo, é necessário a inclusão de mais gêneros e espécies de Poaceae neste estudo para reforçar ou não esta conclusão preliminar. Dessa maneira, um acervo palinológico possibilitará um maior detalhamento taxonômico das espécies vegetais e a análise comparativa dos tipos polínicos encontrados em amostras de sedimentos para uma identificação segura destas espécies para que problemas interpretativos em futuros estudos paleoambientais sejam minimizados.

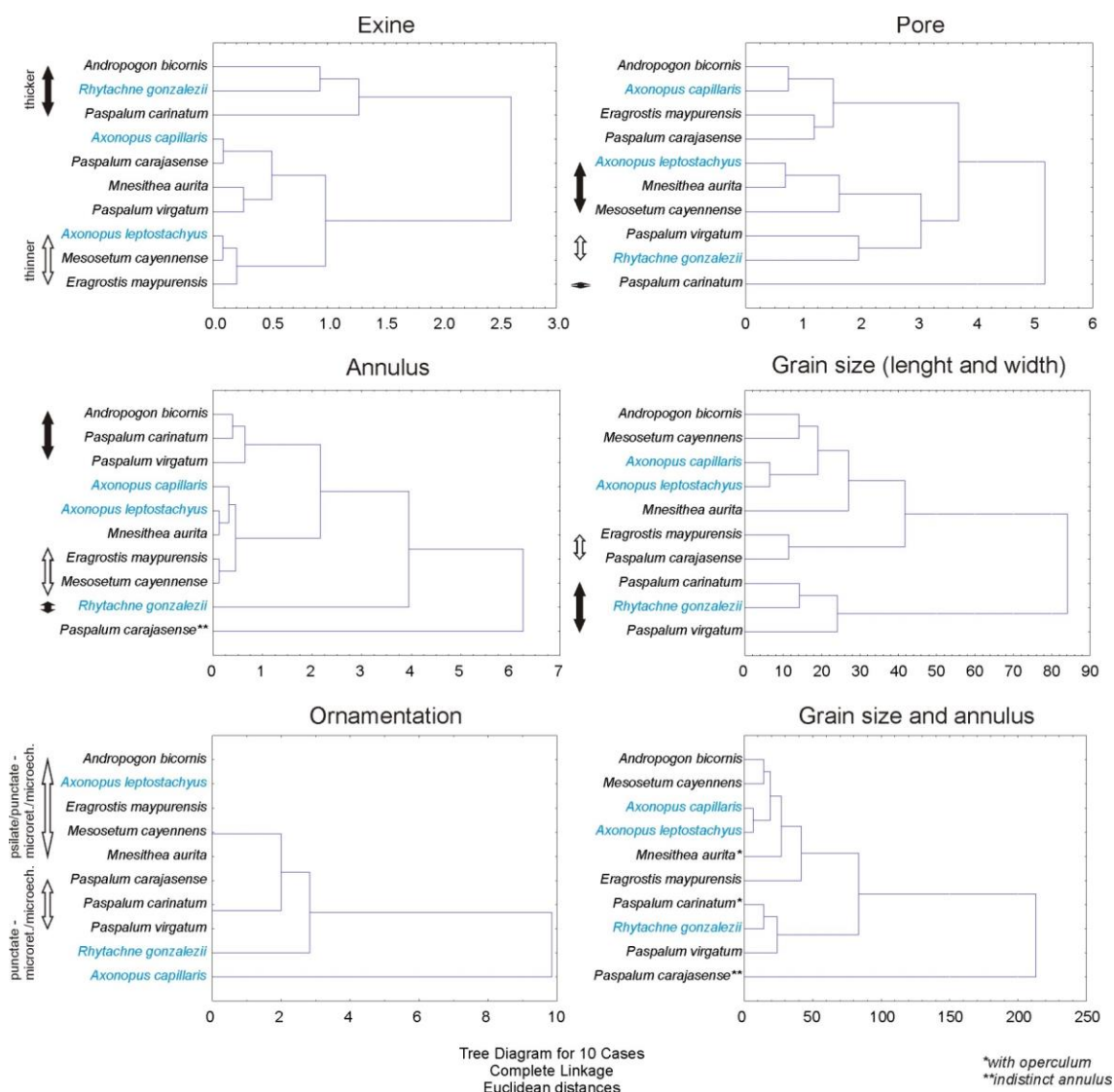


Figura 50 - Análise estatística das características morfológicas dos grãos de Poaceae. Em azul as espécies de ambientes úmidos.

5 CONCLUSÃO

As exsicatas do herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi forneceram os grãos de pólen para que lâminas fossem preparadas e analisadas para a identificação sistemática. Essas lâminas irão compor o acervo físico da palinoteca, que será instalada no Parque Zoobotânico de Carajás. A palinoteca será uma das pioneiras do Brasil em termos de coleção detalhada de espécimes vegetais que constituem referências científicas e terá grande importância para a conservação da biodiversidade da Amazônia Oriental. As microfotografias dos grãos e suas descrições serão organizadas em um catálogo das espécies da Serra dos Carajás e também serão adicionadas ao Neotropical Pollen Database, compondo o acervo digital. As descrições feitas para as espécies do acervo possibilitarão um maior detalhamento taxonômico das espécies vegetais e a análise comparativa dos tipos polínicos para uma identificação precisa em futuros estudos paleoambientais. Essas descrições geraram dados que foram utilizados para tentar distinguir espécies de Poaceae de ambientes secos e úmidos, resultando em diferenciação apenas em relação ao tamanho dos grãos somente para o gênero *Axonopus*.

REFERÊNCIAS

ABSY, M. L. et al. Mise en evidence de quatre phases d'ouverture da la foret dense dans le sud-est de L'Amazonie au cours des 60,000 dernieres annees. Premiere compararison avec d'autres regions tropicales. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, v. 312, p. 673-678. 1991.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. 2006. *Anatomia vegetal*. 2. ed. Viçosa: UFV. 438p.

BARBOSA, M. R. V.; PEIXOTO, A. L. Coleções botânicas brasileiras: situação atual e perspectivas. In: PEIXOTO, Ariane L. (org.) *Coleções biológicas de apoio ao inventário, uso sustentável e conservação da biodiversidade*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro. 2003.

BAWA, K. S. et al. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. pollination systems. *American Journal of Botany* n.72, p.346-356. 1985.

BEHLING, H., NEGRELLE, R. R. B., COLINVAUX, P. A. Modern pollen rain data from the tropical Atlantic rain forest, Reserve Volta Velha, South Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, n.97, p.287-299. 1997.

BEHLING, H.; COHEN, M.C.L.; LARA, R.J. Studies on Holocene mangrove ecosystem dynamics of the Bragança Peninsula in north-eastern Pará, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, n. 167, p. 225-242. 2001.

BUSH, M.B. Deriving response matrices from central American modern pollen rain. *Quaternary Research*, n.54, p.132-143. 2000.

BUSH, M.B. On the interpretation of fossil Poaceae pollen in the lowland humid neotropics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* n.177 p.5-17. 2002.

BUSH, M.B., COLINVAUX, P.A. A long record of climatic and vegetation change in lowland Panama. *Journal of Vegetation Science*, n.1, p.105-119. 1990.

BUSH, M.B., COLINVAUX, P.A. A paleoecological perspective of tropical forest disturbance: Records from Darien, Panama. *Ecology* n.75, p.1761-1768. 1994.

BUSH, M.B., RIVERA, R.S. Pollen dispersal and representation in a neotropical forest. *Global Ecology and Biogeography*, Lett. n.7, p.78-92. 1998.

BUSH, M.B. et al. Pleistocene temperature depression and vegetation change in Ecuadorian Amazonia. *Quaternary Research*, n.34, p.330-345. 1990.

BUSH, M.B. et al. A 14,300 year paleoecological profile of a lowland tropical lake in Panama. *Ecological Monographs*, n.62, p.251-276. 1992.

BUSH, M.B. et al. Orbital-forcing signal in sediments of two Amazonian lakes. *Journal of Paleolimnology*, v. 27, n. 3, p. 341-352. 2001.

BUSH, M.B. et al. The influence of biogeographic and ecological heterogeneity on amazonian pollen spectra. *Journal of Tropical Ecology*, v. 17, n. 5, p. 729-743. 2001.

BUSH, M.B. et al. Introducing a new (freeware) tool for palynology. *Journal of Biogeography*, v.34, n. 3, p. 377-380. 2006.

COHEN, M.C.L.; BEHLING, H.; LARA, R.J. Amazonian mangrove dynamics during the last millennium: The relative sea-level and the Little Ice Age. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 136, n.1-2, p. 93-108. 2005.

CRONQUIST, A. *An integrated system of classification of flowering plants*. Nova York: Columbia University Press, 1981. 1262 p.

CRONQUIST, A. *The evolution and classification of flowering plants*. 2. ed. Nova York: Botanical Garden, 1988. 555p.

DUNISCH, O.; MORAIS, R. R. Regulation of xylem sap flow in an evergreen, a semi-deciduous, and a deciduous Meliaceae species from the Amazon. *Trees*, n. 16, p.404-416. 2002.

EMERY, S. 2012. Succession: A Closer Look. *Nature Education Knowledge*, v. 3, n.16, p. 45.

ERDTMAN, G. Suggestion for the classification of fossil and recent grains as spores. *Svensk Bot. Tidskr*, v. 41, p. 104-114. 1947.

ERDTMAN, G. *Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Angiosperms.* Almquist & Wiksell: Estocolmo, 1952. 553 p.

ERDTMAN, G. Pollen walls and Angiosperm phylogeny. *Bot. Notis.* V. 113, p. 41-45. 1960.

ERDTMAN, G. *Handbook of Palynology - An Introduction to the Study of Pollen Grains and Spores.* Munksgaard: Copenhagen, 1969. 486 p.

FAEGRI, K. Recent trends in Palynology. *Botanical Review*, n.22, p.639-664. 1956.

FAEGRI, K., Some problems of representativity in pollen analysis. *Palaeobotanist*, n. 15, p. 135-140. 1966.

FAEGRI, K. ; IVERSEN, J. *Textbook of modern pollen analysis.* Munksgaard: Copenhagen, 1950. 168 p.

FAEGRI, K. ; IVERSEN, J. *Textbook of Pollen Analyses.* John Wiley and Sons LTD: Chichester, 1989. 328 p.

FISCH, G.; VENDRAME I. F.; HANAOKA P. C. M. Variabilidade espacial da chuva durante o experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia. *Acta Amazonica.* v.37, n. 4, p. 583-590. 2007.

GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA. *Projeto Ferro Carajás S11D Estudo de Impacto Ambiental – EIA.* Rel. RIMA. 2010. 608 p.

GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA. *Similaridade das paisagens de savanna metalófila.* Projeto Área Mínima de Canga. Relatório Final RT-020_099-515-5006_00-J. 2011. 444p.

GONÇALVES, J.F.C. et al. Growth, photosynthesis and stress indicators in young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 17, n. 3, p. 325-334. 2005.

HERMANOWSKI, B. et al. Palaeoenvironmental dynamics and underlying climatic changes in southeast Amazonia (Serra Sul dos Carajás, Brazil) during the late Pleistocene and Holocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 365–366, p. 227–246. 2012.

HESLOP-HARRISON, J. *Pollen: Development and Physiology*. Butterworth, Londres. 1971. 378 p.

HESSE, M. et al. *Pollen Terminology: An illustrated handbook*. Springer-Verlag: Wien. 2009. 268 p.

HOOGHMSTRA, H.; VAN DER HAMMEN, T., Neogene and Quaternary development of the neotropical rain forest: the refugia hypothesis, and a literature review. *Earth-Science Reviews*, n. 44, p. 147-183. 1998.

HOOGHMSTRA, et al. Frequency spectra and paleoclimatic variability of the high-resolution 30-1450 ka Funza I pollen record (Eastern Cordillera Colombia). *Quaternary Science Review*, n. 12, p. 141-156. 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE. 92p. 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Mapa de Vegetação do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE, 2004.

IVERSEN, J. E TROELS-SMITH, J. Pollenmorphologische Definitionen Typen. *Danm. Geol. Unders.* Ser. 4,3 n. 8, p. 1-54. 1950.

INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. 2013. *Relatório das Atividades da Viagem de Campo III* (S11D, Canaã dos Carajás). 15 p.

JACOBSON, G.L., BRADSHAW, R.H.W. The selection of sites for paleovegetational studies. *Quaternary Research*, n. 16, p. 80-96. 1981.

JOLY, C. et al. Grain and annulus diameter as criteria for distinguishing pollen grains of cereals from wild grasses. *Review of Palaeobotany and Palynology* v. 146, p. 221–233, 2007.

KREMP, G.O.W. *Morphologic Encyclopedia of Palynology*. University of Arizona Press: Tucson. 1965. 263 p.

LANDRY, C. Mighty Mutualisms: The Nature of Plant-pollinator Interactions. *Nature Education Knowledge*, v. 3, n. 10, p. 37. 2012.

LAURANCE, W. F. et al. Relationships between soils and Amazon forest biomass: a landscape-scale study. *Forest Ecology and Management*, v, 118, n. 1–3, p. 127-138, 1999.

LIMA, H.N. Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental. 2001. 176 f.Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa. 2001.

MELHEM, T.S.; SALGADO-LABOURIAU, M.L. Grãos de pólen de plantas do cerrado. V. Leguminosae. *Ciencia e Cultura*, v.14, n.3, p.194. 1962.

METCALFE, S.E. et al. Late Holocene human impact on lake basins in Central Mexico. *Geoarchaeology*, n. 4, p. 119-141. 1989.

MÖRNER, N.; D. ROSSETI; P.M. TOLEDO. The Amazon rainforest only 6-5 millions years old, p. 3-18. In: I.C.G. VIEIRA; J.M.C. DA SILVA; D.C. OREN & M.A. D'INCAO (ed). *Diversidade cultural e biológica da Amazônia*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. 421p.

PRANCE, G.T., SCHUBART, H.O.R. Nota preliminar sobre a origem das campinas abertas de areia branca do baixo rio negro. *Acta Amazonica*, n. 7, p. 567-570. 1977.

PRENTICE, I.C. Pollen representation, source area, and basin size: Toward a unified theory of pollen analysis. *Quaternary Research*, n. 23, p. 76-86. 1985.

PUNT, W. et al. *Glossary of pollen and spore terminology*. LPP Foundation, Utrecht, LPP Contributions Series 1: Utrecht, 71 p. 1994.

PUNT, W. et al. Glossary of pollen and spores terminology. *Review of Paleobotany and Palynology*, v. 143, n. 1-2, p. 1-81. 2007.

RAVEN, P. H., EVERT, R. F., EICHHORN, E. S. *Biologia Vegetal*. 5ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 728 p.

RODGERS, J.C.I., HORN, S.P. Modern pollen spectra from Costa Rica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. n. 124, p. 53-71. 1996.

SALATI, E.; MARQUES, J. Climatology of the Amazon region. In: SIOLI, H. (ed.). *The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Springer Netherlands: [S.I.], 1984. 763 p.

SALGADO-LABOURIAU, M.L. *Cr terios e t cnicas para o Quatern rio*. Edgard Bl cher: S o Paulo, 2007. 387 p.

SALGADO-LABOURIAU, M.L.; RINALDI, M. Palynology of Gramineae of the Venezuelan Mountains. *Grana*, v. 29, p. 119–128. 1990.

SALOMANS, J.B., 1986. Paleoecology of volcanic soils in the Colombian Central Cordillera (Parque Nacional Natural Los Nevados). *Dissertationes Botanicae*, Stuttgart. 1986. 212 p.

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

SUGITA, S. A model of pollen source area for an entire lake surface. *Quaternary Research*, n. 39, p. 239-244. 1993.

SUGITA, S. Pollen representation of vegetation in Quaternary sediments theory and method in patchy vegetation. *Journal of Ecology*, n. 82, p. 881-897. 1994.

THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of The Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v.141, p. 399-436. 2003.

THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v.161, p. 105-121. 2009.

TRAVERSE, A. *Paleopalynology*. 2ed. Springer: [S.l.], 2007. 813 p.

WANG, G. G.; BAUERLE, W. L.; MUDDER, B. T. Effects of light acclimation on the photosynthesis, growth, and biomass allocation in American chestnut (*Castanea dentata*) seedlings. *Forest Ecology and Management*, v. 226, p.173-180. 2006.