UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Fernanda da Costa Fernandes

Palinologia de espécies de Sapindales A. Juss. ex Bercht. & J. Presl (Magnoliophyta) de um fragmento urbano de Floresta Atlântica do sudeste do Brasil

Juiz de Fora

2022

Fernanda da Costa Fernandes

Palinologia de espécies de Sapindales A. Juss. ex Bercht. & J. Presl (Magnoliophyta) de um fragmento urbano de Floresta Atlântica do sudeste do Brasil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação da Natureza.

Orientadora: Profa. Dra. Andrea Pereira Luizi Ponzo

Juiz de Fora

2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

da Costa Fernandes, Fernanda.
Palinologia de espécies de Sapindales A. Juss. ex Bercht. & J. Presl (Magnoliophyta) de um fragmento urbano de Floresta Atlântica do sudeste do Brasil / Fernanda da Costa Fernandes. -- 2022.
78 f.

Orientador: Andrea Pereira Luizi Ponzo
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, 2022.

1. Botânica. 2. Palinologia. 3. Sapindales. 4. Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora. I. Pereira Luizi Ponzo, Andrea, orient. II. Título.

FERNANDA DA COSTA FERNANDES

Palinologia de espécies de Sapindales Juss. ex Bercht. & J. Presl (Magnoliophyta) de um fragmento urbano de Floresta Atlântica do sudeste do Brasil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Biodiversidade e Conservação da Natureza. Área de concentração: Comportamento, Ecologia e Sistemática.

Aprovada em 26 de setembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Andrea Pereira Luizi Ponzo - Orientadora
Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Dra. Ana Paula Gelli de Faria
Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Dra. Vania Gonçalves Lourenço Esteves
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Juiz de Fora, 18/08/2022.

Documento assinado eletronicamente por **Andrea Pereira Luizi Ponzo**, **Professor(a)**, em 26/09/2022, às 10:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Ana Paula Gelli de Faria**, **Professor(a)**, em 26/09/2022, às 10:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Vania Gonçalves Lourenço Esteves**, **Usuário Externo**, em 26/09/2022, às 10:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **0914064** e o código CRC **902EC913**.

AGRADECIMENTOS

- Agradeço, primeiramente, a Deus pela inspiração para viver cada dia, e por me presentear com todas as pessoas que, de alguma forma, estão presentes nesse trabalho;
- A minha mãe, pai e irmão que mesmo à distância se fizeram presentes como suportes em todos os sentidos e em todos os momentos. Vocês são as minhas pessoas mais especiais desse mundo todo;
- À professora Andrea pela orientação, cuidado e carinho; pelo exemplo de profissional dedicada a tudo que se dispõe a fazer e pela torcida pelo sucesso de todos que passaram e passarão pelo laboratório;
- Aos amigos que a biologia me deu, que eu levarei para sempre comigo: Andressa Saldanha, Laís Rossi, Marcelly Ventura, Mylena Barros e Pâmela Timóteo: Obrigada pela força, oração e paciência;
- Aos colegas de laboratório que vivenciaram juntamente comigo momentos divertidos, dramáticos, do café, das fotos, do campo. Desejo muito sucesso a todos: Grasiele Gomes, Vitor Cardoso, Géssica Gomes e Pâmela Timóteo;
- Agradeço ao Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal de Juiz de Fora pela utilização dos equipamentos e ao técnico Pedro Loureiro pelo auxílio no preparo e observação das amostras;
- Agradeço ao professor Roberto Junio Pedroso Dias pela disponibilização do Laboratório Avançado de Zoologia para utilização do equipamento para realização das fotomicrografias, e aos alunos de doutorado: Zacarias Rosalina e Pedro Mendes pelo auxílio no manuseio do equipamento;
- Agradeço aos técnicos de laboratório do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Juiz de Fora: Flávia Bonizol Ferrari e Wanderson Tavares Ribeiro pelo apoio prestado durante a execução do trabalho.

“Deus fez tudo formoso no seu devido tempo.”

Eclesiastes 3:11a

RESUMO

As Sapindales incluem representantes com elevado potencial econômico e ampla distribuição geográfica, para os quais há divergências taxonômicas e lacunas no conhecimento da morfologia polínica. Estudos palinológicos previamente desenvolvidos com algumas espécies da ordem evidenciaram sua importância na solução de problemas taxonômicos e na interpretação das relações filogenéticas entre as espécies. A Floresta Atlântica abriga um elevado número de espécies de Sapindales para as quais estudos palinológicos ainda são incipientes. O Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora está inserido em um fragmento urbano de Floresta Atlântica, localizado no sudeste brasileiro e apresenta elevada riqueza de espécies, dentre as quais estão incluídas cerca de 20 espécies de Sapindales das famílias: Anacardiaceae R.Br., Burseraceae Kunth, Meliaceae A. Juss., Rutaceae A. Juss. e Sapindaceae A. Juss. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivos estudar a morfologia dos grãos de pólen das espécies de Sapindales que ocorrem no Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora, avaliar a relevância dos atributos palinológicos para a ampliação das informações taxonômicas destas espécies e, fornecer dados para a elaboração do Catálogo Palinológico do Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora. Para realização do estudo, foi utilizado material botânico herborizado disponível na coleção do Herbário Leopoldo Krieger. As observações foram realizadas com auxílio de microscópio de luz e microscópio eletrônico de varredura, empregando-se as metodologias padronizadas para estudos palinológicos. Os resultados obtidos demonstram que a morfologia polínica de da ordem Sapindales é bastante variada e pode ser descrita como grãos de pólen médios, raramente pequenos, isopolares ou fracamente heteropolares, de simetria radial, triaperturados ou, também, apresentando algumas variações de quatro até seis aberturas. A família Anacardiaceae apresenta grãos de pólen médios, variando de reticulados a estriados, podendo apresentar os dois tipos de ornamentação no mesmo grão de pólen. Burseraceae inclui grãos de pólen variando de pequeno a médio e exina psilada. Meliaceae exibe grãos de pólen de tamanho médio e ornamentação psilada, tendo a maior variação dentro dos grupos estudados quanto à forma e tipo de aberturas, podendo ser sincolporados, parassincolporados e colporados. Vale ressaltar a presença de orbículos associados aos grãos de pólen das espécies do gênero *Cedrela* que auxiliam na diferenciação das espécies e na elaboração de inferências ecológicas acerca da polinização das espécies desse gênero. Rutaceae apresenta grãos de pólen de tamanho

médio a pequeno, com retículos heterobrocados. Os grãos de pólen das espécies de Sapindaceae são caracterizados por apresentarem uma fraca heteropolaridade, tamanho médio, ornamentação microrreticulada e âmbito variando de subtriangular a triangular.

Palavras-chave: Anacardiaceae, Burseraceae, Floresta Atlântica, Grãos de pólen, Meliaceae, Rutaceae, Sapindaceae

ABSTRACT

Sapindales include representatives with high economic potential and wide geographic distribution, for which there are taxonomic divergences and gaps in the knowledge of pollen morphology. Palynological studies previously carried out with some species of the order showed their importance in solving taxonomic problems and in the interpretation of phylogenetic relationships between species. The Atlantic Forest is home to a high number of Sapindales species for which palynological studies are still incipient. The Botanical Garden of the Federal University of Juiz de Fora is located in an urban fragment of the Atlantic Forest, in southeastern Brazil and has a high species richness, among which about 20 species of Sapindales from the families: Anacardiaceae R.Br., Burseraceae Kunth, Meliaceae A. Juss., Rutaceae A. Juss. and Sapindaceae A. Juss. Thus, the present work aims to study the morphology of pollen grains of Sapindales species that occur in the Botanical Garden of the Federal University of Juiz de Fora, to evaluate the relevance of palynological attributes for the expansion of taxonomic and ecological information of these species and, provide data for the elaboration of the Palynological Catalog of the Botanical Garden of the Federal University of Juiz de Fora. To carry out the study, heerborized botanical material available in the collection of the Herbarium Leopoldo Krieger was used. The observations were carried out using light microscope and scanning electron microscope, according to standardized methodologies for palynological studies. The results demonstrate that the pollen morphology of the order Sapindales is quite varied and can be described as medium, rarely small, isopolar or weakly heteropolar, radially symmetrical, tri-apertured pollen grains but, also, presenting some variation from four to six apertures. The Anacardiaceae family have medium pollen grains ranging from reticulate to striate and may present both types of ornamentation in the same pollen grain. Burseraceae include pollen grains ranging from small to medium and psilate exine. Meliaceae exhibit medium-sized pollen grains and psilate ornamentation, with the greatest variation within the groups studied, regarding the shape and type of apertures, which can be syncolporate, parasyncolporate and colporate. It is worth mentioning the presence of orbicules associated to the pollen grains of the species of the genus *Cedrela*, which helped in the differentiation of the species and in the elaboration of ecological inferences about the pollination of the species of this genus. Rutaceae present medium to small sized pollen grains, with heterobrochate reticules. The pollen grains of Sapindaceae species were characterized by their weakly heteropolarity,

medium size, microreticulate ornamentation and amb ranging from subtriangular to triangular.

Keywords: Anacardiaceae, Burseraceae, Atlantic Forest, Pollen grains, Meliaceae, Rutaceae, Sapindaceae

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL 11

1.1 Características Gerais 11

1.2 Características Palinológicas 12

1.3 Área de Estudo 14

2 OBJETIVOS 15

2.1 Objetivo Geral 15

2.2 Objetivos Específicos 15

3 MATERIAL E MÉTODOS 16

3.1 Material examinado 16

3.2 Observações sob Microscopia de Luz (ML) 17

3.2.1 Método de Wodehouse (1935) 18

3.2.2 Método de Erdtman (1960) 18

3.3 Observações sob microscopia eletrônica de varredura (MEV) 19

3.4 Mensuração e tratamento estatístico dos dados morfométricos 19

4 REFERÊNCIAS 20

5 RESULTADOS 27

6 CAPÍTULO 1 28

6.1 Resumo 29

6.2 Introdução 30

6.3 Material e Métodos 32

6.3.1 Material Examinado 32

6.3.2 Métodos para Microscopia de Luz (ML)..... 32

6.3.3 Análise das Flores 32

6.3.4. Métodos para Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) 33

6.3.5. Tratamento Estatístico 33

6.4. Resultados 33

6.4.1 Descrição dos Grãos de Pólen 33

6.4.2 Descrição dos Orbículos 34

6.4.3 Análise das flores 34

6.5 Discussão 38

6.6 Conclusão 40

6.8 Referências 40

7. CAPÍTULO 2 44

7.1 Resumo 45

7.2 Introdução 46

7.3 Material e Métodos 47

7.4 Resultados 48

7.5 Discussão 62

7.6 Conclusão 67

7.7 Referências 68

8 CONCLUSÃO GERAL..... 73

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Características Gerais

A ordem Sapindales é monofilética, está inserida no clado das Rosídeas-Malvídeas e inclui espécies que apresentam ampla distribuição nas regiões temperadas e tropicais (APG IV, 2016; Ferrucci, 1998; Muellner-Riehl *et al*., 2016). A origem desse táxon remonta ao Cretáceo, com início da evolução na América do Norte, e posterior dispersão para as regiões tropicais durante o eoceno (Kubitzki, 2010). A ordem representa aproximadamente 3% da diversidade mundial de plantas, com 5264 espécies distribuídas em 470 gêneros (Magallón *et al*., 1999). São plantas lenhosas podendo ser herbáceas, arbustos ou árvores que, geralmente, apresentam folhas compostas, flores unissexuadas ou bissexuadas e disco nectarífero aparente, sendo reconhecidas pelo seu potencial de secretar substâncias como óleos e resinas (Kubitzki, 2010; Pirani & Silva-Luz, 2018; Tölke *et al*., 2022). No Brasil, ocorrem as seis famílias que concentram a maior diversidade das espécies pertencentes à ordem Sapindales: Anacardiaceae R.Br., Burseraceae Kunth, Meliaceae A. Juss., Rutaceae A. Juss., Sapindaceae A. Juss. e Simaroubaceae DC., com maior representatividade, em riqueza de espécies, na Amazônia e na Floresta Atlântica (Flora do Brasil, 2020; Guimaraes & Forni-Martins, 2021; Muellner-Riehl *et al*., 2016; Pirani & Silva-Luz, 2018).

Tratando-se das famílias de Sapindales ocorrentes no Brasil, observa-se, nas filogenias mais antigas, que Sapindaceae era considerada grupo-irmão de Aceraceae A. Juss. e Hippocastanaceae A. Rich. Após estudos, essas duas famílias foram remanejadas como subfamílias dentro de Sapindaceae (APG II, 2003; Gadek *et al*., 1996). A família Anacardiaceae é monofilética e grupo-irmão de Burseraceae, enquanto Meliaceae é mais relacionada às Rutaceae e Simaroubaceae, com quem tem uma relação de grupo-irmão moderadamente sustentada, pois compartilham a presença de derivados triterpenóides: os limonóides e quassinóides (Gadek *et al*., 1996; Muellner-Riehl *et al*., 2016; Tölke *et al*., 2022). Essas famílias são monofiléticas, apresentando divergências quanto à circunscrição (Chase *et al*., 1999; Groppo *et al*., 2008; Morton & Kallunki, 1993; Morton & Telmer, 2014; Muellner *et al*., 2003; Muellner *et al*., 2008; Muellner-Riehl *et al*., 2016; Wannan, 2006; Wannan & Quinn, 1991; Scott *et al*., 2000).

Muitos representantes destas famílias têm interesse econômico elevado e são explorados comercialmente. Anacardiaceae possui relevante destaque comercial e medicinal (Moyo & Van Staden, 2013). A relevância econômica de Burseraceae está relacionada aos seus óleos essenciais, sendo utilizada como matéria prima na indústria farmacêutica, de perfumaria e alimentícia (Murthy *et al*., 2016). Meliaceae possui grande importância econômica devido à madeira dura presente nas suas espécies que são muito úteis na indústria madeireira e fáceis de serem cultivadas em florestas artificiais (Carvalho, 1994). Rutaceae possui grande apelo econômico devido aos frutos cítricos e às propriedades dos seus compostos químicos e óleos essenciais, que são aplicados na indústria farmacêutica e como fitoterápicos (Mandal *et al*., 2010; Liaqat *et al*., 2018; Mônaco, 2012; Lopes *et al*., 2011). Sapindaceae inclui frutos representativos na indústria alimentícia (Guarim Neto *et al*., 2000) e Simaroubaceae contém substâncias potencialmente antitumorais, antimaláricas, inseticidas e antivirais (Alves *et al*., 2014).

1.2 Características Palinológicas

Dentro da ordem Sapindales, existem representantes para os quais há divergências taxonômicas e lacunas acerca da morfologia polínica (APG IV, 2006; Gonçalves–Esteves *et al*., 2021; Muellner-Riehl *et al*., 2016). Estudos palinológicos previamente desenvolvidos com algumas espécies dessa ordem, evidenciaram sua importância na solução de problemas taxonômicos e na interpretação das suas relações filogenéticas (Acevedo-Rodríguez *et al*., 2010; Aguilar-Sierra & Melhem (1998a; 1998b; 1998c); Harley *et al*., 2007; Gonçalves-Esteves *et al*., 2021). Algumas espécies de Sapindales já tiveram os seus grãos de pólen descritos ou reconhecidos em estudos de melissopalinologia, paleopalinologia, ecologia e taxonomia (Aguillar-Sierra & Melhem, 1998; Barth, 1980; Barth 1982; Barth *et al*., 1998; Bellonzi *et al*., 2020; Cancelli *et al*., 2012; Cruz, 1982; Dutra & Gasparino, 2017; Freitas *et al*., 2020; Freitas & Carvalho, 2012; Garralla & Cuadrado, 1997; Gonçalves-Esteves & Ferreira 1994; Harley *et al*., 2007; Luz & Barth, 1999; Mitra *et al*., 1977; Pereira *et al*., 2014; Salgado-Labouriau, 1973; Roubik & Moreno, 1991).

Os grãos de pólen de algumas espécies da família Anacardiaceae foram descritos por Cancelli *et al.* (2012); Freitas *et al*. (2020); Freitas & Carvalho (2012); Gonçalves-Esteves & Ferreira (1994); Pereira *et al*. (2014); Roubik & Moreno (1991) e Salgado-

Labouriau (1973). Os autores destacaram os padrões de ornamentação e o compartilhamento de características relacionadas ao tamanho, o tipo e o número de aberturas presentes nas espécies dessa família.

Estudos palinológicos com espécies da família Burseraceae foram realizados por Aguilar-Sierra & Melhem (1998a; 1998b; 1998c) com representantes das três tribos dessa família ocorrentes na América do Sul. Harley *et al*. (2007) destacaram a grande variedade morfológica do grupo, dividindo-o em 14 tipos polínicos. Mitra *et al.* (1977) caracterizaram os grãos de pólen de 10 gêneros dessa família separando-a em cinco tipos polínicos baseados na forma, tamanho, aberturas e sexina.

A palinologia de espécies de Meliaceae foi superficialmente descrita por Barth *et al*. (1998); Carreira & Secco (1984); Garralla & Cuadrado (1997) e Salgado-Labouriau (1973). Barth *et al*. (1998) destacaram que sob microscopia de luz, não foi possível diferenciar as espécies entre si e indicaram a ocorrência de orbículos nas preparações acetolisadas das espécies pertencentes ao gênero *Cedrela,* sem, no entanto, detalhar a morfologia dessas estruturas.

Estudos envolvendo grãos de pólen de espécies de Rutaceae foram realizados por alguns autores (Barth, 1980; Barth, 1982; Dutra & Gasparino, 2017; Grant *et al*., 2000; Groppo *et al*., 2010; Victor & van Wyk, 1998; 2001), que apresentaram divergências quanto ao tamanho e número de aberturas para alguns táxons e ressaltaram a diversidade polínica presente na família.

Dentre os estudos que trataram da morfologia polínica de Sapindaceae podem ser citados: Acevedo-Rodríguez *et al*. (2010); Bellonzi *et al.* (2020), Cancelli *et al*. (2012), Cruz (1982) e Luz & Barth (1999), que destacaram a diversidade da ornamentação do esporoderma, assim como dos tipos de abertura, ressaltando sua importância para diferenciar gêneros e espécies. O âmbito foi apontado como uma característica comum dentro da família. Segundo Gonçalves–Esteves *et al*. (2021), que apresentaram uma ampla revisão polínica do grupo, muito ainda precisa ser feito para caracterizar os grãos de pólen das famílias de Sapindales, bem como de seus gêneros e espécies.

1.3 Área de estudo

O Brasil abriga dois importantes *hotspots*: Cerrado e Floresta Atlântica (Myers *et al.*, 2000). O Domínio Floresta Atlântica é um conjunto de ecossistemas que se estende desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, apresentando diferentes características climáticas e fitogeográficas (Fiaschi & Pirani, 2009; Stehmann *et al*., 2009) e alta relevância entre as florestas do mundo devido à sua grande riqueza, estimada em 20 mil espécies de plantas vasculares, das quais, oito mil são endêmicas (Myers *et al*., 2000).

No Brasil, o estado de Minas Gerais possui áreas florestais que sofreram intensas alterações devido às ações antrópicas, com ênfase para a cultura cafeeira e a criação de gado, mas o município de Juiz de Fora se destaca pela importância biológica considerada "muito alta" (Drummond *et al*., 2005; 2009). O Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora inclui um fragmento urbano de Floresta Atlântica e constitui um corredor ecológico com grande importância para conservação da diversidade, contendo espécies ameaçadas de extinção (Fonseca & Carvalho, 2012; Santiago *et al*., 2014; Silva *et al*., 2020).

Este fragmento florestal está localizado no bairro Santa Teresinha, às margens do rio Paraibuna, sua extensão está estimada em 82 ha e se conecta a 290 ha de Floresta Atlântica da Área de Proteção Ambiental da Mata do Krambeck (Fonseca & Carvalho, 2012; Silva *et al*., 2020). A formação florestal que ocorre no local consiste em uma Floresta Estacional Semidecidual Montana e a comunidade florística se encontra em estágio secundário de sucessão ecológica, devido à ação antrópica ao longo do tempo, com presença de muitas espécies pioneiras e exóticas (Brito & Carvalho, 2014; Santiago *et al.,* 2014; Veloso *et al*., 1991). A riqueza de espécies vegetais é elevada com a presença de espécies raras e é composta por 436 espécies distribuídas em 270 gêneros e 96 famílias de fanerógamas (Brito & Carvalho, 2014; Silva *et al*., 2020).

Na área do Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora, ocorrem cinco famílias da ordem Sapindales: Anacardiaceae R.Br., Burseraceae Kunth, Meliaceae A. Juss., Rutaceae A. Juss. e Sapindaceae A. Juss., representadas por 25 espécies (Fonseca & Carvalho, 2012; Santiago *et al.,* 2013; Silva *et al*., 2020).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Caracterizar a morfologia dos grãos de pólen das espécies da ordem Sapindales A. Juss. ex Bercht. & J. Presl ocorrentes em um fragmento de Floresta Atlântica do sudeste do Brasil.

2.2. Objetivos específicos

- Analisar a morfologia polínica das espécies estudadas;

- Avaliar a circunscrição das espécies com base nas informações palinológicas observadas;

- Contribuir com a elaboração do Catálogo Polínico do Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material examinado

Para o estudo palinológico das espécies de Sapindales ocorrentes na área do Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora, foram examinadas, aproximadamente, 300 exsicatas depositadas no Herbário Leopoldo Krieger da mesma universidade (CESJ, acrônimo segundo Thiers (2022), continuamente atualizado). Alguns dos materiais procedentes da área do Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora não estavam nas condições ideais para realização de estudos palinológicos, pois apresentaram poucas flores ou frutos e, por isso, quando possível, utilizamos materiais da mesma espécie, porém coletados em outras localidades.

O material selecionado para o estudo está listado em ordem alfabética pelas famílias:

Anacardiaceae: *Anacardium humile* A. St.-Hil. – **BRASIL. São Paulo**: Mun. São Paulo, Brooklyn Paulista, 2/VII/1948, W. Hoehne s.n. (CESJ 40666); **Minas Gerais:** Belo Horizonte, Serra do Curral, 3/VII/1955, L. Roth 2309 (CESJ). *Anacardium occidentale* L. - **BRASIL. Minas Gerais:** Reserva Biológica da Represa do Grama, Descoberto, 25/X/2004, A.S.M. Valente; V.R. Almeida 38I (CESJ); Araçuaí, 16/VII/1981, L. Krieger (CESJ 18431). *Tapirira guianensis* Aubl. - **BRASIL. Minas Gerais:** Reserva Biológica da Represa do Grama, Descoberto, 13/X/2001, R.C. Forzza; V.R. Almeida; L.C.S. Assis; L.F.A. Fazza 1866 (CESJ); Barroso. Mata do Baú, 3/X/2001, R.M. Castro, 628 L.C.S. Assis, A.S.M. Valente, M.G.M. Garcia, R. C. Forzza, G.E.P. Silva (CESJ). Burseraceae: *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand. - **BRASIL. Minas Gerais:** Estrada Valadares – Rio Preto, 13/IX/2003, Fátima Salimena & Pedro H. Nobre 1112 (CESJ). Meliaceae: *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. - **BRASIL. Minas Gerais:** Juiz de Fora, Área de Proteção Ambiental Mata do Krambeck, 18/X/2008, F.S. Souza 596, I.A. Almeida, B. Paixão, A.L. Santiago, R. Grazul (CESJ). Rio Preto, UHE de Mello, Ribeirão Santana, mata ciliar, área diretamente afetada, 06/X/1996, R.G. Silveira, F.R. Pires, L.G. Canani, K. Oliveira e C.A.N. Ribeiro (CESJ 30930). *Cedrela fissilis* Vell. – **BRASIL. Minas Gerais:** Barroso. Mata do Baú, 02/X/2003, L. C. S. Assis 239 e M. K. Ladeira (CESJ); Descoberto. Reserva Biológica da Represa do Grama, 21/X/2000, L. D. Meireles, S. M. Verardo, F. Magalhães, P. O. Costa, P. C. Zampa &, L. F. Fazza (CESJ 31435); 25/X/2004, A. Valente & V. R. Almeida 377 (CESJ). *Cedrela odorata* L. – **BRASIL.**

Minas Gerais: Iguatama: Fazenda Faroeste, margem esquerda do Rio Miguel, 16/XI/2002, P.H.A Melo, L.M. Versieux 214 (CESJ). *Guarea guidonia* (L.) Sleumer - **BRASIL. Minas Gerais:** Juiz de Fora, Mata do Krambeck, próximo ao Rio Paraibuna, XI/II006, A. Valente 425, L. Menini Neto, P.O. Garcia, A.L. Santiago, L.B.V. Matta, E. A. Feliciano (CESJ). *Guarea macrophylla* Vahl - **BRASIL. Paraná**: Guaratuba, XII/I969, L. Krieger (CESJ 7927). Rutaceae: *Dictyoloma vandelianum* A. A. Juss. - **BRASIL. Minas Gerais:** Barroso, Mata do Baú, 30/IV/2001, L.C.S. Assis 29 (CESJ). *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. - **BRASIL. Paraná**: Guaricana (Mun. São José dos Pinhais), 30/XI/I999, J.M. Cruz & J. Cordeiro 222 (CESJ). Sapindaceae: *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl. - **BRASIL. Minas Gerais:** Barroso. Mata do Baú, 25/IX/2001, L.C.S Assis 258 e M.K. Ladeira (CESJ). *Cupania ludowigii* Somner & Ferrucci, 7/II/1971, L. Krieger & Marilene (CESJ 10005); Descoberto, Reserva biológica da Represa do Grama, 26/I/2002, R.C. Forzza 2055 & B.K.S. Franco (CESJ). *Cupania oblongifolia* Mart. - **BRASIL. Minas Gerais:** Juiz de Fora. Morro do Imperador, 3/V/2001, ASM. Valente; N.C Vitarelli & Viviane Scalon (CESJ 33983). *Cupania vernalis* Cambess. - **BRASIL. Santa Catarina:** Mun. Bombinhas, Área de Relevante Interesse Ecológico Costeira de Zimbros, 06/V/2011, A. Nuernberg & A.S. Mello 54 (CESJ). *Matayba elaeagnoides* Radlk. - **BRASIL. Paraná**: Sítio Paraíso, 23/X/1998, J.A. Francisco et al. (CESJ 6524). *Matayba juglandifolia* Radlk. - **BRASIL. Minas Gerais:** Juiz de Fora, 27/IX/1980, L. Krieger (CESJ 20468). *Paullinia rubiginosa* Cambess. - **BRASIL. Minas Gerais:** Juiz de Fora, Jardim Botânico UFJF – Mata do Krambeck, Borda de Mata, 4/IX/2011, C.N. Silva 094, J.H.C. Ribeiro (CESJ).

3.2. Observações sob microscopia de luz (ML)

As observações realizadas sob microscopia de luz visam à caracterização da ornamentação da superfície do esporoderma dos grãos de pólen, o reconhecimento da sua estrutura e a verificação da presença de conteúdo celular nos grãos de pólen. A tomada de medidas é efetuada com auxílio de ocular micrométrica e as fotomicrografias dos grãos de pólen são obtidas empregando-se uma câmera acoplada ao microscópio de luz. Todas estas observações foram realizadas no Laboratório de Palinologia e Briologia e as fotomicrografias, no Laboratório Avançado de Zoologia, ambos pertencentes à Universidade Federal de Juiz de Fora. As descrições palinológicas seguem o proposto pelas autoras Barth & Melhem (1988) e a terminologias segundo Punt *et al*. (2007).

3.2.1. Método de Wodehouse (1935)

O método de Wodehouse (1935) consiste em separar as anteras, sob microscópio estereoscópico, com auxílio de pinça e colocá-las sobre uma lâmina, macerando-se com um bastão de vidro e uma gota de álcool. Após isso, uma pequena quantidade de gelatina-glicerinada é colocada no centro da lâmina e, derretida, utilizando-se placa aquecedora. Por fim, é colocada a lamínula para cobrir o material e parafina derretida para lutar. Então, a lâmina é emborcada para que a parafina seque. Posteriormente, a lâmina é limpa, retirando-se os excessos de parafina.

3.2.2. Método de Erdtman (1960)

Esse tratamento químico consiste na acetólise, uma hidrólise ácida, que é aplicada aos grãos de pólen através de uma mistura de anidrido acético e ácido sulfúrico em proporção de 9:1. A mistura acetolítica visa a eliminar o conteúdo dos grãos de pólen, permitindo que a exina fique mais visível para observação sob microscopia de luz. Com o auxílio de microscópio estereoscópio, pinça e agulha, as anteras são separadas e depositadas em tubos de ensaio previamente identificados, onde são maceradas com bastão de vidro. Acrescenta-se 2ml da solução acetolítica, a seguir, a mistura é centrifugada durante 5 minutos a 1500 rotações por minuto e o sobrenadante corretamente armazenado para posterior descarte. Acrescenta-se 2ml de água destilada mais uma gota de álcool em cada tubo de ensaio para posterior centrifugação por 5 minutos a 1500 rotações por minuto e o sobrenadante é descartado. Em seguida, são adicionados 2ml de água glicerinada e essa mistura, fica em repouso por aproximadamente 30 minutos para posterior centrifugação e descarte nas mesmas especificações descritas anteriormente, a seguir, os tubos são emborcados em papel absorvente. Com o auxílio de um estilete, apanhou-se um cubo de gelatina glicerinada corada com fucsina básica de aproximadamente 2x2x2mm, para tocar o fundo dos tubos e aderir aos grãos de pólen. A montagem das lâminas se dá com o posicionamento do cubo de gelatina no centro da lâmina, derretimento dessa gelatina com o uso de placa aquecedora e finaliza-se com a vedação com parafina.

3.3. Observações sob Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As anteras das plantas estudadas são separadas com o auxílio de pinças e agulhas. Após isso, os grãos de pólen são espalhados sobre fita dupla face previamente aderida a suporte próprio e numerado. A seguir, as amostras são metalizadas com uma fina camada de ouro (20nm) e observadas sob MEV; para as espécies de Sapindaceae, as amostras foram observadas sem a prévia metalização, empregando-se o baixo vácuo. As observações e eletromicrografias foram realizadas no Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal de Juiz de Fora.

3.4. Mensuração e tratamento estatístico dos dados morfométricos

Como auxílio de uma ocular micrométrica acoplada à ocular do microscópio de luz, são obtidas medidas dos diâmetros polar e equatorial, em vista equatorial, de 25 grãos de pólen tomados ao acaso e, também são tomadas medidas do diâmetro equatorial em vista polar, dos estratos do esporoderma, lado do apocolpo, comprimento e largura das aberturas de dez grãos de pólen tomados ao acaso, em três lâminas acetolisadas (Salgado-Labouriau, 1973). Para as medidas nas quais o número amostral é 25, foi realizado o tratamento estatístico após a verificação da normalidade da distribuição dos dados, através da aplicação do teste de normalidade de Shapiro-Wilk no software PAST (Hammer *et al*., 2001), sendo apresentados: amplitude de tamanho (Xmin-Xmax), média aritmética (X), desvio padrão da média (Sx) desvio padrão da amostra (S) e são calculados o intervalo de confiança (IC) a 95% e o coeficiente de variabilidade (CV%). Para as medidas nas quais o número amostral é dez, apenas a média aritmética é apresentada.

4. REFERÊNCIAS

Acevedo-Rodríguez, P., van Welzen, P. C., Adema, F., & Van Der Ham, R. W. J. M. (2010). Sapindaceae. In *Flowering Plants. Eudicots* (pp. 357-407).

Aguilar-Sierra, C. I. & Melhem, T. S. A. (1998a). Morfologia polínica da tribo Bursereae (Burseraceae) na América do Sul. *Brazilian Journal of Botany, 21*: 17-26.

Aguilar-Sierra, C. I., & Melhem, T. S. A. (1998b). Morfologia polínica da tribo Canarieae (Burseraceae) na América do Sul. *Brazilian Journal of Botany, 21*: 27-34.

Aguilar-Sierra, C. I & Melhem, T.S.A. (1998c). Morfologia polínica da tribo Protieae (Burseraceae) na América do Sul. *Brazilian Journal of Botany, 21*: 35-63.

Alves, I. A., Miranda, H. M., Soares, L. A., & Randau, K. P. (2014). Simaroubaceae family: botany, chemical composition and biological activities. *Revista Brasileira de Farmacognosia, 24*: 481-501.

Angiosperm Phylogeny Group (APG II). (2003). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society 141*: 399-436.

Angiosperm Phylogeny Group (APG IV). (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society 181*: 1-20.

Barth, O. M. (1980). Pollen morphology of a Brazilian Rutaceae: *Zanthoxylum* (Fagara). *Pollen et spores 22*: 425-436.

Barth, O. M. (1982). Variações polínicas em espécies brasileiras da família Rutaceae. *Boletim Instituto de Geociências, USP, 13*: 129-134.

Barth, O. & Melhem, T. (l988). Glossário ilustrado de Palinologia. *Campinas: Ed. da UNICAMP. 77p*.

Barth, O. M., Justo, R. L., & Barros, M. A. D. (1998). Catálogo sistemático do pólen das plantas arbóreas do Brasil meridional. XXX: Meliaceae. *Revista Brasileira de Biologia, 58*: 497-509.

Bellonzi, T. K., Dutra, F. V., Souza, C. N. D., Rezende, A. A. & Gasparino, E. C. (2020). Pollen types of Sapindaceae from Brazilian forest fragments: apertural variation. *Acta Botanica Brasilica*, *34*: 327-341.

Brito, P. S. D., & Carvalho, F. A. (2014). Estrutura e diversidade arbórea da Floresta Estacional Semidecidual secundária no Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora. *Rodriguésia, 65*: 817-830.

Cancelli, R. R., Souza, P. A. D., & Neves, P. C. P. D. (2012). Grãos de pólen de angiospermas do Holoceno (7908±30 anos AP-atual) da Planície Costeira sul-catarinense, Brasil. *Acta Botanica Brasilica, 26*: 866-885.

Carreira, L. M. M. & Secco, R. D. S. (1984). Morfologia polínica de plantas cultivadas no Parque do Museu Goeldi-III. Meliaceae. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Botânica, 1*: 5-22.

Carvalho, P.E.R. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, PR. 1994.

Chase, M. W., Morton, C. M., & Kallunki, J. A. (1999). Phylogenetic relationships of Rutaceae: a cladistic analysis of the subfamilies using evidence from RBC and ATP sequence variation. *American Journal of Botany, 86*: 1191-1199.

Cruz, M. A. V. (1982). Contribuição ao estudo palinológico das Sapindaceae. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

Drummond, G.M., Martins, C.S., Machado, A.B.M., Sebaio, F.A. & Antonini Y (orgs.). (2005). Biodiversidade em Minas Gerais, um atlas para sua conservação. 2ª ed. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. 222p.

Drummond, G. M., Martins, C. S., Greco, M. B., & Vieira, F. (2009). Biota Minas: Diagnostico do conhecimento sobre a biodiversidade no Estado de Minas Gerais-subsídio ao Programa *Biota Minas.* 624p.

Dutra, F.V. & Gasparino, E.C. (2017). Pollen morphology of Rutaceae from Brazilian forest fragments. *Palynology*, *42*: 43–54.

Erdtman, G. (1960). The acetolysis method. A revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift*, *54*: 561-564.

Ferrucci, M. S. (1998). Sapindaceae. *In Flora Fanerogámica Argentina* (pp. 1-44).

Fiaschi, P. & Pirani J.R. (2009). Review of plant biogeographic studies in Brazil. *Journal of Systematics and Evolution, 47*: 477-496.

Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/ >. Acesso em: 23 abr. 2021

Fonseca, C. R., & Carvalho, F. A. (2012). Aspectos florísticos e fitossociológicos da comunidade arbórea de um fragmento urbano de floresta atlântica (Juiz de Fora, MG, Brasil). *Bioscience Journal, 28*: 820-832.

Freitas, A. G. & Carvalho, M. A. (2012). Análise morfológica e inferências ecológicas de grãos de pólen e esporos (últimos~ 8.000 Anos) da Lagoa da Ferradura, Armação dos Búzios, RJ, *Brasil. Revista Brasileira de Paleontologia, 15*: 300-318.

Freitas, A., Goncalves-Esteves, V., Mendonça, C. B. F., Fernandez, S., & Carrion, J. (2020). First Quaternary Brazilian cave pollen record: morphological descriptions, taxonomic and ecological data. *Revista Brasileira de Paleontologia, 23*: 32-47.

Gadek, P. A., Fernando, E. S., Quinn, C. J., Hoot, S. B., Terrazas, T., Sheahan, M. C. & Chase, M. W. (1996). Sapindales: molecular delimitation and infraordinal groups. *American Journal of Botany, 83*: 802-811.

Garralla, S. S. & Cuadrado, G. A. (1997). Morfologia polinica de las Meliaceae de la Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 32*: 227-224.

Gonçalves-Esteves, V., Cartaxo-Pinto, S., Marinho, E.B. *et al*. (2021). Pollen morphology and evolutionary history of Sapindales. *Brazillian Journal of Botany*, *45*: 341-366.

Gonçalves-Esteves, V. & Ferreira, B. C. (1994). Estudo polínico em plantas de restinga do Estado do Rio de Janeiro. Anacardiaceae Lindl, e Capparaceae A. Juss. *Boletim do Museu Nacion*al, *90*: 1-13.

Grant, M. Blackmore, S. & Morton, C. (2000). Pollen morphology of the subfamily Aurantioideae (Rutaceae). *Grana*, *39*: 8-20.

Groppo, M., Cruz-Barros, M. A. V. D. & Correa, A. M. D. S. (2010). Pollen morphology of species of *Hortia* (Rutaceae). *Brazilian Journal of Botany, 33*: 13-20.

Groppo, M., Pirani, J. R., Salatino, M. L., Blanco, S. R., & Kallunki, J. A. (2008). Phylogeny of Rutaceae based on two noncoding regions from cpDNA. *American Journal of Botany, 95*: 985-1005.

Guarim Neto, G., Santana, S. R., & Silva, J. V. B. D. (2000). Ethnobotanical notes of species of the Sapindaceae Jussieu family. *Acta Botanica Brasilica, 14*: 327-334.

Guimaraes, R., & Forni-Martins, E. R. (2021). Chromosome numbers and their evolutionary meaning in the Sapindales order: an overview. *Brazilian Journal of Botany, 45*: 77-91.

Hammer, Ø., Harper, D. A., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica, 4*: 9.

Harley, M. M., Song, U., & Banks, H. I. (2007). Pollen morphology and systematics of Burseraceae. *Grana, 44*: 282-299.

Kubitzki, K. (2010). Introduction to Sapindales. In *Flowering Plants. Eudicots* (pp. 1-3).

Liaqat, I., Riaz, N., Saleem, Q. U. A., Tahir, H. M., Arshad, M., & Arshad, N. (2018). Toxicological evaluation of essential oils from some plants of Rutaceae family. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, v. 2018.

Lopes, J. M. S., Déo, T. F. G., Andrade, B. M., Giroto, M., Felipe, A. L. S., Junior, C. E. I., ... & Lima, F. C. C. (2011). Importância econômica do citros no Brasil. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia, 20*: 1-2.

Luz, C. F. P. & Barth, O. M. (1999). Catálogo Sistemático do pólen das plantas arbóreas do Brasil meridional XXXIII: Sapindaceae. *Leandra, 14*: 25-36.

Magallon, S., Crane, P. R. & Herendeen, P. S. (1999). Phylogenetic pattern, diversity, and diversification of eudicots. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, *86*: 297-372.

Mandal, S., Nayak, A., Kar, M., Banerjee, S. K., Das, A., Upadhyay, S. N., ... & Banerji, J. (2010). Antidiarrhoeal activity of carbazole alkaloids from *Murraya koenigii* Spreng (Rutaceae) seeds. *Fitoterapia, 81*: 72-74.

Mitra, K. Mondal, M. & Saha, S. (1977). The pollen morphology of Burseraceae. *Grana*, *16*: 75-79.

Mônaco, L. C. (2012). Líder em citros, Brasil ajusta setor às necessidades contemporâneas. *Visão Setorial, 10*: 58-60.

Morton, C. M. & Kallunki, J. A. (1993). Pollen morphology of the subtribe Cuspariinae (Rutaceae). *Brittonia*, *45*: 286-314.

Morton, C. M., & Telmer, C. (2014). New subfamily classification for the Rutaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden, 99*: 620-641.

Moyo, M., & Van Staden, J. (2013). Micropropagation of Anacardiaceae species of economic importance: advances and future prospects. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant, 49*: 85-96.

Muellner, A. N., Samuel, R., Chase, M. W., Coleman, A., & Stuessy, T. F. (2008). An evaluation of tribes and generic relationships in Melioideae (Meliaceae) based on nuclear ITS ribosomal DNA. *Taxon, 57*: 98-108.

Muellner, A. N., Samuel, R., Johnson, S. A., Cheek, M., Pennington, T. D., & Chase, M. W. (2003). Molecular phylogenetics of Meliaceae (Sapindales) based on nuclear and plastid DNA sequences. American *Journal of Botany, 90*: 471-480.

Muellner-Riehl, A. N., Weeks, A., Clayton, J. W., Buerki, S., Nauheimer, L., Chiang, Y. C., ... & Pell, S. K. (2016). Molecular phylogenetics and molecular clock dating of Sapindales based on plastid rbcL, atpB and trnL-trnF DNA sequences. *Taxon, 65*: 1019-1036.

Murthy, K. S. R., Reddy, M. C., Rani, S. S., & Pullaiah, T. (2016). Bioactive principles and biological properties of essential oils of Burseraceae: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 5*: 247-258.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature, 403*: 853-858.

Pereira, A. S., Félix-da-Silva, M. M., de Oliveira Barbosa, C. V. & Smith, C. B. (2014). Estudo polínico de *Anacardium* L. (Anacardiaceae) no Estado do Pará (Amazônia Oriental), Brasil. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, *4*: 57-61.

Pirani, J. R. & da Silva-Luz, C. L. (2018). Check-list de Picramniales e Sapindales (exceto Sapindaceae) do estado de Mato Grosso do Sul. *Iheringia. Série Botânica*, *73*: 301-307.

Punt, W., Hoen, P. P., Blackmore, S., Nilsson, S. & Le Thomas, A. (2007). Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, *143*: 1-81.

Roubik, D. W., & Moreno P, J. E. (1991). Pollen and spores of Barro Colorado Island [Panama]. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, 36*.

Salgado-Labouriau, M. L. (1973). *Contribuição à palinologia dos cerrados*. Academia Brasileira de Ciências.

Santiago, D. S., da Fonseca, C. R., & Carvalho, F. A. (2014). Fitossociologia da regeneração natural de um fragmento urbano de Floresta Estacional Semidecidual (Juiz de Fora, MG). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 9*: 117-123.

Scott, K. D., McIntyre, C. L., & Playford, J. (2000). Molecular analyses suggest a need for a significant rearrangement of Rutaceae subfamilies and a minor reassessment of species relationships within *Flindersia*. *Plant Systematics and Evolution, 223*: 15-27.

Silva, C. N., Salimena, F. R. G., Carvalho, F. A., Neto, L. M., Ribeiro, J. H. C., Fonseca, C. R., Moreira, B., Valente, A.S.M. & Pifano, D. S. (2020). Flora fanerogâmica do Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, *Rodriguésia*, *71*: 1-11.

Stehmann, J.R., Forzza, R.C., Sobral, M. & Kamino, L.H.Y. (2009). Gimnospermas e angiospermas. *In* Plantas da Floresta Atlântica (J.R. Stehmann, R.C. Forzza, M. Sobral & L.H.Y. Kamino, eds.). Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 27-37.

Thiers, B. 2022, continuamente atualizado. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium [acesso 2022 Mai 23] http://sweetgum.nybg.org/ih/

Tölke, E. D., Medina, M. C., Souto, A. L., Marques, J. P. R., Alves, G. G. N., Gama, R. L., ... & Demarco, D. (2022). Diversity and evolution of secretory structures in Sapindales. *Brazilian Journal of Botany*, *45*: 251-279.

Veloso, H.P., Rangel FIlho, A. L. R., Lima, J. C. A (1991). Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE. 124p.

Victor, J. E. & van Wyk, A. E. (1998). Palynology of *Acmadenia* (Diosminae: Rutaceae) and its taxonomic implications. *Grana*, *37*: 143-154.

Victor, J. E. & van Wyk, A. E. (2001). Pollen morphology of *Euchaetis* and *Macrostylis* (Diosminae-Rutaceae) and its taxonomic implications. *Grana*, *40*: 105-110.

Wannan, B. S. (2006). Analysis of generic relationships in Anacardiaceae. Blumea-Biodiversity, *Evolution and Biogeography of Plants, 51*: 165-195.

Wannan, B. S., & Quinn, C. J. (1991). Floral structure and evolution in the Anacardiaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society, 107*: 349-385.

Wodehouse, R. P. 1935. Pollen grains. McGraw Hill. New York, 574p.

5. RESULTADOS

Os resultados da presente dissertação foram organizados em dois capítulos, sendo que cada capítulo está redigido conforme a revista em que se pretende publicá-lo.

Capítulo 1: Morfologia dos grãos de pólen e dos orbículos em duas espécies ameaçadas de *Cedrela* P. Browne

Capítulo 2: Estudo polínico de espécies selecionadas de Sapindales A. Juss. ex Bercht. & J. Presl (Magnoliophyta) ocorrentes em um fragmento florestal urbano do sudeste do Brasil

6. CAPÍTULO 1

Morfologia dos grãos de pólen e dos orbículos em duas espécies ameaçadas de *Cedrela* P. Browne

Fernanda da Costa Fernandes[1] ORCID: 0000-0001-8240-7936 e Andrea Pereira Luizi Ponzo[1] [2] ORCID: 0001-6291-9627

[1] Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Universitário, Rua José Lourenço Kelmer s/n, Bairro São Pedro, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil.

[2] Departamento de Botânica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Universitário, Rua José Lourenço Kelmer s/n, Bairro São Pedro, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil.

Contato: Fernanda da Costa Fernandes/ E-mail: fe.c.f@hotmail.com

6.1 Resumo

A morfologia dos grãos de pólen e a caracterização de estruturas adicionais relacionadas à dispersão polínica podem auxiliar na compreensão das estratégias apresentadas pelas espécies e na sua circunscrição taxonômica. Esse trabalho apresenta o estudo da morfologia dos grãos de pólen e dos orbículos de *Cedrela fissilis* Vell. e *Cedrela odorata* L., duas espécies ameaçadas, que representam o gênero *Cedrela* P. Browne (Meliaceae A. Juss.) no Brasil. As observações dos grãos de pólen e dos orbículos das espécies foram realizadas antes e após tratamento químico das amostras, sob microscopia de luz e eletrônica de varredura, visando ao reconhecimento das estruturas, detalhamento da caracterização morfológica e a tomada de medidas, que foram submetidas a tratamento estatístico. Os resultados obtidos demonstram que os grãos de pólen das duas espécies possuem tamanho médio (medindo entre 25 e 50μm) e simetria radial; são isopolares, de âmbito subcircular a subquadrangular, prolato-esferoidais, 4, 5-colporados e apresentam ornamentação psilada; os orbículos também apresentam superfície lisa e medem cerca de 7 a 10 μm. Foram observadas variações de tamanho nos grãos de pólen, que apresentaram altos coeficientes de variabilidade, e, também, nos orbículos, bem como no número de aberturas; tais variações podem ser empregadas para contribuir na distinção das espécies e compreender suas estratégias de dispersão polínica

Palavras – Chave: Cedro, corpúsculos de Ubisch, palinologia

6.2 Introdução

O gênero *Cedrela* P. Browne ocorre desde a costa mexicana, América do Sul até o norte da Argentina (Cavers et al. 2003). No Brasil, apresenta distribuição por todas as regiões e domínios fitogeográficos, sendo representado por duas espécies: *Cedrela fissilis* Vell. e *Cedrela odorata* L. (Flores 2020). Ambas são consideradas vulneráveis e se destacam entre as Meliaceae pela sua madeira com grande potencial econômico (Carvalho 1994; MMA, 2021); são árvores de folhas compostas e a diferenciação morfológica entre as duas espécies se baseia no número de folíolos e na presença ou ausência de indumento na face abaxial das lâminas foliares (Flores 2020).

Os grãos de pólen presentes nas angiospermas constituem uma unidade de dispersão fundamental como estratégia de reprodução das espécies, destacando-se a polinização como um caso especializado dessa dispersão (Faegri e Van Der Pijl 1979). *Cedrela* pode apresentar dispersão anemocórica e polinização entomófila, sendo suas espécies polinizadas por insetos, como abelhas e mariposas (Kuniyoshi 1983; Morellato 1991; Silva et al. 2014; Steinbach e Longo 1992). As espécies do gênero são monoicas, apresentando flores femininas e masculinas funcionalmente distintas dentro da mesma inflorescência (Gouvêa et al. 2008).

As anteras possuem um tecido mais interno denominado tapete que envolve o tecido esporogênico tendo a função de nutrir e contribuir para a formação da camada mais externa da exina nos grãos de pólen (El-Ghazaly 1999). As células do tapete do tipo secretor, atuam secretando substâncias na superfície da parede do grão de pólen no momento da sua ontogênese, sendo essa deposição geneticamente determinada e simultânea sobre os grãos de pólen e os orbículos (Furness e Rudall 2001; Godwin 1968; Pacini e Franchi 1991).

Os orbículos são grânulos pequenos revestidos de esporopolenina, geralmente esferoidais, podendo assumir outras formas, a depender do táxon, são resistentes à acetólise (El-Ghazaly 1999; Hesse 1986). Estudos acerca da sua composição química são escassos, pode-se citar o trabalho de Clément e Audran (1993) com o gênero *Lilium* L., em que foi indicado que a composição externa dos orbículos consiste de esporopolenina e a interna de polifenóis e lipídios. El-Ghazaly (1999) sugere que uma das funções dos orbículos pode estar relacionada à dispersão.

Hesse (1986) observou homologias entre a informação genética para formação do tapete e do tecido esporogênico que poderiam justificar semelhanças no padrão de deposição da esporopolenina nos grãos de pólen e nos orbículos. Segundo Huysmans et al. (1998), a ornamentação da exina dos grãos de pólen e da superfície dos orbículos podem apresentar semelhanças entre si. Estudos tratando do valor taxonômico dos grãos de pólen e dos orbículos foram desenvolvidos por diferentes autores, para alguns gêneros (El-Ghazaly 1989; El-Ghazaly e Chaudhary 1993; Huysmans et al. 1997; Vinckier e Smets 2002a, 2002b, 2002c).

Estudos palinológicos incluindo espécies de *Cedrela* foram realizados por Barth et al. (1998), Carreira e Secco (1984) e Garralla e Cuadrado (1997). Barth et al. (1998) ressaltaram que, sob microscopia de luz, não foi possível diferenciar as espécies entre si e comentaram a presença dos orbículos, no entanto, sem caracterizá-los, bem como Carreira e Secco (1984). Garralla e Cuadrado (1997) observaram o padrão de ornamentação psilada para o gênero, não sendo relatada a presença de orbículos. Outros trabalhos nas áreas de melissopalinologia, paleopalinologia e ecologia caracterizaram superficialmente os grãos de pólen de *Cedrela* (Barth et al. 2009; Bauermann et al. 2008; Bosco 2015; Freitas 2002; Lima 2010; Silva et al. 2014) sem, no entanto, comentar detalhadamente sua morfologia.

Considerando a importância taxonômica dos grãos de pólen e dos orbículos e sua relevância para a dispersão das espécies, o presente estudo tem por objetivo detalhar a morfologia polínica e a morfologia dos orbículos em duas espécies ameaçadas de *Cedrela* empregando-se microscopia de luz e eletrônica de varredura.

6.3 Material e Métodos

6.3.1 Material examinado:

O material analisado no presente estudo está depositado no Herbário Leopoldo Krieger da Universidade Federal de Juiz de Fora (CESJ, acrônimo segundo Thiers (2022), continuamente atualizado). São eles:

Cedrela fissilis Vell. – BRASIL. Minas Gerais: Barroso. Mata do Baú, 02/X/2003, L. C. S. Assis 239 e M. K. Ladeira (CESJ); Descoberto. Reserva Biológica da Represa do Grama, 21/X/2000, L. D. Meireles, S. M. Verardo, F. Magalhães, P. O. Costa, P. C. Zampa &, L. F. Fazza (CESJ 31435); 25/X/2004, A. Valente & V. R. Almeida 377 (CESJ).

Cedrela odorata L. – BRASIL. Minas Gerais: Iguatama: Fazenda Faroeste, margem esquerda do Rio Miguel, 16/XI/2002, P.H.A Melo, L.M. Versieux 214 (CESJ).

6.3.2 Métodos para Microscopia de Luz (ML)

Os grãos de pólen foram retirados de anteras provenientes de flores tomadas aleatoriamente e preparados seguindo-se o método de Wodehouse (1935) e acetólise de Erdtman (1960). A tomada de medidas foi efetuada a partir de grãos de pólen acetolisados, com auxílio de ocular micrométrica. Foram obtidas medidas do diâmetro polar e equatorial, em vista equatorial, e do diâmetro equatorial, em vista polar, lado do apocolpo e largura e comprimento das endoaberturas e ectoaberturas a partir de 25 grãos de pólen tomados ao acaso em três lâminas (Salgado-Labouriau 1973). Foram tomadas medidas do esporoderma a partir de 10 grãos de pólen e do diâmetro maior de 25 orbículos tomados ao acaso em três lâminas acetolisadas.

6.3.3 Análise das flores

As flores das duas espécies estudadas foram analisadas sob microscópio estereoscópico com auxílio de pinça e agulha em uma placa de Petri, para definição dos gêneros funcionais. Posteriormente, foi utilizado o método de Wodehouse (1935) para avaliar em separado os grãos de pólen nas anteras das flores masculinas e femininas sendo

uma flor de cada gênero funcional. A amostra foi coberta com uma lamínula e vedada com parafina para observação ao microscópio de luz.

6.3.4 Métodos para Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Para as análises sob microscópio eletrônico de varredura, os grãos de pólen foram separados das anteras, com auxílio de pinça e agulha, e espalhados sobre fita dupla face previamente aderida a suporte próprio e numerado. A seguir, as amostras foram metalizadas com uma fina camada de ouro (20nm) e levadas para a observação.

6.3.5 Tratamento estatístico

O tratamento estatístico foi realizado sendo apresentados: amplitude de tamanho (Xmin– Xmax), média aritmética (X), desvio padrão (S), erro padrão (Sx), intervalo de confiança a 95% e coeficiente de variabilidade (CV%).

6.4 Resultados

6.4.1 Descrição dos grãos de pólen

Os grãos de pólen de *Cedrela* (Prancha 1, figuras 1-6 e Prancha 2, figuras 1-6) compreendem mônades, de tamanho médio, simetria radial, isopolares, âmbito subcircular a subquadrangular, prolato-esferoidais, 4, 5-colporados e ornamentação psilada. Sexina mais espessa que a nexina.

As espécies estudadas apresentam tamanho médio, sendo os grãos de pólen de *C. odorata* maiores do que o observado em *C. fissilis* (Tabela 1). Nas lâminas acetolisadas, ficou evidente a discrepância de tamanho entre os grãos de pólen oriundos das anteras funcionalmente masculinas e femininas misturadas, principalmente em *C. fissilis* (Prancha 1, figura 1 e 4). O coeficiente de variabilidade revelou números altos para as duas espécies (Tabela 2). *Cedrela odorata* apresenta âmbito subcircular (Prancha 1, figura 2) e *C. fissilis* subquadrangular (Prancha 1, figura 5). A forma nos dois táxons é prolata-esferoidal (Prancha 1, figuras 3 e 6). *Cedrela odorata* apresentou 4, 5-cólporos

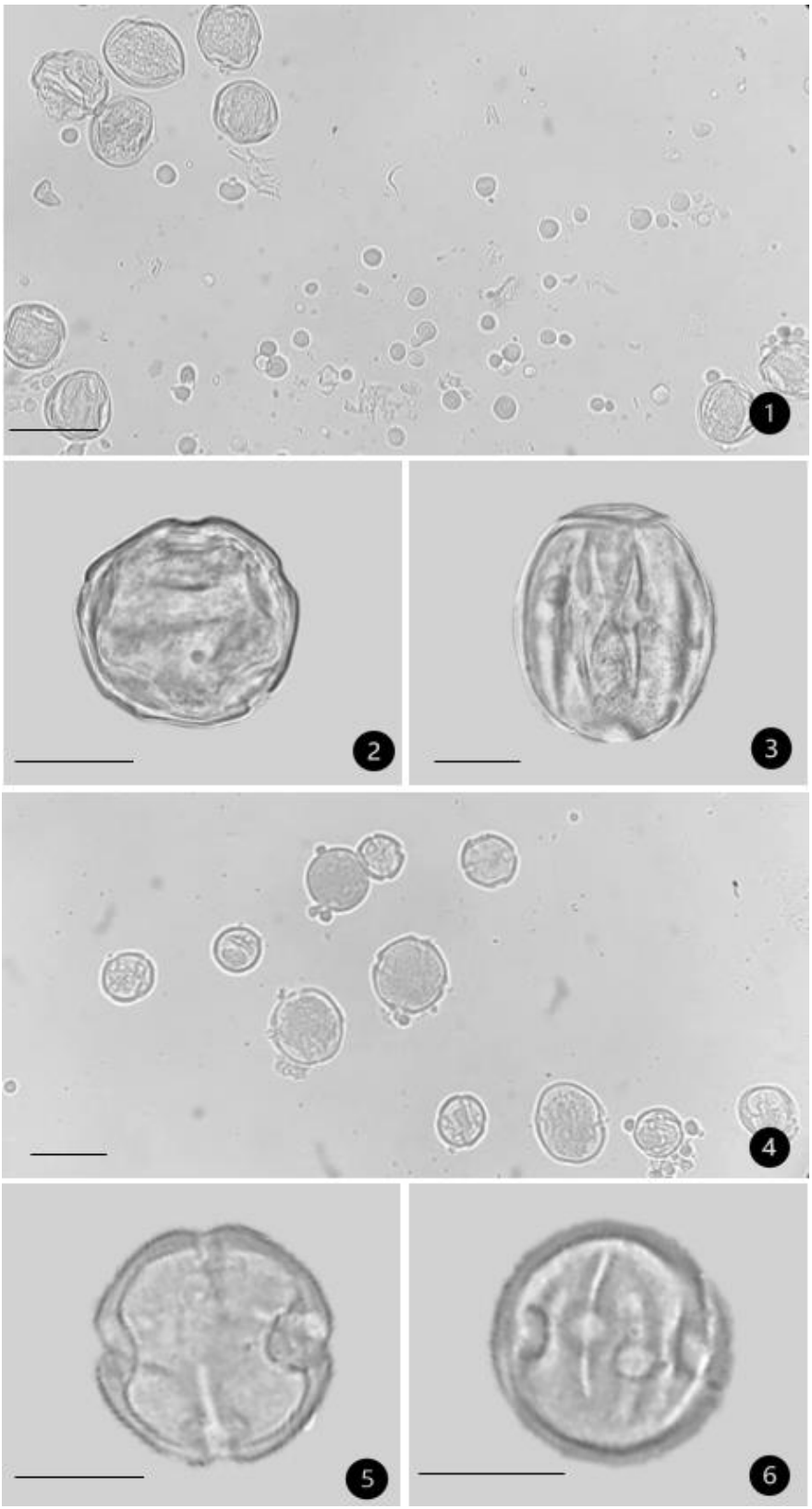
(Prancha 1, figura 2) e *C. fissilis* 4-cólporos (Prancha 1, figura 5). Em ambas as espécies, os colpos são estreitos com endoabertura circular a lalongada (Prancha 1, figura 1 e 6) (Tabela 3) e margem evidente (Prancha 1, figura 5). Sob microscopia eletrônica de varredura, é possível observar um aspecto granuloso na membrana do colpo (Prancha 2, figuras 3 e 6). A superfície dos grãos de pólen nas duas espécies estudadas é psilada (Prancha 2, figura 6). A sexina é o estrato mais espesso da exina em ambos os táxons (Tabela 3).

6.4.2 Descrição dos Orbículos

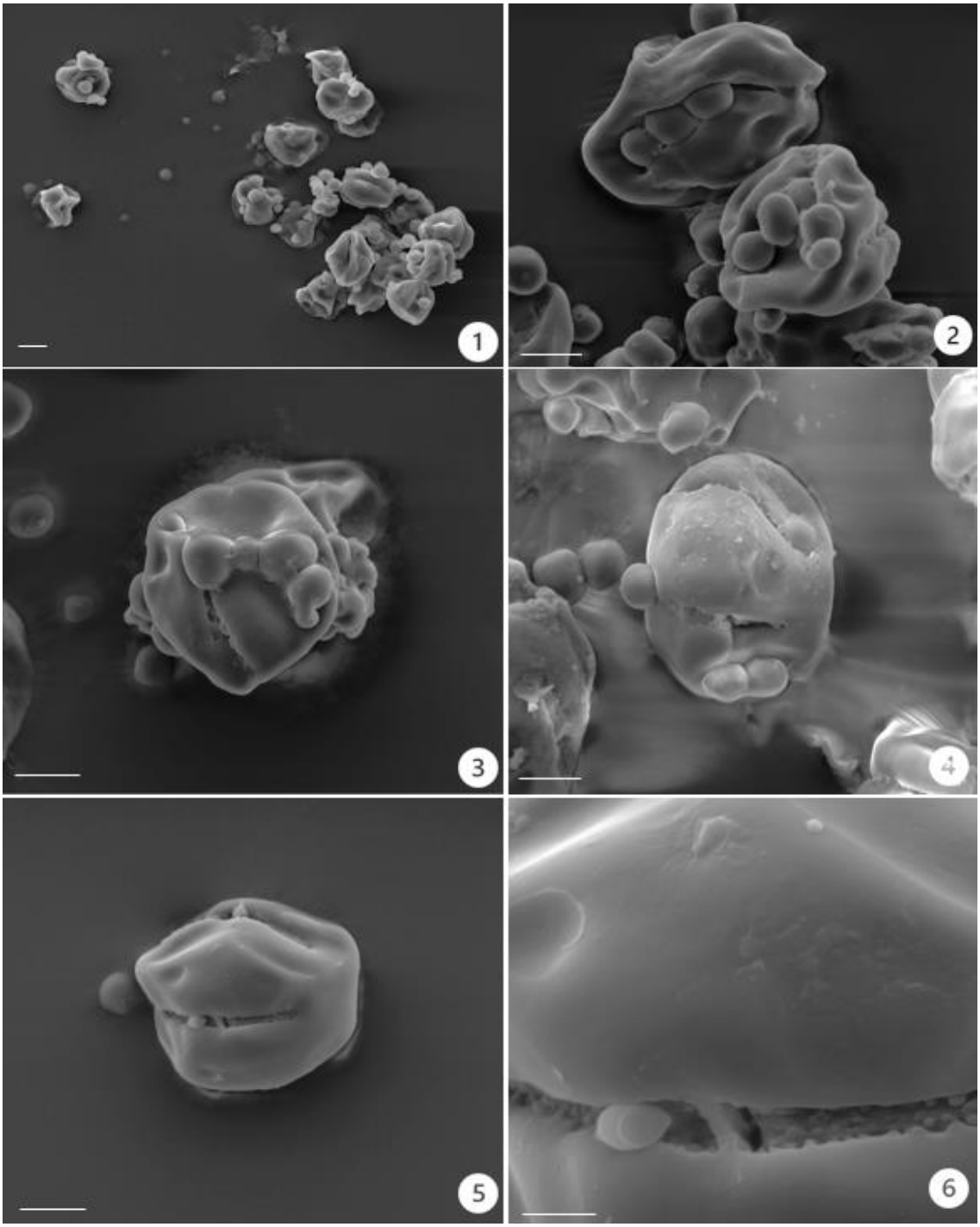
Foi possível observar a presença de orbículos nas preparações diretas, acetolisadas e sob microscopia eletrônica de varredura que se apresentaram aderidos ao esporoderma, em alguns grãos de pólen (Prancha 2, figuras 2, 3 e 4) ou isolados, (Prancha 1, figura 1) podendo estar individualizados ou agrupados (Prancha 2, figuras 2 e 3) e apresentaram forma esferoidal e parede psilada (Prancha 2, figura 1). Sua aparência, quando observados sob microscopia de luz, se assemelhou a gotículas de óleo (Prancha 1, figuras 1 e 4). Quanto à variação média de tamanho nas espécies, foi possível observar que os orbículos presentes em *C. fissilis* eram menores do que em *C. odorata* (Tabela 4) sendo as dimensões: 7,16µm e 10,34µm respectivamente.

6.4.3 Análise das Flores

Foi possível observar, para as duas espécies, que nas flores femininas, os grãos de pólen apresentam um tamanho maior, deformações e pouco conteúdo celular. Enquanto nas flores masculinas, os grãos de pólen são menores, íntegros e com muito conteúdo celular.



Prancha 1: Fotomicrografias dos grãos de pólen de *Cedrela* P. Browne. Figuras 1-3. *Cedrela odorata* L. 1. Visão Geral (Escala: 40 µm). 2. Vista Polar (Escala: 20 µm). 3. Vista Equatorial (Escala: 20 µm). Figuras 4-6. *Cedrela fissilis* Vell. 4. Vista Geral (Escala: 40 µm). 5. Vista Polar (Escala: 20 µm). 6. Vista Equatorial (Escala: 20 µm).



Prancha 2: Microscopia Eletrônica de Varredura dos grãos de pólen de *Cedrela* P. Browne.Figuras 1-3. *Cedrela odorata* L. 1. Visão Geral (Escala: 50 µm). 2. Detalhe dos orbículos agrupados (Escala: 20 µm). 3. Vista Equatorial (Escala: 20 µm). Figuras 4-6. *Cedrela fissilis* Vell. 4. Vista equatorial com detalhe dos orbículos (Escala: 20 µm). 5. Vista equatorial (Escala: 20 µm). 6. Detalhamento da margem da abertura em vista equatorial (Escala: 5 µm).

Tabela 1: Dados morfométricos do diâmetro equatorial (E) dos grãos de pólen das espécies estudadas (n = 25).

Espécies	X_{min} - X_{max}	X±s_x	S	IC (95%)	CV (%)
Cedrela fissilis	25,60 - 46,08	32,35 ± 1,27	6,35	29,73 - 34,67	19,62
Cedrela odorata	28,16 - 46,08	36,55 ± 0,90	4,52	34,69 - 38,41	12,36

[X_{min} = mínimo (µm); X_{max} = máximo (µm); X = média (µm); s_x = erro padrão (µm); *S* = desvio padrão (µm); IC = intervalo de confiança a 95% (µm); CV = coeficiente de variabilidade (%)]

Tabela 2: Dados morfométricos do diâmetro Polar (P) dos grãos de pólen das espécies estudadas (n = 25).

Espécies	X_{min} - X_{max}	X±s_x	S	IC (95%)	CV (%)
Cedrela fissilis	25,60 - 46,08	32,46 ± 1,31	6,55	29,76 - 35,17	20,17
Cedrela odorata	33,28 - 46,08	39,62 ± 0,72	3,62	38,13 - 41,11	9,13

[X_{min}= mínimo (µm); X_{max}= máximo (µm); X =média (µm); s_x= erro padrão (µm); *S* =desvio padrão (µm); IC= intervalo de confiança a 95% (µm); CV= coeficiente de variabilidade (%)]

Tabela 3: Dados Morfométricos dos grãos de pólen das espécies de *Cedrela* P. Browne (n = 25).

Espécies	P	E	P/E	E(VP)	A	S	N	Ectoabertura		Endoabertura	
								C	L	C	L
Cedrela fissilis	32,46	32,35	1,00	32,76	9,72	1,53	0,56	18,43	7,98	3,63	4,24
Cedrela odorata	39,62	36,55	1,08	35,07	9,98	1,48	0,56	24,67	5,52	5,22	5,73

[P= eixo polar (µm); E= eixo equatorial (µm); E(VP)= eixo equatorial na vista polar (µm); S= sexina (µm); N= nexina (µm); A= lado do apocolpo (µm); C= comprimento (µm); L= largura (µm)]

Tabela 4: Dados morfométricos do diâmetro maior dos orbículos das espécies estudadas (n = 25).

Espécies	X_{min} - X_{max}	X±s_x	S	IC (95%)	CV (%)
Cedrela fissilis	5,12 – 10,24	7,16 ± 0,36	1,81	6,42 – 7,90	26,27
Cedrela odorata	12,80 – 7,68	10,34 ± 0,34	1,72	9,63 – 11,05	16,63

[X_{min}= mínimo (µm); X_{max}= máximo (µm); X =média (µm); s_x= erro padrão (µm); *S* =desvio padrão (µm); IC= intervalo de confiança a 95% (µm); CV= coeficiente de variabilidade (%)]

6.5 Discussão

Os resultados acerca da morfologia polínica encontrados no presente trabalho para as espécies estudadas mostraram que é possível distinguir as duas espécies, mesmo em microscopia de luz. Barth et al. (1998) ressaltaram que em microscopia de luz não foi possível separar as espécies dentro de alguns gêneros de Meliaceae como *Cedrela*. No entanto, foi possível observar que os grãos de pólen e os orbículos de *Cedrela odorata* são maiores do que os de *Cedrela fissilis*.

O número de aberturas do tipo cólporo variou entre as espécies estudadas de quatro, para *C. fissilis*, até cinco em *C. odorata*. Garralla e Cuadrado (1997) realizaram um trabalho com as Meliaceae da Argentina, e encontraram um número de até cinco aberturas para ambas as espécies. No presente estudo, esse número não foi encontrado para a espécie *C. fissilis*. Barth et al. (1998) encontraram um padrão de quatro cólporos para o gênero e Carreira e Secco (1984) descreveram o grão de pólen da espécie *C. odorata* como 4-colporados sendo diferente do encontrado no presente estudo.

A ornamentação psilada, descrita por Garralla e Cuadrado (1997) como padrão para o gênero, foi consensual entre a maior parte dos trabalhos aqui relacionados assim, como o tamanho médio dos grãos de pólen, a presença de margem, chamada por Carreira e Secco (1984) como “vértices invaginados”, e a forma prolata-esferoidal, com exceção ao trabalho de Garralla e Cuadrado (1997) que encontraram grãos de pólen de pequenos a médios e forma oblata-esferoidal. Os grânulos na membrana do colpo também foram observados por Garralla e Cuadrado (1997) para as duas espécies.

Para esse estudo, observamos que o tamanho médio dos orbículos, puderam auxiliar na separação das espécies. Estudos palinológicos que incluíram a caracterização de

orbículos para as espécies de diferentes famílias, discutiram sua relevância taxonômica, no entanto, para o gênero *Cedrela* não foram encontrados na literatura revisada. Para outros grupos taxonômicos, El-Ghazaly (1989) investigou a morfologia polínica e dos orbículos de nove espécies do gênero *Euphorbia* e concluiu que os orbículos apesar de apresentarem diferenças entre as espécies, não corroboraram os grupos taxonômicos sugeridos pelo autor. El-Ghazaly e Chaudhary (1993) estudaram a aplicação taxonômica dos orbículos para sessenta espécies desse mesmo gênero e ressaltaram que os orbículos podem auxiliar nas questões taxonômicas.

Vinckier e Smets (2002a, 2002b e 2002c) investigaram a diversidade, morfologia e ultraestrutura dos orbículos da ordem Gentianales e de duas famílias dessa ordem: Loganiaceae e Apocynaceae. Como conclusão, os autores ressaltaram a presença comum dos orbículos na ordem, e sua importância para diferenciar gêneros e tribos. No presente estudo, foi possível perceber que tanto a superfície da parede externa dos orbículos como a dos grãos de pólen das espécies estudadas são psiladas. Huysmans et al. (1997) estudaram 14 gêneros de Cinchonoidea (Rubiaceae) e relataram semelhanças entre a ornamentação da sexina (microespinhos) dos grãos de pólen e dos orbículos que apresentaram superfície espinhosa.

El-Ghazaly (1999) sugere que uma das funções dos orbículos pode estar associada à dispersão dos grãos de pólen e a presença de orbículos nas duas espécies estudadas, que são polinizadas por insetos como mariposas e abelhas (Morellato 1991; Silva et al. 2014; Steinbach e Longo 1992), podem corroborar essa inferência, uma vez que, essas estruturas apresentam potencial de aderência ao grão de pólen e aumentam a superfície de contato entre o corpo do polinizador e o grão de pólen.

Acompanhando o desenvolvimento floral dos gêneros *Toona* (Endl.) M. Roem.e *Cedrela*, Gouvêa et al. (2008) observaram que as flores femininas de *Cedrela* apresentavam grãos de pólen com deformações e desprovidos de conteúdo enquanto as masculinas continham micrósporos bem formados e com citoplasma robusto. No presente trabalho, lâminas de Wodehouse (1935) foram feitas com uma antera de cada gênero funcional, e o mesmo padrão foi encontrado, o material com antera da flor funcionalmente feminina apresentou grãos de pólen maiores e com algumas deformações, no entanto, em ambos havia conteúdo celular.

Em nosso estudo, as preparações acetolisadas, foram usadas anteras das flores funcionalmente masculinas e femininas misturadas, desta forma se assegurou a possibilidade de ocorrência semelhante em diferentes preparações palinológicas. Foi possível observar que os grãos de pólen se diferenciavam em tamanho, o que justifica um alto coeficiente de variabilidade. Barth et al. (1998) encontraram uma variação do tamanho máximo e mínimo nos grãos de pólen para as espécies de *Cedrela* aproximados aos encontrados no presente trabalho, mas não diferenciaram os gêneros funcionais, nem realizaram as análises estatísticas.

6.6 Conclusão

Foi realizada a caracterização detalhada da morfologia polínica de *Cedrela fissilis* Vell. e *Cedrela odorata* L. e dos orbículos auxiliando na diferenciação das espécies. Foi possível diferenciar as espécies pelo tamanho dos grãos e tamanho dos orbículos. Observamos que os grãos de pólen provenientes das anteras funcionalmente masculinas e femininas de ambas as espécies, apresentaram diferenças quanto ao tamanho e a integridade dos grãos de pólen, porém ambos apresentaram conteúdo celular.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza e ao Departamento de Botânica da Universidade Federal de Juiz de Fora pelo apoio no desenvolvimento das atividades, ao Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal de Juiz de Fora pela utilização dos equipamentos e ao técnico Pedro Loureiro pelo auxílio no preparo e observação das amostras, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pelos equipamentos adquiridos em projetos anteriores. Aos técnicos de laboratório do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Juiz de Fora: Flávia Bonizol Ferrari e Wanderson Tavares Ribeiro pelo apoio prestado durante a execução do trabalho. A primeira autora agradece à Universidade Federal de Juiz de Fora pela concessão da Bolsa de Mestrado.

6.8 Referências

Barth OM, Barros MA, Freitas FO. 2009. Análise palinológica em amostras arqueológicas de geoprópolis do vale do Rio Peruaçu, Januária, Minas Gerais, Brasil. Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico. 19(1):277-290.

Barth OM, Justo RL, Barros MAD. 1998. Catálogo sistemático do pólen das plantas arbóreas do Brasil Meridional. XXX: Meliaceae. Revista Brasileira de Biologia. 58:497509.

Bauermann SG, Macedo RB, Behling H, Pillar VDP, Neves PCPD. 2008. Dinâmicas vegetacionais, climáticas e do fogo com base em palinologia e análise multivariada no quaternário tardio do Sul do Brasil. Revista brasileira de paleontologia. 11(2):87-96.

Bosco LB. 2015. Origem Botânica e Fitogeográfica do Mel e Cargas de Pólen Provenientes da Comunidade Quilombola Porto Velho, Município de Iporanga, Vale do Ribeira (São Paulo) [dissertação]. São Paulo (SP): Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente.

Carreira LMM, Secco RDS. 1984. Morfologia polínica de plantas cultivadas no Parque do Museu Goeldi-III. Meliaceae. Boletim do museu paraense Emílio Goeldi Botânica. 1:5-22.

Cavers S, Navarro C, Lowe AJ. 2003. Chloroplast DNA phylogeography reveals colonization history of a Neotropical tree, Cedrela odorata L., in Mesoamerica. Molecular Ecology. 12(6):1451-1460.

Clément C, Audran JC. 1993. Cytochemical and ultrastructural evolution of orbicules in Lilium. In The Tapetum. Vienna: Springer. p. 63-74.

El-Ghazaly G. 1989. Pollen and orbicule morphology of some Euphorbia species. Grana. 28(4):243-259.

El-Ghazaly G. 1999. Tapetum and orbicules (Ubisch bodies): development, morphology and role of pollen grains and tapetal orbicules in allergenicity. In Fertilization in higher plants. Berlin: Springer. p. 157-173.

El-Ghazaly G, Chaudhary R. 1993. Morphology and taxonomic application of orbicules (Ubisch bodies) in the genus Euphorbia. Grana. 32(S2):26-32.

Erdtman G. 1960. The acetolysis method. A revised description. Svensk Botanisk Tidskrift. 54:561-564.

Faegri K, Van Der Pijl L. 1979. Principles of pollination ecology. Oxford (UK): Pergamon Press.

Flores TB. Meliaceae in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. [acesso 2022 Abr 30] https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB9989

Furness CA, Rudall PJ. 2001. The tapetum in basal angiosperms: early diversity. International Journal of Plant Sciences. 162(2):375-392.

Garralla SS, Cuadrado GA. 1997. Morfologia polinica de las Meliaceae de la Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. 32:227-224.

Godwin H. 1968. The origin of the exine. New Phytologist. 67(3):667-676.

Gouvêa CF, Dornelas MC, Rodriguez APM. 2008. Floral development in the tribe Cedreleae (Meliaceae, sub-family Swietenioideae): Cedrela and Toona. Annals of botany. 101(1):39-48.

Hesse M. 1986. Orbicules and the ektexine are homologous sporopollenin concretions in Spermatophyta. Plant Systematics and Evolution. 153(1):37-48.

Huysmans S, El-Ghazaly G, Smets E. 1998. Orbicules in angiosperms: morphology, function, distribution, and relation with tapetum types. The Botanical Review. 64(3):240272.

Huysmans S, Smets E, El-Ghazaly G, Nilsson S. 1997. Systematic value of tapetal orbicules: a preliminary survey of the Cinchonoideae (Rubiaceae). Canadian Journal of Botany. 75(5):815-826.

Kuniyoshi YS. 1983. Morfologia da semente e da germinação de 25 espécies arbóreas de uma floresta com araucária [dissertação]. Curitiba (PR): Universidade Federal do Paraná.

Lima GLD. 2010. Estratigrafia e palinologia e depósitos turfosos e alúvio-coluviais quaternários no parque estadual da serra do tabuleiro e planalto de São Bento do Sul, Santa Catarina [tese]. Florianópolis (SC): Universidade Federal de Santa Catarina.

Ministério do Meio Ambiente. 2021. Portaria MMA nº 561, 15 de dezembro de 2021, que trata da Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de extinção. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

Morellato LPC. 1991. Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma Floresta Semidecídua no sudeste do Brasil [tese]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas.

Freitas OF. 2002. Uso da Palinologia em Amostras Arqueológicas de Própolis na Reconstituição da Vegetação Histórica de uma Região. Brasília (DF): Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; 22).

Pacini E, Franchi GG. 1991. Diversification and evolution of the tapetum. Pollen and spores. Patterns of diversification. 44:301-316.

Salgado-Labouriau ML. 1973. Contribuição à palinologia dos cerrados. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências.

Silva, CID, Fonseca VLI, Groppo M, Bauermann SG, Saraiva AM, Queiroz EP, Evaldt AP, Caliman MJF, Wolff JL, Garófalo CA, et al. 2014. Catálogo polínico das plantas usadas por abelhas no campus da USP de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto: Holos.

Steinbach F, Longo AN. 1992. Lista preliminar das espécies da flora apícola nativa da Fazenda Faxinal. Revista do Instituto Florestal. 4(1):347-349.

Thiers B. 2022, continuamente atualizado. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium [acesso 2022 Mai 23] http://sweetgum.nybg.org/ih/

Vinckier S, Smets E. (2002a). Morphological and ultrastructural diversity of orbicules in relation to evolutionary tendencies in Apocynaceae s.l. Annals of Botany. 90(5):647-662.

Vinckier S, Smets E. (2002b). Morphology, ultrastructure and typology of orbicules in Loganiaceae sl and related genera, in relation to systematics. Review of Palaeobotany and Palynology. 119(3-4):161-189.

Vinckier S, Smets E. (2002c). Systematic importance of orbicule diversity in Gentianales. Grana. 41(3):158-182.

Wodehouse RP. 1935. Pollen grains. New York: McGraw Hill. p. 574.

7. CAPÍTULO 2

Estudo polínico de espécies selecionadas de Sapindales A. Juss. ex Bercht. & J. Presl (Magnoliophyta) ocorrentes em um fragmento florestal urbano do sudeste do Brasil.

Fernanda da Costa Fernandes*[1] ORCID: 0000-0001-8240-7936 e Andrea Pereira Luizi Ponzo[1,2] ORCID: 0001-6291-9627

[1]Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Universitário, Rua José Lourenço Kelmer s/n, Bairro São Pedro, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil.

[2]Departamento de Botânica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Universitário, Rua José Lourenço Kelmer s/n, Bairro São Pedro, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil.

Versão resumida do título: Palinologia de Sapindales A. Juss. ex Bercht. & J. Presl (Magnoliophyta) ocorrentes em um fragmento florestal urbano do sudeste do Brasil.

Key words: Anacardiaceae, Burseraceae, Meliaceae, Palinologia, Rutaceae, Sapindaceae

Seção dos AABC: Ecossistemas

Contato: Fernanda da Costa Fernandes/Endereço: Rua José Lourenço Kelmer s/n, Bairro São Pedro, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil /E-mail: fe.c.f@hotmail.com /Telefone: +55 32 21023268

7.1 RESUMO

As Sapindales incluem representantes com elevado potencial econômico e ampla distribuição geográfica, para os quais há divergências taxonômicas e lacunas no conhecimento da morfologia polínica. A Floresta Atlântica, embora fragmentada, abriga elevado número de espécies de Sapindales para as quais estudos palinológicos ainda são incipientes. O Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora está inserido em um fragmento urbano de Floresta Atlântica, que apresenta elevada riqueza de espécies, dentre as quais estão incluídas cinco famílias da ordem Sapindales: Anacardiaceae R.Br., Burseraceae Kunth, Meliaceae A. Juss., Rutaceae A. Juss. e Sapindaceae A. Juss. O presente trabalho tem por objetivos estudar a morfologia dos grãos de pólen das espécies de Sapindales que ocorrem em um fragmento florestal urbano, localizado no sudeste do Brasil, visando ao detalhamento da morfologia polínica dessas espécies. O material botânico estudado pertence à coleção do Herbário Leopoldo Krieger. As observações foram realizadas com auxílio de microscópio de luz e microscópio eletrônico de varredura, empregando-se metodologias padronizadas, adotadas em Palinologia. Os resultados obtidos demonstram que os grãos de pólen apresentam âmbito subcircular, triangular ou quadrangular; forma peroblata a prolata; os tipos aperturais são 3-porados, 3-colporados, 3-sincolporados e 3-parassincolporados e a ornamentação variou de psilada, reticulada, microrreticulada a estriada.

7.2 INTRODUÇÃO

A ordem Sapindales é monofilética, está inserida no clado das Rosídeas-Malvídeas e inclui espécies que apresentam ampla distribuição nas regiões temperadas e tropicais (APG IV 2016, Ferrucci 1998). A ordem representa aproximadamente 3% da diversidade mundial de plantas, com 5264 espécies distribuídas em 470 gêneros (Magallón et al. 1999). No Brasil, está representada por seis famílias: Anacardiaceae R.Br., Burseraceae Kunth, Meliaceae A. Juss., Rutaceae A. Juss., Sapindaceae A. Juss. e Simaroubaceae DC. com maior riqueza de espécies na Amazônia e na Floresta Atlântica (Flora do Brasil 2020, Pirani & Silva-Luz 2018). A Floresta Atlântica é considerada um *hotspot* da biodiversidade, abrigando 200 mil espécies de plantas vasculares, das quais, oito mil são endêmicas (Myers et al. 2000). Enquanto domínio fitogeográfico, compreende um conjunto de ecossistemas que se estende ao longo do litoral atlântico do Brasil, apresentando diferentes características climáticas e fitofisionômicas (Fiaschi & Pirani 2009; Stehmann et al. 2009). No Brasil, o estado de Minas Gerais possui áreas florestais que sofreram intensas alterações devido às ações antrópicas, com ênfase para a cultura cafeeira e a criação de gado, mas o município de Juiz de Fora se destaca pela importância biológica considerada "muito alta" (Drummond et al. 2005, 2009).

O Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora está inserido em um fragmento urbano de Floresta Atlântica e constitui um corredor ecológico com grande importância para conservação da diversidade, contendo espécies ameaçadas de extinção (Fonseca & Carvalho 2012, Santiago et al. 2014, Silva et al. 2020). Na área do Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora, ocorrem cinco famílias da ordem Sapindales: Anacardiaceae R.Br., Burseraceae Kunth, Meliaceae A. Juss., Rutaceae A. Juss., Sapindaceae A. Juss. (Fonseca & Carvalho 2012, Santiago et al. 2013, Silva et al. 2020).

Alguns estudos palinológicos tratando de espécies de Sapindales foram desenvolvidos por diferentes autores (Aguillar-Sierra & Melhem 1998, Barth 1980, Barth 1982, Barth et al. 1998, Bellonzi et al. 2020, Cancelli et al. 2012, Cruz 1982, Dutra & Gasparino 2017, Freitas *et al*. 2020, Freitas & Carvalho 2012, Garralla & Cuadrado 1997, Gonçalves-Esteves et al. 2021, Gonçalves-Esteves & Ferreira 1994, González et al. 2014, Harley et al. 2007, Luz & Barth 1999, Mitra et al. 1977, Pereira et al. 2014, Salgado-Labouriau 1973, Silva 2007, Roubik & Moreno 1991), no entanto, grande parte das

espécies ocorrentes na nossa área de estudo, ainda carecem de estudos palinológicos mais aprofundados.

7.3 MATERIAL E MÉTODOS

O material estudado inclui 16 espécies de Sapindales depositadas no Herbário Leopoldo Krieger da Universidade Federal de Juiz de Fora (CESJ, acrônimo segundo Thiers (2022), continuamente atualizado). São elas:

Anacardiaceae: *Anacardium humile* A. St.-Hil. – **BRASIL. São Paulo**: Mun. São Paulo, Brooklyn Paulista, 2/VII/1948, W. Hoehne s.n. (CESJ 40666); **Minas Gerais:** Belo Horizonte, Serra do Curral, 3/VII/1955, L. Roth 2309 (CESJ). *Anacardium occidentale* L. - **BRASIL. Minas Gerais:** Reserva biológica da Represa do Grama, Descoberto, 25/X/2004, A.S.M. Valente; V.R. Almeida 38I (CESJ); Araçuaí, 16/VII/1981, L. Krieger (CESJ 18431). *Tapirira guianensis* Aubl. - **BRASIL. Minas Gerais:** Reserva Biológica da Represa do Grama, Descoberto, 13/X/2001, R.C. Forzza; V.R. Almeida; L.C.S. Assis; L.F.A. Fazza 1866 (CESJ); Barroso. Mata do Baú, 3/X/2001, R.M. Castro, 628 L.C.S. Assis, A.S.M. Valente, M.G.M. Garcia, R. C. Forzza, G.E.P. Silva (CESJ). Burseraceae: *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand. - **BRASIL. Minas Gerais:** Estrada Valadares – Rio Preto, 13/IX/2003, Fátima Salimena & Pedro H. Nobre 1112 (CESJ). Meliaceae: *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. - **BRASIL. Minas Gerais:** Juiz de Fora, Área de Proteção Ambiental Mata do Krambeck, 18/X/2008, F.S. Souza 596, I.A. Almeida, B. Paixão, A.L. Santiago, R. Grazul (CESJ). Rio Preto, UHE de Mello, Ribeirão Santana, mata ciliar, área diretamente afetada, 06/X/1996, R.G. Silveira, F.R. Pires, L.G. Canani, K. Oliveira e C.A.N. Ribeiro (CESJ 30930). *Guarea guidonia* (L.) Sleumer - **BRASIL. Minas Gerais:** Juiz de Fora, Mata do Krambeck, próximo ao Rio Paraibuna, XI/2006, A. Valente 425, L. Menini Neto, P.O. Garcia. A.L. Santiago, L.B.V. Matta, E. A. Feliciano (CESJ). *Guarea macrophylla* Vahl - **BRASIL. Paraná**: Guaratuba, XII/I969, L. Krieger (CESJ 7927). Rutaceae: *Dictyoloma vandelianum* A. Juss. - **BRASIL. Minas Gerais:** Barroso. Mata do Baú, 30/IV/2001, L.C.S. Assis 29 (CESJ). *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. - **BRASIL. Paraná**: Guaricana (Mun. São José dos Pinhais), 30/XI/I999, J.M. Cruz & J. Cordeiro 222 (CESJ). Sapindaceae: *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl. - **BRASIL. Minas Gerais:** Barroso. Mata do Baú, 25/IX/2001, L.C.S Assis 258 e M.K. Ladeira (CESJ). *Cupania ludowigii* Somner &

Ferrucci, 7/II/1971, P.L. Krieger & Marilene (CESJ 10005); Descoberto, Reserva biológica da Represa do Grama, 26/I/2002, R.C. Forzza 2055 & B.K.S. Franco (CESJ). *Cupania oblongifolia* Mart. - **BRASIL. Minas Gerais:** Juiz de Fora. Morro do Imperador, 3/V/2001, ASM. Valente; N.C Vitarelli & Viviane Scalon (CESJ 33983). *Cupania vernalis* Cambess. - **BRASIL. Santa Catarina:** Mun. Bombinhas, Área de Relevante Interesse Ecológico Costeira de Zimbros, 06/V/2011, A. Nuernberg & A.S. Mello 54 (CESJ). *Matayba elaeagnoides* Radlk. - **BRASIL. Paraná**: Sítio Paraíso, 23/X/1998, J.A. Francisco et al. (CESJ 6524). *Matayba juglandifolia* Radlk. - **BRASIL. Minas Gerais:** Juiz de Fora, 27/IX/1980, L. Krieger (CESJ 20468). *Paullinia rubiginosa* Cambess. - **BRASIL. Minas Gerais:** Juiz de Fora, Jardim Botânico UFJF – Mata do Krambeck, Borda de Mata, 4/IX/2011, C.N. Silva 094, J.H.C. Ribeiro (CESJ).

Os grãos de pólen foram preparados seguindo-se o método de Wodehouse (1935) e a acetólise de Erdtman (1960) e observados sob microscopia de luz e eletrônica de varredura. A tomada de medidas foi efetuada a partir de grãos de pólen acetolisados, sob microscópio de luz, com auxílio de ocular micrométrica. Foram obtidas medidas do diâmetro polar e equatorial, em vista equatorial, a partir de 25 grãos de pólen tomados ao acaso em três lâminas (Salgado-Labouriau 1973) e do diâmetro equatorial em vista polar, lado do apocolpo, aberturas e exina, a partir de 10 grãos de pólen tomados ao acaso. Para as análises sob microscópio eletrônico de varredura, os grãos de pólen foram separados das anteras, com auxílio de pinça e agulha, e espalhados sobre fita dupla face previamente aderida a suporte próprio e numerado. A seguir, as amostras foram metalizadas com uma fina camada de ouro (20nm) e levadas para a observação; para as espécies de Sapindaceae, as amostras foram observadas sem a prévia metalização, empregando-se o baixo vácuo. O tratamento estatístico, dos parâmetros para os quais 25 medidas foram tomadas, foi realizado após a verificação da normalidade da distribuição dos dados, através da aplicação do teste de normalidade de Shapiro-Wilk no software PAST (Hammer et al. 2001), sendo apresentados: amplitude de tamanho (Xmin–Xmax), média aritmética (X), desvio padrão (S), erro padrão (Sx), intervalo de confiança a 95% (IC) e coeficiente de variabilidade (CV%).

7.4 RESULTADOS

Os grãos de pólen das espécies estudadas são mônades, de tamanho pequeno a médio (Tabelas I, II e III), de simetria radial, isopolares ou fracamente heteropolares, âmbito subcircular (Figs. 1, 2, 3 e 4), triangular ou quadrangular; forma peroblata a prolata (Tabela III); os tipos aperturais são 3-porados, 3-colporados, 3-sincolporados e 3-parassincolporados e a ornamentação variou de psilada, reticulada, microrreticulada a estriada.

Anacardiaceae R. Br.

Anacardium humile A. St.-Hil.

Grãos de pólen de tamanho médio (Tabelas I e II), de simetria radial, isopolares, de âmbito circular (Figs. 1a, 3a), forma prolata (Tabela III), 3–colporados, sendo a ectoabertura estreita (Figs.1a-b, 3a-c), enquanto a endoabertura é circular (Tabela III). Ornamentação estriada-reticulada apresentando algumas perfurações abaixo das estrias que são paralelas aos colpos. Os retículos ficam mais aparentes próximo aos polos (Fig. 3c).

Anacardium occidentale L.

Grãos de pólen de tamanho médio (Tabelas I e II), de simetria radial, isopolares, de âmbito subtriangular (Figs. 1c, 3d), forma prolata-esferoidal (Tabela III), 3–colporados, sendo a ectoabertura estreita (Figs. 1c-d, 3d-f), enquanto a endoabertura varia de circular a lalongada (Tabela III). Ornamentação estriada-reticulada com estrias dispostas paralelamente aos colpos. Os retículos ficam mais evidentes na região próxima aos polos, em vista polar, a ornamentação se apresenta totalmente reticulada (Fig. 3f).

Tapirira guianensis Aubl.

Grãos de pólen de tamanho pequeno a médio (Tabelas I e II), de simetria radial, isopolares, de âmbito subtriangular (Figs. 1e, 3g), forma prolata-esferoidal (Tabela III), 3–colporados sendo a ectoabertura estreita (Figs. 1e-f, 3g-i) com membrana granular (Fig.

3g) e a endoabertura lalongada (Tabela III). A ornamentação é estriada, com as estrias justapostas e perpendiculares em relação aos polos e paralelas entre si (Fig. 3i).

Burseraceae Kunth

Protium heptaphyllum (Aubl.) Marchand

Grãos de pólen de tamanho pequeno a médio (Tabelas I e II), de simetria radial, isopolares, de âmbito triangular (Fig. 1g), forma prolata-esferoidal (Tabela III), 3–colporados sendo a ectoabertura estreita e margem evidente (Figs. 1h), endoabertura lalongada (Tabela III), ornamentação psilada (Fig. 1h).

Meliaceae A. Juss.

Cabralea cajerana (Vell.) Mart.

Grãos de pólen de tamanho médio (Tabelas I e II), de simetria radial, isopolares, de âmbito subcircular, forma oblata-esferoidal (Tabela III), 4-colporados sendo a ectoabertura estreita e presença de margem, endoabertura lalongada (Tabela III) e ornamentação psilada (Fig. 3j).

Guarea guidonia (L.) Sleumer

Grãos de pólen de tamanho médio (Tabelas I e II), de simetria radial, isopolares, de âmbito subcircular (Figs. 1j, 3k), forma prolata-esferoidal (Tabela III), 4,5-colporados, sendo brevicolpados, colpos estreitos, com grânulos na membrana (Fig. 3m) e presença de margem, endoabertura lalongada (Tabela III), apresentando ornamentação psilada (Figs. 3k-l).

Guarea macrophylla Vahl:

Grãos de pólen de tamanho médio (Tabelas I e II), de simetria radial, isopolares, de âmbito subcircular (Figs. 1l, 4a), forma oblata-esferoidal (Tabela III), 4-6-colporados (Fig. 1l), sendo brevicolpados, colpos estreitos, com grânulos na membrana (Fig. 4b) e

presença de margem, endoabertura lalongada (Tabela III). A ornamentação é psilada-perfurada, sendo psilada nas áreas próximas aos polos e perfurada na região do mesocolpo (Fig. 4b).

Rutaceae A. Juss.

Dictyoloma vandellianum A. A. Juss.

Grãos de pólen de tamanho médio (Tabelas I e II), de simetria radial, isopolares, de âmbito subtriangular (Figs. 2a, 4c), forma prolata-esferoidal (Tabela III), 3-colporados (Fig. 2a) sendo a ectoabertura estreita, com grânulos na membrana e margem larga e psilada (Fig. 4d), endoabertura circular (Tabela III) e ornamentação com retículos heterobrocados (Figs. 4c-d). Esses retículos se apresentam mais frouxos próximos ao mesocolpo e à medida que se aproximam das aberturas, os muros se tornam mais adensados com pequenas perfurações (Fig. 4c).

Zanthoxylum rhoifolium Lam.

Grãos de pólen de tamanho pequeno (Tabelas I e II), de simetria radial, isopolares, de âmbito subtriangular (Figs. 2c, 4e), forma prolata-esferoidal (Tabela III), 3-colporados (Figs. 2e-f) sendo a ectoabertura longa, estreitas, com grânulos na membrana (Fig. 4g), endoabertura lalongada (Tabela III), ornamentação reticulada–estriada sendo as estrias mais evidentes próximo as aberturas, apresentam columelas altas e visíveis (Fig. 4g) e retículos heterobrocados (Fig. 4e-g).

Sapindaceae A. Juss.

Allophylus edulis (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.

Grãos de pólen de tamanho médio (Tabelas I e II), de simetria radial, fracamente heteropolares, de âmbito subtriangular (Figs. 2e, 4h) a quadrangular, forma oblata (Tabela III), 3,4-porados sendo que raramente apresenta 4 aberturas. Os poros são pequenos e circulares (Tabela III) e a ornamentação microrreticulada (Figs. 4h-i).

Cupania ludowigii Somner & Ferrucci:

Grãos de pólen de tamanho médio, sendo que a amplitude de tamanho, revela a presença de grãos de pólen de tamanho pequeno (Tabelas I e II). A simetria é radial, fracamente heteropolares, âmbito triangular (Figs. 2g, 4j), forma oblata (Tabela III), 3-sincolporados (Figs. 2g, 4j) com endoaberturas circulares (Tabela III) e ectoaberturas estreitas sendo a ornamentação microrreticulada (Figs. 4j-k).

Cupania oblongifolia Mart.:

Grãos de pólen de tamanho médio (Tabelas I e II), de simetria radial, fracamente heteropolares, de âmbito triangular arredondado nos vértices (Fig. 2h), forma peroblata (Tabela III), 3-sincolporados (Figs. 2h, 4l) com endoaberturas circulares (Tabela III) e ectoaberturas estreitas que se fundem nos polos sendo a ornamentação microrreticulada (Fig. 4l).

Cupania vernalis Cambess.:

Grãos de pólen de tamanho médio (Tabelas I e II), de simetria radial, fracamente heteropolares, de âmbito triangular (Figs. 2i, 5a), forma oblata (Tabela III), 3-parassincolporados (Figs. 2i; 5a) com endoaberturas circulares (Tabela III) e ectoaberturas estreitas sendo a ornamentação microrreticulada.

Matayba elaeagnoides Radlk.:

Grãos de pólen de tamanho pequeno a médio (Tabelas I e II), de simetria radial, fracamente heteropolares, de âmbito triangular arredondado nos vértices (Fig. 2j, 5b), forma oblata (Tabela III), 3-parassincolporados (Figs. 2j, 5b) com endoaberturas lalongadas (Tabela III) e ectoaberturas estreitas sendo a ornamentação microrreticulada (Fig. 5b).

Matayba juglandifolia Radlk.:

Grãos de pólen de tamanho médio (Tabelas I e II), de simetria radial, fracamente heteropolares, de âmbito triangular arredondado nos vértices (Fig. 2k, 5c), forma oblata (Tabela III), 3-parassincolporados (Figs. 2k, 5c) com endoaberturas lalongadas (Tabela III) e ectoaberturas estreitas sendo a ornamentação microrreticulada.

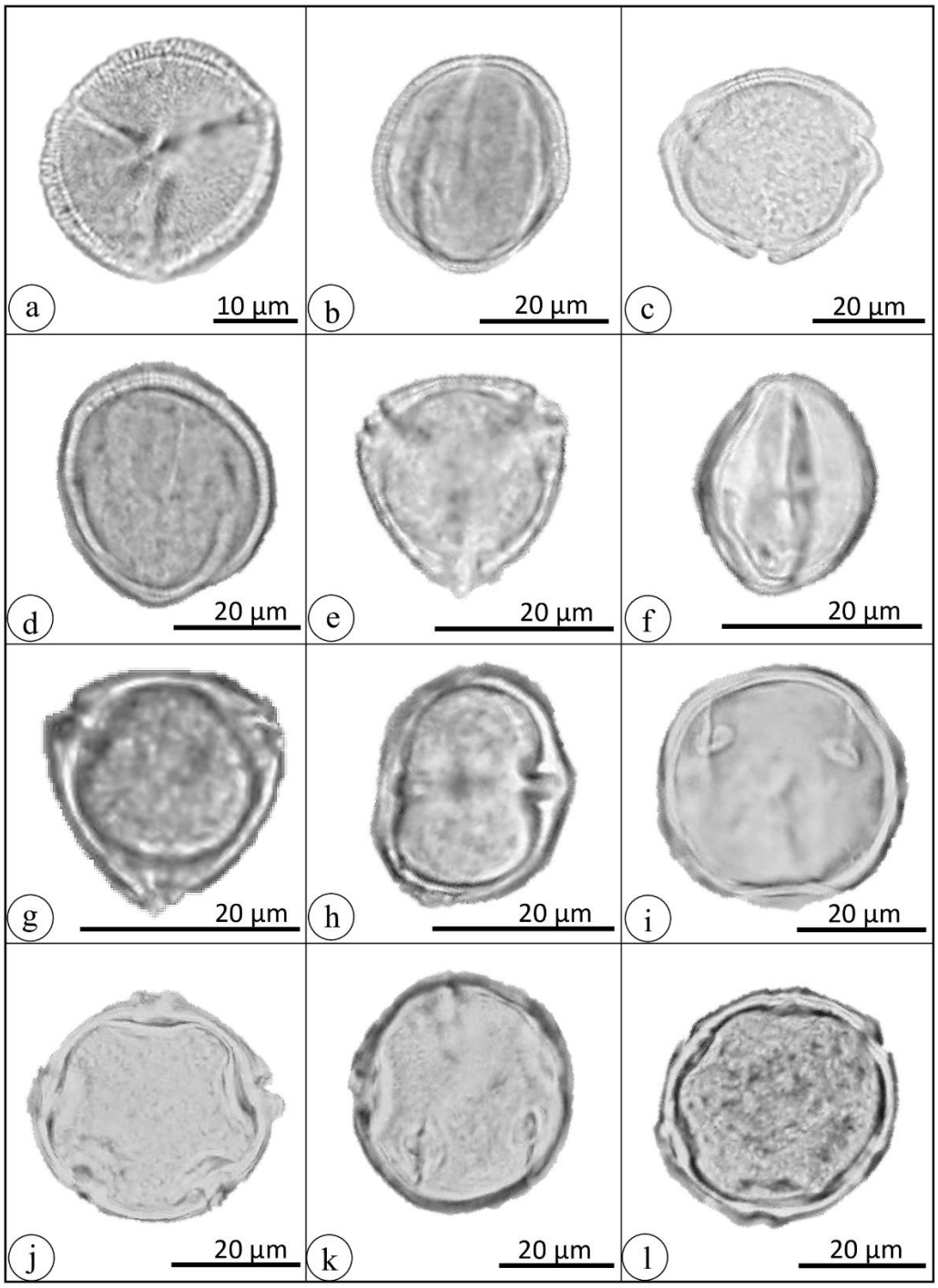
Paullinia rubiginosa Cambess.:

Grãos de pólen de tamanho médio (Tabelas I e II), de simetria radial, fracamente heteropolares, de âmbito triangular (Figs. 2l, 5f), forma oblata (Tabela III), 3-porados (Figs. 2l, 5f) apresentando poros mais largos do que compridos e ânulo (Fig. 5f; Tabela III), ornamentação microrreticulada com a presença de perfurações (Fig. 5e).

Quanto à avaliação do tamanho dos grãos de pólen, foi possível observar que a distribuição dos dados de P e E são normais, pois o teste de Shapiro-Wilk deu resultado de $p>0,05$ para todas as amostras. Considerando-se os dados do diâmetro polar (Tabela I), as espécies da família Meliaceae apresentam os maiores coeficientes de variabilidade, em comparação com as demais famílias, com valores acima de 12%. Observando-se o boxplot do diâmetro polar das espécies dessa família (Figura 6) é possível perceber que existem muitas variações entre os valores máximos e mínimos, como também, em relação à posição dos quartis e da mediana inclusive, dentro de *Guarea.* Ressaltamos um *outlier* (Figura 6), acima do limite superior na espécie *Guarea macrophyllla*. Nesse gráfico, outras três espécies apresentam a mesma condição, *Tapirira guianensis* apresentou um *outlier* abaixo do limite inferior assim como *Cupania vernalis* e *Matayba juglandifolia* apresentou dois *outlier* sendo um acima do limite superior e outro abaixo do limite inferior (Figura 6).

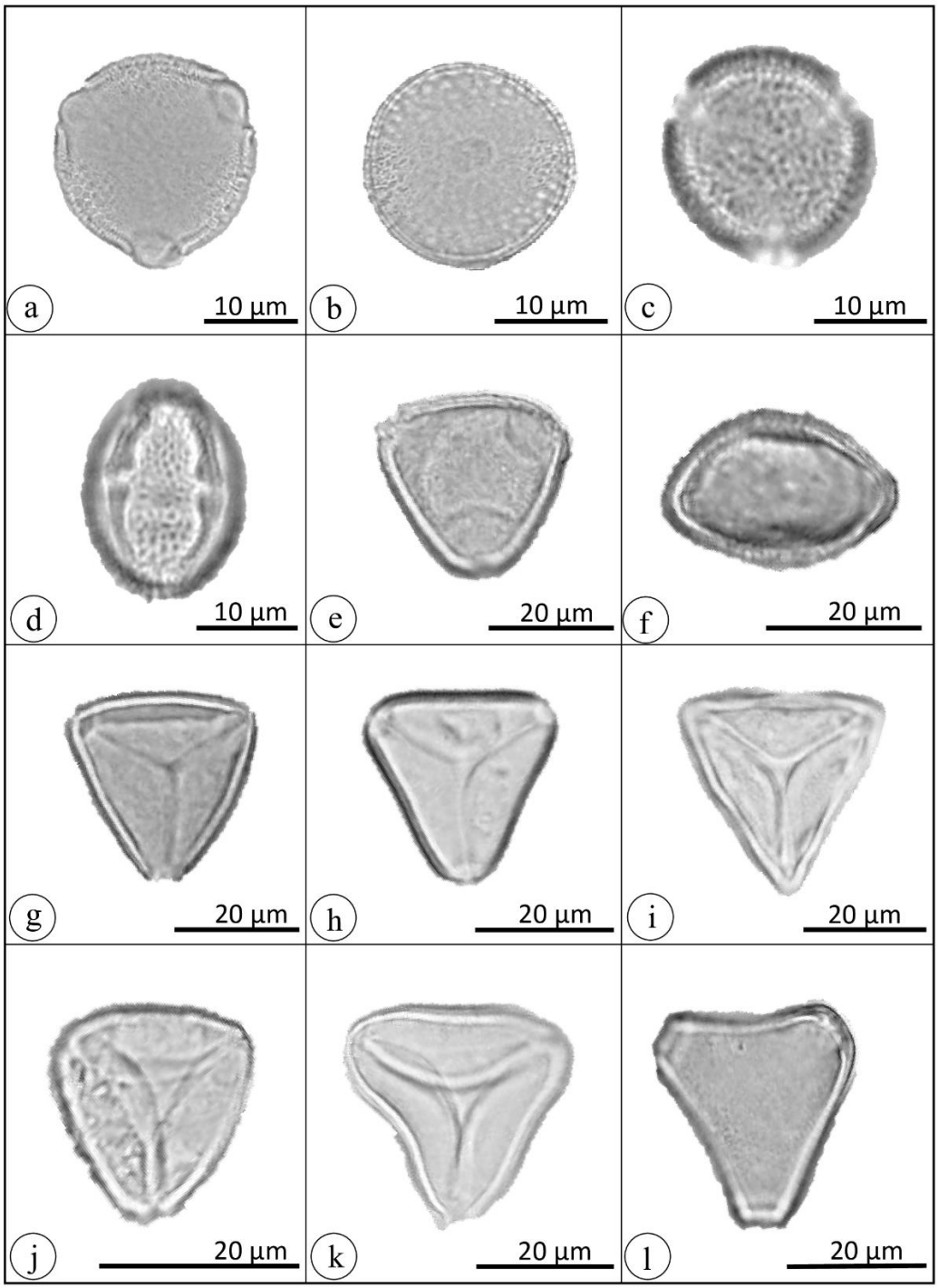
Percebe-se um elevado coeficiente de variabilidade, principalmente nas medidas do diâmetro polar, para os grãos de pólen da maioria das espécies estudadas com destaque para os gêneros *Cupania*, *Matayba* e *Paullinia* pertencentes à família Sapindaceae (Tabela I). Em relação à família Anacardiaceae, as duas espécies incluídas no gênero *Anacardium* apresentam grandes diferenças quanto à medida dos diâmetros polar e equatorial sendo a espécie *A. humile*, menor em relação à *A. occidentale* que ainda apresentou elevados coeficientes de variabilidade nas duas medidas apresentadas (Tabelas I, II). No entanto, *A. humile* apresentou um *outlier* acima do limite superior na medida do diâmetro equatorial (Figura 7).

Figura 1: Fotomicrografias das espécies estudadas.



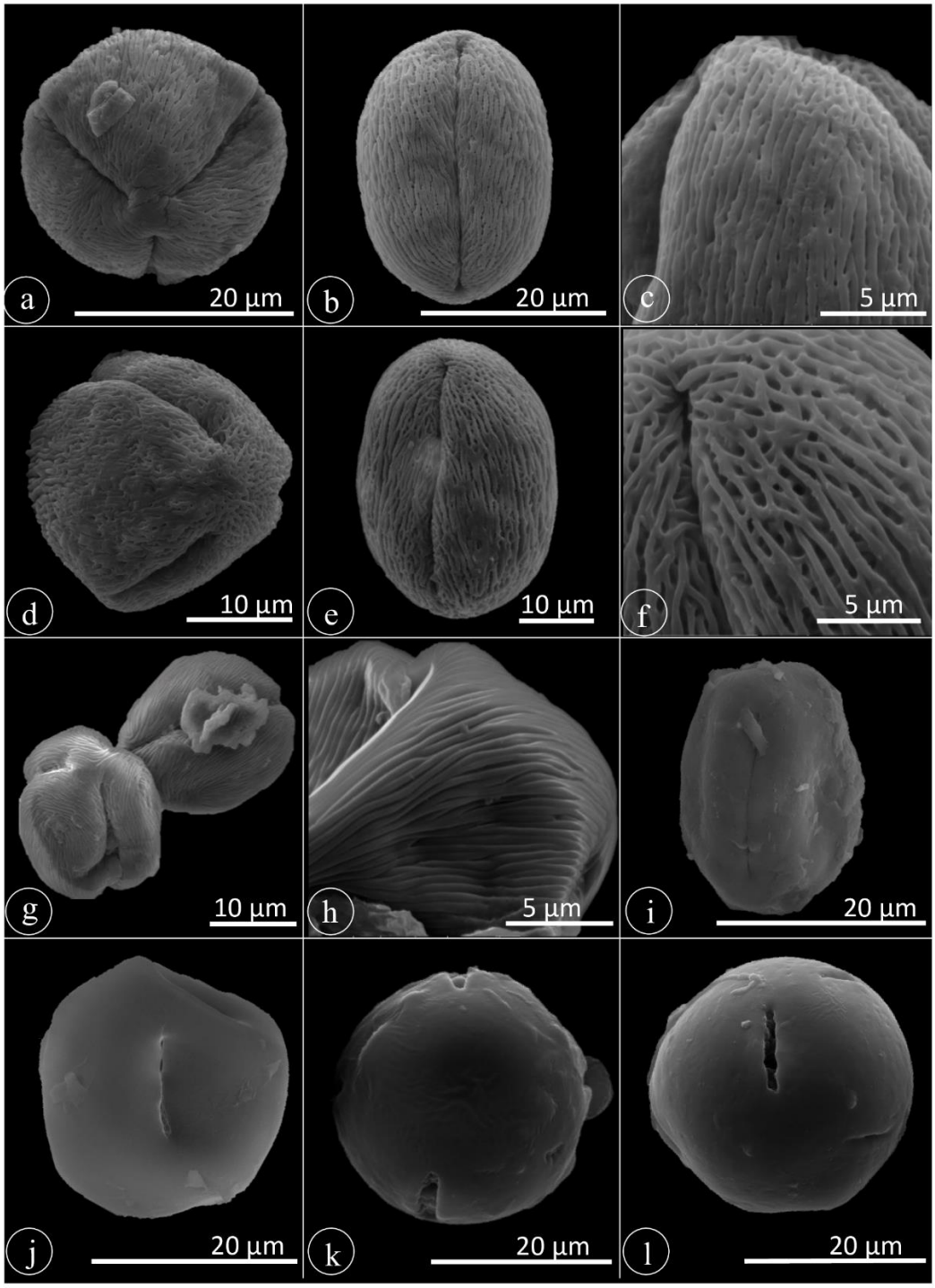
a-b. *Anacardium humile*. a, vista polar. b, vista equatorial. c-d. *Anacardium occidentale*. c, vista polar. d, vista equatorial. e-f. *Tapirira guianensis*. e, vista polar. f, vista equatorial. g-h. *Protium heptaphyllum*. g, vista polar. h, vista equatorial. i. *Cabralea canjerana*, vista equatorial. j-k. *Guarea guidonia*. j, vista polar. k, vista equatorial. l. *Guarea macrophylla*, vista polar.

Figura 2: Fotomicrografias das espécies estudadas.



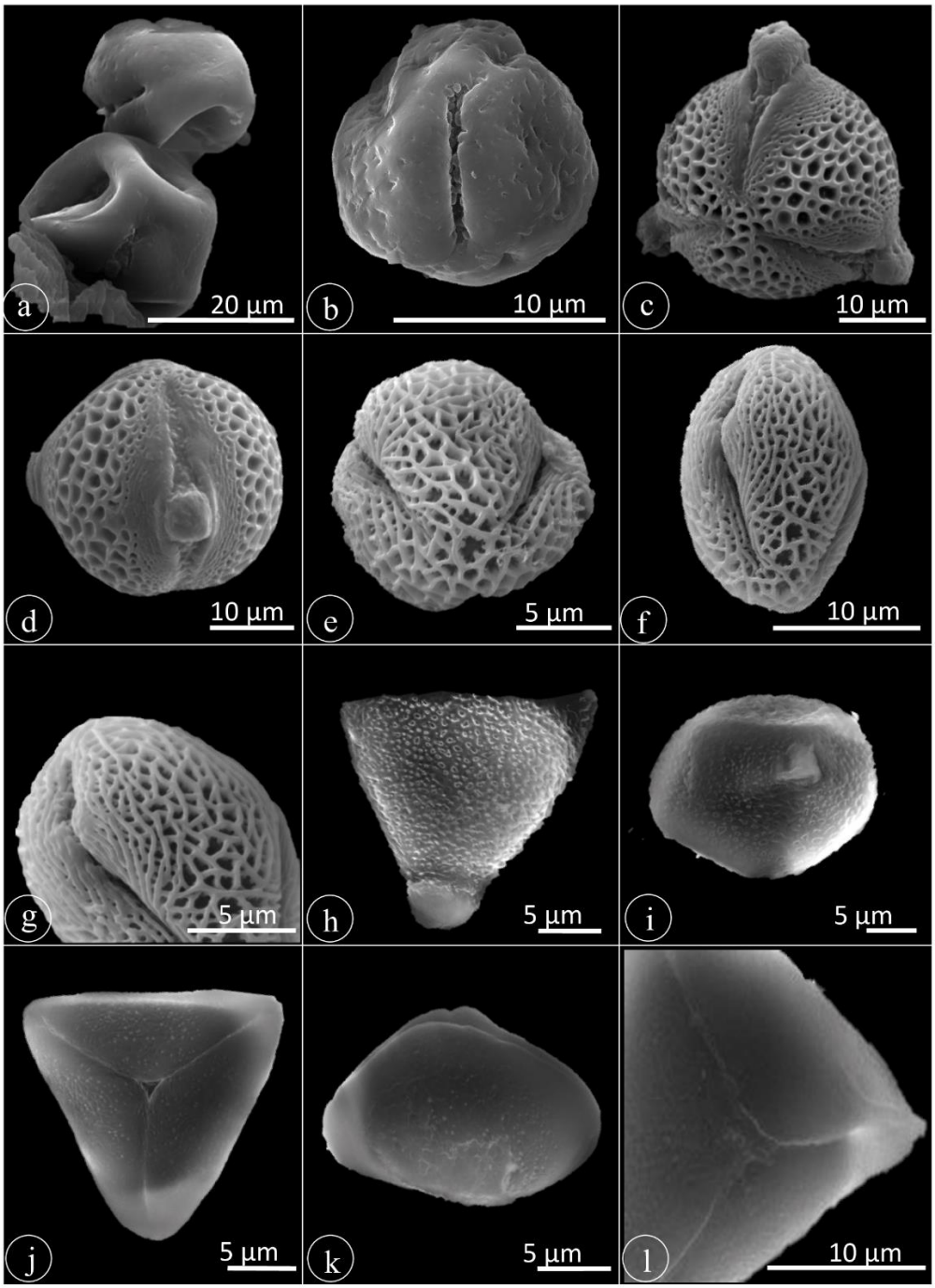
a-b. *Dictyoloma vandelianum*. a, vista polar. b, vista equatorial. c-d. *Zantoxyllum rhoifolium*. c, vista polar. d, vista equatorial. e-f. *Allophylus edulis*. e, vista polar. f, vista equatorial. g. *Cupania ludowigii*, vista polar. h. *Cupania oblongifolia*, vista polar. i. *Cupania vernalis*, vista polar. j. *Matayba elaeagnoides*, vista polar. k. *Matayba juglandifolia*, vista polar. l. *Paullinia rubiginosa*, vista polar.

Figura 3: Microscopia Eletrônica de Varredura dos grãos de pólen das espécies estudadas.



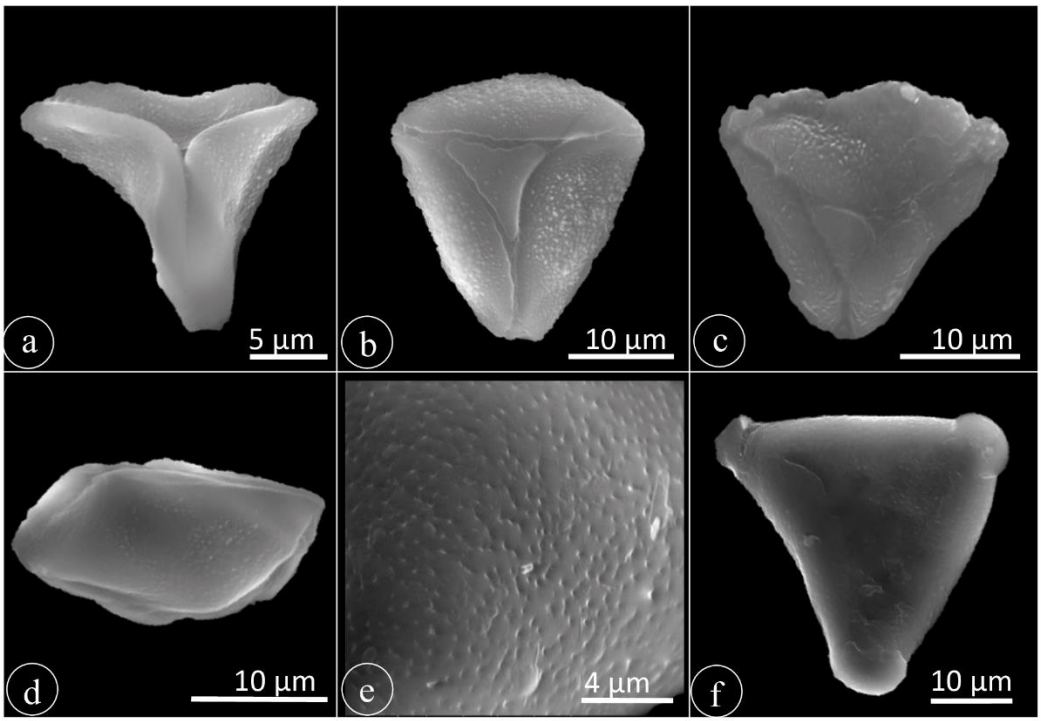
a-c. *Anacardium humile*. a, vista polar. b, vista equatorial. c, detalhe. d-f. *Anacardium occidentale*. d, vista polar. e, vista equatorial. f, detalhe. g-i. *Tapirira guianensis*. g, vista polar e vista equatorial. h, detalhe. i. *Protium heptaphyllum*, vista equatorial. j. *Cabralea canjerana*, vista equatorial. k-l. *Guarea guidonia*. k, vista polar. l, vista equatorial.

Figura 4: Microscopia Eletrônica de Varredura dos grãos de pólen das espécies estudadas.



a-b. *Guarea macrophylla*. a, vista polar. b, vista equatorial. c-d. *Dictyoloma vandelianum*. c, vista polar. d, vista equatorial. e-g. *Zantoxyllum rhoifolium*. e, vista polar. f, vista equatorial. g, detalhe. h-i. *Allophylus edulis*. h, vista polar. i, vista equatorial. j-k. *Cupania ludowigii*. j, vista polar. k, vista equatorial. l. *Cupania oblongifolia*, vista polar – detalhe da abertura.

Figura 5: Microscopia Eletrônica de Varredura dos grãos de pólen das espécies estudadas.



a. *Cupania vernalis*. vista polar. b. *Matayba elaeagnoides*, vista polar. c-d. *Matayba juglandifolia*. c, vista polar. d, vista equatorial. e-f. *Paullinia rubiginosa.* e, detalhe da ornamentação. f, vista polar.

Tabela I: Dados morfométricos do diâmetro polar (P) dos grãos de pólen das espécies estudadas (em micrômetros)

Espécies	X_{min} - X_{max}	$X \pm s_x$	S	IC (95%)	CV (%)
Anacardium humile A. St.-Hil.	25,60 - 38,40	30,61±0,58	2,90	29,41 - 32,81	9,47
Anacardium occidentale L.	30,72 - 48,64	38,80±0,81	4,09	37,12 - 40,48	10,54
Tapirira guianensis Aubl.	20,48 - 30,72	26,41±0,54	2,73	25,29 - 27,53	10,33
Protium heptaphyllum (Aubl.) Marchand	23,04 - 30,72	26,72±0,44	2,22	25,81 - 27,63	8,30
Cabralea cajerana (Vell.) Mart.	25,60 - 38,40	30,61±0,76	3,80	27,49 - 32,17	12,41
Guarea guidonia (L.) Sleumer	30,72 - 48,64	41,47±1,05	5,27	39,30 - 43,64	12,70
Guarea macrophylla Vahl	28,16 - 46,08	33,89±0,87	4,38	32,08 - 35,70	12,92
Dictyoloma vandellianum A. Juss.	30,72 - 48,64	41,57±0,81	4,06	39,91 - 43,24	9,76
Zanthoxylum rhoifolium Lam.	17,92 - 28,16	22,93±0,47	2,39	21,95 - 23,91	10,42
Allophylus edulis (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.	15,36 - 23,04	19,63±0,44	2,23	18,71 - 20,55	11,36
Cupania ludowigii Somner & Ferrucci	7,68 - 17,92	15,46±0,58	2,90	14,26 - 16,66	18,75
Cupania oblongifolia Mart.	5,12 - 17,92	12,41±0,64	3,21	11,09 - 13,73	25,86
Cupania vernalis Cambess.	10,24 - 23,04	18,63±0,58	2,91	17,43 - 19,83	15,61
Matayba elaeagnoides Radlk.	15,36 - 25,6	20,48±0,57	2,86	19,3 - 21,66	13,96
Matayba juglandifolia Radlk.	10,24 - 23,04	17,40±0,53	2,66	16,31 - 18,49	15,28
Paullinia rubiginosa Cambess.	17,92 - 33,28	26,00±0,80	4,00	24,35 - 27,65	15,38

Xmin- Xmax: mínimo e máximo, X: média, sx: erro padrão, S: desvio padrão, IC 95%: intervalo de confiança, CV%: coeficiente de variabilidade.

Tabela II: Dados morfométricos do diâmetro equatorial (E) dos grãos de pólen das espécies estudadas (em micrômetros)

Espécies	X_{min} - X_{max}	$X \pm s_x$	S	IC (95%)	CV (%)
Anacardium humile A. St.-Hil.	17,92 - 28,16	22,52±0,44	2,21	21,61 - 23,43	9,81
Anacardium occidentale L.	25,60 - 48,64	34,50±1,13	5,68	32,16 - 36,84	16,46
Tapirira guianensis Aubl.	17,92 - 28,16	23,34±0,59	2,98	22,11 - 24,57	12,76
Protium heptaphyllum (Aubl.) Marchand	17,92 - 25,60	21,70±0,33	1,67	21,01 - 22,39	7,69
Cabralea cajerana (Vell.) Mart.	23,04 - 43,52	32,35±0,94	4,72	30,40 - 34,30	14,59
Guarea guidonia (L.) Sleumer	30,72 - 48,64	40,24±1,05	5,25	38,08 - 42,40	13,04
Guarea macrophylla Vahl	28,16 - 43,52	38,09±0,75	3,79	36,53 - 39,65	9,95
Dictyoloma vandellianum A. Juss.	30,72 - 48,64	40,96±0,98	4,90	38,94 - 42,98	11,96
Zanthoxylum rhoifolium Lam.	15,36 - 25,60	20,07±0,65	3,27	18,72 - 21,42	4,98
Allophylus edulis (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.	25,60 - 35,84	29,49±0,55	2,77	28,35 - 30,63	9,39
Cupania ludowigii Somner & Ferrucci	20,48 - 33,28	29,69±0,69	3,46	28,26 - 31,12	11,65
Cupania oblongifolia Mart.	25,60 - 35,84	31,06±0,53	2,67	29,96 - 32,16	8,59
Cupania vernalis Cambess.	28,16 - 35,84	31,33±0,45	2,25	30,41 - 32,25	3,19
Matayba elaeagnoides Radlk.	23,04 - 33,28	28,59±0,61	3,08	27,32 - 29,86	10,77
Matayba juglandifolia Radlk.	28,16 - 38,40	33,17±0,54	2,71	32,06 - 34,28	8,17
Paullinia rubiginosa Cambess.	35,84 - 46,08	40,55±0,62	3,10	39,27 - 41,83	7,64

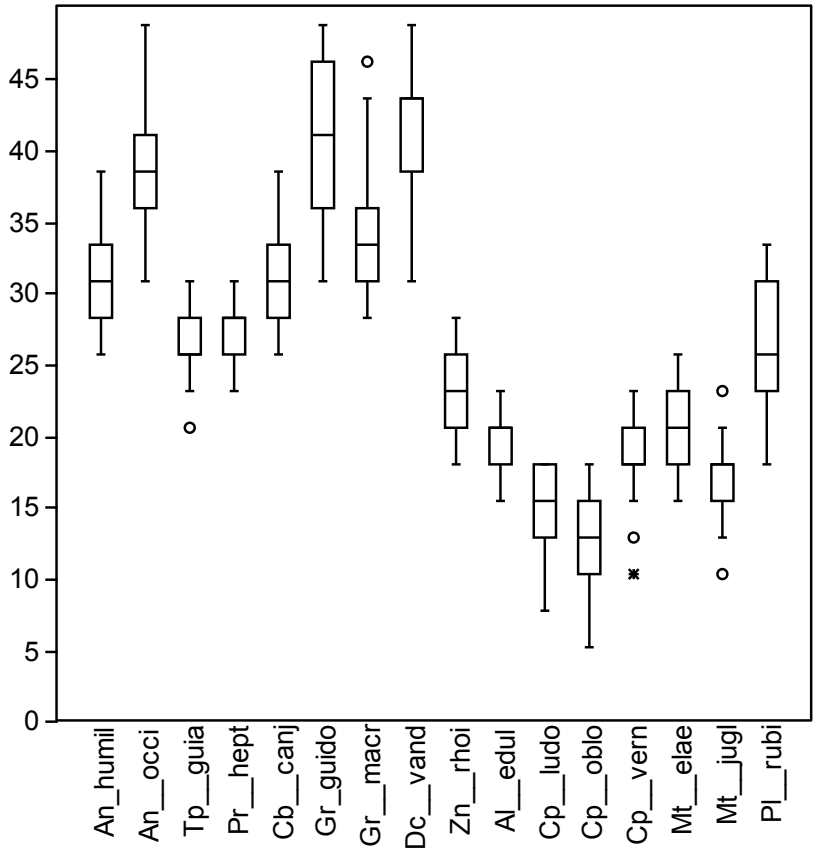
Xmin- Xmax: mínimo e máximo, X: média, sx: erro padrão, S: desvio padrão, IC 95%: intervalo de confiança, CV%: coeficiente de variabilidade.

Tabela III: Dados morfométricos dos grãos de pólen das espécies estudadas (em micrômetros)

Espécies	P	E	P/E	DM	A	Exina	Ectoabertura		Endoabertura	
							C	L	C	L
Anacardium humile A. St.-Hil.	30,61	22,52	1,35	28,16	7,93	2,48	20,98	3,37	2,63	2,76
Anacardium occidentale L.	38,80	34,50	1,12	41,72	10,72	2,37	23,24	3,27	2,84	3,02
Tapirira guianensis Aubl.	26,41	23,34	1,13	25,08	6,40	2,02	19,35	3,99	2,09	3,35
Protium heptaphyllum (Aubl.) Marchand	26,72	21,7	1,23	22,27	8,96	1,58	16,38	1,07	8,36	15,7
Cabralea cajerana (Vell.) Mart.	30,61	32,35	0,94	31,48	15,87	2,20	13,82	2,94	4,60	5,55
Guarea guidonia (L.) Sleumer	41,47	40,24	1,03	40,44	13,82	2,43	13,10	1,58	5,24	9,11
Guarea macrophylla Vahl	33,89	38,09	0,89	35,32	21,5	1,40	9,21	3,32	4,60	5,88
Dictyoloma vandellianum A. Juss.	41,57	40,96	1,01	45,06	9,72	3,04	30,10	8,64	8,32	8,44
Zanthoxylum rhoifolium Lam.	22,93	20,07	1,14	21,76	6,40	2,00	16,79	4,30	2,66	3,14
Allophylus edulis (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.	19,63	29,49	0,66	28,92	18,17	2,25	2,25	2,62	*	*
Cupania ludowigii Somner & Ferrucci	15,46	29,69	0,52	32,00	1,71	2,48	20,48	1,20	2,04	2,09
Cupania oblongifolia Mart.	12,41	31,06	0,39	30,00	3,71	1,28	25,60	1,20	3,07	3,07
Cupania vernalis Cambess.	18,63	31,33	0,59	32,51	2,45	2,00	21,73	1,45	2,61	2,43
Matayba elaeagnoides Radlk.	20,48	28,59	0,71	28,67	9,21	1,97	22,27	0,51	1,92	2,56
Matayba juglandifolia Radlk.	17,40	33,17	0,52	32,76	7,93	2,31	25,08	1,56	2,07	3,50
Paullinia rubiginosa Cambess.	26,00	40,55	0,64	41,08	28,54	2,68	3,37	4,00	*	*

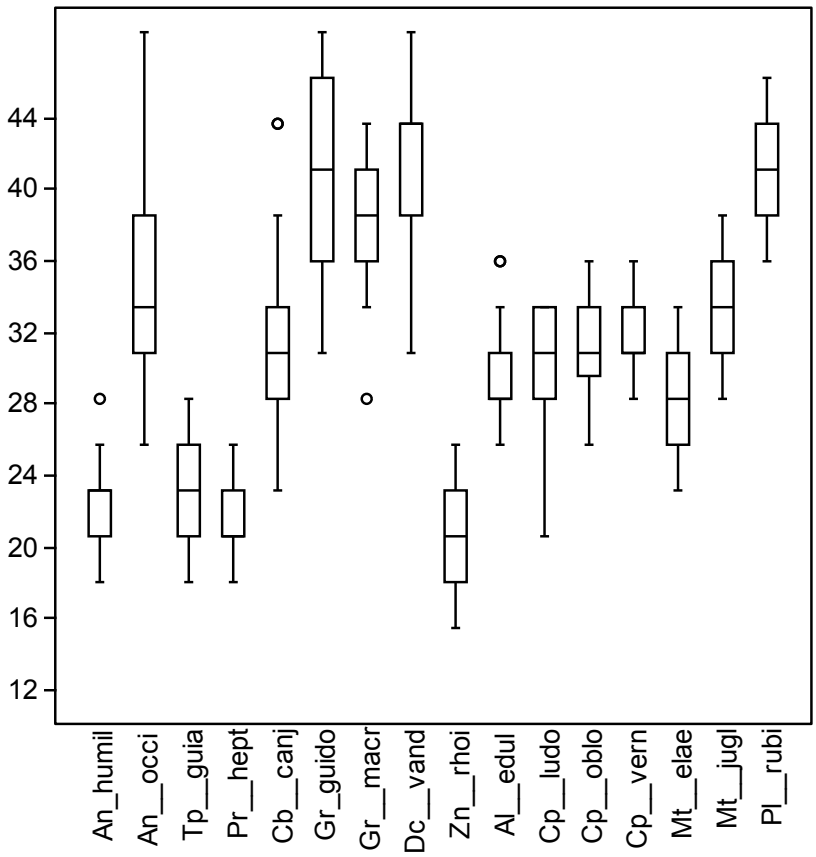
P: eixo polar, E: eixo equatorial, DM: diâmetro maior, A: lado do apocolpo, C: comprimento, L: largura, *: não se aplica.

Figura 6: Representação gráfica da mensuração do diâmetro polar (P) das espécies estudadas apresentando a amplitude das medidas dos diâmetros, IC 95%, mediana e *outliers*.



Legenda: An_humil: *Anacardium humile*; An_ occid: *Anacardium occidentale*; Tp_ guian: *Tapirira guianensis*; Pr_ hepta: *Protium heptaphyllum*; Cb_ canje: *Cabralea canjerana*; Gr_guido: *Guarea guidonia*; Gr_ macro: *Guarea macrophylla*; Dc_ vande: *Dictyoloma vandelianum*; Zn_ rhoif: *Zanthoxylum rhoifolium*; Al_ eduli: *Allophylus edulis*; Cp_ ludow: *Cupania ludowigii*; Cp_ oblon: *Cupania oblongifolia*; Cp_ verna: *Cupania vernalis*; Mt_ elaea: *Matayba elaeagnoides*; Mt_ jugla: *Matayba juglandifolia*; Pl_ rubig: *Paullinia rubiginosa*.

Figura 7: Representação gráfica da mensuração do diâmetro equatorial (E) das espécies estudadas apresentando a amplitude das medidas dos diâmetros, IC 95%, mediana e *outliers*.



Legenda: An_humil: *Anacardium humile*; An_ occid: *Anacardium occidentale*; Tp_ guian: *Tapirira guianensis*; Pr_ hepta: *Protium heptaphyllum*; Cb_ canje: *Cabralea canjerana*; Gr_guido: *Guarea guidonia*; Gr_ macro: *Guarea macrophylla*; Dc_ vande: *Dictyoloma vandelianum*; Zn_ rhoif: *Zanthoxylum rhoifolium*; Al_ eduli: *Allophylus edulis*; Cp_ ludow: *Cupania ludowigii*; Cp_ oblon: *Cupania oblongifolia*; Cp_ verna: *Cupania vernalis*; Mt_ elaea: *Matayba elaeagnoides*; Mt_ jugla: *Matayba juglandifolia*; Pl_ rubig: *Paullinia rubiginosa*.

7.5 DISCUSSÃO

Para as espécies pertencentes ao gênero *Anacardium*, observa-se o âmbito variando de circular, para *Anacardium humile* a subtriangular para *Anacardium occidentale.* Estudos prévios indicaram o âmbito circular para ambas as espécies (Silva 2007) ou âmbito circular mais frequente para ambas, podendo ser triangular (Pereira et al. 2014) ou subcircular (Gonçalves-Esteves & Ferreira 1994) em *A. occidentale*. Considerando Anacardiaceae, Gonçalves-Esteves et al. (2021) relatam a ocorrência de o âmbito circular a triangular nos grãos de pólen da família.

Quanto à forma, foram encontrados grãos de pólen variando de prolatos, em *A. humile,* a prolato-esferoidais, em *A. occidentale*. Pereira et al. (2014) e Gonçalves-Esteves & Ferreira (1994) descreveram a forma dos grãos de pólen de *A. occidentale* como prolata-esferoidal, concordando com o encontrado no presente trabalho. No entanto, Freitas et al. (2020) destacaram a forma subprolata para o gênero *Anacardium*, divergindo das informações apresentadas no presente estudo. Gonçalves-Esteves et al. (2021) ressaltaram que a forma, para a família Anacardiaceae, abrangia variações de grãos de pólen oblato-esferoidais a prolatos.

No nosso estudo, foram observados grãos de pólen de tamanho médio, tricolporados e com ornamentação reticulada-estriada para as espécies pertencentes ao gênero *Anacardium*. Há consenso entre os autores quanto ao tamanho, número e tipo de aberturas com uma exceção à caracterização da ectoabertura no estudo desenvolvido por Salgado-Labouriau (1973), que descreveu os colpos de *A. humile* como "bem abertos" diferente do encontrado no presente estudo, em que descrevemos os colpos como estreitos. Em relação à ornamentação, a autora destaca como reticulada e Roubik & Moreno (1991) investigaram a espécie *A. occidentale* e questionaram a presença de estrias classificando o grão de pólen como reticulado heterobrocado também divergindo dos resultados encontrados no presente estudo, em que destacamos a ornamentação reticulada-estriada. Vale ressaltar que, apesar de apresentarem ornamentação bastante semelhante, as espécies pertencentes ao gênero *Anacardium*, têm grandes diferenças quanto à medida dos diâmetros polar e equatorial sendo a espécie *A. humile*, menor em relação à *A. occidentale* que apresentou elevados coeficientes de variabilidade nas duas medidas apresentadas.

Para a espécie *Tapirira guianensis*, observamos grãos de pólen com âmbito subtriangular. Gonçalves-Esteves & Ferreira (1994) descreveram o âmbito como sendo triangular indicando certa subjetividade na observação, sendo os dados complementares. Freitas & Carvalho (2012) e Gonçalves-Esteves & Ferreira (1994) relataram grãos de pólen tricolporados e caracterizam a endoabertura como lalongada o que é corroborado pelo presente estudo. Quanto à ornamentação, encontramos estrias dispostas em paralelo entre si e perpendiculares em relação aos polos. Gonçalves-Esteves & Ferreira (1994) também descreveram esse mesmo tipo de ornamentação, bem como Freitas & Carvalho (2012) inclusive quanto à disposição das estrias, em que os autores caracterizaram as estrias como perpendiculares. A forma encontrada no presente estudo foi prolata-esferoidal sendo a razão P/E igual a 1,13µm. Esse dado concorda com o encontrado por Gonçalves-Esteves & Ferreira (1994). No entanto, Freitas & Carvalho (2012) apresentaram os grãos de pólen como sendo de forma prolata, divergindo do presente estudo.

Para a espécie *Protium heptaphyllum,* encontramos âmbito triangular e forma prolata-esferoidal. Mitra et al. (1977) encontraram estas mesmas características para a espécie. Porém, Aguillar-Sierra & Melhem (1998) descreveram a forma dos grãos de pólen de *P. heptaphyllum* como subprolata diferente do encontrado no presente estudo em que a razão P/E é igual a 1,23µm. Gonçalves-Esteves et al. (2021) indicaram que a forma dos grãos de pólen da família Burseraceae pode variar de subprolata a prolata. Quanto à ornamentação, no presente trabalho, descrevemos como psilada, assim como Aguillar-Sierra & Melhem (1998). Mitra et al. (1977) descreveram como lisa (psilada) ou rugulada e Harley et al. (2007) como psilada ou psilada perfurada, discordando dos resultados obtidos no presente estudo em que a superfície do grão de pólen mostrou-se lisa em todos os meios de observação seja sob microscopia de luz ou microscopia eletrônica de varredura.

Para *Cabralea canjerana*, encontramos grãos de pólen de âmbito subcircular e forma prolata-esferoidal. Barth et al. (1998) destacaram o âmbito do gênero *Cabralea* como sendo circular e a forma como oblata-esferoidal diferente do encontrado no presente trabalho em que a razão P/E encontrada foi de 0,94µm. Garralla & Cuadrado (1997) investigaram essa espécie e definiram os grãos de pólen como esferoidais e a ornamentação como levemente escabrada diferente do encontrado no presente estudo em que definimos a ornamentação como psilada assim como Barth et al. (1998). Observamos

grãos de pólen 4-colporados, o que corrobora o descrito por Barth et al. (1998). Garralla & Cuadrado (1997) descreveram de 3 a 4 cólporos diferente do encontrado nesse trabalho.

As espécies do gênero *Guarea* descritas no presente estudo compartilham características como grãos de pólen brevicolpados, com colpos estreitos, grânulos na membrana e presença de margem, além de endoabertura lalongada. Barth et al. (1998) e Garralla & Cuadrado (1997) descreveram as mesmas características, com poucas diferenças como na terminologia, como referir a margem como ânulo, o que não se aplica, pois estamos falando de cólporos. No presente estudo, descrevemos a presença de grânulos na membrana dos colpos o que também foi observado por Garralla & Cuadrado (1997).

Guarea guidonia apresenta grãos de pólen com âmbito subcircular e forma prolata-esferoidal, enquanto os grãos de pólen de *Guarea macrophylla* diferem na forma oblata-esferoidal. Barth et al. (1998) observaram, para o gênero *Guarea*, grãos de pólen esferoidais e o âmbito variando de circular a quadrangular. Garralla & Cuadrado (1997) encontraram grãos de pólen oblato-esferoidais e aberturas variando de 4 a 5 cólporos em *G. guidonia* e forma esferoidal, com número de aberturas de 3 a 4 cólporos para grãos de pólen de *G. macrophylla*. Observa-se uma divergência com os resultados aqui obtidos, apenas o número de aberturas dos grãos de pólen de *G. guidonia* está de acordo com o presente trabalho, em que encontramos a razão P/E igual a 1,03µm. Para *G. macrophylla*, observamos grãos de pólen com número de aberturas de 4 a 6 cólporos e razão P/E igual a 0,89µm.

Tratando-se da ornamentação, estudos prévios indicaram superfície psilada nos grãos de pólen das espécies do gênero *Guarea* (Barth et al. 1998, Garralla & Cuadrado 1997). Em nosso estudo, observamos superfície psilada em grãos de pólen de *G. guidonia*, porém, foi possível observar perfurações na região do mesocolpo nos grãos de pólen de *G. macrophylla*, que não foram anteriormente descritas em outros estudos, revelando que a observação detalhada dos grãos de pólen pode aprimorar descrições já existentes e contribuir para o delineamento taxonômico das espécies.

Para a espécie *Zanthoxylum rhoifolium*, observamos grãos de pólen de tamanho pequeno, âmbito subtriangular, forma prolata-esferoidal. Dutra & Gasparino (2017) descreveram os grãos de pólen dessa espécie como de pequenos a médios, com âmbito circular e oblato-esferoidais e Barth (1980) caracterizou a forma dos grãos de pólen da

espécie como prolata. Quanto ao número de aberturas, Barth (1980, 1982), encontraram grãos de pólen tricolporados para o gênero *Zanthoxylum* e para a espécie *Zanthoxylum rhoifolium*, concordando com os dados encontrados no presente trabalho. Dutra & Gasparino (2017) encontraram 4-cólporos para essa espécie e ornamentação estriada-reticulada. No presente trabalho, encontramos ornamentação reticulada–estriada disposta nessa ordem, por considerarmos que predominam os retículos em relação às estrias. Barth (1980) e Barth (1982) descreveram a superfície do grão de pólen como parcialmente estriada.

Para a espécie *Dictyoloma vandellianum,* encontramos grãos de pólen prolato-esferoidais e ornamentação reticulada, apresentando retículos heterobrocados, corroboramos, assim, os resultados de Barth (1982) que também observou grãos de pólen esferoidais, com os retículos heterobrocados para o gênero, embora não tenhamos encontrado descrições palinológicas para a espécie *Dictyoloma vandellianum* na literatura consultada.

Allophylus edulis apresenta grãos de pólen com três poros ou raramente quatro. O trabalho de González et al. (2014) apresentou um estudo detalhado, evidenciando o maior percentual de ocorrência de grãos de pólen triporados nesta espécie em comparação aos tetraporados, são elas respectivamente: 79,5% e 20,5%. As autoras também descreveram o âmbito como triangular e a exina como microrreticulada. A informação quanto à ornamentação é semelhante ao encontrado no presente trabalho. No entanto, quanto ao âmbito, é diferente pois no presente trabalho, relatamos o âmbito variando de subtriangular, nos grãos de pólen triporados, e quadrangular para os tetraporados. Segundo Cruz (1982), a espécie apresenta âmbito triangular e forma oblata, concordando com o encontrado no presente trabalho, em que a razão P/E foi igual a 0,66µm. No presente trabalho descrevemos a ornamentação da espécie como microrreticulada. Freitas et al. (2020) indicaram âmbito quadrangular e ornamentação escabrada para o gênero *Allophylus* diferente do encontrado no nosso trabalho, em que o âmbito quadrangular foi raramente encontrado não podendo representar um padrão para o gênero.

As espécies de *Cupania* apresentam grãos de pólen muito semelhantes com variações quanto à forma e tipo de abertura. Segundo Cruz (1982), o gênero apresenta grãos isopolares com padrão de abertura sincolporados variando entre três ou quatro cólporos. No presente estudo, descrevemos uma fraca heteropolaridade nos grãos de pólen desse gênero e não encontramos grãos de pólen com quatro aberturas para *Cupania*

apenas com três e quanto ao tipo, encontramos tanto sincolporados como parassincolporados. As espécies *C. oblongifolia* e *C. ludowigii* apresentam grãos de pólen sincolporados, mas *C. vernalis* apresenta grãos de pólen parassincolporados. O estudo realizado por Luz & Barth (1999) incluiu as espécies de *C. oblongifolia e C. vernalis* e as autoras encontraram as mesmas informações obtidas no presente trabalho, acerca do tipo de abertura desses grãos de pólen. Bellonzi et al. (2020) investigaram a morfologia polínica da espécie *C. vernalis* e encontraram grãos de pólen parassincolporados assim como descrito no presente estudo. Ficam evidentes algumas divergências quanto à definição correta do tipo apertural nas espécies do gênero, em algumas como em *C. oblongifolia*, dependendo da posição em que o grão de pólen seja visto, pode existir uma dúvida acerca do tipo de abertura, entretanto, observando atentamente fica claro que os grãos de pólen são sincolporados. Vale ressaltar que para *C. ludowigi,* não foram encontrados dados acerca da morfologia polínica na literatura consultada.

Quanto ao tamanho e forma, para *Cupania vernalis,* observamos grãos de pólen de tamanho médio com forma oblata. Luz & Barth (1999) encontraram grãos de pólen pequenos e forma oblata assim como o observado no presente estudo. Bellonzi et al. (2020) descreveram a mesma espécie apresentando grãos de pólen com variações de pequeno a médio e forma peroblata, divergindo um pouco do resultado do presente estudo em que a razão P/E é igual a 0,59 µm. Essas diferenças demonstram uma grande variação do grão de pólen dessa espécie e do gênero *Cupania*. Os dados do coeficiente de variabilidade para as medidas do diâmetro polar das espécies pertencentes a esse táxon revelam números elevados variando de 15,61µm a 25,86µm confirmando a grande variação relatada pela literatura consultada. Para *C. oblongifolia*, encontramos grãos de pólen com o âmbito triangular, arredondado nos vértices e com a forma peroblata. Luz & Barth (1999) também descreveram o âmbito como triangular e a forma como oblata diferente do observado no presente estudo em que encontramos forma peroblata sendo a razão P/E igual a 0,39µm.

As espécies do gênero *Matayba*, descritas no presente estudo, apresentam características palinológicas semelhantes tais como: âmbito triangular arredondado nos vértices, 3-parassincolporados com endoaberturas lalongadas e ectoaberturas estreitas e alongadas que se fundem nos polos formando um triângulo e ornamentação microrreticulada. Quanto ao tipo apertural parassincolporado, houve divergências entre alguns autores que consideraram como sincolporados. No entanto, no presente estudo,

para as espécies do gênero *Matayba*, foi evidente a fusão das aberturas e a formação do triângulo tanto nas lâminas acetolisadas, quanto nas lâminas preparadas segundo o método de Wodehouse (1935). Cancelli et al. (2012) descreveram os grãos de pólen do gênero como 3-sincolporados e ornamentação reticulada. Bellonzi et al. (2020), Cruz (1982) e Luz & Barth (1999) caracterizam os grãos de pólen de *Matayba* como parassincolporados, concordando com o proposto no presente estudo, e diferente do encontrado por Cancelli et al. (2012). A espécie *Matayba elaeagnoides* apresenta grãos de pólen com forma subprolata e *Matayba juglandifolia* apresenta forma oblata, semelhante ao descrito pelos autores Bellonzi et al. (2020), Cruz (1982) e Luz & Barth (1999). Bellonzi et al. (2020) destacaram que as diferentes morfologias encontradas para os grãos de pólen do gênero, ressaltam sua definição como euripolínico. O presente estudo confirma essas variações morfológicas, também demonstradas através dos dados do coeficiente de variabilidade tanto do diâmetro equatorial (10,77µm - 8,17µm) quanto polar (13,96µm - 15,28µm) em vista equatorial das espécies do gênero sendo elevados em ambas as medidas.

No presente estudo, encontramos para a espécie *Paullinia rubiginosa*, grãos de pólen triporados com âmbito triângular. Bellonzi et al. (2020), Cruz (1982) e Freitas et al. (2020) também encontraram esse tipo de abertura e âmbito para o gênero *Paullinia*. Quanto à ornamentação, encontramos microrretículos e perfurações na superfície da exina. Cruz (1982) investigou duas espécies do gênero e definiu a ornamentação como reticulada, variando do que encontramos no presente trabalho. Freitas et al. (2020) encontraram ornamentação microrreticulada assim como no presente estudo. Bellonzi et al. (2020) destacaram que tanto *Paullinia* quanto *Allophylus*, podem apresentar variações acerca da ornamentação da parede podendo ser vistos padrões reticulados, microrreticulados e perfurados.

7.6 CONCLUSÃO

No presente estudo, foi possível investigar a morfologia polínica de espécies de Sapindales ocorrentes em um fragmento urbano de Floresta Atlântica localizado no estado de Minas Gerais. A morfologia polínica da ordem Sapindales é bastante variada e pode ser descrita como grãos de pólen médios, com poucas exceções podendo ser pequenos, isopolares ou fracamente heteropolares, simetria radial, triaperturados, também

comportando algumas variações de quatro até seis aberturas. A família Anacardiaceae apresenta grãos de pólen médios, variando de reticulados a estriados, podendo apresentar os dois tipos de ornamentação no mesmo grão de pólen. Burseraceae inclui grãos de pólen variando de pequeno a médio e exina psilada. Meliaceae exibe grãos de pólen de tamanho médio e ornamentação psilada podendo ser psilada-perfurada, tendo variação dentro dos grupos estudados quanto à forma e tamanho dos colpos. Rutaceae apresenta grãos de pólen de tamanho médio a pequeno, com retículos heterobrocados. Os grãos de pólen das espécies de Sapindaceae são caracterizados por apresentar uma variação na polaridade, tamanho médio, apresentando variações quanto ao tipo de aberturas, podendo ser sincolporados, parassincolporados ou porados com ornamentação microreticulada e âmbito variando de subtriangular a triangular.

Os grãos de pólen da ordem Sapindales estudados no presente trabalho apresentam grande diversidade morfológica e características peculiares em cada grupo taxonômico aqui representado.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza e ao Departamento de Botânica da Universidade Federal de Juiz de Fora pelo apoio no desenvolvimento das atividades, ao Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal de Juiz de Fora pela utilização dos equipamentos e ao técnico Pedro Loureiro pelo auxílio no preparo e observação das amostras, ao professor Roberto Junio Pedroso Dias pela disponibilização do Laboratório Avançado de Zoologia para utilização do equipamento para realização das fotomicrografias, e aos alunos de doutorado: Zacarias Rosalina João da Silva e Pedro Mendes de Souza pelo auxílio no manuseio do equipamento, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pelos equipamentos adquiridos em projetos anteriores. A primeira autora agradece à Universidade Federal de Juiz de Fora pela concessão da Bolsa de Mestrado.

7.7 REFERÊNCIAS

AGUILAR-SIERRA CI & MELHEM TSA. 1998. Morfologia polínica da tribo Protieae (Burseraceae) na América do Sul. Braz J Bot 21: 35-63.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG). 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Bot J Linn Soc 181: 1-20.

BARTH OM. 1980. Pollen morphology of a Brazilian Rutaceae: Zanthoxylum (Fagara). Pollen et spores 22: 425-436.

BARTH OM. 1982. Variações polínicas em espécies brasileiras da família Rutaceae. Boletim IG 13: 129-134.

BARTH OM, JUSTO RL, & BARROS MAD. 1998. Catálogo sistemático do pólen das plantas arbóreas do Brasil meridional. XXX: Meliaceae. Rev. Bras. Biol 58: 497-509.

BELLONZI TK, DUTRA FV, SOUZA CND, REZENDE AA & GASPARINO EC. 2020. Pollen types of Sapindaceae from Brazilian forest fragments: apertural variation. Acta Bot Bras 34: 327-341.

CANCELLI RR, SOUZA PAD & NEVES PCPD. 2012. Grãos de pólen de angiospermas do Holoceno (7908±30 anos AP-atual) da Planície Costeira sul catarinense, Brasil. Acta Bot Bras 26: 866-885.

CARREIRA LMM & SECCO RDS. 1984. Morfologia polínica de plantas cultivadas no Parque do Museu Goeldi-III. Meliaceae. Bol MPEG Botânica 1: 5-22.

CHASE MW, MORTON CM, & KALLUNKI JA. 1999. Phylogenetic relationships of Rutaceae: a cladistic analysis of the subfamilies using evidence from RBC and ATP sequence variation. Am J Bot 86: 1191-1199.

CRUZ MAV. 1982. Contribuição ao estudo palinológico das Sapindaceae. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

DUTRA FV & GASPARINO EC. 2017. Pollen morphology of Rutaceae from Brazilian forest fragments. Palynology 42: 43–54.

DRUMMOND GM, MARTINS CS, MACHADO ABM, SEBAIO FA & ANTONINI Y (orgs.) .2005. Biodiversidade em Minas Gerais, um atlas para sua conservação. 2ª ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 222 p.

DRUMMOND GM, MARTINS CS, GRECO, MB & VIEIRA F. 2009. Biota Minas: Diagnostico do conhecimento sobre a biodiversidade no Estado de Minas Gerais-subsídio ao Programa Biota Minas. 624 p.

ERDTMAN G. 1960. The acetolysis method. A revised description. Sven Bot Tidskr, 39: 561-564.

FERRUCCI MS. 1998. Sapindaceae. *In* Flora Fanerogámica Argentina (A.T. Hunziker, ed.), Proflora (conicet) 52: 1-44.

FIASCHI P & PIRANI JR. 2009. Review of plant biogeographic studies in Brazil. J Syst Evol 47: 477-496

FLORA DO BRASIL. 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. http://floradobrasil.jbrj.gov.br/. [acesso em julho 2022]

FONSECA CR & CARVALHO FA. 2012. Aspectos florísticos e fitossociológicos da comunidade arbórea de um fragmento urbano de floresta atlântica (Juiz de Fora, MG, Brasil). Biosc J 28: 820-832.

FREITAS A & CARVALHO MA. 2012. Análise morfológica e inferências ecológicas de grãos de pólen e esporos (últimos~ 8.000 Anos) da Lagoa da Ferradura, Armação dos Búzios, RJ, Brasil. Rev Bra paleo 15: 300-318.

FREITAS A, GONCALVES-ESTEVES V, MENDONÇA CBF, FERNANDEZ S & CARRION J. 2020. First Quaternary Brazilian cave pollen record: morphological descriptions, taxonomic and ecological data. Rev Bra Paleo 23: 32-47.

GONÇALVES-ESTEVES V ET AL. 2021. Pollen morphology and evolutionary history of Sapindales. Braz J Bot 45: 341-366.

GONÇALVES-ESTEVES V & FERREIRA BC. 1994. Estudo polínico em plantas de restinga do Estado do Rio de Janeiro. Anacardiaceae Lindl, e Capparaceae A. Juss. Bol Mus Nac 90: 1-13

GRANT M, BLACKMORE S & MORTON C. 2000. Pollen morphology of the subfamily Aurantioideae (Rutaceae). Grana 39: 8-20.

HAMMER Ø, HARPER DA & RYAN PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia electronica 4: 9.

HARLEY MM, SONG U & BANKS HI. 2007. Pollen morphology and systematics of Burseraceae. Grana 44: 282-299.

LUZ CFP & BARTH OM. 1999. Catálogo Sistemático do pólen das plantas arbóreas do Brasil meridional XXXIII: Sapindaceae. Leandra 14: 25-36.

MAGALLON S, CRANE PR & HERENDEEN PS. 1999. Phylogenetic pattern, diversity, and diversification of eudicots. Ann Mo Bot Gard 86: 297-372.

MITRA K, MONDAL M & SAHA S. 1977. The pollen morphology of Burseraceae. Grana 16: 75-79.

MORTON CM & KALLUNKI JA. 1993. Pollen morphology of the subtribe Cuspariinae (Rutaceae). Brittonia, 45: 286-314.

MORTON CM & TELMER C. 2014. New subfamily classification for the Rutaceae. Ann Mo Bot Gard 99: 620-641.

MUELLNER-RIEHL NA ET AL. 2016. Molecular phylogenetics and molecular clock dating of Sapindales based on plastid rbcL, atpB and trnL-trnF DNA sequences. Taxon, 65: 1019-1036.

MYERS N, MITTERMEIER RA, MITTERMEIER CG, DA FONSECA GA & Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853- 858.

PEREIRA AS, FÉLIX-DA-SILVA MM, OLIVEIRA BARBOSA, CV & SMITH CB. 2014. Estudo polínico de *Anacardium* L. (Anacardiaceae) no Estado do Pará (Amazônia Oriental), Brasil. Biota Amazônia 4: 57-61.

PIRANI JR & SILVA-LUZ CL. 2018. Check-list de Picramniales e Sapindales (exceto Sapindaceae) do estado de Mato Grosso do Sul. Iheringia, Ser Bot 73: 301-307.

ROUBIK DW & MORENO PJE. 1991. Pollen and spores of Barro Colorado Island [Panama]. Monographs in Systematic Botany from the Mo Bot Gard, 36.

SALGADO-LABOURIAU ML. 1973. Contribuição à palinologia dos cerrados. Rio de Janeiro: Acad Bras Cienc, 293 p.

SANTIAGO DS, FONSECA CR & CARVALHO FA. 2014. Fitossociologia da regeneração natural de um fragmento urbano de Floresta Estacional Semidecidual (Juiz de Fora, MG). Rev Bras Ciênc Agrár 9: 117-123.

SILVA CN, SALIMENA FRG, CARVALHO FA, NETO LM, RIBEIRO JHC, FONSECA CR, MOREIRA B, VALENTE ASM & PIFANO DS. 2020. Flora fanerogâmica do Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. Rodriguésia 71: 1-11.

STEHMANN JR, FORZZA RC, SOBRAL M & KAMINO LHY. 2009. Gimnospermas e angiospermas. In Plantas da Floresta Atlântica (J.R. Stehmann, R.C. Forzza, M. Sobral & L.H.Y. Kamino, eds.). Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 27-37 p.

THIERS B. 2022. [continuamente atualizado]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. http://sweetgum.nybg.org/ih/. [acesso em julho 2022]

WODEHOUSE RP. 1935. Pollen grains. Their structure, identification and significance in Science and Medicine. New York: McGraw-Hill Book Company, 574 p.

8. CONCLUSÃO GERAL

A investigação da morfologia polínica de espécies de Sapindales ocorrentes em um fragmento urbano de Floresta Atlântica localizado no estado de Minas Gerais permitiu verificar a variabilidade morfológica que existe nos grãos de pólen dessas espécies, observando-se tamanho médio, raramente, pequeno, isopolaridade ou heteropolaridade discreta em algumas espécies, simetria radial, dominância do número de três aberturas, podendo chegar a quatro ou seis aberturas.

Através da caracterização detalhada da morfologia dos grãos de pólen e dos orbículos de *Cedrela fissilis* Vell. e *C. odorata* L., foi possível observar que os grãos de pólen das duas espécies possuem tamanho médio (entre 25 e 50μm) e simetria radial; são isopolares, de âmbito subcircular a subquadrangular, prolato-esferoidais, 4, 5-colporados e apresentam ornamentação psilada; os orbículos também apresentam superfície lisa e medem cerca de 7 a 10μm. As variações de tamanho encontradas nos grãos de pólen dessas duas espécies, e, também, nos orbículos, bem como no número de aberturas permitiram contribuir na ampliação das informações para a distinção das mesmas. As demais espécies de Meliaceae apresentam grãos de pólen de tamanho médio, âmbito subcircular, no caso de *Guarea* apresentam distinções quanto à forma e ornamentação, sendo os grãos de pólen de *G. macrophylla* oblato-esferoidais e psilado-perfurados e os de *G. guidonia* prolato-esferoidais, psilados. *Cabralea canjerana* apresentou grãos de pólen 4-colporados e ornamentação psilada.

A família Anacardiaceae apresentou grãos de pólen médios, variando de reticulados a estriados, podendo apresentar os dois tipos de ornamentação no mesmo grão de pólen. As espécies incluídas nesse táxon, mesmo quando pertencentes ao mesmo gênero e apresentando características morfológicas em comum, exibiram distinções quanto ao tamanho, sendo os grãos de pólen da espécie *Anacardium humile* menores em relação aos de *A. occidentale*. A espécie *Tapirira guianensis* apresentou grãos de pólen com variação de tamanho de pequeno a médio e com ornamentação estriada bastante característica com estrias justapostas.

Apenas uma espécie de Burseraceae ocorreu na área de estudo, *Protium heptaphyllum*, que exibiu grãos de pólen variando de pequenos a médios e exina psilada.

Rutaceae apresentou grãos de pólen de tamanho médio a pequeno, 3-colporados, com grânulos na membrana dos colpos e ornamentação composta por retículos heterobrocados. A espécie *Dictyoloma vandellianum* apresentou grãos de pólen médios e endoabertura circular. *Zanthoxylum rhoifolium* exibiu grãos de pólen pequenos e endoabertura lalongada.

Os grãos de pólen das espécies de Sapindaceae se caracterizaram por tamanho médio a pequeno, fraca heteropolaridade, e variações quanto ao tipo de aberturas, podendo ser sincolporados, em *Cupania oblongifolia*, parassincolporados nas demais espécies do gênero *Cupania* e nas espécies de *Matayba.* Grãos de pólen com âmbito variando de subtriangular a triangular, porados, com ornamentação microreticulada foram observadas para as espécies dos gêneros *Allophylus* e *Paullinia*.

Esse estudo contribuiu com informações para a elaboração do Catálogo Polínico do Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora.