

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PALINOLOGIA EM ESPÉCIES DE ROSALES NATIVAS DE FRAGMENTOS
FLORESTAIS REMANESCENTES DE CERRADO**

ISAURA DE PAULA CERDAN

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas

Jaboticabal – SP

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PALINOLOGIA EM ESPÉCIES DE ROSALES NATIVAS DE FRAGMENTOS
FLORESTAIS REMANESCENTES DE CERRADO**

ISAURA DE PAULA CERDAN

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Custódio Gasparino

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de
Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel
em Ciências Biológicas

Jaboticabal – SP
1º Semestre/2023

C413p

Cerdan, Isaura de Paula

Palinologia em espécies de Rosales nativas de fragmentos florestais remanescentes de Cerrado / Isaura de Paula Cerdan. -- Jaboticabal, 2023

64 p. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Eduardo Custódio Gasparino

1. Morfologia vegetal. 2. Botânica. 3. Flora do Cerrado. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Título: Palinologia em espécies de Rosales nativas de fragmentos florestais remanescentes de cerrado

Acadêmica: Isaura de Paula Cerdan

Curso: Ciências Biológicas

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Custódio Gasparino

Departamento de Biologia Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” UNESP, Jaboticabal.

Período: 1º semestre de 2023.

CONCEITO: Aprovado

Este trabalho é recomendado para compor a base de dados Repositório: SIM NÃO

Reprovado

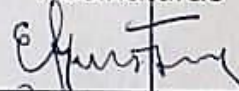
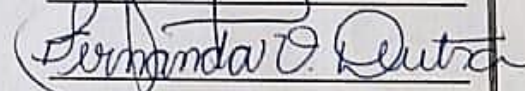
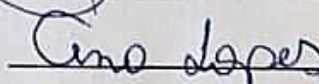
BANCA EXAMINADORA:

Presidente: Prof. Dr. Eduardo Custódio Gasparino

Membro: Profa. Dra. Fernanda Vitorete Dutra

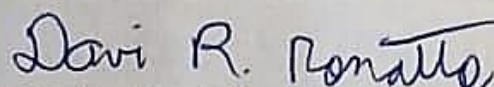
Membro: Me. Ana Carolina Venancio Lopes

Assinaturas

Jaboticabal: 29/06/2023

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 10/07/2023


Prof. Dr. Davi Rodrigo Rossatto
Chefe do Departamento

*“Quando as águas foram embora
Plantei sonhos no chão
Mas demora, minha gente
Ter na horta um verde puro
Ou dar fruto bem maduro
[...]
Meu adubo foi amor
Esperança, o regador
[...]
Natureza tem seus planos
Da semente sai futuro
Nem que seja temporão”*

- Almir Sater

Agradecimentos

A minha mãe Maria Aparecida e ao meu pai Marcelo pelo suporte e amor dedicado a mim em todos os momentos da minha vida. Nos momentos mais difíceis, vocês me ampararam. Agradeço a minha avó Maria de Lourdes e a minha família pelo apoio e por acreditar que tudo seria possível.

À Laura, à Maria Paula e à Yasmin, pelo carinho e companheirismo em etapas importantes da minha vida. Guardo nossas lembranças eternamente.

Aos meus amigos e futuros biólogos Eduardo, Gabriela, Isabelle, João, Maria Eduarda, Matheus e Milena por me acompanharem durante a graduação, me encorajarem e tornarem todos os momentos mais leves e divertidos.

À Ludmilla e à Pierina, mulheres admiráveis que tive o prazer de conhecer no início da minha graduação e foram responsáveis por me apresentar ao universo científico.

Ao meu orientador, Professor Eduardo, pela dedicação, paciência e suporte em todos os momentos. Gratidão eterna por acreditar em mim, por todos os conselhos, pela confiança e por me permitir realizar este trabalho e adentrar no mundo da palinologia.

Aos meus amigos Ana, Eduardo e Mayara por todos os conselhos, risadas e momentos inesquecíveis que passamos juntos. Agradeço também à Talita e à Fernanda por me acompanharem e tornarem meus dias mais felizes. Obrigada por estarem presentes e me darem suporte em dias bons e ruins e me ajudarem em momentos de dificuldade.

A todos do LaMPali, especialmente à Ana, ao Eduardo, à Esther, à Fernanda, à Jéssica, à Paloma, à Rhyanne, à Talita e à técnica Rô, pelo suporte, pelas discussões e ideias e pelo companheirismo diariamente.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelas bolsas de Iniciação Científica concedidas durante minha graduação (2021/11604-0 e 2022/14122-0).

Ao Departamento de Biologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (Unesp/FCAV), local onde conheci pessoas incríveis e onde pude desenvolver este trabalho.

Ao Herbário SP (Herbário do Estado “Maria Eneyda P. Kaufmann Fidalgo, Instituto de Botânica, São Paulo) pelos materiais herborizados fornecidos para a coleta de material polínico analisado neste trabalho.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	09
1.1 O BIOMA CERRADO	09
1.2 PALINOLOGIA	10
1.3 A ORDEM ROSALES	11
1.3.1 Cannabaceae	13
1.3.2 Moraceae	14
1.3.3 Rhamnaceae	15
1.3.4 Rosaceae	16
2 OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo geral	18
2.2 Objetivos específicos	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Espécies estudadas	19
3.2 Preparação do material analisado	21
3.2.1 Método de Acetólise	25
3.2.2 Análise em Microscopia Óptica	26
3.5 Fotomicrografias	28
4 RESULTADOS	30
4.1 Descrições polínicas	30
4.1.1 Descrição geral	30
4.1.2 Família Cannabaceae	32
4.1.3 Família Moraceae	35
4.1.4 Família Rhamnaceae	37
4.1.5 Família Rosaceae	40
4.2 Análises quantitativas	40
4.2.1 Diâmetros dos grãos de pólen	40
4.2.2 Análise de Componentes Principais (ACP)	47
4.3 Análise de Cluster qualitativo	49
5 DISCUSSÃO	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

RESUMO

Rosales é classificada como uma ordem que inclui nove famílias e cerca de 6.300 espécies. As maiores famílias de Rosales são Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae, Rosaceae, Ulmaceae e Urticaceae. Neste trabalho, estudou-se a morfologia polínica de 15 espécies de Rosales nativas de fragmentos florestais remanescentes de Cerrado pertencentes às famílias Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae e Rosaceae. A obtenção dos dados palinológicos é de grande importância para fornecer subsídios que possam contribuir com a taxonomia e sistemática destas famílias. Foram utilizados materiais herborizados provenientes de coletas no Herbário do Estado "Maria Eneyda P. Kaufmann Fidalgo" (SP). Os grãos de pólen foram acetolisados, mensurados, descritos e fotografados sob microscopia de luz e microscopia eletrônica de varredura. Os dados quantitativos foram analisados por estatística ideal ao tamanho das amostras, incluindo análise multivariada. Os dados qualitativos foram organizados para a descrição polínica e análise multivariada de agrupamento (cluster). Observou-se que os grãos de pólen das famílias estudadas de Rosales são mônades, isopolares, pequenos ou médios; âmbito subcircular, circular ou subtriangular; suboblatos, oblatos esferoidais ou prolatos esferoidais; 2-3-porados, 3-colporados ou 3- colpados; nos colporados endoaberturas lalongadas; exina fina, tectada; ornamentação microrreticulada, psilado-perfurada, nanoequinada, granulada-nanoequinada ou estriada; sexina mais espessa que nexina. Os principais caracteres morfopolínicos que contribuíram para a separação das famílias são o número e tipo de aberturas e a ornamentação da exina. Com relação aos dados quantitativos que mais contribuíram para a palinologia de Rosales estão o comprimento e a largura das ectoaberturas, o diâmetro equatorial em vista polar e o diâmetro polar em vista equatorial. Portanto, conclui-se que a ordem Rosales pode ser considerada euripolínica, por apresentar elevada variação morfopolínica entre as famílias. No entanto, os gêneros das famílias analisadas no presente estudo são estenopolínicos por possuírem poucas variações da morfologia dos grãos de pólen.

Palavras-chave: morfologia polínica, grãos de pólen, euripolínica.

ABSTRACT

Rosales is classified as an order that includes nine families and about 6,300 species. The largest families of Rosales are Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae, Rosaceae, Ulmaceae and Urticaceae. In this work, the pollen morphology of 15 species of Rosales native to remnant forest fragments of the Cerrado belonging to the families Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae and Rosaceae was studied. Obtaining palynological data is of great importance to provide subsidies that can contribute to the taxonomy and systematics of these families. Herbarium materials from collections at the State Herbarium "Maria Eneyda P. Kaufmann Fidalgo" (SP) were used. Pollen grains were acetolyzed, measured, described, and photographed under light microscopy and scanning electron microscopy. Quantitative data were analyzed using statistics, including multivariate analysis. Qualitative data were organized for pollen description and multivariate cluster analysis. It was observed that the pollen grains of the Rosales families studied are monads, isopolar, small or medium; subcircular, circular or subtriangular in polar view; suboblate, oblate-spheroidal, or prolate-spheroidal; 2-3-porate, 3-colporate or 3-colpate; in colporate, endoapertures were lalongate; exine thin; microreticulate, psilate-perforate, nanoequinate, granulate-nanoequinate or striate ornamentation; sexine thicker than nexine. The main morphometric pollen grain character that contributed to the separation of families are the number and type of apertures and the exine ornamentation. The quantitative data that most contributed to Rosales palynology are the length and width of the ectoapertures, the equatorial diameter in polar view and the polar diameter in equatorial view. Therefore, the order Rosales can be considered eurypalynous, as it presents high morphometric pollen grains variation between families. However, the genera of the families analyzed in the present study are stenopalynous because they have few variations in the morphology of the pollen grains.

Keywords: pollen morphology, pollen grains, eurypalynous

1 INTRODUÇÃO

1.1 O BIOMA CERRADO

Atualmente são reconhecidos seis biomas brasileiros característicos por seus distintos tipos de solos e fatores climáticos, sendo eles: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa (BRASIL, 2021). O Cerrado é considerado o segundo maior bioma brasileiro e compreende uma grande biodiversidade (KLINK; MACHADO, 2005) não somente de espécies, mas também das suas fitofisionomias e ambientes (COUTINHO, 2006).

No Brasil, o Cerrado está localizado no Planalto Central do Brasil e apresenta climas tropicais com duas estações bem definidas, sendo o outono e inverno secos (maio a setembro) e primavera e verão chuvosos (outubro a abril) (BASTOS; FERREIRA, 2010). De acordo com a Flora e Funga do Brasil (2020), no bioma, ocorrem 300 famílias de angiospermas e cerca de 2.267 gêneros e 13.994 espécies.

Atualmente, o Cerrado pode ser considerado uma savana (COUTINHO, 2006) com vegetações que podem ocorrer sob estresse hídrico durante as secas anuais (SARTORELLI; CAMPOS FILHO, 2017). O bioma apresenta fitofisionomias variadas como Campo Limpo, Campo Sujo, Campo Cerrado, Campo Rupestre, Cerrado, Cerrado Denso e Cerradão (BASTOS; FERREIRA, 2010; SARTORELLI; CAMPOS FILHO, 2017). Essas características do Cerrado são responsáveis por garantir a sua estrutura e funcionalidade particulares (COUTINHO, 2006) e a sua elevada biodiversidade (BASTOS; FERREIRA, 2010).

Vale ressaltar que a conservação do Cerrado é essencial à manutenção da biodiversidade, já que é um bioma fundamental para o equilíbrio dos demais devido sua localização geográfica e à fauna e flora, que estabelecem conexão com os outros sistemas e formam corredores naturais que proporcionam essa ligação (BASTOS; FERREIRA, 2010). No entanto, o Cerrado está entre os ecossistemas tropicais que sofrem altas taxas de destruição e a sua diversidade de espécies é menosprezada (KLINK; MACHADO, 2005; SCARIOT; FELFILI; SILVA, 2005; COUTINHO, 2006).

As principais ameaças aos recursos naturais e à biodiversidade do bioma são o uso não sustentável das terras, a degradação dos solos e a dispersão de

espécies exóticas (KLINK; MACHADO, 2005; DALMOLIN; CATEN, 2012). Além disso, transformações como desmatamento, extinção de espécies nativas, poluição de aquíferos e fragmentação de habitat causaram consequências negativas aos ecossistemas do Cerrado (KLINK; MACHADO, 2005).

Atividades antrópicas sobre as áreas nativas, como a expansão agrícola, são as principais responsáveis pela fragmentação florestal do Cerrado (CORRÊA; LOUZADA, 2010). Ou seja, áreas florestais que eram contínuas, se tornam fragmentadas, dispostas em fragmentos remanescentes (RODRIGUES; NASCIMENTO, 2006). Essa fragmentação causa alterações no habitat nativo da área, prejudicando diversas espécies que vivem no ambiente, o que influencia na redução da abundância, reprodução e sobrevivência dessas espécies (RAMBALDI; OLIVEIRA, 2003).

Com o objetivo de ampliar a conservação da biodiversidade de áreas florestais fragmentadas vários estudos têm sido desenvolvidos, e entre eles o projeto de pesquisa do programa Biota FAPESP “Fauna e flora de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo (11/00781-7). Com base nesse projeto, e a fim de contribuir para a conservação da flora desses fragmentos, o estudo da palinologia de espécies nativas dessa região é importante para ampliar dados morfológicos que possam auxiliar estudos taxonômicos de espécies de Rosales nativas desses fragmentos florestais.

1.2 PALINOLOGIA

A palinologia é a ciência que estuda a morfologia externa dos grãos de pólen e esporos fósseis e atuais; e está intimamente relacionada com a taxonomia vegetal e a paleobotânica (FAEGRI, 1956; ERDTMAN, 1963; MELHEM, 1978). Ela só passou a ser considerada uma ciência separada da sistemática vegetal a partir de 1945, quando Hyde e William criaram o termo (FAEGRI, 1956; MELHEM, 1978), o qual é uma junção das palavras em grego *paluno*, que significa “eu espalhei”, *pale*, no sentido de “poeira” e *logos*, que significa “palavra ou fala” (HALBRITTER *et al.*, 2018). No entanto, sabe-se que os grãos de pólen já eram estudados anteriormente ao surgimento dessa ciência (ERDTMAN, 1952).

O principal objeto de estudo da palinologia são os grãos de pólen (HALBRITTER *et al.*, 2018). Os grãos de pólen são estruturas microscópicas

produzidas pelas plantas espermatófitas denominadas de microgametófitos, que carregam a célula reprodutora masculina, sendo considerados uma fase de vida das plantas (MELHEM, 1978).

A morfologia dos grãos de pólen é muito diversa (BARTH; MELHEM, 1988) e pode ser uma maneira muito eficaz para a classificação de grupos taxonômicos (WALKER; DOYLE, 1975), porque é uma característica que permanece estável ao longo de milhões de anos (HEBDA; CHINNAPPA, 1990). Os caracteres morfológicos mais utilizados nos estudos de palinologia são a estrutura e escultura da parede, os números e tipos de aberturas, a unidade, o tamanho, a forma e a simetria dos grãos de pólen (WALKER; DOYLE, 1975; GASPARINO; CRUZ-BARROS, 2006).

Com o passar do tempo, a palinologia básica se desenvolveu, permitindo o surgimento de outros ramos como a palinologia aplicada, que engloba diversas áreas relacionadas com o estudo dos grãos de pólen. Por exemplo, a melissopalinologia, ramo que estuda os grãos de pólen do mel, sendo importante para determinar as espécies vegetais visitadas pelas abelhas. A geopalinologia, área que auxilia na reconstrução da flora do passado através do estudo do pólen presente nos estratos do solo. A aeropalinologia, que estuda os grãos de pólen da atmosfera responsáveis por promover crises alérgicas. A palinotaxonomia, que utiliza a morfologia dos grãos de pólen para apoiar a classificação taxonômica dos grupos de plantas e é de grande importância taxonômica, filogenética e evolutiva. (MELHEM, 1978).

Vale ressaltar que o estudo da palinologia básica é de suma importância, pois a partir dela são fornecidos subsídios para todas as áreas aplicadas da palinologia.

1.3 A ORDEM ROSALES

No passado, a ordem Rosales foi descrita por Johri, Ambegaokar e Srivastava (1992) incluindo 19 famílias distribuídas em quatro subordens: Hamamelidinae (famílias Platanaceae, Hamamelidaceae e Myrothamnaceae), Saxifraginae (famílias Crassulaceae, Cephalotaceae, Saxifragaceae, Brunelliaceae, Cunoniaceae, Davidsoniaceae, Pittosporaceae, Byblidaceae, Roridulaceae e Bruniaceae), Rosinae (famílias Rosaceae, Neuradaceae,

Chrysobalanaceae) e Leguminosineae (famílias Connaraceae, Leguminosae, Krameriaceae).

Anteriormente, a taxonomia vegetal era baseada somente nos caracteres morfológicos. Com o desenvolvimento de novas técnicas moleculares, as abordagens estruturais, citológicas e químicas passaram a ser utilizadas como auxílio na classificação e reorganização dos grupos vegetais. (NOSHAD *et al.*, 2020).

De acordo com a classificação mais atual da APG IV (2016), Rosales é classificada como uma ordem que inclui nove famílias: Barbeyaceae, Cannabaceae, Dirachmaceae, Elaeagnaceae, Moraceae, Rhamnaceae, Rosaceae, Ulmaceae, Urticaceae; totalizando cerca de 263 gêneros e 8.010 espécies.

Rosales compreende cerca de 1,9% da diversidade de eudicotiledoneas (APG IV, 2016), sendo suas principais famílias, em número de espécies, Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae, Rosaceae, Ulmaceae e Urticaceae. Vale ressaltar que Cannabaceae, Moraceae, Ulmaceae e Urticaceae compreendem um grupo monofilético, comumente denominado de 'Urticalean Rosids', suportado por suas flores pequenas e polinizadas pelo vento, consideradas apomorfias para o grupo. (SIMPSON, 2010).

Dentro da ordem Rosales, estão diversas espécies cultivadas de forma ornamental e como frutíferas comestíveis, por exemplo espécies do gênero *Prunus* L., incluindo as amêndoas, cerejas e pêssegos (NISA *et al.*, 2022). Espécies de grande importância econômica e cultural em muitos países também estão incluídas em Cannabaceae, como *Cannabis sativa*, produzida para retirada de fibras *hemp*, e *Humulus lupulus*, utilizada na produção de cerveja (SIMPSON, 2010). No geral, a ordem é um grupo morfológicamente muito diverso e apresenta uma grande diversidade de polinizadores, como o vento, insetos e aves. (CAMPBELL, 2002).

Os grãos de pólen de Rosales são descritos na literatura como mônades, 3-4-colporados, 3-colpados ou 2-3-colpados, pequenos, de forma prolato ou esferoidal e com ornamentação microrreticulada, granulada, estriada, psilada ou escabrada (HAMILTON, 1976; JOHRI *et al.*, 1992; BURN; MAYLE, 2008; KUMAR *et al.*, 2022). Considera-se que a ornamentação granulada seja uma sinapomorfia para algumas famílias, como Ulmaceae, Cannabaceae, Moraceae e Urticaceae (APG IV, 2016).

1.3.1 Cannabaceae

Cannabaceae, popularmente conhecida como a família da maconha, é constituída por ervas, árvores ou arbustos (MARTINS; PIRANI, 2009) e apresenta 10 gêneros e 117 espécies amplamente distribuídas no mundo (STEVENS, 2017). No Brasil, segundo Romaniuc Neto, Torres e Santos (2015), só ocorrem dois gêneros e sete espécies da família, *Celtis* L. e *Trema* Lour.

Sabe-se que a classificação taxonômica de Cannabaceae já foi muito discutida na literatura. Os gêneros dessa família eram incluídos no complexo Ulmaceae-Celtidaceae-Cannabaceae, ou até mesmo em Moraceae ou Urticaceae. No entanto, recentemente, alguns estudos demonstraram que Cannabaceae é um grupo monofilético e possui gêneros como *Celtis* e *Trema*, que anteriormente eram classificados como Ulmaceae, incluídos em Cannabaceae. (MARTINS; PIRANI, 2009).

As flores de Cannabaceae são polinizadas pelo vento, e algumas espécies, podem produzir mais de 500 milhões de grãos de pólen em cada inflorescência, como a *Cannabis sativa* L. (KUBITZKI, 1993). No entanto, na maioria das espécies, as sementes são dispersas por aves, já que seus frutos geralmente são drupáceos, coloridos e apresentam a polpa adocicada como atrativo (JUDD *et al.*, 2009).

Celtis é muito conhecido por possuir espécies produtoras de madeira, de cultivo ornamental (JUDD *et al.*, 2009) e importantes no reflorestamento e recuperação das áreas degradadas (SOUZA, 2019). Os grãos de pólen de espécies de *Celtis* já foram descritos por Zavada (1983), Punt e Malotau (1984), Sattarian, Van Den Berg e Van Der Maesen (2006), Palazzesi *et al.* (2007), Zarafshar *et al.* (2010), Cassino e Meyer (2011) e Shahbaz e Sharif (2017) como pequenos a médios, 3-porados com presença de ânulo, oblato esferoidais, prolatos ou subprolatos e com ornamentação verrucada ou granulada.

Straka (1966), Hamilton (1976) e Zavada (1983) descreveram a palinologia do gênero *Trema* apresentando grãos de pólen 2-porados e de forma suboblato. Abbas *et al.* (2022) e Basak *et al.* (2023) estudaram os grãos de pólen de *Cannabis*, gênero que não ocorre naturalmente no Brasil, como mônades, médios, oblato esferoidais. No entanto, os autores divergem com relação às aberturas, sendo que

os primeiros consideram os grãos de pólen como 3-porados, enquanto os segundos, 3-poroporados.

1.3.2 Moraceae

Moraceae, a família das figueiras, apresenta 39 gêneros que incluem aproximadamente 1137 espécies (STEVENS, 2017). distribuídas principalmente nas regiões tropicais e temperadas (BERG, 1980; JUDD *et al.*, 2009). Moraceae é uma das oito famílias mais diversas de floresta tropical de planície e ocorre principalmente na região tropical (STEVENS, 2017). No Brasil são encontrados 21 gêneros com cerca de 230 espécies de Moraceae (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020).

As espécies de Moraceae são árvores, arbustos e, em alguns casos, hemiepífitas ou ervas (ROMANIUC NETO; PEDERNEIRAS; GAGLIOTI, 2018), sendo muitas delas economicamente importantes na produção frutífera e de madeira (ROHWER; BERG, 1993).

O principal e maior gênero dessa família em número de espécies é o das figueiras (*Ficus* L.), que contém cerca de 800 espécies (PELLISSARI; ROMANIUC NETO, 2013). As espécies de *Ficus* crescem de formas diversas, algumas pode nascer como epífitas, mas quando crescem se enraízam no solo e podem prejudicar a árvore hospedeira, com suas raízes estranguladoras (JUDD *et al.*, 2009). Alguns gêneros produzem importantes frutos comestíveis, como o *Ficus*, *Morus* L. (das amoras) e *Arctocarpus* Blanco (da jaca); e muitos outros são excelentes produtores de madeira (JUDD *et al.*, 2009).

As flores de Moraceae são unissexuais e apresentam-se como inflorescências em cachos (PEDERNEIRAS *et al.*, 2011). Grande parte delas é polinizada pelo vento, no entanto, as flores de *Ficus* são polinizadas exclusivamente por vespas. Há indícios de que as flores das figueiras coevolúram com as vespas polinizadoras. Esses insetos põem seus ovos nas flores e as suas larvas se alimentam do tecido ovariano delas. As flores se desenvolvem em sintonia com as larvas das vespas, para assim, abrirem quando as larvas saírem das pupas. Logo, as vespas carregarão o pólen e levarão até outras flores. (CAMPBELL, 2002).

Os grãos de pólen da família Moraceae foram estudados por Punt (1978) e Punt e Malotau (1984), que os descrevem como pequenos, 2-3-4-porados e

afirmam que as principais características polínicas que diferenciam os gêneros da família são o número de poros, a forma e o tamanho.

Em trabalhos de Barth, Macieira e Côrte-Real (1975) e Barth (1976) é possível encontrar descrições dos grãos de pólen da família, incluindo o gênero *Brosimum*, que possuem grãos de pólen pequenos, arredondados e esferoidais, 2-porados com poros circulares com presença de opérculo.

Burn e Mayle (2008) também estudaram grãos de pólen de espécies de *Brosimum* como isopolares, esferoidais ou subproblatos, 2-porados com presença de ânulo ao redor dos poros e escabrada ou psilada. Punt e Eetgerink (1982) descrevem a morfologia polínica de *Maclura* (Moraceae) como 2-3-4-porados e oblato esferoidais. De acordo com Burn e Mayle (2008) os grãos de pólen de *Maclura* e *Sorocea* são esferoidais, 2-porados sem ânulo ao redor dos poros.

1.3.3 Rhamnaceae

Rhamnaceae, família do joazeiro, inclui aproximadamente 52 gêneros e 1055 espécies em todo o mundo, principalmente em regiões tropicais e temperadas (STEVENS, 2017). A família é praticamente cosmopolita, ocorrendo principalmente em solos calcários, e é frequentemente apresentada como árvores, arbustos ou lianas (JUDD *et al.*, 2009).

No Brasil, ocorrem 14 gêneros e 48 espécies, sendo distribuídas em todos os biomas do país (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020). Muitas espécies da família são economicamente importantes no mundo todo, algumas são alimentícias e consumidas por seres humanos, como a jujuba (*Zizyphus jujuba* (L.) Gaertn) e a uva-japonesa (*Hovenia dulcis* Thunb.) (JUDD *et al.*, 2009). Outras são cultivadas de forma ornamental, como várias espécies dos gêneros *Ceanothus* L. (PERVEEN; QAISER, 2005) e *Hovenia* Thunb (LI; YE; BI, 2020).

A polinização das flores de Rhamnaceae ocorre com a visita de moscas, abelhas, vespas e coleópteros. A dispersão das sementes com frutos carnosos, por exemplo, em *Rhamnus* L., *Berchemia* Neck. ex DC. e *Reynosa* Griseb., pode ocorrer através de aves e mamíferos. Outros gêneros, como *Ceanothus* L. e *Colubrina* Rich. ex Brongn., apresentam drupas deiscentes, ou seja, suas sementes são liberadas no ambiente naturalmente. (BRIZICKY, 1964).

O trabalho de Yu-long *et al.* (1986) apresenta a descrição polínica de espécies de Rhamnaceae como grãos de pólen oblatos ou suboblatos e 3-colporados. Já em 1992, os mesmos autores estudaram outros gêneros da família, incluindo *Colubrina*, que apresenta grãos de pólen subesferoidais ou suboblatos, com âmbito triangular, 3-colporados e com ornamentação reticulada ou rugosa.

Salgado-Laboriau, Carvalho e Cavalcante (1969) descrevem os grãos de pólen de Rhamnaceae como oblato esferoidais, com âmbito triangular e 3-colporados. Para Schirarend (1996) e Medan e Schirarend (2004), os grãos de pólen de alguns gêneros de Rhamnaceae são isopolares, angulaperturado e 3(4)-colporado ou 3-colporados; com ornamentação microrreticulada, estriada, rugulada ou raramente psilada.

Mais recentemente, Gotelli, Galati e Zarlavsky (2016), estudaram grãos de pólen da família e os descrevem como suboblatos, oblato esferoidais ou prolato esferoidais, âmbito subcircular, subtriangular ou triangular, 3-colporados com ornamentação estriada-rugulada ou rugulada.

1.3.4 Rosaceae

Rosaceae, conhecida como a família das rosas, é composta por árvores, arbustos, lianas ou ervas morfológicamente diversos e apresenta cerca de 92 gêneros com mais de 2800 espécies (APG IV, 2016). De acordo com a Flora e Funga do Brasil (2020), essa família é amplamente distribuída no mundo, e o Brasil apresenta cerca de 20 gêneros e 82 espécies.

Alguns gêneros de Rosaceae possuem grande importância econômica (HEBDA; CHINNAPPA, 1994), principalmente para a produção de madeira, como é o caso da espécie *Prunus serotina* Ehrh., que é muito utilizada na produção de móveis e artesanato (JUDD *et al.*, 2009). Muitos gêneros dessa família são importantes produtores de frutos comestíveis, como morangos (*Fragaria* L.) e amoras (*Rubus* L.). A família também inclui plantas que são cultivadas de forma ornamental, como espécies do gênero *Rosa* L. (as rosas), e as espécies de buquê-de-noiva (*Spiraea prunifolia* Siebold & Zucc.) e da rosa-do-japão (*Kerria japonica* (L.) DC.) (HUMMER; JANICK, 2009).

As flores de Rosaceae são polinizadas principalmente por abelhas, borboletas e coleópteros. A dispersão de seus frutos e sementes é muito

diversificada e pode ocorrer raramente através do vento quando apresentam sementes e hipantos alados ou estiletos plumosos; da dispersão interna pela ingestão por animais - endozoocoria; ou da dispersão externa - epizoocoria, quando há a presença de estiletos ou espinhos que são propícios a se acoplarem ao corpo dos animais. (KALKMAN, 2004).

Para Perveen e Qaiser (2014), Rosaceae pode ser considerada uma família euripolínica e apresenta grãos de pólen em mônades, isopolares, prolato esferoidais a subprolatos ou oblato esferoidais, 3-colporados ou 3-colpados, com ornamentação estriada-rugulada ou reticulada.

A palinologia de Rosaceae também foi estudada por Hebda, Chinnappa e Smith (1988) e Hebda e Chinnappa (1990, 1994), que descrevem os grãos de pólen como mônades, isopolares, elipsoides ou oblatos e 3-colporados.

Chung, Elisens e Skvarla (2010) e Vafadar *et al.* (2010) descrevem os grãos de pólen de Rosaceae como subprolatos ou esferoidais com três aberturas, com variações entre os gêneros quanto a ornamentação – estriada, verrucada, rugulada ou perfurada.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar a morfologia polínica de espécies de Rosales analisando e descrevendo os grãos de pólen dos táxons nativos de fragmentos florestais remanescentes da região Noroeste do Estado de São Paulo.

2.2 Objetivos específicos

- Investigar novos caracteres polínicos que possam caracterizar as famílias (Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae e Rosaceae), gêneros e espécies de Rosales;
- Fornecer, através dos dados palinológicos, subsídios para o estudo da palinotaxonomia de Rosales buscando uma melhor delimitação dos táxons;
- Analisar a existência de diferenças qualitativas e quantitativas entre os grãos de pólen estudados;
- Contribuir com dados morfológicos precisos para futuros trabalhos envolvendo espécies de Rosales.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Espécies estudadas

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Morfologia Vegetal e Palinologia (LaMPali) do Departamento de Biologia da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus de Jaboticabal.

Neste trabalho foram analisadas 15 espécies de Rosales das famílias Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae e Rosaceae da ordem Rosales: *Celtis boliviensis* Planch.; *Celtis diffusa* Planch.; *Celtis gardneri* Planch.; *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg.; *Celtis lancifolia* (Weed.) Miq.; *Celtis orthacanthos* Planch.; *Trema micrantha* (L.) Blume; *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber, *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud., *Sorocea bonplandii* (Baill.) W.C. Burger, Lanj. & Wess. Boer.; *Colubrina glandulosa* Perkins, *Gouania ulmifolia* Hook. & Arn., *Gouania virgata* Reissek, *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek; e *Prunus myrtifolia* (L.) Urb.

Todas as espécies citadas ocorrem em fragmentos florestais remanescentes do noroeste do estado de São Paulo (Tabela 1) descritos por Necchi *et al.* (2012), exceto *Celtis boliviensis*, *Celtis diffusa*, *Celtis gardneri*, *Celtis lancifolia* e *Celtis orthacanthos*.

Tabela 1 - Lista de espécies de Rosales coletadas nos fragmentos remanescentes de vegetação nativa da região noroeste do estado de São Paulo. Nr = Novo registro; x = nova ocorrência para a região noroeste paulista; X = ocorrência no fragmento

Espécies	Nr.	Fragmentos																	
		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
<i>Prunus myrtifolia</i>	X															X			
<i>Colubrina glandulosa</i>	X																		X
<i>Gouania ulmifolia</i>			X		X					X			X		X				
<i>Gouania virgata</i>		X	X	X	X	X				X	X	X		X	X	X		X	X
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>		X	X			X	X			X		X	X	X	X			X	
<i>Celtis fluminensis</i>	X								X										X
<i>Celtis iguanaea</i>	X		X			X		X						X			X		
<i>Trema micrantha</i>		X								X						X		X	X
<i>Brosimum guianense</i>	X		X					X			X								
<i>Maclura tinctoria</i>						X													
<i>Sorocea bonplandii</i>	X									X									

Fonte: Modificado de Necchi *et al.* (2012).

Segundo Necchi *et al.* (2012), os 18 fragmentos florestais são constituídos principalmente de Floresta Estacional Semidecidual, sendo nove fragmentos grandes (área > 200 ha, definidos por G1 a G9) e nove pequenos (área de 50-150 ha, definidos por P1 a P9 – Tabela 2). Esses fragmentos florestais foram caracterizados a partir da observação do tipo de vegetação existente, estado de preservação, tipo de matriz adjacente–cultura permanente, pastagem, cana-de-açúcar, presença e qualidade de corpo(s) de água existente(s) no interior, nas bordas e/ou no entorno dos fragmentos.

Tabela 2 - Características gerais dos fragmentos florestais remanescentes amostrados na região noroeste do Estado de São Paulo. Códigos da vegetação: FESA - Floresta Estacional Semidecidual em Estágio Avançado de Sucessão; FESI - Floresta Estacional em Estágio Inicial de Sucessão; FESM - Floresta Estacional Semidecidual em Estágio Médio de Sucessão. Em negrito estão os fragmentos que apresentam as espécies de Rosales.

Código	Localização	Área (ha)	Vegetação principal do fragmento
G1	Novo Horizonte, Fazenda Serrinha	635,0	FESM
G2	Sales, Fazenda Águas Claras	1.799,6	FESI-FESM
G3	Planalto, Fazenda Taperão	207,5	FESM
G4	União Paulista, Fazenda Boa Vista	230,4	FESM
G5	São João de Iracema, Fazenda São Francisco	1.656,2	FESI-FESM
G6	Nova Granada, Fazenda São João	1.796,9	FESI
G7	Barretos, Fazenda Vista Bonita	885,5	FESM
G8	Bebedouro, Fazenda Córrego dos Bois	397,0	FESI
G9	Matão, Fazenda Cambuhy	2.189,6	FESA
P1	Santo Antonio do Aracanguá, Distrito de Vicentópolis, Fazenda Rancho Alegre	128,2	FESM
P2	Macaubal, Distrito de Ida Iolanda, Fazenda Pauã	66,8	FESI
P3	Votuporanga, Fazenda Primavera	112,6	FESM
P4	Turmalina, Fazenda São João	108,3	FESM
P5	Palestina, Fazenda Boa Vista	116,3	FESM
P6	Palestina, Fazenda Boa Vista	95,7	FESI-FESM
P7	Barretos, Fazenda Floresta	95,1	FESM
P8	Taquaritinga, Fazenda Santa Lúcia	55,6	FESM
P9	Pindorama, Estação Experimental	107,8	FESM

Fonte: Modificado de Necchi *et al.* (2012)

3.2 Preparação do material analisado

Os materiais herborizados das 15 espécies analisadas foram obtidos de exsicatas depositadas no Herbário SP (Herbário do Estado “Maria Eneyda P. Kaufmann Fidalgo”), conforme descrito na Tabela 3.

Para a análise da morfologia polínica, pelo menos duas flores fechadas de cada espécime próximas à antese foram utilizadas para obter amostra significativa de material. Um dos espécimes coletados foi utilizado como padrão, nas quais foram feitas todas as medidas para a descrição polínica. Os demais espécimes foram utilizados como materiais de comparação. Vale ressaltar que o número de espécimes de comparação foi determinado de acordo com a disponibilidade de material.

Tabela 3. Materiais polínicos coletados no Herbário SP utilizados como padrão e comparações.

Espécie	Dados de Coleta
<i>Celtis boliviensis</i>	*A.L. Maestro; A.M. Silveira, 32. 10/X/1994. Riolândia, São Paulo, Brasil. L.S. Leoni; A. M. Leoni, 462. 05/X/1988. Rio Carangola, Carangola, Minas Gerais, Brasil
<i>Celtis diffusa</i>	*A. C. Brade, 5800. 20/X/1912. Santana, São Paulo, São Paulo, Brasil. O. C. Goes; D. Constantino, 380. 31/VII/1943. Carangola, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil.
<i>Celtis gardneri</i>	*J. Coelho de Moraes, s.n. 29/I/1959. Paraíba, Brasil.
<i>Celtis iguanaea</i>	*I. Ramos; A.S. Costa, s.n. 15/XI/1938. Estação Experimental, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil
<i>Celtis lancifolia</i>	*C. Medri et al. 360 16/XIII/1997. Salto das Orquídeas, Sapopema, Paraná, Brasil.
<i>Celtis orthacanthos</i>	*L.S. Leoni, 489. 28/X/1988. Carangola, Minas Gerais, Brasil. C.A.B Miranda; O.T. Moura, 507b. 20/III/1988. Parque Arruda Câmara, João Pessoa, Paraíba, Brasil.
<i>Trema micrantha</i>	*J. Monteiro, 311. 31/XIII/2012. Estrada antiga Rio-São Paulo, Km 89, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil S.A. Nicolau; V.B. Faria, 1935. 07/X/1999. Várzea do Jenipapo, Luís Antônio, São Paulo, Brasil. A.Gehrt, s.n. 04/XI/1920. Ilha da Queimada Grande, Itanhaém, São Paulo, Brasil R. Behr, s.n. 27/X/1984. Atibaia, São Paulo, Brasil
<i>Brosimum guianense</i>	*E.L.M. Catharino, 2176. 09/X/1997. Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. N.M. Ivanauskas, 448 29/IX/1995. Estação Experimental do IAC, Pariqueira-Açu, São Paulo, Brasil
<i>Maclura tinctoria</i>	*L.C. Pederneiras et al., 661. 23/II/2011. Entorno do Parque Estadual Turístico do Vale do Ribeira, Bairro da Serra, Iporanga, São Paulo, Brasil E. Melo et al., 1457. 24/II/1996. Morro das Tocas, Itatim, Bahia, Brasil.
<i>Sorocea bonplandii</i>	*A.S. Pereira; O.T. Aguiar s.n. 06/IX/1990. Instituto Florestal, São Paulo, São Paulo, Brasil A.Santos et al., 141. 24/X/2011. Serra da Pedra Branca, Caldas, Minas Gerais, Brasil
<i>Colubrina glandulosa</i>	*W. Marcondes-Ferreira. 1025. 12/XI/1994. Morro Solteiro, Pedregulho, São Paulo, Brasil O. T. Aguiar. 253 28/III/1988. Reserva Estadual do Instituto Florestal, São Carlos, São Paulo, Brasil. S.Y. Ussui; M.M.R.F Melo, 35. 10/V/1983. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, São Paulo, Brasil.

<i>Gouania ulmifolia</i>	*R. Reitz; R.M. Klein, 2646. 05/II/1962. Ibirama, Santa Catarina, Brasil. M. Kirizawa et al., 754. 21/III/1982. Parque Nacional de Sete Quedas, Guaíra, Paraná, Brasil
<i>Gouania virgata</i>	*V.C. Souza; P.L.R. Moraes; F.X. Vitti 5759. 15/IV/1994. Estação do IAC, Pindorama, São Paulo, Brasil J.V. Godoi; D.F. Pereira 169. 05/III/1992. Mata da Figueira, Reserva Biológica e Estação Experimental de Mori-Guaçu, Mogi-Guaçu, São Paulo, Brasil. V.C. Souza; R.R. Rodrigues; C.M. Sakuragui; P.L. Moraes, 5688. 14/IV/1994. Mata Mesófila Semidecídua, Matão, São Paulo, Brasil.
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	*U.M. Resende et al., 56. 20/X/1991. Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil. M.A. Coleman, 321. 11/IX/1978. São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. H.F. Leitão Filho; K. Yamamoto, 6030. 10/X/1977. Fazenda Campininha, beira do rio Mogi Guaçu, Mogi Guaçu, São Paulo, Brasil.
<i>Prunus myrtifolia</i>	*A.A. Oliveira, 1936. 03/VI/2015. Londrina, Paraná, Brasil. E. Kühn, s.n.. 07/VI/1974. Fazenda Campininha, Mogi Guaçu, São Paulo, Brasil. A. Bordo, 57. 03/II/1966. Fazenda Graciosa, Descalvado, São Paulo, Brasil H. Luederwaldt, s.n. XII/1913. Santos, São Paulo, Brasil.

*material utilizado como padrão. Fonte: a autora, 2023.

3.2.1 Método de Acetólise

A técnica de acetólise de Erdtman (1960) com modificações propostas por Melhem *et al.* (2003) consiste na retirada de todo o conteúdo interno dos grãos de pólen para a visualização dos detalhes da exina e das aberturas.

Inicialmente, pinças previamente esterilizadas no bico de Bunsen foram utilizadas para separar o material polínico do material herborizado e transferi-lo em tubos de ensaio identificados. Sempre que possível, as anteras foram separadas das outras estruturas florais para a melhor visualização dos grãos de pólen. No entanto, as flores e botões florais de muitas espécies de Rosales são pequenas, o que dificulta a separação das anteras. Por isso, muitas vezes o botão floral todo foi utilizado no procedimento.

Posteriormente, acrescentou-se uma ou duas gotas de acético glacial nos tubos de ensaio para macerar o conteúdo com auxílio de um bastão de vidro esterilizado. Logo, adicionou-se cerca de 2mL de ácido acético glacial nos tubos, onde o material ficou por no mínimo 24 horas para a retirada de toda a umidade da amostra.

Após as 24 horas de imersão no ácido acético glacial, o material foi centrifugado por cinco minutos em rotação de 1600 rpm. Em seguida, o ácido acético glacial e os restos florais foram descartados, restando somente o conteúdo polínico no fundo dos tubos para serem submetidos à acetólise.

Com o objetivo de retirar o protoplasma do interior dos grãos de pólen, o material passou pela etapa da acetólise. A mistura de acetólise foi preparada com nove partes de anidrido acético para uma parte de ácido sulfúrico (9:1). Em uma capela de exaustão, acrescentou-se cerca de 2mL dessa mistura em cada tubo de ensaio e foram submetidos à banho maria por um minuto e 30 segundos, exceto para as espécies *Trema micrantha*, *Maclura tinctoria* e *Sorocea bonplandii*, que passaram por um minuto e 45 segundos em aquecimento. O tempo de permanência dos tubos em banho maria variou de acordo com a facilidade de penetração da mistura nos grãos de pólen para a retirada do seu protoplasma.

Os tubos foram centrifugados novamente por cinco minutos em rotação de 1600 rpm para o descarte do líquido restante. Na sequência, aproximadamente 2mL de água destilada e três gotas de álcool etílico foram acrescentados no tubo

para a lavagem dos restos florais que ainda poderiam estar alocados no fundo do tubo.

Em seguida, o material foi centrifugado nas mesmas configurações anteriores para que os grãos de pólen decantassem no fundo para receber cerca de 2mL de glicerina 50%. Essa etapa é fundamental para que os grãos de pólen fiquem preenchidos para a mensuração. O material das espécies de Cannabaceae, de Rosaceae e a espécie *Rhamnidium elaeocarpum* (Rhamnaceae) ficaram imersos na glicerina por quatro horas, o de Moraceae por 24 horas e o de das demais espécies de Rhamnaceae por 72 horas.

Após a etapa de preenchimento dos grãos de pólen pela glicerina, os tubos foram centrifugados por cinco minutos a 1600 rpm, tiveram o restante da glicerina descartada e foram mantidos com a boca para baixo sobre um papel absorvente.

Por fim, montou-se no mínimo quatro lâminas para cada tubo de ensaio de cada espécime. A montagem das lâminas foi realizada passando gelatina glicerinada com auxílio de um estilete esterilizado no fundo dos tubos para transferir o material polínico para as lâminas. As lâminas foram aquecidas rapidamente em uma manta aquecedora para o derretimento da gelatina. Posteriormente, colocou-se uma lamínula sobre o material de cada lâmina, as quais foram lutadas com parafina.

Vale ressaltar que após a conclusão do trabalho, as lâminas foram incorporadas à Palinoteca do Departamento de Biologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (Unesp/FCAV).

3.2.2 Análise em Microscopia Óptica

A análise em microscopia óptica foi realizada com os grãos de pólen acetolisados segundo a técnica clássica de acetólise (ERDTMAN, 1960) e com modificações propostas por Melhem *et al.* (2003).

Os diâmetros equatoriais em vista polar, polar em vista equatorial e equatorial em vista equatorial foram medidos aleatoriamente em 25 grãos de pólen para cada espécime padrão ($n = 25$) no período de uma semana. Para as medidas dos demais caracteres como, as aberturas, as camadas de exina, os muros e os lúmens, foram realizadas 10 medidas ($n = 10$), sendo elas comprimento e largura

da ectoabertura e endoabertura, as camadas de exina (nexina, sexina e teto). (MELHEM; MATOS, 1972; SALGADO-LABOURIAU, 1973)

Para as endoaberturas dos grãos de pólen que apresentaram valores de medidas próximos, utilizaram-se os desvios padrões das medidas para auxiliar na definição dos tipos de endoaberturas, conforme Soares, Landi e Gasparino (2021).

Todas as medidas dos grãos de pólen deste trabalho foram realizadas sob microscopia óptica de luz nos microscópios *Olympus Cx22 Led* e *BEL Photonics* no Laboratório de Morfologia Vegetal e Palinologia do Departamento de Biologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal.

3.1.3 Análise em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Uma análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi realizada para observar e descrever melhor os detalhes da ornamentação da exina e das aberturas dos grãos de pólen. Pelo menos um espécime de cada gênero foi submetido a MEV utilizando a metodologia descrita em Melhem *et al.* (2003) para grãos de pólen não-acetolisados; exceto *Celtis* devido à falta de material,

Destaca-se ainda que as espécies *Trema micrantha* (Cannabaceae), *Brosimum guianense* (Moraceae) e *Gouania ulmifolia* (Rhamnaceae) foram acetolisadas anteriormente à análise de microscopia eletrônica, seguindo a metodologia de Melhem *et al.* (2003) para grãos de pólen acetolisados. Conforme este método proposto pelos autores, a acetólise seguida por uma série alcoólica nessas espécies foi importante para a melhor visualização dos grãos de pólen no equipamento, já que tem suas flores e botões florais pequenos, sendo difícil a separação de suas anteras das demais estruturas da flor.

3.3 Análise de dados qualitativos

As descrições polínicas seguiram o proposto por Bellonzi *et al.* (2020) e as terminologias adotadas foram baseadas nos glossários de Punt *et al.* (2007) e Halbritter *et al.* (2018). Já as classes do índice de área polar (IAP) seguiram Faegri e Iversen (1966) e o índice de largura de colpo, Gasparino *et al.* (2013).

Utilizando o programa PC-ORD, através de dados de presença e ausência, os dados quantitativos das espécies foram submetidas à análise do Dendrograma de Cluster utilizando os seguintes caracteres dos grãos de pólen: tamanho

(pequeno, pequeno a médio e médio), âmbito (circular, subtriangular e subcircular), forma (oblato esferoidal, suboblato e prolato esferoidal), tipos de aberturas (colporado, colpado e porado), número de aberturas (três aberturas e duas aberturas), ornamentação da exina (microrreticulada, granulada-nanoequinada, nanoequinada, psilado-perfurada e estriada).

3.4 Análise de dados quantitativos

Calculou-se a média aritmética (\bar{x}), o desvio padrão da média (s_x), o desvio padrão da amostra (s), o coeficiente de variabilidade (CV) e o intervalo de confiança a 95% (IC). As comparações das médias entre cada espécie estudada foram realizadas através da análise de variância (VIEIRA, 2008; ZAR, 1996); os dados foram apresentados em gráficos usando o pacote estatístico MINITAB 10.3 for *Windows*. O programa *Fitopac* (SHEPHERD, 1996) auxiliou na transformação das medidas métricas dos grãos de pólen pelo logaritmo natural [$\log(x+1)$].

Posteriormente, com o programa PC-ORD versão 7 (MCCUNE; MEFFORD, 2011), foi possível realizar uma ordenação pela análise de componentes principais (ACP) a partir da matriz de covariância, com o objetivo de avaliar a influência dos dados quantitativos e qualitativos dos grãos de pólen na ordenação das espécies (agrupamento pela análise multivariada). Para essa análise utilizou-se as variáveis métricas: comprimento da ectoabertura (COMEC), largura da ectoabertura (LAREC), diâmetro equatorial em vista equatorial (DEVE), diâmetro polar em vista equatorial (DPVE), diâmetro equatorial em vista polar (DEVP), espessura da exina (EXI), espessura da nexina (NEXI), espessura da sexina (SEXI), espessura do teto (TETO) e forma (FORM).

3.5 Fotomicrografias

As fotomicrografias dos grãos de pólen foram realizadas com o auxílio do microscópio óptico *Leica IM50* com uma câmera de vídeo acoplada a um microcomputador. Já os grãos de pólen submetidos à microscopia eletrônica de varredura foram registrados no equipamento *Zeiss EVO MA 10* do Laboratório de Microscopia Eletrônica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal.

A partir das fotomicrografias e eletromicrografias foi possível elaborar pranchas para ilustração dos grãos de pólen analisados no programa *Adobe Photoshop CS5 Extended*.

4 RESULTADOS

4.1 Descrições polínicas

4.1.1 Descrição geral

Os grãos de pólen das famílias estudadas de Rosales (Tabela 4) são mônades, isopolares, pequenos ou médios; âmbito subcircular, circular ou subtriangular; prolato esferoidais, suboblato ou oblato esferoidais; 2 ou 3-porados com poros circulares e ânulo ou ânulo e áspide ao redor dos poros, 3-colpados ou 3-colporados; endoaberturas lalongadas ou ausentes; angulaperturados; exina fina, tectada, microrreticulada, estriada, nanoequinada, psilada-microrreticulada ou granulada-nanoequinada. Sexina mais espessa que nexina.

Tabela 04 - Caracterização morfológica dos grãos de pólen de Rosales: Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae e Rosaceae. P=pequeno, M=médio, OE=oblato esferoidal, SO = suboblato, PE = prolato esferoidal, LA= lalongada

Família	Espécies	Tamanho	P/E	Forma	Abertura	Nº de Aberturas	Exina
Cannabaceae	<i>C. boliviensis</i>	P-M	1,00	OE	Poros	3	Microrreticulada
	<i>C. diffusa</i>	P	0,97	OE	Poros	3	Microrreticulada
	<i>C. gardneri</i>	P	0,99	OE	Poros	3	Microrreticulada
	<i>C. iguanaea</i>	P	1,00	OE	Poros	3	Microrreticulada
	<i>C. lancifolia</i>	P	0,98	OE	Poros	3	Microrreticulada
	<i>C. orthacanthos</i>	P-M	0,99	OE	Poros	3	Microrreticulada
	<i>T. micrantha</i>	P	1,00	OE	Poros	2	Granulado-nanoequinada
Moraceae	<i>B. guianense</i>	P	1,07	PE	Poros	2	Nanoequinada
	<i>M. tinctoria</i>	P	0,94	OE	Poros	2	Nanoequinada
	<i>S. bonplandii</i>	P	0,98	OE	Poros	3	Nanoequinada
Rhamnaceae	<i>Colubrina glandulosa</i>	P	0,90	OE	Colpo	3	Microrreticulada
	<i>G. ulmifolia</i>	M	0,92	OE	Cólporo	3	Psilado-perfurada
	<i>G. virgata</i>	M	0,90	OE	Cólporo	3	Psilado-perfurada
	<i>R. elaeocarpum</i>	P	0,84	SO	Colpo	3	Microrreticulada
Rosaceae	<i>P. myrtifolia</i>	P	0,95	OE	Cólporo	3	Estriada

Fonte: a autora, 2023.

4.1.2 Família Cannabaceae

Os grãos de pólen de Cannabaceae (Prancha 1 e 2; figuras 1-28) apresentam-se em mônades, isopolares, pequenos a médios; âmbito circular; oblatos esferoidais; 2 ou 3-porados, com poros circulares e ânulo ao redor dos poros; ausência de endoaberturas; exina fina, tectada, microrreticulada ou granulada-nanoequinada; sexina mais espessa que nexina.

Celtis boliviensis (Prancha 1; figuras 1-4): grãos de pólen em mônades, isopolares, pequenos a médios, âmbito circular; oblatos esferoidais; 3-porados com poros circulares e ânulo ao redor dos poros; ausência de endoabertura; exina fina, tectada e microrreticulada; sexina mais espessa que nexina.

Celtis diffusa (Prancha 1, figuras 5-8): grãos de pólen em mônades, isopolares, pequenos, âmbito circular; oblatos esferoidais; 3-porados, com poros circulares e ânulo ao redor dos poros; ausência de endoaberturas; exina fina, tectada e microrreticulada; sexina mais espessa que nexina.

Celtis gardneri (Prancha 1; figuras 9-12): grãos de pólen em mônades, isopolares, pequenos, âmbito circular; oblatos esferoidais; 3-porados, com poros circulares e ânulo ao redor dos poros; ausência de endoabertura; exina fina, tectada e microrreticulada; sexina mais espessa que nexina.

Celtis iguanaea (Prancha 1; figuras 13-16): grãos de pólen em mônades, isopolares, pequenos, âmbito circular; oblatos esferoidais; 3-porados, com poros circulares e ânulo ao redor dos poros; ausência de endoabertura; exina fina, tectada e microrreticulada; sexina mais espessa que nexina.

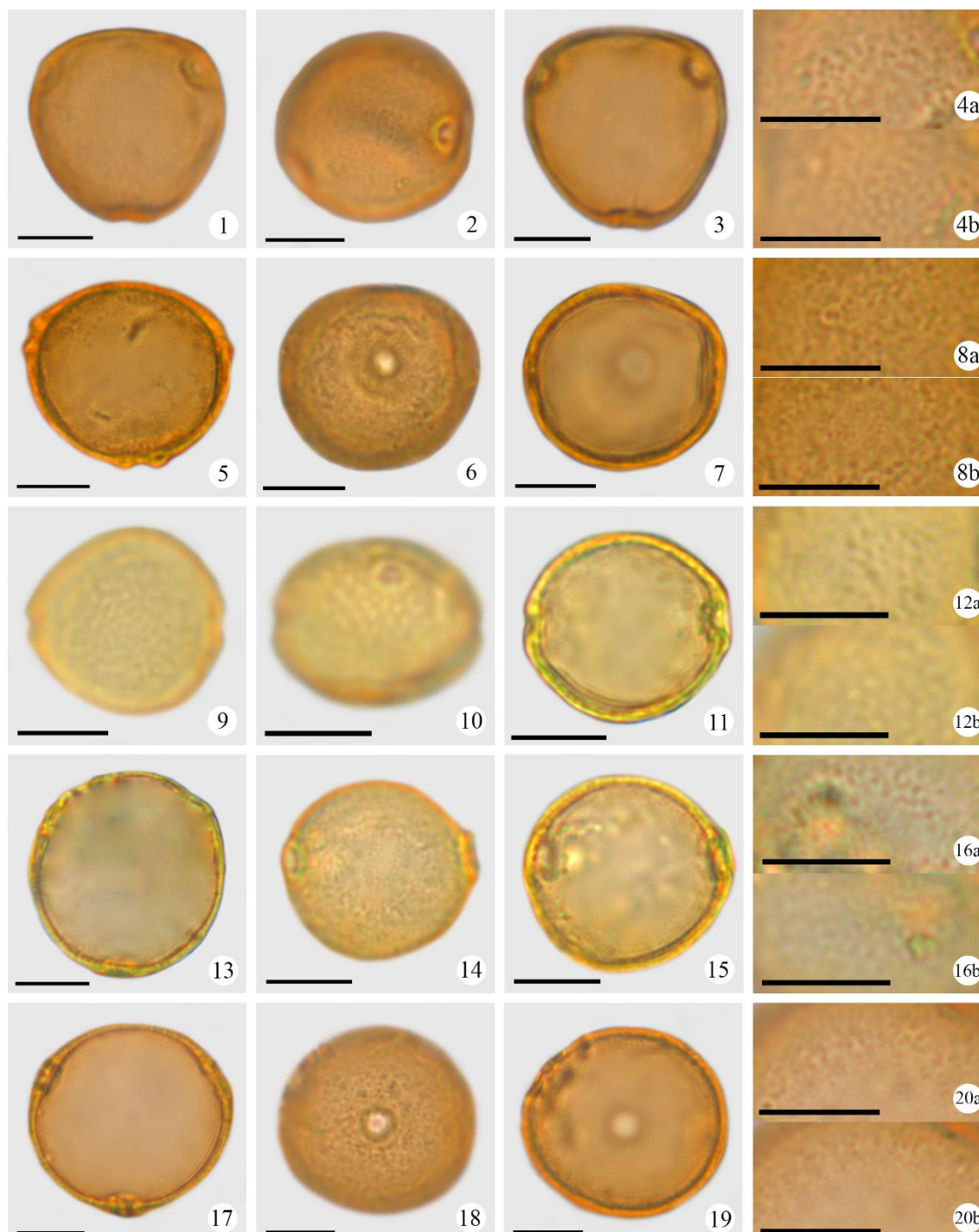
Celtis lancifolia (Prancha 1; figuras 17-20): grãos de pólen em mônades, isopolares, pequenos, âmbito circular; oblatos esferoidais; 3-porados, com poros circulares e ânulo ao redor dos poros; ausência de endoabertura; exina fina, tectada e microrreticulada; sexina mais espessa que nexina.

Celtis orthacanthos (Prancha 2, figuras 21-24): grãos de pólen em mônades, isopolares, pequenos a médios, âmbito circular; oblatos esferoidais; 3-porados, com poros circulares e ânulo ao redor dos poros; ausência de endoabertura; exina fina, tectada e microrreticulada; sexina mais espessa que nexina.

Trema micrantha (Figuras 25-28): grãos de pólen em mônades, isopolares, pequenos, âmbito circular; oblatos esferoidais; 2-porados, com poros circulares e

ânulo ao redor dos poros; ausência de endoabertura; exina fina, tectada e granulada-nanoequinada; sexina mais espessa que nexina.

Prancha 1 - Fotomicrografias dos grãos de pólen da família Cannabaceae.



Figuras 1-20. Fotomicrografias dos grãos de pólen da família Cannabaceae: *Celtis boliviensis*; *Celtis diffusa*; *Celtis gardneri*; *Celtis iguanaea*; *Celtis lancifolia*. 1-4 *Celtis boliviensis*: 1. Vista polar. 2. Vista Equatorial. 3. Detalhe da exina em vista polar. 4. L.O. Ornamentação. 5-8 *Celtis diffusa*: 5. Vista polar. 6. Detalhe do poro. 7. Detalhe da exina. 8. L.O. Ornamentação. 9-12 *Celtis gardneri*: 9. Vista equatorial. 10. Vista equatorial com detalhe no poro. 11. Vista equatorial com detalhe na exina. 12. L.O. Ornamentação. 13-16 *Celtis iguanaea*: 13. Vista polar com detalhe na exina. 14. Vista equatorial. 15. Vista equatorial com detalhe da exina. 16. L.O. Ornamentação. 17-20 *Celtis lancifolia*: 17. Vista polar com detalhe da exina. 18. Vista equatorial com detalhe do poro. 19. Vista equatorial com detalhe da exina. 20. L.O. Ornamentação. Escalas: Fig. 1-20= 10µm. Fonte: a autora, 2023.

Observou-se que a morfologia dos grãos de pólen de *Celtis* spp. e *Trema micrantha* (Cannabaceae) se diferencia principalmente em relação ao número de poros e ao tipo de ornamentação da exina. Os grãos de pólen de *Trema* (Fig. 25-28) são 2-porados com ânulo ao redor dos poros, oblato esferoidais e com ornamentação granulada-nanoequinada (Figura 28). Já as espécies de *Celtis* (Fig. 1-24) apresentam grãos de pólen 3-porados com ânulo ao redor dos poros, exina microrreticulada. Ademais, todos os grãos de pólen de *Celtis* são pequenos, exceto *Celtis boliviensis* e *C. orthacanthos* que variaram de pequenos a médios, oblatos esferoidais, de âmbito circular e com ausência de endoaberturas.

4.1.3 Família Moraceae

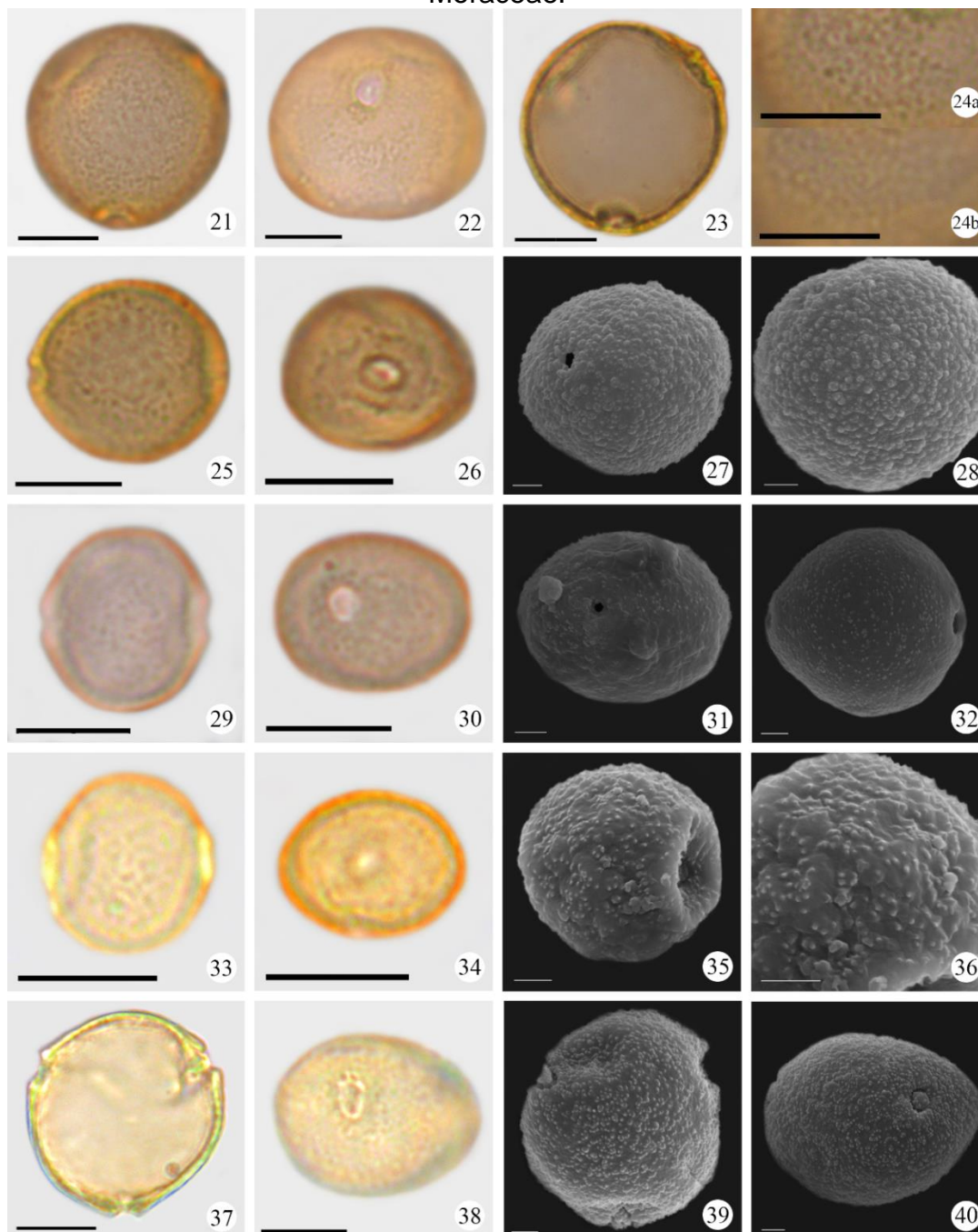
Os grãos de pólen de Moraceae (Prancha 2; figuras 29-40) são mônades, isopolares, pequenos, âmbito circular; prolatos esferoidais ou oblatos esferoidais; 2-3-porados, com poros circulares e ânulo ou áspide ao redor dos poros; ausência de endoabertura; exina fina, tectada e nanoequinada; sexina mais espessa que nexina.

Brosimum guianense (Prancha 2; figuras 29-32): grãos de pólen em mônades, isopolares, pequenos, âmbito circular; prolatos esferoidais; 2-porados, com poros circulares e ânulo ao redor dos poros; ausência de endoabertura; exina fina, tectada e nanoequinada; sexina mais espessa que nexina.

Maclura tinctoria (Prancha 2; figuras 33-36): grãos de pólen em mônades, isopolares, pequenos, âmbito circular; oblatos esferoidais; 2-porados, com poros circulares e ânulo ao redor dos poros; ausência de endoabertura; exina fina, tectada e nanoequinada; sexina mais espessa que nexina.

Sorocea bonplandii (Prancha 2; figuras 37-40): grãos de pólen em mônades, isopolares, pequenos, âmbito circular; oblatos esferoidais; 3-porados com poros circulares, com presença de áspide ao redor dos poros e opérculo (Fig. 40); ausência de endoabertura; exina fina, tectada e nanoequinada; sexina mais espessa que nexina.

Prancha 2 - Fotomicrografias dos grãos de pólen das famílias Cannabaceae e Moraceae.



Figuras 21-40. Fotomicrografias e eletromicrografias dos grãos de pólen das famílias Cannabaceae e Moraceae. Família Cannabaceae: *Celtis orthacanthos* e *Trema micrantha*. 21-24 *Celtis orthacanthos*: 21. Vista polar. 22. Vista equatorial com detalhe do poro. 23 Vista polar com detalhe da exina. 24. L.O. Ornamentação. 25-28 *Trema micrantha*: 25. Vista polar. 26. Vista equatorial com detalhe do poro. 27. Vista equatorial com detalhe no poro. 28. Detalhe na ornamentação. Família Moraceae: *Brosimum guianense*; *Maclura tinctoria* e *Sorocea bonplandii*. 29-32 *Brosimum guianense*: 29. Vista polar. 30. Vista equatorial com detalhe do poro. 31. Vista equatorial com detalhe do poro. 32. Vista polar. 33-36 *Maclura tinctoria*: 33. Vista polar. 34. Vista equatorial. 35. Vista equatorial. 36. Detalhe da ornamentação. 37-40 *Sorocea bonplandii*: 37. Vista polar com detalhe da exina, ápide e opérculo. 38. Vista equatorial com detalhe do poro. 39. Vista polar. 40. Vista equatorial com detalhe no poro e opérculo. Fig. 21-25, 26, 29, 30, 33, 34, 37 e 38: fotomicrografias em microscópio óptico; escalas = 10µm. Fig. 27, 28, 31, 32, 35, 36, 39 e 40: fotomicrografias em microscópio eletrônico de varredura; escalas =2µm. Fonte: a autora, 2023.

Assim como em Cannabaceae, os grãos de pólen de Moraceae (Fig. 29-40) são porados, sendo os de *Brosimum guianense* e de *Maclura tinctoria* 2-porados e de *Sorocea bonplandii* 3-porados. Todas as espécies de Moraceae apresentam grãos de pólen pequenos, sem endoaberturas e com ornamentação nanoequinada. Somente a espécie *Brosimum guianense* possui grãos de pólen prolatos esferoidais na família, as demais apresentam grãos de pólen oblatos esferoidais. Os grãos de pólen de *Sorocea bonplandii* apresentam áspide ao redor das aberturas e opérculo.

4.1.4 Família Rhamnaceae

Rhamnaceae (Prancha 3; figuras 41-56) apresenta grãos de pólen em mônades, isopolares, pequenos ou médios; âmbito subtriangular; oblatos esferoidais ou suboblatos; 3-colpados ou 3-colporados com colpos estreitos e longos, ângulaperturados com presença de margem ao redor dos colpos; endoaberturas lalongadas presentes ou ausentes; exina fina, tectada e microrreticulada ou psilado-perfurada; sexina mais espessa que nexina.

Colubrina glandulosa (Prancha 3; figuras 41-44): grãos de pólen em mônades, isopolares, pequenos; âmbito subtriangular; área polar pequena; oblatos esferoidais; 3-colpados, angulaperturados, colpos estreitos e longos, com a presença de margem ao redor dos colpos; ausência de endoabertura; exina fina, tectada e microrreticulada; sexina mais espessa que nexina.

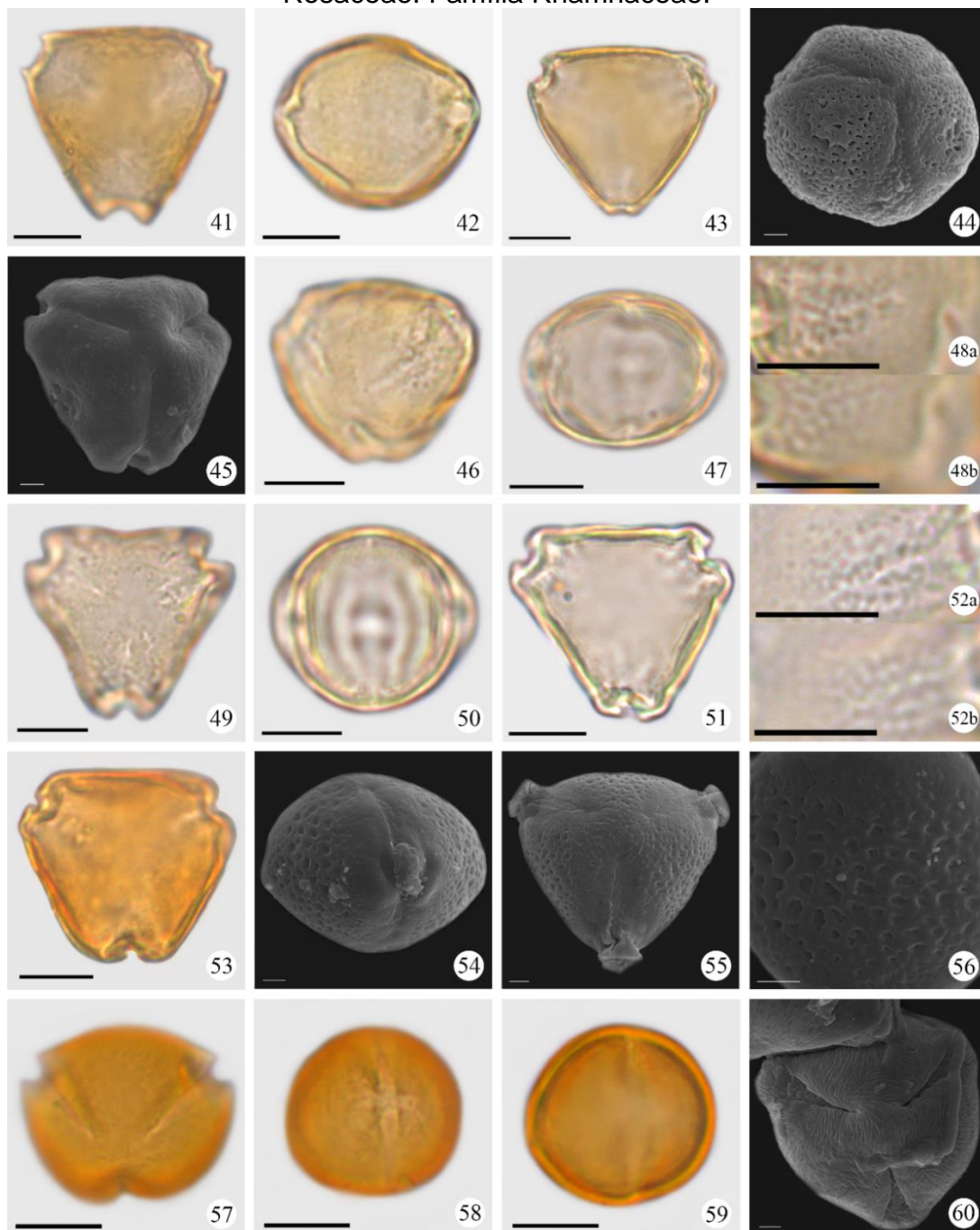
Gouania ulmifolia (Prancha 3; figuras 45-48): grãos de pólen em mônades, isopolares, médios, âmbito subtriangular; área polar muito pequena; oblatos esferoidais; 3-colporados, angulaperturados, com colpos estreitos e longos, presença de margem ao redor dos colpos; endoaberturas lalongadas; exina fina, tectada e psilado-perfurada; sexina mais espessa que nexina.

Gouania virgata (Prancha 3; figuras 49-52): grãos de pólen em mônades, isopolares, médios, âmbito subtriangular; área polar muito pequena; oblatos esferoidais; 3-colporados, angulaperturados, com colpos estreitos e longos, presença de margem ao redor dos colpos; endoaberturas lalongadas; exina fina, tectada e psilado-perfurada; sexina mais espessa que nexina.

Rhamnidium elaeocarpum (Prancha 3; figuras 53-56): grãos de pólen em mônades, isopolares, médios, âmbito subtriangular; área polar pequena; suboblatos; 3-colporados, angulaperturados, com colpos estreitos e longos,

presença de margem ao redor dos colpos; endoaberturas alongadas; exina fina, tectada e microrreticulada; sexina mais espessa que nexina.

Prancha 3 - Fotomicrografias dos grãos de pólen das famílias Rhamnaceae e Rosaceae. Família Rhamnaceae:



Figuras 41-60. Fotomicrografias e eletromicrografias dos grãos de pólen das famílias Rhamnaceae e Rosaceae. Família Rhamnaceae: *Colubrina glandulosa*, *Gouania ulmifolia*, *Gouania virgata* e *Rhamnidium elaeocarpum*. 41-44 *Colubrina glandulosa*: 41. Vista polar. 42. Vista equatorial. 43. Vista polar com detalhe da exina. 44. Vista polar com detalhe do apocolpo. 45-48 *Gouania ulmifolia*: 45. Vista polar. 46. Vista polar. 47. Vista equatorial com detalhe da exina. 48. L.O. Ornamentação. 49-52 *Gouania virgata*: 49. Vista polar. 50. Vista equatorial. 51. Vista polar com detalhe da exina, 52. L.O. Ornamentação. 53-56 *Rhamnidium elaeocarpum*: 53. Vista polar. 54. Vista equatorial. 55. Vista polar. 56. Detalhe da ornamentação. Família Rosaceae: *Prunus myrtifolia*. 57-60 *Prunus myrtifolia*: 57. Vista polar. 58. Vista equatorial com detalhe do colpo e endoabertura. 59. Vista equatorial com detalhe da exina. 60. Vista polar com detalhe na ornamentação. Fig. 41-43, 46-53, 57-59: fotomicrografias em microscópio óptico; escalas = 10µm. Fig. 44, 45, 54, 55, 56 e 60: fotomicrografias em microscópio eletrônico de varredura; escalas = 2µm. Fonte: a autora, 2023.

Observou-se que os grãos de pólen das espécies da família Rhamnaceae são mais distintos em relação às demais famílias; possuem âmbito subtriangular e apresentam três aberturas, sendo que o pólen de *Colubrina glandulosa* e *Rhamnidium elaeocarpum* é 3-colpado e de *Gouania ulmifolia* e *Gouania virgata* é 3-colporado. Os grãos de pólen das espécies estudadas de *Colubrina* e *Rhamnidium* são oblato esferoidais e suboblato, respectivamente; pequenos, com endoabertura ausente e com ornamentação microrreticulada. Já os grãos de pólen de *Gouania* são médios, oblato esferoidais, com endoaberturas lalongadas e ornamentação psilado-perfurada.

4.1.5 Família Rosaceae

Os grãos de pólen de *Prunus myrtifolia*, Rosaceae (Prancha 3; figuras 57-60), são mônades, isopolares, pequenos, âmbito subcircular; oblato esferoidais; 3-colporado, colpos estreitos e muito longos; endoaberturas lalongadas; exina fina, estriada e tectada; sexina mais espessa que nexina.

Os grãos de pólen de *Prunus myrtifolia* da família Rosaceae também se diferenciam muito dos grãos de pólen das famílias descritas anteriormente, principalmente em relação ao âmbito, que é subcircular, e à ornamentação, que é estriada.

4.2 Análises quantitativas

4.2.1 Diâmetros dos grãos de pólen

Através da análise do intervalo de confiança a 95% dos valores dos diâmetros dos grãos de pólen das espécies de Rosales (Fig. 61) verificou-se que *Maclura tinctoria* e *Brosimum guianense* se distinguem das demais espécies por apresentarem grãos de pólen com menores valores de diâmetros equatorial em vista equatorial.

Com relação ao diâmetro polar em vista equatorial, observa-se que *Celtis boliviensis*, *G. ulmifolia*, *C. diffusa*, *C. lancifolia* e *C. orthacanthos* se apresentam unidas entre si por formarem um grupo contínuo; sendo que, nessa mesma perspectiva, *C. orthacanthos* se destaca por apresentar o maior valor de diâmetro.

Figura 61 - Representação gráfica do intervalo de confiança a 95% dos diâmetros equatoriais em vista equatorial dos grãos de pólen das espécies estudadas de Rosales

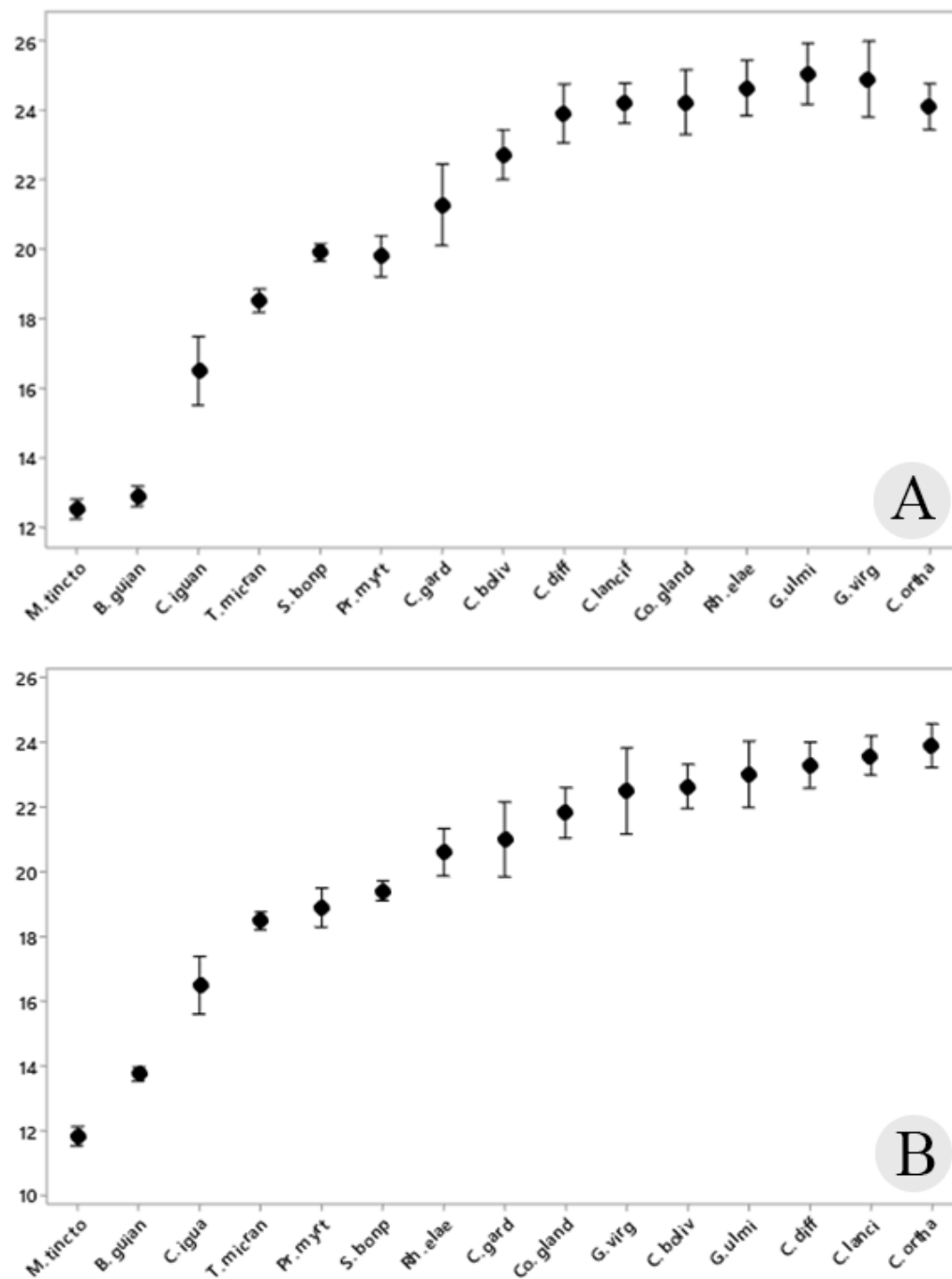


Figura 61. A.Representação gráfica do intervalo de confiança a 95% dos diâmetros equatoriais em vista equatorial dos grãos de pólen das espécies estudadas de Rosales. B.Representação gráfica do intervalo de confiança a 95% dos diâmetros polares em vista equatorial dos grãos de pólen das espécies estudadas de Rosales. B. guian = *Brosimum guianense*; C. boliv. = *C. boliviensis*; C. diff = *C. diffusa*; C. gard = *C. gardneri*; C. igua = *Celtis iguanaea*; C. lanci = *C. lancifolia*; C. ortha = *C. orthacanthos*; Co. gland = *Colubrina glandulosa*; G. ulmi = *Gouania ulmifolia*; G. virg = *G. virgata*; M. tincto = *Maclura tinctoria*; Pr. myrt = *Prunus myrtifolia*; Rh. elae = *Rhamnidium elaeocarpum*; S. bonp = *Sorocea bonplandii*; T. micran = *Trema micrantha*. Os círculos medianos representam as médias aritméticas e os limites superiores e inferiores demonstram o intervalo de confiança; valores dados em µm. Fonte: a autora, 2023.

Os diâmetros equatoriais em vista polar e diâmetros equatoriais e polares em vista equatorial foram mensurados, sendo os materiais padrão ($n=25$) descritos na Tabela 5 e os de comparação na Tabela 7 ($n=10$). Além disso, as medidas de aberturas e exina ($n=10$) tiveram suas médias dispostas na Tabela 6.

Tabela 5 - Medida dos diâmetros polar e equatorial dos grãos de pólen de Rosales: Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae e Rosaceae n=25. Xmin = menor valor observado (μm), Xmax = maior valor observado (μm), x = média aritmética (μm), sx = desvio padrão da média (μm), s = desvio padrão da amostra (μm), IC = intervalo de confiança a 95 % (μm), CV = coeficiente de variabilidade (%).

Famílias	Espécies	x ($X_{\text{mim}} - X_{\text{max}}$) \pm s _x	S	IC	CV%
Diâmetro Equatorial em Vista Polar					
Cannabaceae	<i>C. boliviensis</i>	22,32 (19,38 – 25,50) \pm 0,35	1,82	(21,57 – 23,07)	8,17
	<i>C. diffusa</i>	23,50 (20,00 – 25,00) \pm 0,32	1,61	(22,83 – 24,17)	6,87
	<i>C. gardneri</i>	21,00 (17,50 – 25,00) \pm 0,60	2,98	(19,77 – 22,23)	14,17
	<i>C. iguanaea</i>	17,10 (12,50 – 22,50) \pm 0,53	2,67	(16,00 – 18,20)	15,61
	<i>C. lancifolia</i>	24,00 (22,50 – 25,00) \pm 0,25	1,25	(23,48 – 24,52)	5,21
	<i>C. orthacanthos</i>	26,00 (22,50 – 30,00) \pm 0,38	1,91	(25,21 – 26,79)	7,34
	<i>T. micrantha</i>	17,75 (16,32 – 19,38) \pm 0,14	0,72	(17,45 – 18,05)	4,06
Moraceae	<i>B. guianense</i>	12,81 (12,24 – 14,28) \pm 0,12	0,59	(12,57 – 13,06)	4,64
	<i>M. tinctoria</i>	12,69 (11,22 – 14,28) \pm 0,17	0,84	(12,34 – 13,03)	6,60
	<i>S. bonplandii</i>	19,79 (18,36 – 20,40) \pm 0,12	0,59	(19,54 – 20,03)	2,98
Rhamnaceae	<i>Colubrina glandulosa</i>	22,48 (20,40 – 25,50) \pm 0,26	1,30	(21,94 – 23,02)	5,78
	<i>G. ulmifolia</i>	25,70 (21,42 – 27,54) \pm 0,32	1,61	(25,04 – 26,37)	6,27
	<i>G. virgata</i>	26,00 (20,00 – 35,00) \pm 0,85	4,27	(24,24 – 27,76)	16,42
	<i>R. elaeocarpum</i>	21,87 (19,38 – 25,50) \pm 0,27	1,35	(21,31 – 22,43)	6,18
Rosaceae	<i>P. myrtifolia</i>	19,90 (17,50 – 22,50) \pm 0,34	1,69	(19,20 – 20,60)	8,49
Diâmetro Polar em Vista Equatorial/Diâmetro 1					
Cannabaceae	<i>C. boliviensis</i>	22,64 (19,38 – 25,50) \pm 0,33	1,64	(21,97 – 23,32)	7,24
	<i>C. diffusa</i>	23,30 (20,00 – 25,00) \pm 0,35	1,73	(22,59 – 24,01)	7,41
	<i>C. gardneri</i>	21,00 (17,50 – 25,00) \pm 0,56	2,80	(19,85 – 22,15)	13,31
	<i>C. iguanaea</i>	16,50 (12,50 – 20,00) \pm 0,43	2,17	(15,61 – 17,39)	13,12
	<i>C. lancifolia</i>	23,60 (20,00 – 25,00) \pm 0,29	1,46	(23,00 – 34,20)	6,18
	<i>C. orthacanthos</i>	23,90 (22,50 – 27,50) \pm 0,33	1,63	(23,23 – 24,57)	6,81
	<i>T. micrantha*</i>	18,48 (17,34 – 19,38) \pm 0,14	0,68	(18,20 – 18,76)	3,67

Moraceae	<i>B. guianense</i> *	13,75 (13,26 – 14,28) ± 0,10	0,52	(13,53 – 13,96)	3,78
	<i>M. tinctoria</i> *	11,83 (10,20 – 13,26) ± 0,14	0,72	(11,53 – 12,13)	6,10
	<i>S. bonplandii</i>	19,42 (18,36 – 20,40) ± 0,15	0,75	(19,11 – 19,73)	3,86
Rhamnaceae	<i>Colubrina glandulosa</i>	21,83 (18,36 – 27,54) ± 0,38	1,89	(21,05 – 22,61)	8,64
	<i>G. ulmifolia</i>	23,01 (18,36 – 28,56) ± 0,50	2,48	(21,99 – 24,04)	10,79
	<i>G. virgata</i>	22,50 (17,50 – 27,50) ± 0,65	3,23	(21,17 – 23,83)	14,34
	<i>R. elaeocarpum</i>	20,60 (17,34 – 24,48) ± 0,35	1,77	(19,87 – 21,33)	8,57
Rosaceae	<i>P. myrtifolia</i>	21,75 (17,50 – 25,00) ± 0,65	2,06	(20,28 – 23,22)	9,46
Diâmetro Equatorial em Vista Equatorial/Diâmetro 2					
Cannabaceae	<i>C. boliviensis</i>	22,73 (20,40 – 25,50) ± 0,35	1,73	(22,01 – 23,44)	7,61
	<i>C. diffusa</i>	23,90 (20,00 – 27,50) ± 0,41	2,05	(23,05 – 24,75)	8,58
	<i>C. gardneri</i>	21,30 (17,50-27,50) ± 0,56	2,81	(20,14 – 22,46)	13,17
	<i>C. iguanaea</i>	16,50 (12,50 – 20,00) ± 0,48	2,39	(15,51 – 17,49)	14,51
	<i>C. lancifolia</i>	24,20 (20,00 – 25,00) ± 0,28	1,39	(23,63 – 24,77)	5,75
	<i>C. orthacanthos</i>	24,10 (22,50 – 27,50) ± 0,32	1,59	(23,44 – 24,76)	6,62
	<i>T. micrantha</i> *	18,52 (16,32 – 20,40) ± 0,16	0,82	(18,19 – 18,86)	4,41
Moraceae	<i>B. guianense</i> *	12,89 (12,24 – 14,28) ± 0,14	0,71	(12,60 – 13,19)	5,54
	<i>M. tinctoria</i> *	12,53 (11,22 – 13,26) ± 0,14	0,69	(12,24 – 12,81)	5,52
	<i>S. bonplandii</i>	19,91 (18,36 – 20,40) ± 0,12	0,60	(19,66 – 20,16)	3,00
Rhamnaceae	<i>Colubrina glandulosa</i>	24,24 (20,40 – 27,54) ± 0,45	2,25	(23,31 – 25,16)	9,28
	<i>G. ulmifolia</i>	25,05 (21,42 – 29,58) ± 0,42	2,12	(24,17 – 25,93)	8,48
	<i>G. virgata</i>	24,90 (20,00 – 30,00) ± 0,53	2,65	(23,81 – 25,99)	10,64
	<i>R. elaeocarpum</i>	24,64 (21,42 – 28,56) ± 0,38	1,92	(23,85 – 25,44)	7,81
Rosaceae	<i>P. myrtifolia</i>	21,75 (20,00 – 22,50) ± 0,38	1,21	(20,89 – 22,61)	5,55

*Espécies 2-poradas, por isso, foram mensurados os diâmetros – Diâmetro 1 e Diâmetro 2. Fonte: a autora, 2023.

Tabela 06 - Média aritmética, em μm , das medidas das aberturas e camadas da exina dos grãos de pólen de Rosales: Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae e Rosaceae, n=10. D1 e D2 = diâmetros, Com. = comprimento, Larg. = largura.

Família	Espécies	Abertura		Endoabertura		Ânulo/ Margem	Exina			
		D1/ Com.	D2/ Larg.	Com.	Larg.		Exina	Sexina	Nexina	Teto
Cannabaceae	<i>C. boliviensis</i>	1,73	2,0	-	-	0,62	1,69	0,96	0,39	0,34
	<i>Celtis difusa</i>	2,41	2,39	-	-	0,76	1,64	0,92	0,37	0,35
	<i>Celtis gardneri</i>	1,86	2,63	-	-	0,63	1,64	0,94	0,39	0,31
	<i>Celtis iguanaea</i>	1,55	1,61	-	-	0,53	1,54	0,81	0,37	0,33
	<i>Celtis lancifolia</i>	2,60	2,57	-	-	0,75	1,91	0,92	0,62	0,37
	<i>Celtis orthacanthos</i>	2,51	2,98	-	-	0,83	1,85	1,14	0,35	0,36
	<i>Trema micrantha</i>	2,02	1,94	-	-	0,71	1,66	1,04	0,29	0,33
Moraceae	<i>B. guianense</i>	1,43	1,18	-	-	0,51	1,24	0,86	0,38	0,37
	<i>M. tinctoria</i>	1,33	1,29	-	-	*	1,23	0,49	0,42	0,32
	<i>S. bonplandii</i>	1,67	1,69	-	-	0,54	1,56	0,67	0,47	0,42
Rhamnaceae	<i>Colubrina glandulosa</i>	12,07	0,62	-	-	0,64	1,83	0,96	0,47	0,40
	<i>G. ulmifolia</i>	10,36	1,00	2,30	3,24	0,58	1,78	1,08	0,34	0,36
	<i>G. virgata</i>	10,47	1,24	3,46	2,94	0,64	1,86	0,86	0,48	0,52
	<i>R. elaeocarpum</i>	11,10	0,69	-	-	0,46	1,82	0,95	0,47	0,40
Rosaceae	<i>P. myrtifolia</i>	14,82	1,29	2,60	3,26	0,57	1,56	0,90	0,34	0,32

- ausência da estrutura; *sem dados obtidos. Fonte: a autora, 2023.

Tabela 7 - Medida dos diâmetros polar e equatorial dos grãos de pólen de Rosales. Material de comparação, n=10. DPVE = diâmetro polar em vista equatorial, DEVE = diâmetro equatorial em vista equatorial, DEVP = diâmetro equatorial em vista polar. ■ = valor dentro do I.C. do espécime padrão. ◆ = valor fora do I.C., mas dentro da faixa de variação do espécime padrão. ▲ = valor fora da faixa de variação.

Família	Espécies/Coletor	DPVE	DEVE	DEVP	P/E
Cannabaceae	<i>Celtis boliviensis</i> L.S. Leoni; A.M. Leoni 462	24,58◆	26,01▲	24,68◆	0,95
	<i>Celtis diffusa</i> O.C. Goes; D. Constantino 380	21,25◆	23,25■	23,00■	0,91
	<i>Celtis orthacanthos</i> C.A.B. Miranda; O.T. Moura 507b	18,75▲	19,75▲	20,00▲	0,95
	<i>Trema micrantha</i> A. Gehrt s.n.	15,25▲	16,50◆	16,75◆	0,92
	S. A. Nicolau 1935	15,50▲	16,50◆	17,00◆	0,94
	R. Behr s.n.	16,25▲	18,00◆	17,75■	0,90
	Moraceae	<i>Brosimum guianense</i> N.M.Ivanawskas 448	15,91▲	15,61▲	15,20▲
<i>Maclura tinctoria</i> E. de Melo et al. 1457		11,83■	13,26◆	11,42◆	0,89
<i>Sorocea bonplandii</i> A. Santos 141		19,69■	20,60◆	20,91▲	0,96
Rhamnaceae		<i>Colubrina glandulosa</i> O.T. Aguiar 253	20,00▲	22,50◆	21,75◆
	S.Y. Ussui & M.R.F Melo 35	22,00◆	23,50◆	23,00■	0,94
	<i>Gouania ulmifolia</i> A.Custódio Filho 754	18,75◆	20,75▲	21,00▲	0,90
	<i>Gouania virgata</i> J.V. Godoi & D.F. Pereira 169	22,13■	24,99■	23,46■	0,89
	V.C. Souza et al 5688	20,75◆	23,50◆	23,00■	0,88
Rosaceae	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> M.A. Coleman 321	18,50◆	21,50◆	19,75◆	0,86
	H.F. Leitão Filho & K. Yamamoto 5030	21,32■	26,52◆	22,54◆	0,80
	<i>Prunus myrtifolia</i> E. Kuhn s.n.	21,75■	21,75■	21,50◆	1,00
A. Bordo 57	20,25◆	21,00■	21,50◆	0,96	
H. Luerwaldt & F.C. Hoelme 2214	18,75◆	21,00■	20,25■	0,89	

Fonte: a autora, 2023.

4.2.2 Análise de Componentes Principais (ACP)

As 15 espécies estudadas da ordem Rosales foram submetidas à Análise de Componentes Principais, ACP (Figura 62) utilizando dez variáveis métricas dos grãos de pólen (Tabela 8) e à análise do dendrograma de Cluster quantitativo (Figura 63).

Tabela 8 - Coeficientes de correlação de Pearson e Kendall entre as variáveis métricas dos grãos de pólen e entre os dois primeiros eixos da ordenação pela ACP para as espécies de Rosales.

Variáveis	Componentes principais	
	Eixo 1	Eixo 2
COMEC (comprimento da ectoabertura)	-0,9404	0,1041
LAREC (largura da ectoabertura)	0,2213	-0,5225
DEVE (diâmetro equatorial em vista equatorial)	-0,1655	-0,4630
DPVE (diâmetro polar em vista equatorial)	-0,1103	-0,4720
DEVP (diâmetro equatorial em vista polar)	-0,1500	-0,4883
EXI (espessura da exina)	-0,0381	-0,1361
NEXI (espessura da nexina)	-0,0091	-0,177
SEXI (espessura da sexina)	-0,0416	-0,1473
TETO (espessura do teto)	-0,0213	-0,0079
FORM (forma)	0,0285	-0,0049

Fonte: a autora, 2023.

Como apresentado na Figura 62, o eixo 1 compreendeu 79,21% da variabilidade métrica e as principais variáveis que distinguiram os dois grandes grupos foram COMEC (comprimento da ectoabertura) e LAREC (largura da ectoabertura). Por isso formou-se os um grupo de espécies de Rhamnaceae e Rosaceae, que apresentam grãos de pólen com aberturas mais longas – cólporos e colpos – e outro grupo com espécies de Cannabaceae e Moraceae, com grãos de pólen com aberturas mais circulares do tipo poro.

Já o eixo 2 representou 17,34% da variabilidade morfométrica, sendo que as variáveis métricas que mais contribuíram para esse eixo foram a LAREC, o DEVP (diâmetro equatorial em vista polar) e o DPVE (diâmetro polar em vista equatorial). Nesse sentido, nota-se que as espécies *Maclura tinctoria* e *Brosimum guianense* estão agrupadas por apresentarem menores valores dos diâmetros. Já as espécies de Cannabaceae, exceto *C. iguanaea*, foram unidas por apresentarem valores de diâmetros similares entre si.

Figura 62 - Ordenação por ACP das espécies das famílias Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae e Rosaceae de Rosales em função das variáveis métricas dos grãos de pólen.

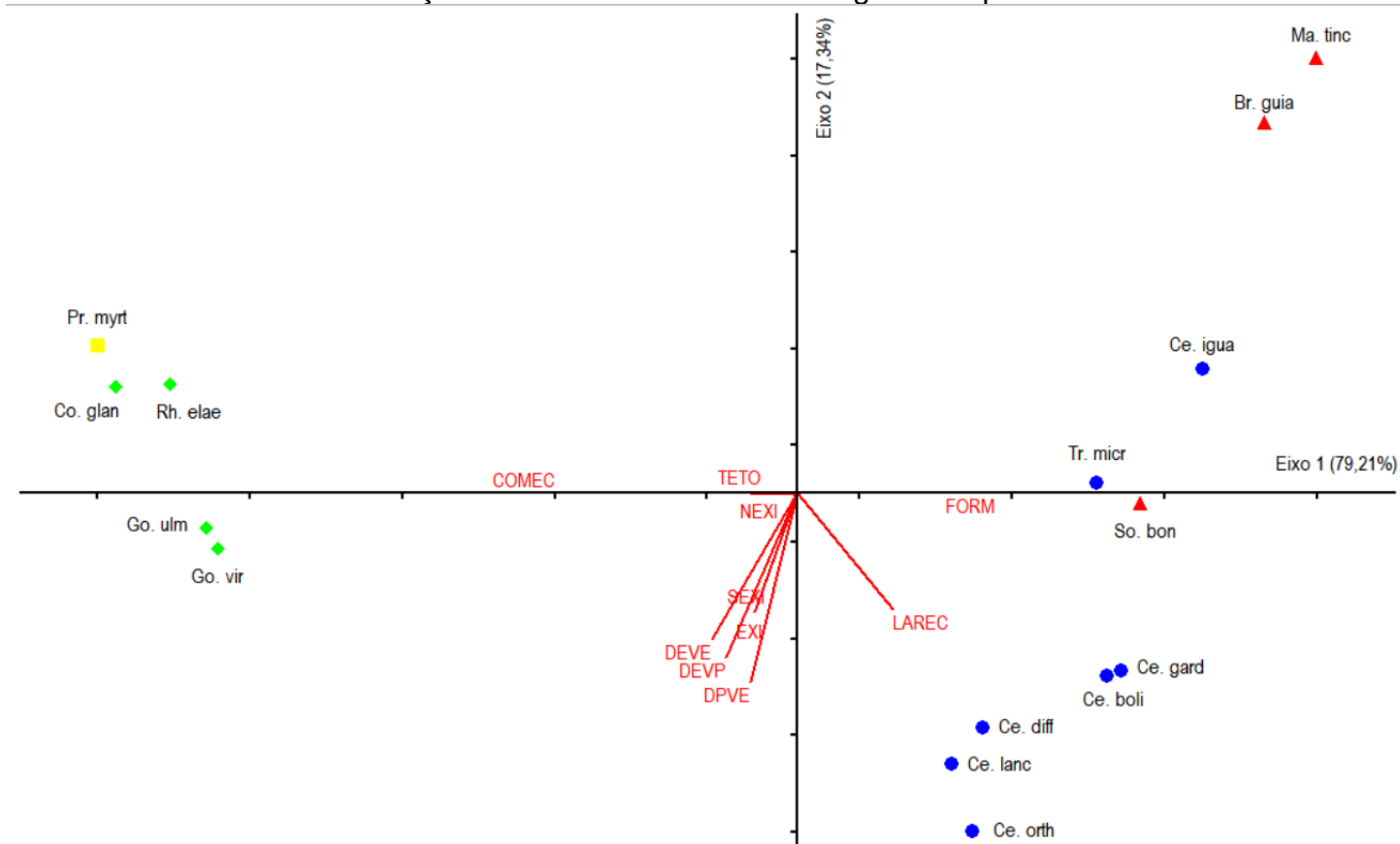


Figura 62. Ordenação por ACP das espécies das famílias Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae e Rosaceae de Rosales em função das variáveis métricas dos grãos de pólen. Cannabaceae: Ce. boli = *Celtis boliviensis*, Ce. diff = *Celtis diffusa*, Ce. gard = *Celtis gardneri*, Ce. igua = *Celtis iguanaea*, Ce. lanc = *Celtis lancifolia*, Ce. orth = *Celtis orthacanthos*, Tr. micr = *Trema micrantha*. Moraceae: Br. guia = *Brosimum guianense*, Ma. tinc = *Maclura tinctoria*, So. bon = *Sorocea bonplandii*. Rhamnaceae: Co. glan = *Colubrina glandulosa*, Go. ulm = *Gouania ulmifolia*, Go. vir = *Gouania virgata*, Rh. elae = *Rhamnidium elaeocarpum*. Rosaceae: Pr. myrt = *Prunus myrtifolia*. ● = Cannabaceae, ▲ = Moraceae, ◆ = Rhamnaceae, ■ = Rosaceae. Fonte: a autora, 2023.

4.3 Análise de Cluster qualitativo

Através de dados de presença e ausência, as espécies também foram submetidas à análise do Dendrograma de Cluster qualitativo (Fig. 63) utilizando os seguintes caracteres dos grãos de pólen: tamanho (pequeno, pequeno a médio e médio), âmbito (circular, subtriangular e subcircular), forma (oblato esferoidal, suboblato e prolato esferoidal), tipos de aberturas (colporado, colpado e porado), número de aberturas (três aberturas e duas aberturas), ornamentação da exina (microrreticulada, granulado-nanoequinada, nanoequinada, psilado-perfurada e estriada).

Figura 63 - Ordenação por Dendrograma de Cluster qualitativo das espécies das famílias Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae e Rosaceae de Rosales.

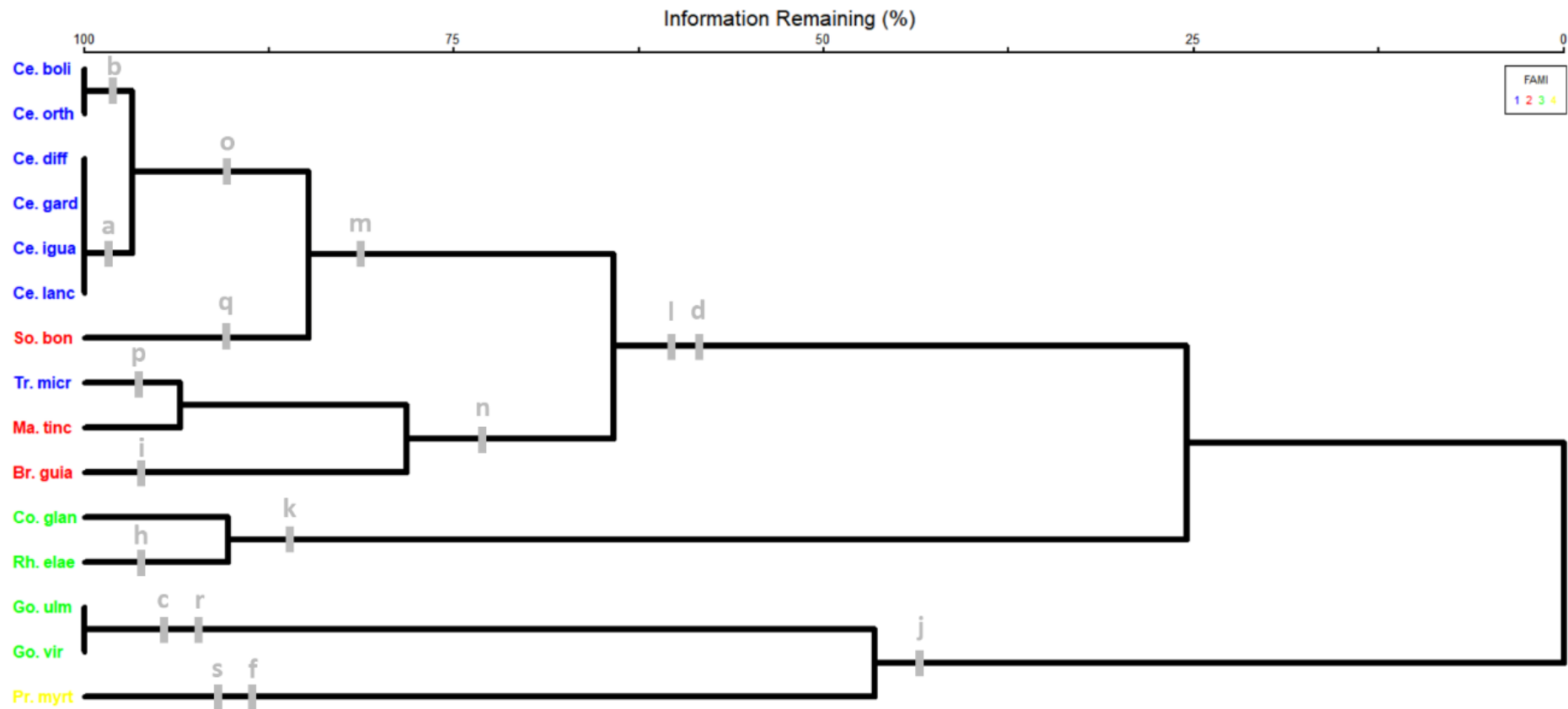


Figura 63. Ordenação por Dendrograma de Cluster qualitativo das espécies das famílias Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae e Rosaceae de Rosales em função dos seguintes caracteres dos grãos de pólen. Tamanho: a=pequeno, b=pequeno à médio, c=médio. Âmbito: d=circular, f=subcircular. Forma: h=suboblato, i=prolato esferoidal. Tipos de aberturas: j=cólporo, k=colpo, l=poro. Número de aberturas: m=três aberturas, n=duas aberturas. Ornamentação da exina: o=microrreticulada, p=granulado-nanoequinada, q=nanoequinada, r=psilado-perfurada, s=estriada. Fonte: a autora, 2023.

Observou-se que, através da ordenação com os dados qualitativos (Fig. 63), as espécies de *Celtis* foram agrupadas por compartilharem características como ornamentação microrreticulada ('o'), bem como, âmbito circular e forma oblato esferoidal. A diferenciação das espécies no gênero se deu principalmente pelo tamanho dos grãos de pólen, sendo *Celtis boliviensis* e *Celtis orthacanthos* um grupo de pólen pequenos a médios ('b') e *Celtis diffusa*, *Celtis gardneri*, *Celtis iguanaea* e *Celtis lancifolia* outro grupo de grãos de pólen pequenos ('a').

Verificou-se também que a característica 'm', que representa três aberturas, uniu as espécies de *Celtis* e a espécie *Sorocea bonplandii* - todas 3-poradas. No entanto, a ornamentação nanoequinada ('q') a separou das demais espécies de *Celtis*. Ademais, 'd' e 'l', âmbito circular e abertura do tipo poro, respectivamente, agrupou as espécies de Moraceae e Cannabaceae. Vale ressaltar que as espécies *Trema micrantha*, *Maclura tinctoria* e *Brosimum guianense* compartilham a característica duas aberturas ('n'), sendo que *B. guianense* se distingue das demais por possui grãos de pólen de forma prolato esferoidal ('i'). Apesar de *T. micrantha* e *M. tinctoria* se apresentarem em um agrupamento, a primeira se distingue da outra por apresentar ornamentação granulada-nanoequinada ('p').

As espécies *Gouania ulmifolia*, *Gouania virgata* e *Prunus myrtifolia* foram agrupadas por apresentarem grãos de pólen colporados ('j'). A espécie *Prunus myrtifolia* se diferencia das demais por possui grãos de pólen pequenos com âmbito subcircular ('f') e ornamentação estriada ('s'). Entretanto, as espécies de *Gouania* apresentam grãos de pólen médios ('c') e com ornamentação psilada-perfurada ('r'). *Colubrina glandulosa* e *Rhamnidium elaeocarpum* são apresentadas em um grupo separado das outras espécies de Rhamnaceae por terem grãos de pólen colpados ('k'), sendo que se diferenciam entre si devido ao forma, oblato esferoidal e suboblato ('h') respectivamente.

5 DISCUSSÃO

O gênero *Celtis* de Cannabaceae foi estudado por Zarafshar *et al.* (2010), que descrevem os grãos de pólen como mônades, 3-porados com ânulo ao redor dos poros em algumas espécies; de forma prolato, subprolatos ou prolato esferoidais. Sattarian, Berg e Masen (2006) afirmam que os grãos de pólen do gênero são pequenos ou médios de forma esferoidal, poucas vezes levemente oblato ou prolato.

Zavada (1983), também descreve os grãos de pólen de *Celtis* como oblatos a esferoidais com poros circulares posicionados próximos à região equatorial, com a presença ou ausência de ânulo. O mesmo autor estudou os grãos de pólen de *Trema* (Cannabaceae) e verificou que se diferenciam do restante da família por serem 2-porados. Silva *et al.* (2014) confirmam que os grãos de pólen de *T. micrantha* são mônades, pequenos, isopolares, com âmbito circular e de forma oblato-esferoidal a prolato esferoidal; os poros dessa espécie são circulares com ânulo ao redor deles.

Nesse sentido, nota-se que os resultados obtidos dos grãos de pólen das espécies estudadas de Cannabaceae corroboram com a descrição polínica disponível na literatura.

Rohwer e Berg (1993) descrevem os grãos de pólen de Moraceae como pequenos, oblatos a esferoidais e, em geral, possuem (1-)2-3(-5) poros no plano equatorial. O gênero *Brosimum* tem seus grãos de pólen descritos como 2-porados, de forma oblato a esferoidal, com ausência ou presença de margem ao redor dos poros (BARTH, 1976; HOEN; PUNT, 1989; HANSEN; POHL, 1990). Burn e Mayle (2008) reafirmam que os grãos de pólen de *Brosimum* são 2-porados com ânulo ao redor dos poros e descreve-os como isopolares, de forma esferoidal.

A morfologia polínica de *Maclura* foi pouco estudada, mesmo assim, os grãos de pólen da espécie *M. tinctoria* foram descritos como isopolares, 2-porados, de forma esferoidal e exina com ornamentação escabrada (BURN; MAYLE, 2008). Já a descrição palinológica para *Sorocea* encontrada na literatura é como grãos de pólen isopolares, de forma esferoidal, 2-3-porados com ânulo ausente ao redor dos poros e opérculos presentes (BURN; MAYLE, 2008).

Vê-se então que a morfologia polínica apresentada na literatura de Moraceae foi muito semelhante a obtida nesse estudo, apesar de algumas variações, principalmente em relação a ornamentação. Todas os grãos de pólen das espécies estudadas da família nesse trabalho apresentaram ornamentação nanoequinada, enquanto Burn e Mayle (2008) registraram ornamentação escabrada. Acredita-se que essa divergência é devido a utilização de técnicas de microscopia eletrônica de varredura no presente estudo, sendo fundamental para confirmar a ornamentação dos grãos de pólen.

Medan e Schirarend (2004) afirmam que os grãos de pólen de Rhamnaceae são isopolares, angulaperturados e 3(4)-colporado; com ornamentação microrreticulada, estriada, rugulada, verrucada, pilada ou psilada. Com relação aos gêneros estudados dessa família, encontrou-se estudos palinológicos de *Gouania*.

Os grãos de pólen de *Gouania* são descritos como 3-colporados, de forma oblato esferoidal, presença de endoaberturas circulares e exina com ornamentação reticulada (MONDAL; PAL, 2000). No entanto, observa-se que a ornamentação e o tipo de endoabertura das espécies estudadas de *Gouania* nesse trabalho do gênero divergiram da literatura, visto que foram encontrados grãos de pólen com endoaberturas lalongadas e ornamentação psilado-perfurada.

A utilização do microscópico eletrônico de varredura foi fundamental para a descrição da ornamentação dos grãos de pólen de *Gouania*, já que, somente em microscopia ótica seria difícil concluir o tipo de ornamentação. Possivelmente, a divergência com a literatura do tipo de endoabertura pode ser porque os microscópicos mais antigos apresentavam menor qualidade para visualização da imagem em relação aos mais atuais.

Rosaceae geralmente apresenta grãos de pólen mônades, de forma oblato a esférico, 3-colporados e exina com ornamentação rugulada a estriada, ou algumas vezes, psilado a verrucado (HEBDA; CHINNAPPA; SMITH, 1988). *Prunus* teve seus grãos de pólen descritos por Breis (1984) como 3-colpados, com ornamentação rugulada a estriada. No entanto, para Chwil *et al.* (2015) e Li *et al.* (2021), os grãos de pólen do gênero são 3-colporados, de tamanho médio a grande, prolatos, subprolatos ou prolatos esferoidais; exina com ornamentação estriada.

A espécie *Prunus myrtifolia*, foi descrita anteriormente por Bauermann, Evaldt e Branco (2009) e Edvalt *et al.* (2009) como grãos mônades, médios, âmbito

subtriangular, de forma prolatos esferoidais; presença de endoaberturas lalongadas; exina com ornamentações do tipo estriada.

Nota-se muitas semelhanças entre a descrição da morfologia polínica das espécies, gêneros e famílias da literatura com os resultados obtidos neste estudo. Apesar de haver algumas variações entre os dados, provavelmente devido a técnicas e equipamentos mais atualizados, a similaridade prevaleceu.

6 CONCLUSÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, é possível concluir que Rosales apresenta grande diversidade morfológica, sendo considerada uma ordem euripolínica. Para as quatro famílias estudadas, as principais variações qualitativas entre elas são o número e o tipo de aberturas e a ornamentação da exina. Além disso, os dados quantitativos de grande contribuição para a palinologia de Rosales são o comprimento da ectoabertura, a largura da ectoabertura, o diâmetro equatorial em vista polar e o diâmetro polar em vista equatorial.

Notou-se ainda que há poucas variações na morfologia dos grãos de pólen dentro dos gêneros, o que permite considerá-los estenopolínicos. Em Cannabaceae, os gêneros *Celtis* e *Trema* se diferenciam principalmente quanto ao número de aberturas e à ornamentação, sendo os grãos de pólen das espécies de *Celtis* 3-porados microrreticulados e de *Trema* 2-porados nanoequinados. Vale ressaltar que os grãos de pólen de *Celtis* são muito semelhantes, sendo a morfologia polínica uma maneira difícil para separação das suas espécies.

Com relação à palinologia de Moraceae, o número de poros é um caractere importante para a separação dos gêneros. *Sorocea* diverge das espécies de *Brosimum* e *Maclura* principalmente pelo número de aberturas dos grãos de pólen (três poros). A ornamentação dos grãos de pólen de todas as espécies estudadas de Moraceae é semelhante.

Rhamnaceae tem o tamanho, a ornamentação e a presença de endoaberturas dos seus grãos de pólen como caracteres morfológicos de grande importância para a diferenciação dos gêneros. *Gouania* possui grãos de pólen médios, psilado-perfurados com presença de endoaberturas, já em *Colubrina* e *Rhamnidium* são pequenos, microrreticulados com endoaberturas ausentes. Entretanto, todas as espécies descritas da família apresentam grãos de pólen de forma oblato esferoidal com três aberturas.

Rhamnaceae e Rosaceae se distinguem das outras famílias estudadas, principalmente pelo tipo de abertura e pela ornamentação da exina. Enquanto os grãos de pólen de ambas as famílias são colpados ou colporados, os das demais são porados. Em Rosaceae, a espécie estudada de *Prunus* possui grãos de pólen com ornamentação estriada, sendo considerada a característica mais evidente que a diferencia das outras famílias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBAS, M. et al. Comparative light and scanning electron microscopic studies of pollen of two marijuana species causing allergies. **Microscopy Research and Technique**, v. 85, n. 9, p. 3181-3186, 2022.
- APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1–20, 2016.
- BARTH, O. M. Catálogo sistemático dos polens das plantas arbóreas do Brasil meridional: XXIII. Moraceae. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 74, 295-309, 1976.
- BARTH, O. M. Surface morphology of Brazilian Moraceae pollen grains. **Boletim IG-USP. Serie Científica**, v. 15, p. 142-149, 1984.
- BARTH, O. M.; MACIEIRA, E. G.; CÔRTE-REAL, S. Morfologia do pólen anemófilo e alergisante no Brasil: Casuarinaceae, Salicaceae, Moraceae, Ulmaceae e Urticaceae (I). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 73, p. 141-150, 1975.
- BARTH, O. M. Catálogo sistemático dos polens das plantas arbóreas do Brasil meridional: XXIII. Moraceae. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 74, n. 3-4, p. 295-309, 1976.
- BARTH, O.M.; MELHEM, T. S. **Glossário ilustrado de Palinologia**. Editora da Universidade Estadual de Campinas, 1988.
- BASAK, S. et al. Some Known Porate Pollen Germinal Apertures are Actually Pororate: Observation Based on a Study from Eastern Himalaya. **Available at SSRN 4421098**, 2023.
- BASSO-ALVES, J. P.; RIBEIRO, C. C.; TEIXEIRA, S. P. Floral Development of Rhamnaceae and Origin of Its Unique Floral Features. **Plants**, v. 12, n. 2, p. 247, 2023.
- BASTOS, L. A.; FERREIRA, I. M. Composições fitofisionômicas do bioma cerrado: Estudo sobre o subsistema de Vereda. **Espaço em Revista**, v. 12, n. 1, 2010.
- BAUERMAN, S. G.; EVALDT, A. C. P.; BRANCO, S. C. Atlas de pólen e esporos do Vale do Rio Caí, RS, Brasil. **Revista Árvore**, v. 33, p. 895-905, 2009.
- BELLONZI, T. K.; DUTRA, F. V.; SOUZA, C. N.; GASPARINO, E. C. Pollen types of Sapindaceae from Brazilian forest fragments: variations on apertures of the pollen grains. **Acta Botanica Brasilica**, v. 34, p. 327–341, 2020.
- BILGIN, N. A. et al. The Pollen and Fruit Properties of *Ficus carica* Caprificus. **International Journal of Fruit Science**, v. 20, n. 3, 2020.

- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomás Brasileiros**. IBGEeduca, 2021. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomás-brasileiros.html>>. Acesso em: 23 mai. 2023.
- BREIS, B. F. **Estudio palinológico sobre cinco espécies frutales del género *Prunus* de la región murciana**. 1984.
- BRIZICKY, G. K. The genera of Rhamnaceae in the Southeastern United States. **Journal of the Arnold Arboretum**, 1964.
- BURN, M. J.; MAYLE, F. E. Palynological differentiation between genera of the Moraceae family and implications for Amazonian palaeoecology. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 149, n. 3-4, p. 187-201, 2008.
- CAMPBELL, C. S. Rosales (Rose). In: **Encyclopedia of Life Sciences**, 2002.
- CASSINO, R. F.; MEYER, K. E. B. Morfologia de grãos de pólen e esporos de níveis holocênicos de uma vereda do Chapadão dos Gerais (Buritizeiro, Minas Gerais), **Journal of Geoscience**, 2011.
- CHUNG, K. S.; ELISENS, W.J.; SKVARLA, J. J. Pollen morphology and its phylogenetic significance in tribe Sanguisorbeae (Rosaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 285, p. 139-148, 2010.
- CHWIL, M. et al. Micromorphology of pollen grains of fruit trees of the genus *Prunus*. **Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus**, v. 14, n. 4, p. 115-129, 2015.
- CORRÊA, B. S.; LOUZADA, J. N. C. Bioma cerrado, fragmentação florestal e relações ecológicas com a avifauna. **Revista Agrogeoambiental**, 2010.
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta botânica brasílica**, v. 20, p. 13-23, 2006.
- DALMOLIN, R. S. D.; CATEN, A. Uso da terra dos biomas brasileiros e o impacto sobre a qualidade do solo. **Revista Entre-Lugar**, v. 3, n. 6, p. 181-193, 2012.
- EVALDT, A. P. et al. Grãos de pólen e esporos do Vale do Rio Caí, nordeste do Rio Grande do Sul, Brasil: descrições morfológicas e implicações paleoecológicas. **Gaea-Journal of Geoscience**, v. 5, n. 2, p. 86-106, 2009.
- EIDE, F. Key for Northwest European Rosaceae pollen. **Grana**, v. 20, p. 101-118, 1981.
- ERDTMAN, G. **Pollen Morphology and Plant Taxonomy: Angiosperms (An Introduction to Palynology. I)**. Stockholm: Almqvist & Wiksell, 1952

ERDTMAN, G. Palynology. *In: Advances in botanical research*. Academic Press, 1963.

ERDTMAN, G. The acetolysis method. A revised description. **Svensk Botanisk Tidskrift**, v. 54, p. 561-564, 1960.

FAEGRI, G.; IVERSEN, J. **Textbook of modern pollen analysis**. 2 ed., Scandinavian University Books, Copenhagen, Denmark: Einar Munksgaard, 1966.

FAEGRI, K. Recent trends in palynology. **Botanical Review**, v. 22, n. 9, p. 639-664, 1956.

Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 01 set. 2022

GASPARINO, E. C.; CRUZ-BARROS, M. A. V. **Palinologia**. Instituto de Botânica, São Paulo, p. 9, 2006.

GASPARINO, E. C.; CRUZ-BARROS, M. A. V.; CHAUTEMS, A. Pollen morphology in Brazilian species of *Codonanthe* (Mart.) Hanst. and *Nematanthus* Schrader (Gesneriaceae). **Grana**, v. 52, n. 4, p. 258-274, 2013.

GONZALEZ-ROMANO, M. L. G.; CANDAU, P. Contribución a la palinología de Rosaceae. **Acta Botanica Malacitana**, v. 14, p. 105-116, 1989.

GOTELLI, M. M.; GALATI, B. G.; ZARLAVSKY, G. Pollen development and anther morphology in 14 species of Rhamnaceae. **Plant Systematics and Evolution**, v. 302, n. 10, p. 1433-1444, 2016.

GRANDI, L. A.; BUENO, G. M.; GROPPPO, M. **Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais**: Rosaceae. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo, p. 269-273, 2009.

HALBRITTER, H. et al. **Illustrated pollen terminology**. [s. l.]: Springer, 2 ed., 2018.

HAMILTON, A. C. Identification of East African Urticales pollen. **Pollen Spores**, v. 18, p. 27-66, 1976.

HANSEN, B. C. S.; POHL, M. Pollenstratigraphy of Laguna de Cocos. **Ancient Maya Wetland Agriculture: Excavations on Albion Island, Northern Belize**, p. 155-186, 1990.

HEBDA, R. J.; CHINNAPPA, C. C. Studies on pollen morphology of Rosaceae. **Acta Botanica Gallica**, v. 141, n. 2, p. 183-193, 1994.

HEBDA, R. J.; CHINNAPPA, C. C. Studies on pollen morphology of Rosaceae in Canada. **Review of Paleobotany and Palynology**, 1990.

- HEBDA, R. J.; CHINNAPPA, C. C.; SMITH, B. M. Pollen morphology of the Rosaceae of Western Canada. **Grana**, v. 27, p. 95-113, 1988.
- HOEN, P. P.; PUNT, W. Pollen morphology of the tribe Dorstenieae (Moraceae). **Review of palaeobotany and palynology**, v. 57, n. 3-4, p. 187-220, 1989.
- HUMMER, K. E.; JANICK, J. Rosaceae: taxonomy, economic importance, genomics. *In: Genetics and genomics of Rosaceae*. Springer, New York, NY, 2009. p. 1-17.
- JIANG, W. et al. Evolution of Angiosperm Pollen: Nitrogen-Fixing Clade. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 104, n. 2, p. 171-229, 2019.
- JONEGHANI, V. N. Pollen morphology of the genus *Malus* (Rosaceae). **Iranian Journal of Science & Technology**, v. 32, n. 2, 2008.
- JOHRI, B. M. et al. Rosales. **Comparative Embryology of Angiosperms: V. 1, 2**, p. 366-407, 1992.
- JUDD, W. S. et al. **Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2009.
- KALKMAN, C. Rosaceae. *In: Flowering plants Dicotyledons: Celastrales, Oxalidales, Rosales, Cornales, Ericales*. Springer Science & Business Media, 138-141, 2004.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- KUBITZKI, K. Cannabaceae. *In: Flowering Plants Dicotyledons: Magnoliid, Hamamelid and Caryophyllid*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1993. p. 603-611.
- KUMAR, B. et al. Palynological diversity of highly medicinal rare, endangered, and threatened plants from Western Himalaya, India. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 50, n. 3, p. 12787-12787, 2022.
- LI, M.; YE, X.; BI, H. Characterization of the complete chloroplast genome of two *Hovenia* species (Rhamnaceae). **Mitochondrial DNA Part B**, 2020
- LIMA, R. B. **Flora da reserva Ducke, Amazonas, Brasil**: Rhamnaceae. *Rodriguésia*, v. 57, n. 2, p. 247-249, 2006.
- LI, W. et al. Pollen morphology of selected apricot (*Prunus*) taxa. **Palynology**, v. 45, n. 1, p. 95-102, 2021.
- MARTINS, E. G. A.; PIRANI, J. R. **Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais**: Cannabaceae. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, p. 247-251, 2009.

MEDAN, D.; SCHIRAREND, C. **Rhamnaceae**. *In*: Flowering plants- icotyledons: Celastrales, Oxalidales, Rosales, Cornales, Ericales. Springer Science & Business Media, 138-141, 2004.

MELHEM, T. S. Palinologia suas aplicações e perspectivas no Brasil. **Coleção Museu Paulista, Série Ensaios**, v. 2, p. 333-368, 1978.

MELHEM, T. S. et al. Variabilidade polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). **Boletim do Instituto de Botânica de São Paulo**, n. 16, p. 01-104, 2003.

MELHEM, T. S.; MATOS, M. E. R. Variabilidade de forma dos grãos de pólen de *Eriopecrassipes* Benth - Labiatae. **Hoehnea**, v. 2, p. 01-10, 1972.

NAIMAT, R. et al. Palynomorphological characterization of some species of selected genera of family Rhamnaceae. **Research in Plant Biology**, v. 2, n. 3, 2012.

NECCHI, J. O. et al. Características da região noroeste do estado de São Paulo e dos fragmentos florestais remanescentes estudados. *In*: NECCHI, J. O. (Ed.). **Fauna e Flora de fragmentos florestais remanescentes da região Noroeste do Estado de São Paulo**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 15–36.

NIEZGODA, C. J.; NOWACZYK, J. Palynological studies in *Acanthinophyllum*, *Clarisia*, *Sorocea*, and *Trophis* (Moraceae). **Pollen Spores**, v. 18, p. 513-522, 1976.

NISA, U.Z. et al. Taxonomic reaffirmation of some members of family Cannabaceae, Moraceae, Rhamnaceae, Rosaceae and Urticaceae of order Rosales using DNA barcodings markers. **Pak. J. Bot**, v. 54, n. 1, p. 231-241, 2022.

NOSHAD, Q. et al. Comparative investigation of palynological characters of *Cuscuta reflexa* and few members of Convolvulaceae. **J. Anim. Plant Sci**, v. 30, n. 5, p. 1215-1223, 2020.

PAL, A.; MONDAL, M. S.; PAL, P. K. Pollen Morphology of some Species of Rhamnaceae from West Bengal. **Nelumbo-The Bulletin of the Botanical Survey of India**, v. 42, n. 1-4, p. 65-72, 2000.

PALAZZESI, L. et al. Pollen grain morphology of selected allergenic species native to Southern South America. **The Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 134, n. 4, p. 527-533, 2007.

PEDERNEIRAS, L. C. et al. Ulmaceae, Cannabaceae and Urticaceae of restingas of the state of Rio de Janeiro. **Rodriguésia**, v. 62, n. 2, p. 299-313, 2011.

PEHLIVAN, S. A comparative study on the fine structures of the pollen walls and annuli in some Turkish Betulaceae, Moraceae, Cannabaceae, Haloragaceae.

Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology, v. 5, p. 1-18, 1987.

PELLISSARI, G.; ROMANIUC NETO, S. *Ficus* (Moraceae) da Serra da Mantiqueira, Brasil. **Rodriguésia**, v. 64, p. 91-111, 2013.

PERVEEN, A.; QAISER, M. Pollen flora of Pakistan-XLIV: Rhamnaceae. **Pakistan Journal of Botany**, v. 37, n. 2, p. 195, 2005.

PERVEEN, A.; QAISER, M. Pollen flora of Pakistan-LXXI. Rosaceae. **Pakistan Journal of Botany**, v. 46, n. 3, p. 1027-1037, 2014.

PUNT, W. On the pollen morphology of *Scyphosyce* and *Dorstenia* (Moraceae). **Grana**, v. 17, n. 2, p. 77-79, 1978.

PUNT, W.; EETGERINK, E. On the pollen morphology of some genera of the tribe Moreae (Moraceae). **Grana**, v. 21, n. 1, p. 15-19, 1982.

PUNT, W.; MALOTAUX, M. Cannabaceae, Moraceae and Urticaceae. **The Northwest European Pollen Flora**, v. 31, p. 23-44, 1984.

PUNT, W.; MARKS, A.; HOEN, P. P. Rhamnaceae. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 123, n. 1-2, p. 57-66, 2003.

PUNT, W.; HOEN, P.P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 143, p. 01-81, 2007.

RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 2003.

RODRIGUES, P. J. F. P.; NASCIMENTO, M. T. Fragmentação florestal: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda. **Rodriguésia**, v. 57, p. 67-74, 2006.

ROHWER, J. G; BERG, C.C. Moraceae. *In: Flowering Plants Dicotyledons: Magnoliid, Hamamelid and Caryophyllid*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1993.

ROMANIUC NETO, S.; PEDERNEIRAS, L. C.; GAGLIOTI, A. L. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Moraceae. **Rodriguésia**, v. 69, p. 1255-1257, 2018.

ROMANIUC NETO, S.; TORRES, R.B.; SANTOS, A. **Cannabaceae**. *In: Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB106887>>. Acesso em: 01 ago. 2021.

SALGADO-LABORIAU, M. L.; CARVALHO, L. F.; CAVALCANTE, P. B. Pollen Grains of Plants of the "Cerrado". XXI: Ebenaceas, Nyctaginaceae, Rhamnaceae and Solanaceae. **Museu Paraense Emilio Goeldi**, 1969.

SARTORELLI, P. A. R.; CAMPOS FILHO, E. M. Guia de plantas da regeneração natural do Cerrado e da Mata Atlântica. São Paulo: **Agroicone**, 2017.

SATTARIAN, A.; VAN DEN BERG, R. G.; VAN DER MAESEN, L. J. G. Pollen morphology of African *Celtis* (Celtidaceae). **Feddes Repertorium**, v. 117, n. 1-2, p. 34-40, 2006.

SCARIOT, A.; FELFILI, J. M.; SILVA, J. C. S. **Cerrado**: ecologia, biodiversidade e conservação. Ministério do Meio Ambiente, 2005.

SCHIRAREND, C. Pollen morphology of the genus *Paliurus* (Rhamnaceae). **Grana**, v. 35, n. 6, p. 347-356, 1996.

SHAHBAZ, S. E.; SHARIF, N. M. Anatomical and palynological characters of *Celtis* L. in Kurdistan-Iraq. **Science Journal of University of Zakho**, v. 5, n. 1, p. 57-63, 2017.

SILVA, C. I. et al. Catálogo polínico das plantas usadas por abelhas no campus da USP de Ribeirão Preto. **Holos**, Ribeirão Preto, v. 63, 2014.

SIMPSON, M. G. Diversity and classification of flowering plants: eudicots. **Plant systematics**, v. 8, p. 275-448, 2010.

SOARES, E. L.; LANDI, L. A. D. C; GASPARINO, E. C. Additions to the knowledge of the pollen morphology of some Fabaceae from the cerrado's forest patches of Brazil. 2021

SOUZA, H. B. Z. ***Celtis* L. (Cannabaceae) do Brasil**. 2019. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2019.

STEVENS, P. F. **Angiosperm Phylogeny Website**. 2017. Disponível em: <<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb>>. Acesso em: 23 mai. 2023

STRAKA, H. Palynologia Madagassica et Mascarenica: Didymelaceae. **Pollen Spores**, v. 8, n 2, 1966.

TSUKADA, M. Fine sculpturing of pollen surfaces and some terminological problems. **Botanical Magazine-Tokyo**, v. 81, n. 961, p. 385, 1968.

VAFADAR, M. et al. Pollen morphology of *Amygdalus* L. [Rosaceae] in Iran. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, v. 79, n. 1, p. 63-71, 2010.

WALKER, J. W.; DOYLE, J. A. The bases of angiosperm phylogeny: Palynology. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 664-723, 1975.

WROŃSKA-PILAREK, D. Pollen morphology of Polish native species of the *Rosa* genus (Rosaceae) and its relation to systematics. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, v. 80, n. 3, p. 221, 2011.

YU-LONG, Z. et al. Studies on the pollen morphology of tribe Zizipheae of Rhamnaceae in China. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 24, n. 3, p. 177, 1986.

YU-LONG, Z. et al. A study on pollen morphology of tribe Rhamneae (Rhamnaceae) in China. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 30, n. 1, p. 73, 1992.

ZARAFSHAR, M. et al. Pollen Morphology of Iranian *Celtis* (Celtidaceae-Ulmaceae). **Botanica serbica**, v. 34, n. 2, p. 145-149, 2010.

ZAVADA, M. Pollen morphology of Ulmaceae. **Grana**, v. 22, n. 1, p. 23-30, 1983.