



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB
Departamento de Educação – *Campus VIII* – Paulo Afonso
Departamento de Educação – *Campus VII* – Senhor do Bonfim
Departamento de Ciências Exatas e da Terra – *Campus II* – Alagoinhas



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE VEGETAL-PPGBVeg

ALANO CÉSAR ROCHA DE ASSIS

**PALINOTAXONOMIA DE ESPÉCIES DE ANACARDIACEAE
OCORRENTES NO ESTADO DA BAHIA, BRASIL**

**SENHOR DO BONFIM – BAHIA
2018**

ALANO CÉSAR ROCHA DE ASSIS

**PALINOTAXONOMIA DE ESPÉCIES DE ANACARDIACEAE
OCORRENTES NO ESTADO DA BAHIA, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal da Universidade do Estado da Bahia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de *Mestre em Biodiversidade Vegetal*.

Orientadora: Prof. Dra. Marileide Dias Saba

**SENHOR DO BONFIM – BAHIA
2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

Assis, Alano César Rocha de

Palinotaxonomia de espécies brasileiras de Anacardiaceae, com ênfase nas ocorrentes no estado da Bahia./ Alano César Rocha de Assis – Senhor do Bonfim, 2018.

Orientador: Prof. Dr^a. Marileide Dias Saba

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Educação. Campus VII.

1. Palinologia. 2. Palinotaxonomia. 3. Anacardiaceae. I. Saba, Marileide Dias. II. Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Educação. III. Título

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Paulino Pereira Oliveira
(Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS)



Prof. Dr. Eduardo Custódio Gasparino
(Universidade Estadual Paulista - UNESP)



Profa. Dra. Marileide Dias Saba
(Universidade do Estado da Bahia - UNEB)
Orientadora e Presidente da Banca

*Aos meus pais e irmão pelo amor incondicional
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo que é e pelo que faz na sua sabedoria infinita e na sua misericórdia sem medida. *“Por Amor, se entregou, por amor, entrego-me a Ti!”*.

À Universidade do Estado da Bahia, especialmente ao Departamento de Educação/ *Campus* VII e ao Laboratório de Estudos Palinológicos (LAEP) por todo espaço, auxílio financeiro e humano para que a pesquisa ocorresse.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal, por todo subsídio material e intelectual para que chegássemos a escrever esses resultados aqui plotados.

À minha orientadora Marileide Dias Saba, que me acolheu em todo esse tempo apesar das minhas limitações. Pela compreensão, orientação, preocupação e profissionalismo, o meu muito obrigado.

Aos meus colegas de pesquisa em Palinologia que viveram comigo em todo o meu tempo de UNEB, hoje representados por: Hélio, Evelin, Neuber, Ilana, Leisiane, Crislaine, Lidian, Neide. À Débora pela cumplicidade e amizade.

À turma 2016.1 do PPGBVeg, cada um com uma razão especial para ficar salvo na memória da minha vida. De maneira particular, agradeço a Dioneis, Laise e Neide, que compõem comigo os 36%, não tem palavras que expressem o carinho e a gratidão por todos os momentos compartilhados.

A todos os professores que passaram pela minha vida, que de todas as formas me ensinaram a ser profissional e a ser gente. De maneira particular aos professores do PPGBVeg, de quem faço destaque: Maria José Gomes (Lia), Franciane Braga, Francisco Hilder e Juliana Bandeira. Ao Professor Marcos Fábio, as minhas orações e a minha eterna gratidão. À Thalles, professor e amigo, pelo auxílio concedido quando solicitado e não solicitado.

Aos curadores dos herbários onde o material pode ser coletado para que a pesquisa pudesse ser realizada da maneira que foi. Obrigado pela confiança.

Ao Centro de Microscopia Eletrônica (CME) da Universidade Estadual de Santa Cruz e a toda a equipe que me acolheu para a realização das eletromicrografias.

Aos meus pais, Augusto e Betânia, pela inspiração e incentivo nos momentos difíceis e especialmente pelo amor imensurável ao dar a vida a cada dia por mim.

Ao meu irmão que sabe ser amigo e companheiro fiel. Meu confidente, coautor, amado e amor. Obrigado por todo incentivo e orações.

À minha esposa Natali que me conhece e conhece o meu coração e por isso esteve a todo tempo me compreendendo e dando força. Obrigado pelo teu amor.

Sou grato a toda a minha família que chora e ri comigo, pessoas em quem posso confiar e encontrar um abraço. Obrigado a todos. Essa conquista é nossa.

Aos meus irmãos da Missão Galileia, que compreenderam e oraram por mim durante todo esse processo. Reafirmo o meu sim em gratidão ao que Deus fez e faz em nós. Que tudo seja para honra e glória do Senhor.

À Michele e Ermita que vivendo comigo, presenciaram literalmente tudo aquilo que passei: noites perdidas, ansiedade, angústia, alegrias e vitórias. Obrigado pelo carinho e cuidado.

Ao Educandário Nossa Senhora do Santíssimo Sacramento: as irmãs pela oração e acolhimento; à coordenação pelo apoio e carinho; aos professores pela amizade. Sou feliz por fazer parte desta família. Agradeço aos alunos: Ana Beatriz, Larissa, José, Tamires e Wanessa pela preocupação e carinho.

A todos que de alguma maneira empenharam tempo, esforços e orações para que tudo desse certo. Louvo a Deus pela vida de cada um. Muito obrigado!

"A fé e a razão caminham juntas, mas a fé vai mais longe"

Santo Agostinho

RESUMO

A família Anacardiaceae, pertencente à ordem Sapindales, abrange aproximadamente 81 gêneros e ca. 800 espécies. Atualmente, como circunscrita, está representada por duas subfamílias (Anacardioideae e Spondioideae) e cinco tribos sustentadas por caracteres moleculares, anatômicos, bioquímicos e morfológicos. Visando ampliar os dados palinológicos da família e subsidiar estudos taxonômicos do grupo, foi realizada a caracterização morfopolínica de 23 espécies de Anacardiaceae ocorrentes no estado da Bahia, Brasil, incluídas em 12 gêneros: *Anacardium* L. (3 spp.); *Apterokarpos Rizzini* (1 sp.); *Astronium* Jacq. (3 spp.); *Cyrtocarpa* Kunth (1 sp.); *Lithraea* Miers ex Hook. & Arn. (1 sp.); *Mangifera* L. (1 sp.); *Myracrodruon* Allem. (1 sp.); *Schinopsis* Engl. (1 sp.); *Schinus* L. (1 sp.); *Spondias* L. (5 spp.); *Tapirira* Aubl. (3 spp.); *Thyrsodium* Salzm. ex Benth. (2 spp.). O material polinífero foi obtido de exsicatas e/ou duplicatas provenientes de herbários da Bahia. Os grãos de pólen foram acetolisados, montados entre lâminas e lamínulas, analisados sob microscopia de luz (ML), mensurados, fotomicrografados e descritos. Os parâmetros morfométricos foram tratados estatisticamente; foi realizada a análise dos componentes principais (PCA) das principais variáveis métricas. Para análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV), após acetolisados, os grãos de pólen foram desidratados em série hidroetanólica ascendente, metalizados, analisados e eletromicrografados. Os resultados obtidos revelaram que as espécies estudadas se caracterizaram pelos grãos de pólen de tamanho pequeno (*Astronium fraxinifolium*) a médio, isopolares, oblatos-esferoidais a prolatos (subprolotos na maioria), 3-colporados. Ectoaberturas longas com extremidades afiladas, endoaberturas lolongadas (*Anacardium* sp.) ou lalongadas, com extremidades afiladas ou arredondadas (em sua maioria), margens superior e inferior paralelas ou côncavas. Presença de fastígio (*Lithraea molleoides*, *Mangifera indica*, *Schinopsis brasiliensis*, *Spondias* spp., *Tapirira marchantii*, *Thyrsodium* spp.) e ponte (*Spondias* spp.), puderam ser registradas. A ornamentação da exina variou de psilada (*Thyrsodium spruceannum*), finamente microrreticulada, estriada, estriada-microrreticulada, estriada-reticulada, estriada-rugulada-microrreticulada (*Apterokarpos gardneri*). Os gêneros *Anacardium* e *Spondias* se separam dos demais por apresentarem as maiores medidas dos grãos de pólen e *Cyrtocarpa* e *Schinopsis* separam-se por possuírem as menores medidas. Este estudo trouxe dados inéditos para 11 espécies, as quais não foram encontrados registros de descrições palinológicas, além destas, em mais seis espécies não há registros de trabalhos sob MEV. A diversidade morfopolínica confirma o caráter euripolínico da família. As características aperturais e da exina são atributos que podem colaborar com a circunscrição taxonômica e entendimento das relações filogenéticas do grupo.

Palavras-chave: Anacardioideae, Grãos de pólen, Morfologia polínica, Spondioideae.

ABSTRACT

The Anacardiaceae family, belonging to the order Sapindales, comprises approximately 81 genus and around 800 species. Currently, as circumscribed, it is represented by two subfamilies (Anacardioideae and Spondioideae) and five tribes supported by molecular, anatomical, biochemical and morphological characters. Aiming to expand the palynological data of the family and subsidize taxonomic studies of the group, the pollen morphology of 23 species of Anacardiaceae occurring in the state of Bahia, Brazil was analysed, being included in 12 genus: *Anacardium* L. (3 spp.); *Apterokarpos* Rizzini (1 sp.); *Astronium* Jacq. (3 spp.); *Cyrtocarpa* Kunth (1 sp.); *Lithraea* Miers ex Hook. & Arn. (1 sp.); *Mangifera* L. (1 sp.); *Myracrodruon* Allen (1 sp.); *Schinopsis* Engl. (1 sp.); *Schinus* L. (1 sp.); *Spondias* L. (5 spp.); *Tapirira* Aubl. (3 spp.); *Thyrsodium* Salzm. ex Benth. (2 spp.). The pollen material was obtained from herbarium specimens. Pollen grains were acetolyzed, mounted on slides, examined under light microscopy (LM), measured, photographs and described. The morphometric parameters were statistically treated. For analysis by scanning electron microscopy (SEM), after acetolyzed, pollen grains were dehydrated in an ascending hydroethanolic series, metallized, analyzed and photographs. The results obtained showed that the species studied were characterized by pollen grains of small (*Astronium fraxinifolium*) to medium size, isopolar, prolate-spheroidal to oblates (mostly subprolates), 3-colporates. Long ectoapertures with sharp ends, lolongate (*Anacardium* spp.) or lalongate endoapertures, with concave or rounded ends (mostly), parallel or concave upper and lower margins. Presence of fastigium (*Lithraea Molleoides*, *Mangifera indica*, *Schinopsis brasiliensis*, *Spondias* spp., *Tapirira marchantii*, *Thyrsodium* spp.) and bridge (*Spondias* spp.). The ornamentation of the exine varied between psilate (*Thyrsodium spruceannum*), finely-microreticulate, striate, striate-microreticulate, striate-reticulate and striate-rugulate-microreticulate (*Apterokarpos gardneri*). The genus *Anacardium* and *Spondias* are separated from the others for presenting the highest measures of pollen grains and *Cyrtocarpa* and *Schinopsis* the smallest. This research studies has brought unpublished data for 11 species, which have not found records of palynological descriptions, in addition to these, in over six species there are no records of study under SEM. The diversity of pollen morphology confirms the euripolynic character of the family. The apertural and exine characters are attributes that can collaborate with the taxonomic circumscription and understanding the phylogenetic relationships of the group.

Keywords: Anacardioideae, Pollen grains, Pollen morphology, Spondioideae.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 Fotomicrografias de grãos de pólen de espécies de Anacardiaceae: *Anacardium humile* Engl.: **a** corte óptico em vista polar, *A. occidentale* L.: **b** corte óptico em vista polar, **c** detalhe da abertura, **d** análise de L.O. *Anacardium* sp.: **e** corte óptico e detalhe da abertura, **f** análise de L.O. *Mangifera indica* L.: **g** corte óptico, **h** superfície e detalhe da abertura, **i** análise de L.O. 44

Figura 2 Fotomicrografias de grãos de pólen de espécies de Rhoeae: *Apterokarpos gardneri* (Engl.) Rizzini: **a** corte óptico, **b** superfície e detalhe da abertura. *Astronium concinnum* Schott: **c** corte óptico, **d** superfície e detalhe da abertura, **e** análise de L.O. *A. fraxinifolium* Schott: **f** corte óptico, **g** superfície e detalhe da abertura, **h** análise de L.O. *A. graveolens* Jacq.: **i** corte óptico, **j** análise de L.O. *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.: **k** detalhe do fastígio (seta), **l** análise de L.O. 45

Figura 3 Fotomicrografias de grãos de pólen de espécies de Rhoeae: *Myracrodruon urudeuwa* Allem.: **a** corte óptico, **b** superfície e detalhe da abertura. *Schinopsis brasiliensis* Engl.: **c** análise de L.O. *Thyrsodium schomburgkianum* Benth.: **d** detalhe das aberturas. *T. spruceannum* Benth.: **e** corte óptico, **f** detalhe da abertura. 46

Figura 4 Fotomicrografias de grãos de pólen de espécies de Spondieae: *Cyrtocarpa caatingae* J. D. Mitch. & Daly: **a** corte óptico. *Spondias caatingae* P. C. L. Carvalho & Van den Berg: **b** corte óptico e detalhe do fastígio (seta), **c** detalhe da abertura, **d** análise de L.O. *S. purpurea* L.: **e** corte óptico e detalhe do fastígio (seta), **f** superfície e detalhe da abertura, *S. tuberosa* Arruda: **g** detalhe da abertura, corte óptico, **h** detalhe da abertura e ponte (seta). *S. venulosa* Mart. ex. Engl.: **i** detalhe da abertura, corte óptico, **j** detalhe da abertura e ponte (seta). *Tapirira marchantii* Engl.: **k** corte óptico. *T. obtusa* (Benth.) J. D. Mitch.: **l** superfície e detalhe da abertura. 47

Figura 5 Eletromicrografias de grãos de pólen de espécies de Anacardiaceae (Anacardiaceae e Rhoeae): *Anacardium humile*: **a** superfície. *A. occidentale*: **b** vista equatorial. *Mangifera indica*: **c** superfície. *Apterokarpos gardneri*: **d** superfície e abertura, **e** superfície, vista equatorial. *Astronium*

conccinum: **f** superfície, vista polar, **g** detalhe da abertura e membrana apertural. *A. fraxinifolium*: **h** superfície, **i** membrana apertural. *Lithraea molleoides*: **j** detalhe da abertura e membrana apertural. *Myracrodruon urudeuva*: **k** detalhe da abertura, **l** vista polar. 48

Figura 6 Eletromicrografias de grãos de pólen de espécies de Anacardiaceae (tribo Rhoeeae e Spondieae): *Schinopsis brasiliensis*: **a** vista equatorial. *Schinus terebinthifolius*: **b** vista equatorial. *Thyrsodium spruceannum*: **c** vista polar. *Cyrtocarpa caatingae*: **d** detalhes da superfície. *Spondias caatingae*: **e** superfície e abertura. *S. mombim*: **f** vista equatorial, detalhe da abertura. *S. tuberosa*: **g** vista equatorial. *S. venulosa*: **h** superfície, **i** superfície, vista equatorial. *Tapirira guaianensis*: **j** vista equatorial. *T. marchantii*: **k** vista equatorial, detalhe da abertura. *T. obtusa*: **l** vista equatorial, mesocólporo. 49

Figura 7 Representação gráfica do erro padrão da média do Diâmetro Polar (DP) dos grãos de pólen de espécies de Anacardiaceae estudadas: AnH = *Anacardium humile*; AnO = *A. occidentale*; Ansp = *Anacardium* sp.; ApG = *Apterokarpos gardneri*; AsC = *Astronium conccinum*; AsF = *A. fraxinifolium*; AsG = *A. graveolens*; CyC = *Cyrtocarpa caatingae*; LiM = *Lithraea molleoides*; MaI = *Mangifera indica*; MyU = *Myracrodruon urudeuva*; ScB = *Schinopsis brasiliensis*; ScT = *Schinus terebinthifolius*; SpC = *Spondias caatingae*; SpM = *S. mombim*; SpP = *S. purpurea*; SpT = *S. tuberosa*; SpV = *S. venulosa*; TaG = *Tapirira guianensis*; TaM = *T. marchantii*; TaO = *T. obtusa*; Tsch = *Thyrsodium schomburgkianum*; Tspr = *Thyrsodium spruceannum*. Os limites superiores e inferiores representam o erro padrão, os círculos medianos representam a média aritmética. Os valores são dados em μm . 50

Figura 8 Representação gráfica do erro padrão da média do Diâmetro Equatorial (DE) dos grãos de pólen de espécies de Anacardiaceae estudadas: AnH = *Anacardium humile*; AnO = *A. occidentale*; Ansp = *Anacardium* sp.; ApG = *Apterokarpos gardneri*; AsC = *Astronium conccinum*; AsF = *A. fraxinifolium*; AsG = *A. graveolens*; CyC = *Cyrtocarpa caatingae*; LiM = *Lithraea molleoides*; MaI = *Mangifera indica*; MyU = *Myracrodruon urudeuva*; ScB = *Schinopsis brasiliensis*; ScT = *Schinus terebinthifolius*; SpC = *Spondias caatingae*; SpM = *S. mombim*; SpP = *S. purpurea*; SpT = *S. tuberosa*; SpV = *S. venulosa*; TaG = *Tapirira guianensis*; TaM = *T. marchantii*; TaO = *T. obtusa*; Tsch = *Thyrsodium schomburgkianum*; Tspr = *Thyrsodium*

spruceannum. Os limites superiores e inferiores representam o erro padrão, os círculos medianos representam a média aritmética. Os valores são dados em μm . 51

Figura 9 Representação gráfica do erro padrão da média do Diâmetro Equatorial em vista polar (DEp) dos grãos de pólen de espécies de Anacardiaceae estudadas: AnH = *Anacardium humile*; AnO = *A. occidentale*; Ansp = *Anacardium* sp.; ApG = *Apterokarpos gardneri*; AsC = *Astronium conccinum*; AsF = *A. fraxinifolium*; AsG = *A. graveolens*; CyC = *Cyrtocarpa caatingae*; LiM = *Lithraea molleoides*; MaI = *Mangifera indica*; MyU = *Myracrodruon urudeuva*; ScB = *Schinopsis brasiliensis*; ScT = *Schinus terebinthifolius*; SpC = *Spondias caatingae*; SpM = *S. mombim*; SpP = *S. purpurea*; SpT = *S. tuberosa*; SpV = *S. venulosa*; TaG = *Tapirira guianensis*; TaM = *T. marchantii*; TaO = *T. obtusa*; Tsch = *Thyrsodium schomburgkianum*; Tspr = *Thyrsodium spruceannum*. Os limites superiores e inferiores representam o erro padrão, os círculos medianos representam a média aritmética. Os valores são dados em μm . 52

Figura 10 Ordenação, pela PCA, das espécies de Anacardiaceae estudadas: AnH = *Anacardium humile*; AnO = *A. occidentale*; Ansp = *Anacardium* sp.; ApG = *Apterokarpos gardneri*; AsC = *Astronium conccinum*; AsF = *A. fraxinifolium*; AsG = *A. graveolens*; CyC = *Cyrtocarpa caatingae*; LiM = *Lithraea molleoides*; MaI = *Mangifera indica*; MyU = *Myracrodruon urudeuva*; ScB = *Schinopsis brasiliensis*; ScT = *Schinus terebinthifolius*; SpC = *Spondias caatingae*; SpM = *S. mombim*; SpP = *S. purpurea*; SpT = *S. tuberosa*; SpV = *S. venulosa*; TaG = *Tapirira guianensis*; TaM = *T. marchantii*; TaO = *T. obtusa*; Tsch = *Thyrsodium schomburgkianum*; Tspr = *Thyrsodium spruceannum* em função das variáveis métricas dos grãos de pólen. 53

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 Variáveis métricas dos grãos de pólen utilizadas no estudo das espécies de Anacardiaceae analisadas. 31

Tabela 2 Caracteres morfométricos dos grãos de pólen isopolares de espécies estudadas de Anacardiaceae ocorrentes no estado da Bahia. DP = diâmetro polar; DE = diâmetro equatorial; DEp = diâmetro equatorial em vista polar; \bar{x} = média aritmética; S \bar{x} = desvio padrão da média; FV = faixa de variação; IAP = índice de área polar; Ecto = comprimento x largura da ectoabertura; Endo = comprimento x altura da endoabertura; Sex = Sexina; Nex = Nexina; medidas em μm e índices em números absolutos. *=tamanho amostral menor que 25. 32

Tabela 3 Caracteres morfológicos dos grãos de pólen de espécies de Anacardiaceae ocorrentes na Bahia, Brasil. P = Pequeno, M = Médio, OE = oblata-esferoidal, E = esférica, PE = prolata-esferoidal, SP = subprolata, P = prolata, C = Circular, SC = Subcircular, ST = Subtriangular, N = Nexina, S = Sexina, LA = Lalongada, LO = Lolongada, (+) = presença, (-) = ausência. 33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	16
Referências	21
2 CAPÍTULO 1	
Palinotaxonomia de espécies de Anacardiaceae ocorrentes no estado da Bahia,	
Brasil	27
Resumo	27
Abstract	27
Introdução	28
Materiais e Métodos	30
Resultados	32
Discussão	56
Conclusão	61
Apêndice	62
Referências	64
3 CONCLUSÃO GERAL	68
4 ANEXO: Instruções aos autores para o periódico <i>Plant Systematics and Evolution</i>	70

1 INTRODUÇÃO GERAL

A família Anacardiaceae foi proposta pela primeira vez por Lindley em 1930 e foi definida inicialmente, por dados morfológicos, como pertencente à ordem Burserales. No entanto, Chase et al. (1993) ao realizarem estudos moleculares ratificaram a inserção da família no grupo das Sapindales, sendo confirmada consecutivamente em outros estudos morfológicos e moleculares (APG IV, 2016). Não obstante, a relação filogenética entre Anacardiaceae e Burseraceae sempre foi evidenciada, definidas em estudos moleculares como grupos-irmãos, separadas pela filotaxia: oposta em Burseraceae e alterna em Anacardiaceae (GADEK et al. 1996; APG II, 2003; PELL, 2004; BELL et al., 2010).

A ordem Sapindales se originou há cerca de 84 a 65 milhões de anos (MAGALLÓN; SANDERSON, 2001). Provavelmente a família Anacardiaceae tenha surgido na Gondwana e devido ao crescimento lenhoso é encontrada uma grande quantidade de registros fósseis amplamente distribuídos nos continentes, além disso, desde o Paleoceno são registrados grãos de pólen e madeira de espécies da família (MULLER, 1984).

Uma série de classificações infrafamiliares foram propostas para Anacardiaceae, sendo perpetuada por mais de um século a classificação em cinco tribos (Anacardieae, Rhoae, Dobineae, Semecarpeae e Spondiadeae), baseada em caracteres florais proposta por Engler (1883; 1892; 1897). Takhtajan (1987) organizou a família em cinco subfamílias, mas essa divisão não foi bem aceita. Wannan e Quinn (1990; 1991) estudaram a morfologia do pericarpo de representantes das cinco tribos definidas por Engler e propuseram então dois grupos: o grupo A formado por Anacardieae (sem *Buchanania* Spreng.), Rhoae (sem *Pentaspadon* Hook.f. e *Camptosperma* Thwaites), Dobineae e Semecarpeae; e o grupo B formado por Spondiadeae e os gêneros *Buchanania*, *Pentaspadon* e *Camptosperma*.

Atualmente, com base em dados moleculares, Peel (2004) reconheceu duas subfamílias para Anacardiaceae: Anacardioideae Takht., fortemente sustentada, reunindo as tribos Anacardieae, Dobineae, Rhoae e Semecarpeae, propostas por Engler; e Spondioideae Takht., fracamente sustentada, que inclui os representantes de Spondiadeae. Os gêneros *Buchanania*, *Camptosperma* e *Pentaspadon* permanecem com posição indefinida em relação às subfamílias de Anacardiaceae. Anacardioideae é a maior subfamília, caracterizada por espécies com flores com 1-3 carpelos fundidos, ovários predominantemente uniloculados, 1-3 estiletos livres ou fundidos e endocarpo

geralmente do “tipo-*Anacardium*” (organizado em camadas discretas e com esclereídes organizados em paliçada). Spondioideae é caracterizada por flores com 4-5 carpelos, ovário 3-5 locular, 3-5 estiletos, separados e comumente persistentes no fruto, e endocarpo geralmente do “tipo-*Spondias*” (uma massa de esclerênquima orientada irregularmente, por vezes imersa em uma matriz fibrosa) (WANNAN E QUINN, 1991; MITCHELL et al., 2006).

Anacardiaceae trata-se de um grupo de plantas lenhosas resiníferas, com odor e sabor característicos nas partes jovens e inclui árvores, arbustos ou lianas (SOUZA; LORENZI, 2005; JUDD et al., 2009). Como caracteres distintivos, destacam-se a presença de folhas estipuladas, ovário súpero e um óvulo apotrópico por célula. Além disso, outras características importantes do grupo são: presença de disco nectarífero intraestaminal, flores diplostêmones ou isostêmones e frutos nunca deiscentes (PELL, 2009). De acordo com Judd et al. (2009), a diversidade morfológica dos seus frutos tem um grande valor taxonômico para o grupo.

De distribuição cosmopolita, as espécies de Anacardiaceae são encontradas em maior concentração nos trópicos da África, Ásia e América, com representantes em todos os continentes, exceto na Antártica, estendendo-se da região tropical à temperada, em ambientes de úmidos a secos. A família possui 81 gêneros e cerca de 800 espécies (PELL et al., 2011), com aproximadamente 77% das espécies endêmicas das Américas (TERRAZAS, 1999). No Brasil, a família está representada por 14 gêneros e 55 espécies, sendo 16 delas endêmicas (SILVA-LUZ; PIRANI, 2015).

A família é popularmente conhecida por sua importância para a economia mundial, nacional e regional graças à comercialização de frutos e pseudofrutos comestíveis: castanha e caju (*Anacardium occidentale* L.), umbu (*Spondias tuberosa* Arruda), cajás (*Spondias* spp.), siriguela (*Spondias purpurea* L.), pistache (*Pistacia vera* L.) e a manga (*Mangifera indica* L.), que, por exemplo, está entre as cinco culturas de frutas mais importantes do mundo (JANICK, 2005). Na comercialização de madeira, temos como representantes de Anacardiaceae: aroeira-do-sertão (*Myracrodrum urudeuva* Allemão), aroeira-branca (*Lithraea molleoides* Engl.), braúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.); e, dentre as espécies de valor ornamental, podemos citar: pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi) e aroeira-salsa (*Schinus molle* L.), entre outras (SOUZA; LORENZI, 2005).

As espécies de Anacardiaceae também são conhecidas pelo alto potencial bioquímico, com valor medicinal, tanto no tratamento e cura de doenças, como pelas reações causadas pelo contato das resinas produzidas com a pele e outros órgãos. Para o tratamento de doenças, podemos citar

Anacardium occidentale (caju) utilizada para cura de diarreias, *Mangifera indica* (manga) com propriedades adstringentes e *Schinus terebinthifolius* (aroeira), cuja casca é muito utilizada no tratamento de inflamações e feridas (PEREIRA et al., 2014), sendo em estudo recente, também identificada com propriedades bioquímicas no tratamento de doença de Parkinson (SERENIKI et al., 2016). Ainda, de acordo com Guissoni et al. (2013), *Anacardium occidentale* pode ser utilizada no controle biológico de larvas de *Aedes aegypti* devido ao seu potencial bioquímico.

Muitas espécies de Anacardiaceae são conhecidas por causar dermatites pela presença de oleorresinas, as quais podem ocasionar reações alérgicas ao entrar em contato com a pele, por exemplo, espécies de *Anacardium*, *Astronium*, *Lithraea*, *Loxopterygium*, *Mangifera*, *Myracrodruon*, *Schinopsis*, *Schinus*, *Semecarpus*, *Spondias*, entre outros táxons (MITCHELL, 1990; GARCIA et al., 2000; MOURA, 2014).

Como importantes contribuições à taxonomia, destacam-se os estudos de Tianlu e Barfod (2008) para espécies de Anacardiaceae da China, classificando os táxons estudados entre as cinco tribos; Linatoc (1999) sobre *Mangifera* L.; Carretero (2009) sobre *Schinus* L.; Mitchell e Daly (2015) sobre *Spondias* L. No Brasil, podemos destacar os trabalhos de Silva-Luz (2011) para Anacardiaceae no estado de São Paulo e Silva-Luz e Pirani (2015) para espécies ocorrentes na flora brasileira.

Alguns estudos sobre a biologia reprodutiva de espécies de Anacardiaceae podem ser citados: Jimenez-Vasquez et al. (2017), sobre as estruturas reprodutivas dos gêneros *Orthopterygium* e *Amphipterygium* no Peru; Gonzales (2013), para a espécie *Schinopsis balansae* encontrada no Chaco; Lenzi e Orth (2004) e Cesário e Gaglianone (2008), sobre *Schinus terebinthifolius* ocorrentes em restingas de Santa Catarina e restingas do Norte Fluminense, respectivamente; e Lenza e Oliveira (2005), para *Tapirira guinanensis* em matas de Minas Gerais.

Conforme dados da literatura, a morfologia polínica de Anacardiaceae exibe características diversificadas, especialmente em relação a tamanho, forma, aberturas e ornamentação da exina, o que caracteriza a família como euripolínica. A família é descrita exibindo grãos de pólen dispersos em mônades, pequenos a grandes, oblatos a prolatos, 2(3)-colporados, ectoaberturas longas, estreitas, endoaberturas circulares, lolongadas ou lalongadas, exina psilada, microrreticulada, reticulada, escabrada, rugulada, ou estriada, comumente a sexina apresenta-se mais espessa que a nexina (ERDTMAN, 1943; ERDTMAN, 1952; SALGADO-LABOURIAU, 1973; MIRANDA; ANDRADE, 1990; MARTINEZ-HERNANDEZ et al., 1993; GONÇALVES-ESTEVEZ;

FERREIRA, 1994; BARROS; BARTH; COSTA, 1999; TAKEDA et al., 2000; MELHEM et al., 2003; LEAL; LORSCHHEITTE, 2006; MACEDO; SOUZA; BAUERMANN, 2009; PERVEEN; QAISER (2010); GARCIA; RANGEL; FERNANDEZ, 2011; EVALDT; BAUERMANN; SOUZA, 2013; PEREIRA et al., 2014; SILVA; SANTOS; LIMA, 2016).

A grande maioria dos dados relacionados ao estudo da morfologia polínica de Anacardiaceae são encontrados em trabalhos de floras polínicas, juntamente com a descrição de espécies de outras famílias e sendo abordado um número reduzido de táxons.

Poucos são os estudos palinológicos específicos para a Família Anacardiaceae, sendo levantado a nível mundial apenas o trabalho de Perveen e Qaiser (2010) que trata de espécies da família, mais especificamente do gênero *Rhus* no Paquistão. Trabalhos específicos de Anacardiaceae para o Brasil também são escassos, destacando-se apenas a descrição de espécies de *Anacardium* no estado do Pará (PEREIRA et al., 2014). Descrições da morfologia polínica de espécies de Anacardiaceae na Bahia são encontradas somente em estudos realizados por Silva, Santos e Lima (2016). Conforme o levantamento da literatura especializada, para *Cyrtocarpa*, *Tapirira*, *Schinopsis* e *Thyrsodium* não foram encontrados dados sobre a morfologia dos seus grãos de pólen.

Espécies de *Anacardium* L. foram descritas palinologicamente sob ML por Salgado-Labouriau (1973); Miranda e Andrade (1990); Rodrigues e Sena (2011); Garcia, Rangel e Fernandez (2011); Matos et al. (2014); Silva et al. (2014) e sob ML e MEV por Pereira et al. (2014) e Silva, Santos e Lima (2016). Anzótegui (2002) descreve espécies de *Astronium* Jacq. e *Lithraea* Miers ex Hook. & Arn. sob ML e sob MEV. Algumas espécies do gênero *Spondias* L. tiveram a sua morfologia polínica descrita (*S. mombin*, *S. purpurea*, *S. tuberosa*) por Martinez-Hernandez et al. (1993); Garcia, Rangel e Fernandez (2011); Castellanos-Potenciano et al. (2012); Silva, Santos e Lima (2016).

Segundo Erdtman (1952), o conhecimento da palinologia de um determinado grupo botânico é de grande importância para subsidiar estudos palinotaxonômicos que esclareçam problemas filogenéticos, de biologia da reprodução, além de estudos de palinologia aplicada. Mitchell e Daly (2015), ao fazerem uma revisão taxonômica do gênero *Spondias*, enfatizaram a necessidade de mais estudos palinológicos para espécies de Anacardiaceae.

Dessa forma, tendo em vista a escassez de dados palinológicos para espécies de Anacardiaceae ocorrentes no Brasil, especialmente na região Nordeste e na Bahia, e levando em

conta a significativa representatividade do grupo no estado, este trabalho teve como objetivo descrever a morfologia polínica das espécies de Anacardiaceae ocorrentes no estado da Bahia, contribuindo com a delimitação taxonômica dos táxons nela incluídos.

REFERÊNCIAS

APG II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 141, n. 1, p. 399-436, 2003.

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

ANZÓTEGUI, L. M. **Flora del Nordeste Argentino**. v. 2, Corrientes: Eudene-Unne, p. 19-26, 2002.

BARROS, M. A.; BARTH, O.; COSTA, K. M. R. Catálogo sistemático de plantas arbóreas no Brasil Meridional. XXXII: Anacardiaceae. **Leandra**, v. 14, p. 17-24, 1999.

BELL, O.; SCHWAIGER, M.; OAKELEY, E. J.; LIENERT, F.; BEISEL, C.; STADLER, M. B.; SCHUBELER, D. Accessibility of the Drosophila genome discriminates PcG repression, H4k16 acetylation and replication timing. **Nat. Struct. Mol. Biol.**, v. 17, n. 7, p. 894-900, 2010.

CARRETERO, E.M. **Anacardiaceae Lindl.** In: Flora de Mendoza, Maltequina, v. 18, 2009.

CASTELLANOS-POTENCIANO, B. P.; RAMIREZ-ARRIAGA, E.; ZALDIVAR-CRUZ, J. M. Análisis del contenido polínico de mieles producidos por *Apis mellífera* L. (Hymenoptera: Apidae) em el estado de Tabasco, México. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 28, n. 1, p. 13-36, 2012.

CESÁRIO, L. F.; GAGLIANONE, M. C. Biologia floral e fenologia reprodutiva de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em Restinga do Norte Fluminense. **Acta bot. Bras.**, v. 22, n. 3, p. 828-833, 2008.

CHASE, M. W.; SOLTIS, D. E.; OLMSTEAD, R. G.; MORGAN, D., LES, D. H.; MISHLER, B. D.; DUVAL, M. R.; PRICE, R. A.; HILLS, H. G.; QIU, Y. L.; KRON, K. A.; RETTIG, J. H.; CONTI, E.; PALMER, J. D.; MANHART, J. R.; SYTSMA, K. J.; MICHAELS, H. J.; KRESS, W. J.; KAROL, K. G.; CLARK, W. D.; HEDREN, M.; GAUT, B. S.; JANSEN, R. K.; KIM, K. J.; WIMPEE, C. F.; SMITH, J. F., FURNIER, .G. R., STRAUSS, S H.; XIANG, Q. Y.; EGUIARTE, L. E E.; GOLENBERG, E.; LEARN, G. H.; GRAHAM, S. W.; BARRET, S. C. H.; DAYANANDAN, S.; ALBERT, V. A. Phylogenetic of seed plants: na analysis of nucleotide sequences from the plastid gene rbcL. **Annals of the Missouri Botanical Garden**. V. 80, p. 528-580, 1993.

ENGLER, A. **Anacardiaceae**. In: DE CANDOLLE, A.P.; DE CANDOLLE, A.C. (eds.), Monographie Phanerogamarum, v. 4, p 171–546. Masson, Paris: 1883.

ENGLER, A. **Anacardiaceae**. In: ENGLER, A.; PRATL, N. (eds.), Die natürlichen Pflanzenfamilien, v. 3, n. 5, p. 138–178. Engelmann, Leipzig: 1892.

ENGLER, A. Nachträge zum II–IV. In: A. Engler & K. Prantl (eds.), Die natürlichen Pflanzenfamilien: 214. Engelmann, Leipzig: 1897.

ERDTMAN, G. An introduction to Pollen Analysis. **Chronica Botanica Company**. Waltman, Mass., U.S.A., 1943.

ERDTMAN, G. **Pollen Morphology and Plant Taxonomy- Angiosperms**. Almqvist & Wiksell, Stockholm. 1952.

EVALDT, A.C.P.; BAUERMANN, S.G.; SOUZA, P.A. Descrições morfológicas de palinóforos holocênicos de um fragmento da Savana Estépica Parque em Barra do Quaraí, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 40, n. 3, p. 209-232, 2013.

GADEK, P.A.; FERNANDO, E.S.; QUINN, C.J.; HOTT, S.B.; TERRAZAS, T.; SHEAHAN, M.C.; CHASE, M.W. Sapindales: molecular delimitation and infraordinal groups. **Amer. J. Bot.**, v. 83, p. 802–811, 1996.

GARCIA, F.; MONEO, I.; FERNÁNDEZ, B.; GARCIA-MENAYA, J. M.; BLACO, J.; JUSTE, S.; GONZALO. Allergy to Anacardiaceae: description of cashew and pistachio nut allergens. **J. Investig. Allergol. Clin. Immunol.**, v. 10, n. 3, p. 173-177, 2000.

GARCÍA, Y.; RANGEL, J. O.; FERNÁNDEZ, D. Flora Palinológica de la vegetación acuática, de pantano y de la llanura aluvial de los humedales de los departamentos de Córdoba y Cesar (Caribe Colombiano). **Caldasia**, v. 33, n. 2, p. 573-618, 2011.

GONÇALVES-ESTEVEES, V; FERREIRA, C. B. Estudo polínico em plantas de restiga do Estado do Rio de Janeiro: Anacardiaceae Lindl. e Capparaceae Juss. **Boletim do Museu Nacional, Nota Suplementar de Botânica**, v. 90, p. 1-13, 1994a.

GONZALEZ, A. M. Morfología y anatomía floral de *Schinopsis balansae* (Anacardiaceae). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. **Tomo**, v. 45, n. 2, 2013.

GUISSONI, A. C. P.; SILVA, I. G.; GERIS, R.; CUNHA, L. C.; SILVA, H. H. G. Atividade larvicida de *Anacardium occidentale* como alternativa ao controle de *Aedes aegypti* e sua toxicidade em *Rattus norvegicus*. **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 15, n. 3, p. 363-367, Campinas: 2013.

JANICK, J. The origin of fruits, fruit growing, and fruit breeding. **Plant breeding Rev.**, v. 25, p. 255-320, 2005.

JIMENEZ-VASQUEZ, V.; LÉON, B.; RAMIREZ, R.; FIGUEIROA, X. C. Análisis morfológico comparativo de las estructuras reproductivas masculinas de los géneros *Orthopterygium* y *Amphipterygium* (Anacardiaceae). **Revista peruana de biología**, v. 24, n. 2, p.199-204, 2017.

JUDD, W. S., CAMPBELL, C. S., KELLOGG, A. E., STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática Vegetal: um enfoque filogenético**. 3ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

- LEAL, M. G.; LORSCHHEITTE, M. L. Pólen, esporos e demais palinórfos de sedimentos holocênicos de uma floresta paludosa, Encosta Inferior do Nordeste, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia Sr. Bot.**, v. 61, n. 1-2, p. 13-47, Porto Alegre: 2006.
- LENZA, E.; OLIVEIRA, P. E. Biologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae), uma espécie dióica em mata de galeria do Triângulo Mineiro, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 1, p. 179-190, 2005.
- LENZI, M.; ORTH, A. I. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em restinga da Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 17, n. 2, p. 67-89, 2004.
- LINATOC, A. C. **Ecology and taxonomy of *Mangifera* species (Anacardiaceae) in the 50-Ha plot of the pasoh forest reserve, Peinsular Malaysia.** (Tese) Malaysia: Universiti Putra Malaysia, 1999.
- MACEDO, R.B.; SOUZA, P.A.; BAUERMAN, S.G. Catálogo de polens, esporos e demais palinórfos em sedimentos holocênicos de Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia Série Botânica**, v. 64, n. 2, p. 43-78, 2009.
- MAGALLÓN, S.; SANDERSON, M.J. Absolute diversification rates in angiosperm clades. **Evolution**, v. 55, n. 9, p. 1762-1780, 2001.
- MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, E.; CUADRIELLO-AGUILAR, J. I.; TÉLLEZ-VALDEZ, O.; RAMÍREZ-ARRIAGA, E.; SOSA-NÁJERA, M. S.; MELCHOR-SÁNCHEZ, J. E. M.; MEDINA-CAMACHO, M.; LOZANO-GARCÍA, M. S. **Atlas de las plantas y el polen utilizados por las cinco especies principales de Abejas Productoras de Miel em la Region del Tacana, Chiapas, Mexico.** D.F., Universidad Nacional Autónoma de Mexico, Instituto de Geologia, 1993.
- MATOS, M. N.; MADURO, C. B.; COSTA, C. S.; SILVA, S. J. R. Caracterização polínica das plantas lenhosas do Bosque dos Papagaios, Boa Vista, Roraima, norte do Brasil. **Bol. Mus. Int. de Roraima**, v. 8, n. 1, p. 19-41, 2014.
- MELHEM, T. S.; CRUZ-BARROS, M. A. V.; CORRÊA, A. M. S.; MAKINO-WATANABE, H.; SILVESTRE-CAPELATO, M. S. F.; ESTEVES, V. L. G. **Variabilidade polínica em plantas de Campos de Jordão (São Paulo, Brasil).** **Boletim do Instituto de Botânica**, n. 16, São Paulo: 2003, 106p.
- MIRANDA, M. M. B.; ANDRADE, T. A. P. **Fundamentos de Palinologia: Principais tipos de Pólen do Litoral Cearense.** 1990.
- MITCHELL, J.D. The poisonous Anacardiaceae genera of the world. **Advances Econ. Bot.**, v. 8, p. 103–129, 1990.
- MITCHELL, J. D.; DALY, D. C.; PELL, S. K.; RANDRIANASOLO, A. *Poupartioopsis* gen. nov. and its context in Anacardiaceae classification. **Systematic Botany**, v. 31, n. 2, p. 337-348, 2006.

MITCHELL, J. D.; DALY, D. C. A revision of *Spondias* L. (Anacardiaceae) in the Neotropics. **Phytokeys**, v. 55, p. 1-92, 2015.

MOURA, C. M. **Contribuição à quimiotaxia de Anacardiaceae – estudo fitoquímico e das atividades antifúngicas e antitumorais de *Astronium fraxinifolium* Schott ocorrente no Cerrado**. Dissertação. (Mestrado em Ciências Médicas) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

MULLER, J. Significance of Fossil Pollen for Angiosperm History. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 71, n. 2, p. 419-443, 1984.

PELL, S. K. **Molecular systematics of the cashew Family (Anacardiaceae)**. Dissertação. Baton Rouge: Louisiana State University, 2004.

PELL, S. K. **Neotropical Anacardiaceae**, 2009. In. MILLIKEN, W.; KLITGURD, B.; BARACAT, A. Neotropikey – Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics. Disponível em: <<http://www.kew.org/science/tropamerica/neotropikey/families/Anacardiaceae.htm>>.

PELL, S. K.; MITCHELL, J. D.; MILLER, A. J.; LOBOVA, T. A. Anacardiaceae. In: Kubitzki K. (Ed.) The families and genera of vascular plants. **Springer-Verlag**, v. 10, p. 7-50, 2011.

PEREIRA, A. S. S.; FELIX-DA-SILVA, M. M.; BARBOSA, C. V. O.; SMITH, C. B. Estudo polínico de *Anacardium* L. (Anacardiaceae) no estado do Pará (Amazônia Oriental), Brasil. **Biota Amazônia**, v. 4, n. 3, p. 57-61, 2014.

PEREIRA, P. S.; BARROS, L. M.; BRITO, A. M.; DUARTE, A. E.; MAIA, A. J. Uso da *Myracrodruon urundeuva* Allemão (aroeira-do-sertão) pelos agricultores no tratamento de doenças. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**. V. 19, n. 1, p. 51-60, 2014.

PERVEEN, A.; QAISER, M. Pollen flora of Pakistan – LXVI: Anacardiaceae. **Pak. J. Bot.**, v. 42, n. 3, p. 1401-1406, 2010.

PUNT, W.; HOEN, P. P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; LE THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Paleobotany and Palynology**, n. 143, p. 1-81, 2007.

RODRIGUES, L. C. S.; SENNA, C. S. F. Palinologia holocênica do testemunho Bom Jesus, margem leste da ilha do Marajó, Pará, Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 41, n. 1, p. 9-20, 2011.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Contribuição à Palinologia dos Cerrados**. Rio de Janeiro: Academia de Ciências, 1973. 291p.

SERENIKI, A.; LINARD-MEDEIROS, C. F. B.; SILVA, S. N.; SILVA, L. B. R.; PEIXOTO SOBRINHO, T. J. S.; SILVA, J. R.; ALVES, L. D. S.; SMAILLI, S. S.; WANDERLEU, A. G.; LAFAYETTE, S. S. L. *Schinus terebinthifolius* administration prevented behavioral and

biochemical alterations in a rotenone model of Parkinson's disease. **Revista Brasileira de Farmacologia**, v. 26, p. 240-245, 2016.

SILVA, C. I.; FONSECA, V. L. I.; GROppo, M.; BAUERMAN, S. G.; SARAIVA, A. M.; QUEIROZ, E. P.; EVALDT, A. C. P.; ALEIXO, K. P.; CASTRO, J. P.; CASTRO, M. M. N.; FARIA, L. B.; CALIMAN, M. J. F.; WOLFF, J. L.; PAULINO NETO, H. F.; GAROFALO, C. A. **Catálogo polínico das plantas usadas por abelhas no campus da USP de Ribeirão Preto**. 1 ed. Ribeirão Preto: Holos, 2014. 153p.

SILVA, F. H. M.; SANTOS, F. A. R.; LIMA, L. C. L. **Flora polínica das caatingas: Estação Biológica de Canudos (Canudos, Bahia, Brasil)**. 1 ed. Feira de Santana: Micron Bahia, 2016. 120p.

SILVA-LUZ, C. L. **Anacardiaceae R. Br. na flora fanerogâmica do estado de São Paulo**. (Dissertação). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2011.

SILVA-LUZ, C.L.; PIRANI, J.R. **Anacardiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <BFG. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguésia*, v.66, n.4, p.1085-1113. 2015>.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática. Ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APGII**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, Nova Odessa, 2005.

TAKEDA, I. J. M.; FARAGO, P. V.; SOUZA, M. K. F.; GELINSKI, V. V. Catálogo Polínico do Parque Estadual de Vila Velha, Paraná – 1ª Parte. **Publicatio UEPG – Biological and Health Sciences**. V. 6, n. 1, p. 61-73, 2000.

TAKHTAJAN, A. **Systema Magnoliophytorum**. Soviet Sciences Press, Leningrad: 1987.

TERRAZAS, T.; CHASE, M. A phylogenetic analysis of Anacardiaceae based on morphological and rbcL sequence data. **Amer. J. Bot.**, v. 83, Suppl. 6, p. 197, 1999.

TIAN LU, M.; BARFOD, A. Anacardiaceae. In: **Flora of China**. FOC, v. 11, 2008.

WANNAN, B.S.; QUINN, C.J. Pericarp structure and generic affinities in the Anacardiaceae. **Bot. J. Linn. Soc.**, v. 102, p. 225–252, 1990.

WANNAN, B.S.; QUINN, C.J. Floral structure and evolution in the Anacardiaceae. **Bot. J. Linn. Soc.**, v. 107, p. 349–385, 1991.

2 CAPÍTULO 1*

*Artigo a ser submetido para publicação, na versão em língua inglesa, no periódico *Plant Systematics and Evolution*.

Palinotaxonomia de espécies de Anacardiaceae ocorrentes no estado da Bahia, Brasil

Alano César Rocha de Assis^{1,2} e Marileide Dias Saba¹

1. Universidade do Estado da Bahia, Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal, Departamento de Educação, Campus VII, Laboratório de Estudos Palinológicos, Senhor do Bonfim, Bahia, Brasil

2. Autor para correspondência: alanorochabio@hotmail.com

Resumo

No presente trabalho foi analisada a morfologia polínica de 23 espécies de Anacardiaceae, ocorrentes no estado da Bahia, Brasil. O material polínifero foi obtido de espécimes depositados em herbários. Os grãos de pólen foram acetolisados, mensurados, ilustrados e descritos sob microscopia de luz e microscopia eletrônica de varredura. Os dados quantitativos foram analisados estatisticamente de acordo com o tamanho da amostra e foi realizada a análise dos componentes principais (PCA) das principais variáveis métricas. As espécies analisadas apresentaram grãos de pólen em mônades, pequenos a médios, isopolares, amb circular a subtriangular, com formas variando de oblatos-esferoidais a prolatos, 3-colporados, com fastígio e/ou ponte em algumas espécies. A ornamentação da exina caracterizou-se como psilada, finamente microrreticulada, estriada, estriada-microrreticulada, estriada-reticulada, estriada-perfurada, rugulada-estriada-microrreticulada. A diversidade morfopolínica confirma o caráter euripolínico da família. As características aperturais e da exina são atributos que podem colaborar com a circunscrição taxonômica e entendimento das relações filogenéticas do grupo.

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

Abstract

Were, we analysed the pollen morphology of 23 species of Anacardiaceae, occurring in the state of Bahia, Brazil. The pollen material was obtained from herbarium specimens. Pollen grains were acetolyzed, measured, illustrated and described under light microscopy and scanning electron microscopy. The pollen grains of species analyzed are monads, small to medium size, isopolar, circular to subtriangular amb, with varied forms ranging from oblate spheroidal to prolate, 3-colporate, with fastigium and/or bridge in some species. The exine ornamentation is psilate, finely microreticulate, striate, striate-microreticulate, striate-reticulate, striate-perforate, rugulate-striate-microreticulate. The diversity of pollen morphology confirms the euripolynic character of the family. The apertural and exine characters are attributes that can collaborate with the taxonomic circumscription and understanding the phylogenetic relationships of the group.

Keywords: Palynology, pollen grains, pollen morphology.

INTRODUÇÃO

A família Anacardiaceae está composta por plantas resiníferas, com folhas estipuladas, ovário súpero e um óvulo apotrópico por célula (Souza e Lorenzi 2005; Pell 2009). Com distribuição cosmopolita, está representada atualmente por 81 gêneros e cerca de 800 espécies (Pell et al. 2011), sendo registrada no Brasil a ocorrência de 14 gêneros e 55 espécies (Silva-Luz e Pirani 2015). A família é conhecida popularmente por seu alto valor econômico na comercialização de frutos e pseudofrutos e pela sua importância madeireira, farmacêutica e ornamental (Souza e Lorenzi 2005; Pereira et al. 2014).

Atualmente, Anacardiaceae está classificada na ordem Sapindales (Chase et al. 1993; APG IV, 2016). Estudos baseados na morfologia, anatomia e biologia floral, e de distribuição geográfica realizados por Engler (1883, 1892, 1897) e confirmados por Scholz (1964) dividem os táxons da família em cinco tribos: Anacardieae, Dobinaeae, Rhoeae, Semecarpeae e Spondieae.

Wannan e Quinn (1990, 1991) baseados na anatomia do fruto (endocarpos tipo-*Anacardium* e tipo-*Spondias*), na morfologia floral e nos flavonoides, distinguem a família em dois grupos, que mais tarde foram reconhecidos e confirmados em estudos moleculares desenvolvidos por Pell (2004), delimitados nas subfamílias Anacardioideae, que inclui as tribos Anacardieae, Dobineae, Rhoeae e Semecarpeae, e Spondioideae, que está representada pelas espécies da tribo Spondieae. A subfamília Anacardioideae, segundo Wannan (2006) possui como sinapomorfia carpelo fértil antessépalo, enquanto Spondioideae não possui sinapomorfia definida, para Pell (2011) mais esforços são necessários para estabelecer o monofiletismo desta subfamília.

Palinologicamente, a família é considerada euripolínica, pela variedade de características nos detalhes das aberturas e ornamentação da exina, no entanto, trabalhos de morfologia polínica de Anacardiaceae são incipientes e escassos. Algumas espécies da família tiveram seus grãos de pólen descritos em estudos morfopolínicos, principalmente em trabalhos de flora polínica, abordando um número reduzido de táxons (Erdtman 1943; Erdtman 1952; Salgado-Labouriau 1973; Miranda e Andrade 1990; Martinez-Hernandez et al. 1993; Gonçalves-Esteves e Ferreira 1994; Barros et al. 1999; Takeda et al. 2000; Melhem et al. 2003; Leal e Lorscheitter 2006; Macedo et al. 2009; Garcia et al. 2011; Evaldt et al. 2013; Pereira et al. 2014; Silva et al. 2016).

Poucos estudos no mundo se dedicaram exclusivamente à palinologia de Anacardiaceae, registrando-se apenas, Perveen e Qaiser (2010) que analisaram espécies do gênero *Rhus* no Paquistão. No Brasil, Pereira et al. (2014) realizaram um estudo polínico de *Anacardium* no estado do Pará, sob microscopia de luz e microscopia eletrônica de varredura. Na Bahia, somente Silva et al. (2016) abordaram espécies de Anacardiaceae. Diante desse quadro, nota-se que descrições palinológicas de espécies de Anacardiaceae ocorrentes no mundo, no Brasil e na Bahia são incipientes e escassos considerando sua representatividade, endemismo e grau de importância destas espécies para a região. Muitos táxons da família nunca tiveram a sua morfologia polínica descrita e a necessidade de estudos palinológicos no grupo é citada por Mitchell e Daly (2015).

Diante da escassez de dados da morfologia polínica de espécies de Anacardiaceae, especialmente no Brasil, considerando a importância e representatividade da família e necessidade de mais dados que contribuam com a taxonomia, foi realizada uma caracterização palinológica das espécies de Anacardiaceae ocorrentes no estado da Bahia, visando ampliar o conhecimento palinológico e contribuir para a estudos taxonômicos do grupo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material polínífero (flores e/ou botões florais) de espécies de Anacardiaceae foi coletado de exsicatas e/ou duplicatas depositadas no Herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana (HUEFS) e Herbário da Universidade do Estado da Bahia (HUNEB). Foi realizada a seleção do material de estudo tendo como base o levantamento, realizado na plataforma species link, dos espécimes ocorrentes no estado da Bahia

Para cada espécie, determinou-se um espécime como padrão, referenciado nos apêndices e na tabela 1 com asterisco (*), sendo este utilizado para descrição e ilustrações. De cada espécie, sempre que possível, foram examinados mais dois espécimes (material de comparação) que também estão listados no apêndice.

Os grãos de pólen foram submetidos ao método de acetólise (Erdtman 1960) seguindo as modificações de Melhem et al. (2003), montados entre lâminas e lamínulas com gelatina glicerinada, seladas com parafina fundida. As espécies dioicas foram previamente investigadas sob estereomicroscópio antes de serem submetidas ao procedimento de acetólise.

Foi utilizado, sempre que possível, um tamanho amostral de 25 grãos de pólen tomados aleatoriamente para a mensuração, sob microscópio de luz, dos principais parâmetros morfométricos: diâmetro equatorial (DE), diâmetro polar (DP) e diâmetro equatorial em vista polar (DEp). Para os demais parâmetros – lado do apocolpo (LAP), diâmetro das aberturas e espessura da exina – foram utilizadas as medidas de 10 grãos de pólen por espécime.

Para tratamento estatístico, foram realizados os cálculos de média aritmética (\bar{x}), desvio padrão da amostra (s), desvio padrão da média ($s\bar{x}$), coeficiente de variabilidade (CV), intervalo de confiança a 95% (IC) e faixa de variação (FV) para as medidas de tamanho amostral igual a 25. Para as demais mensurações com tamanho amostral igual a 10, apenas a média aritmética foi calculada. Foi realizada a análise de componentes principais (PCA) dos espécimes padrão para avaliar se o conjunto dos dados morfométricos permitem separar as espécies entre si, para essa análise foram utilizadas 11 variáveis métricas (Tab. 1). Para tanto, a ordenação dos dados em gráfico foi realizada no programa *Past* (versão 3.15), assim como o teste de Tukey.

Para análise da superfície polínica ao microscópio eletrônico de varredura (MEV), os grãos de pólen acetolisados foram lavados e desidratados em série hidroetanólica ascendente (50, 70, 90 e 100%), permanecendo dez minutos em cada banho. O álcool absoluto contendo os grãos de pólen foi gotejado sobre porta-espécimes do MEV (*stubs*) e após secagem total, foram metalizados por evaporação de ouro em alto vácuo, eletromicrografados e descritos.

Os caracteres morfológicos foram analisados e descritos conforme a nomenclatura de Punt et al. (2007), para ML, e Hesse et al. (2009), para MEV. As fotomicrografias foram obtidas no microscópio Zeiss Axioskop Plus com câmera Sony Cyber-shot DSC-W7 acoplada do Laboratório de Estudos Palinológicos (LAEP) do Campus VII da Universidade do Estado da Bahia e as eletromicrografias de varredura obtidas no microscópio Quanta 250 (FEI Company), do Centro de Microscopia Eletrônica (CME) da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). As lâminas permanentes foram depositadas na palinoteca do laboratório de estudos palinológicos da Universidade do Estado da Bahia, campus VII, Senhor do Bonfim, Bahia, Brasil.

Tabela 1 Variáveis métricas dos grãos de pólen utilizadas no estudo das espécies de Anacardiaceae analisadas.

Sigla	Variável
DEp	Diâmetro Equatorial em vista polar
DP	Diâmetro Polar em vista equatorial
DE	Diâmetro Equatorial em vista equatorial
P/E	Razão entre Diâmetro Polar e Diâmetro Equatorial em vista equatorial
IAP	Índice do Apocolpo
Cec	Comprimento da ectoabertura
Lec	Largura da ectoabertura
Len	Largura da endoabertura
Aen	Altura da endoabertura
Sex	Sexina
Nex	Nexina

RESULTADOS

As espécies de Anacardiaceae analisadas neste estudo (Figs. 1-6) apresentaram grãos de pólen mônades, pequenos a médios, isopolares, oblato-esferoidais a prolotos, âmbito circular a subtriangular, área polar muito pequena ou pequena (Tabelas 1 e 2).

O tipo apertural caracterizou-se como 3-colporado, com ectoaberturas longas a muito longas, endoaberturas lolongadas ou lalongadas, de forma elíptica, fusiforme ou retangular. Foram registradas em algumas espécies a presença de fastígio, de ponte e constrição da endoabertura.

No tocante à ornamentação da exina, as análises, sob ML e MEV, revelaram uma diversidade de características, tendo as estrias como tipo básico de ornamentação do grupo. Registrou-se exina psilada, microrreticulada, estriada, estriada-microrreticulada, estriada-perfurada e estriada-rugulada-microrreticulada.

Tribo Anacardieae

Espécies estudadas: *Anacardium humile* Engl.; *Anacardium occidentale* L.; *Anacardium* sp.; *Mangifera indica* L. (Figs. 1 e 5; Tab. 1 e 2)

Grãos de pólen médios, subprolotos a prolotos, amb subtriangular a subcircular (Tab. 1 e 2).

Abertura: 3-colporados, angulaperturados quando em amb subtriangular. Ectoaberturas longas a muito longas, extremidades afiladas. Endoaberturas lalongadas, lolongadas, elípticas, retangulares, constrictas na região mediana (*Mangifera indica* - Fig. 1h). Presença de fastígio em *M. indica* (Fig. 1g; Tab. 1 e 2).

Exina: estriada-microrreticulada sob ML (Fig. 1d-i) e estriada sob MEV (Fig. 5a-c). Sexina mais espessa que nexina (Tab. 1 e 2).

Morfologicamente, os grãos de pólen das espécies de Anacardieae estudadas são similares. Verifica-se, entretanto, que a espécie *Anacardium occidentale* apresenta diâmetros e aberturas maiores quando comparados a *Mangifera indica* que possui os menores valores de diâmetros entre as espécies da tribo (Tab. 1).

Na tabela 1, observa-se que todos os espécimes de comparação têm os seus diâmetros dentro da faixa de variação de seus respectivos materiais padrão.

Observou-se, sob MEV, que nos grãos de pólen das espécies de Anacardieae os contornos das ectoaberturas são regulares (Fig. 5a-b), com margem apertural espessada em *Anacardium humile* (Fig. 5a) e *A. occidentale* (Fig. 5b). Membrana apertural granulada ocorre em *A. occidentale* (Fig. 5b) e *Mangifera indica*.

As endoaberturas são lalongadas em *Anacardium humile* e *Mangifera indica*, lolongadas em *Anacardium occidentale* e *Anacardium* sp. (Figs. 1c e 1e); geralmente com extremidades arredondadas (*A. humile*), com margens superior e inferior espessadas e constrictas na região mediana nos grãos de pólen de *Mangifera indica* (Fig. 1h).

Em geral, sob ML, prevalecem grãos de pólen com exina estriada-microrreticulada (Figs. 1d, 1f e 1i). Nas espécies *Anacardium humile* e *A. occidentale*, sob MEV, não foi possível diferenciar microrretículo. Nestas espécies, a exina dos grãos de pólen é caracterizada como estriada, com estrias bifurcadas, onduladas, sobrepostas e alinhadas paralelamente em direção aos polos, às vezes irregularmente distribuídas no mesocólporo (Figs. 5a e 5b). *Anacardium humile* diferencia-se de *A. occidentale* por apresentar grãos de pólen com estrias comparativamente mais altas e espaçadas (Fig. 5a). Em *Mangifera indica*, a superfície, sob ML e MEV, apresentou estrias sutis e paralelas no sentido dos pólos, e microrretículo com distribuição uniforme em todo o grão de pólen (Fig. 5c). Estas diferenças da forma e organização das estrias, foi considerado um caráter diagnóstico para separação dos gêneros de Anacardieae estudados.

Tribo Rhoeeae

Espécies estudadas: *Apterokarpos gardneri* (Engl.) Rizzini; *Astronium conccinum* Schott; *Astronium fraxinifolium* Schott; *Astronium graveolens* Jacq.; *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.; *Myracrodruon urudeuva* Allem.; *Schinopsis brasiliensis* Engl.; *Schinus terebinthifolius* Raddi; *Thyrsodium schomburgkianum* Benth.; *Thyrsodium spruceannum* Benth. (Figs. 2, 3, 5 e 6; Tab. 1 e 2).

Grãos de pólen médios (exceção de *Astronium fraxinifolium*, que são pequenos), oblato-esferoidais, esféricos, prolato-esferoidais, subprolatos; amb subcircular, circular ou subtriangular, com presença de fastígio (*A. gardneri*, *Lithraea molleoides* – Fig. 2k).

Abertura: 3-colporados; angulaperturados, quando em amb subtriangular. Ectoaberturas longas a muito longas, com extremidades afiladas. Endoaberturas lalongadas; extremidades afiladas, arredondadas ou retas; margem superior e inferior paralelas ou côncavas, com contorno regular (exceção de *A. gardneri*, irregular – Fig. 2b).

Exina: Psilada (*T. spruceannum*, Fig. 6c), finamente microrreticulada, estriada-microrreticulada, estriada-reticulada, rugulada-estriada-microrreticulada (*Apterokarpos gardneri*, Figs. 5d e 5e). Sexina mais espessa que a nexina.

Os menores grãos de pólen foram observados em *Astronium conccinum* e *Schinopsis brasiliensis* (19,1 μ m) e os maiores observados em *Lithraea molleoides* com 37 μ m. Os dados mostraram, no entanto, que apesar da ocorrência dessa variabilidade nos diâmetros dos grãos de pólen, a classe de tamanho médio é mantida entre os espécimes de cada espécie, com exceção de *Astronium fraxinifolium* que possui diâmetros menores que 25 μ m (S. Reis 37 – material padrão), pertencendo a classe de tamanho pequeno, entretanto, o material de comparação apresenta valores maiores que 25, isso implica na variação dos grãos de pólen de pequenos a médios.

Observa-se na tabela 1, que os espécimes A. A. Santos 2456 de *A. conccinum*; R. M. Harley 54771 e E. Melo 2761 de *A. graveolens*; C. Correia 506 de *L. molleoides*; K. R. S. Mariano 14 e A. A. Conceição 2234 de *S. brasiliensis*; e M. Sobral 8432 de *T. spruceannum* apresentaram valores dos diâmetros dos grãos de pólen fora da faixa de variação do respectivo material padrão.

Apterokarpos gardneri e *Schinopsis brasiliensis* possuem ectoaberturas com margem diferenciada (Figs. 5d e 6a). Em *A. gardneri* as estrias se distribuem até a proximidade da margem, sendo esta fina e sutil, às vezes descontínua, enquanto em *S. brasiliensis* a margem é comparativamente mais espessada (MEV – fig. 6a).

Sob os maiores aumentos de MEV, *Apterokarpos gardneri*, *Astronium conccinum*, *A. fraxinifolium*, *Lithraea molleoides*, *Myracrodruon urudeuva*, *Schinus terebinthifolius* e *Thyrsodium spruceannum* os grãos de pólen exibiram membrana apertural granulada, com grânulos heterogêneos quanto a distribuição e tamanho (Figs. 5d, 5g, 5i-k, 6c).

Nas espécies *Astronium conccinum*, *A. fraxinifolium*, *A. graveolens*, *Myracrodruon urudeuva* e *Thyrsodium* spp. observou-se, em corte óptico, uma proeminência da sexina na região apertural, formada por columelas que aumentam gradativamente de altura nessa região (Figs. 2f, 2i e 3e). Além desse caráter, em *A. fraxinifolium* e *A. graveolens* a nexina é mais fina nos pólos, tornando-se gradativamente mais espessa na região equatorial (Figs. 2f e 2i).

A diferença mais significativa nos grãos de pólen dos táxons da tribo Rhoeae está na ornamentação da exina, que possui um padrão estriado na maioria das espécies. Estas podem ser distinguidas quanto a organização das estrias e associação com outros elementos esculturais. Sob ML, os grãos de pólen são descritos como estriados-microrreticulados (Figs. 2e, 2h, 2j e

2l) ou estriados-reticulados (*Schinopsis brasiliensis* – Figs. 3c e 6a), contudo, sob os grandes aumentos do MEV, não foi possível observar o (micro)retículo na maioria das espécies. Em *Apterokarpos gardneri*, no entanto, a ornamentação da exina pode ser descrita como rugulada-estriada-microrreticulada, o que a diferencia de todas as outras espécies de Rhoëae estudadas. As estrias rasas e espaçadas tornam visível o microrretículo heterobrocado nesta espécie; as rúgulas estão distribuídas de forma heterogênea, com tamanho e posições irregulares (Figs. 5d e 5e).

Nas espécies *Astronium conccinum*, *Lithraea molleoides* e *Schinopsis brasiliensis* (Figs. 5f-g, 5j, 6a) existem muitas semelhanças quanto à organização das estrias: espaçadas, altas, bifurcadas, sobrepostas, ondulado-espinaladas, paralelas em direção aos pólos, entretanto, em *A. conccinum* é possível ver, sob MEV, o microrretículo heterobrocado (Fig. 5f), o que não pode ser observado nas outras duas espécies. *A. conccinum* e *S. brasiliensis*, diferenciam-se de *L. molleoides* por possuírem margem apertural mais espessa (Figs. 5g e 6a), com estrias que se fusionam nas proximidades desta, *S. brasiliensis*, possui ainda, grãos de pólen com estrias transversais próximo às aberturas (Fig. 6a), caráter que a distingue das outras duas espécies.

Em *Astronium fraxinifolium*, *Myracrodruon urudeuva* e *Schinus terebinthifolius* (Figs. 5h, 5k e 6b) as estrias são rasas, paralelas no sentido dos pólos e justapostas, especialmente em *A. fraxinifolium* (Fig. 5h), que se destaca das outras espécies por possuírem comparativamente uma maior justaposição. *M. urudeuva* e *S. terebinthifolius* apresentam estrias bifurcadas, sobrepostas, mais espaçadas no apocólporo em relação ao mesocólporo, algumas vezes curvadas (Fig. 6b) à medida que se aproxima do apocólporo.

Apesar do padrão estriado ser característico da maioria das espécies de Rhoëae, em *Thyrsodium* spp. a ornamentação da exina mostrou-se finamente microrreticulada (*Thyrsodium schomburgkianum* – Fig. 3d) ou psilada (*T. spruceannum* – Fig. 6c), diferenciando-as das demais espécies.

Tribo Spondieae

Espécies estudadas: *Cyrtocarpa caatingae* J.D.Mitch. & Daly; *Spondias caatingae* P. C. L. Carvalho & Van den Berg; *Spondias purpurea* L.; *Spondias mombin* Jacq.; *Spondias tuberosa* Arruda; *Spondias venulosa* Mart. ex Engl.; *Tapirira guianensis* Aubl.; *Tapirira marchantii* Engl.; *Tapirira obtusa* (Benth.) J.D.Mitch. (Figs. 4 e 6; Tab. 1 e 2)

Grãos de pólen médios, prolatos, subprolatos a prolato-esferoidais (*Tapirira obtusa*), amb circular a subcircular, com presença de fastígio (*Spondias caatingae*, *S. purpurea*, *S. mombin* – Figs. 4b e 4e).

Abertura: 3-colporados. Ectoaberturas longas a muito longas, extremidades afiladas ou arredondadas (*Cyrtocarpa caatingae* – Fig. 4f). Endoaberturas lalongadas, extremidades arredondadas, afiladas ou retas, margens superior e inferior paralelas ou côncavas.

Exina: Estriada, estriada-microrreticulada, homobrocada ou heterobrocada. Elementos ornamentais livres nos lúmens (*Cyrtocarpa caatingae* – Fig. 6d). Sexina mais espessa que nexina.

Os menores grãos de pólen nesta tribo foram observados em *Tapirira guianensis* (17,8 μ m) e as maiores medidas foram observadas na espécie *Spondias tuberosa* (44,2 μ m)

Na tabela 1, observa-se que os espécimes M. D. Fadigas 03 e F. H. M. Silva 443 de *Spondias tuberosa*; L. S. Funch 171 de *Tapirira obtusa* obtiveram médias dos diâmetros acima da faixa de variação do seu respectivo material padrão, enquanto, em E. Melo 4272 de *Tapirira guianensis*, os valores apresentaram-se menores.

Na maioria das espécies da tribo Spondieae estudada, foi possível visualizar ectoaberturas com membrana apertural granulada (exceto em *Spondias mombin* e *S. purpurea* – Figs. 6g-h e 6j): com grânulos maiores e distribuídos de forma heterogênea em *S. tuberosa* e *S. venulosa*; e grânulos menores distribuídos de forma homogênea ou heterogênea nas demais espécies.

As endoaberturas dos grãos de pólen das espécies estudadas exibiram uma diversidade de formatos: as margens superior e inferior variaram entre paralelas (*Spondias purpurea*, *Tapirira guianensis* e *T. marchantii* – Fig. 4f) e côncavas (demais espécies – Fig. 4l), com formas elípticas (com extremidades arredondadas) ou fusiformes (com extremidades afiladas – Fig. 4l). Em *S. tuberosa* e *T. obtusa*, foi observada a ocorrência tanto de endoaberturas elípticas quanto fusiformes (fig. 6f). As endoaberturas de *Cyrtocarpa* são de difícil visualização sob ML, e muitas vezes, não é possível a observação das suas extremidades.

As espécies *Spondias caatingae*, *S. purpurea* e *S. mombin* apresentaram grãos de pólen com fastígio (Figs. 4b e 4e). Em *S. tuberosa* e *S. venulosa* as columelas aumentam gradativamente de altura na região das endoaberturas, formando uma saliência observada em corte óptico (Fig. 6f). Esse aumento gradativo da altura das columelas na região das aberturas, ocorre de forma sutil em *Tapirira marchantii* e *T. obtusa*, manifestando-se através de uma pequena saliência também observada em corte óptico (Fig. 4k).

Uma característica presente nas espécies de *Spondias* (exceto *S. purpurea*) foi a presença de uma ponte na região da endoabertura, formada por sexina na região de constricção da ectoabertura, visualizada sob ML (Figs. 4h e 4j) e sob MEV, nas espécies *S. tuberosa* e *S. venulosa* (Figs. 6e-i). Nas espécies *S. caatingae* e *S. mombin* esse caráter foi observado apenas sob MEV (Figs. 6e-f).

A ornamentação da exina dos grãos de pólen de todas as espécies de Spondieae estudadas apresentou-se com um padrão estriado. As espécies de *Tapirira* exibiram, sob MEV, estrias justapostas e distribuídas paralelamente em direção aos pólos; bifurcadas em *T. guianensis* e *T. obtusa* (Figs. 6j e 6l), ou com até três ramificações em *T. marchantii* (Fig. 6k), formando uma estrutura trançada no mesocólporo, diferenciando-a das demais espécies. *Spondias caatingae*, *S. tuberosa* e *S. venulosa*, revelaram grãos de pólen com estrias de espaçamento intermediário (Figs. 6e, 6g-h) em relação às espécies de *Tapirira* e *Cyrtocarpa*; bifurcadas; sobrepostas em *S. caatingae* e *S. venulosa*; paralelas no sentido dos pólos ou formando curvas na região do apocólporo em *S. venulosa* (Fig. 6h-i). Em *S. tuberosa* as estrias distribuem-se mais espaçadas no apocólporo em relação ao mesocólporo (Fig. 6g), um caráter que separa a espécie das outras *Spondias*. *Cyrtocarpa caatingae*, *Spondias caatingae*, *S. tuberosa*, *S. venulosa* e *T. guianensis* exibiram grãos de pólen, sob MEV, estriados-microrreticulados. Em *Cyrtocarpa caatingae* o microrretículo heterobrocado possui grânulos no interior dos lúmens (Fig. 6d), estrias espaçadas, paralelas no sentido dos pólos, com disposição mais irregular nas proximidades das aberturas, muitas vezes formando curvas. Muitas destas características diferenciam significativamente a espécie *C. caatingae* das demais espécies da tribo Spondieae.

Tabela 2 Caracteres morfométricos dos grãos de pólen isopolares de espécies estudadas de Anacardiaceae ocorrentes no estado da Bahia. DP= diâmetro polar; DE= diâmetro equatorial; DEp= diâmetro equatorial em vista polar; \bar{x} = média aritmética; $S\bar{x}$ = desvio padrão da média; FV= faixa de variação; IAP= índice de área polar; Ecto= comprimento x largura da ectoabertura; Endo= comprimento x altura da endoabertura; Sex= Sexina; Nex= Nexina; medidas em μm e índices em números absolutos. * = espécime padrão. **= $n < 25$.

Espécie/ Espécime	DP		DE		DEp		P/E	IAP	Ecto	Endo	Sex	Nex
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	(Fv)	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	(Fv)	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	(Fv)						
Tribo Anacardieae												
<i>Anacardium humile</i> Engl.												
Queiroz, L. P. 11003 (HUEFS)*	38,0 \pm 1,3	(32,5-45,0)	31,8 \pm 1,2	(25,0-37,5)	32,2 \pm 0,9	(27,5-35,0)	1,19	0,26	29,8x1,0	9,9x6,0	3,0	1,4
Queiroz, L. P. 13285 (HUEFS)	41,0 \pm 1,4	(35,0-47,5)	32,6 \pm 1,3	(27,5-40,0)	34,4 \pm 1,2	(30,0-40,0)	1,26	0,37	27,2x1,1	9,9x6,3	2,3	1,1
Queiroz, L. P. 9395 (HUEFS)	38,6 \pm 1,3	(32,5-42,5)	29,0 \pm 1,0	(25,0-35,0)	29,8 \pm 1,0	(25,0-35,0)	1,33	0,21	32,0x1,2	13,1x5,6	2,3	1,0
<i>Anacardium occidentale</i> L.												
Queiroz, L. P. 10886 (HUEFS)*	36,9 \pm 1,1	(32,5-42,5)	28,6 \pm 1,0	(25,0-32,5)	30,7 \pm 0,9	(25,0-32,5)	1,29	0,23	29,9x1,1	11,9x7,8	2,6	1,1
Queiroz, L. P. 9392 (HUEFS)	36,4 \pm 1,1	(32,5-42,5)	30,0 \pm 1,0	(25,0-35,0)	32,0 \pm 1,3	(27,5-37,5)	1,21	0,23	27,7x1,2	11,4x7,1	2,3	1,2
Araújo, L. et al. 16 (HUNEB)	41,4 \pm 1,0	(37,5-45,0)	30,7 \pm 1,0	(25,0-35,0)	32,0**		1,35	0,33	34,3x1,1	10,9x8,1	2,9	1,0
<i>Anacardium</i> sp.												
Miranda, A. M. 6355 (HUEFS)*	38,6 \pm 0,9	(35,0-42,5)	30,9 \pm 0,7	(27,5-35,0)	33,1 \pm 0,8	(30,0-35,0)	1,25	0,21	31,3x1,0	7,6x9,7	3,0	1,2
<i>Mangifera indica</i> L.												
Araújo, L. et al. 81 (HUNEB)*	29,9 \pm 1,0	(25,0-35,0)	24,4 \pm 0,9	(20,0-27,5)	25,6 \pm 0,8	(22,5-27,5)	1,23	0,32	24,2x1,1	9,0x4,5	2,0	1,1
Santana, B. F. 209 (HUEFS)	28,0 \pm 0,8	(25,0-30,0)	24,1 \pm 0,7	(20,0-27,5)	24,2 \pm 0,6	(22,5-27,5)	1,16	0,22	20,5x1,1	9,5x3,9	1,3	1,0
Assis, A. C. R. 100 (HUNEB)	25,8 \pm 0,6	(22,5-27,5)	25,9 \pm 0,6	(22,5-27,5)	25,6 \pm 0,7	(22,5-27,5)	1,00	0,22	19,7x1,3	10,1x5,3	1,4	1,1
Tribo Rhoecae												
<i>Apterokarpos gardneri</i> (Engl.) Rizzini												
Correia, C. 460 (HUEFS)*	26,0 \pm 0,6	(22,5-27,5)	24,6 \pm 0,6	(20,0-27,5)	23,8 \pm 0,6	(22,5-27,5)	1,06	0,25	19,4x1,2	7,5x2,0	1,0	0,9
Correia, C. 434 (HUEFS)	25,5 \pm 0,7	(22,5-27,5)	24,1 \pm 0,6	(22,5-27,5)	23,5 \pm 0,5	(22,5-25,0)	1,06	0,21	19,7x1,4	7,9x3,2	1,0	0,9
<i>Astronium concinnum</i> Schott												
Sem Coletor (HUEFS)*	27,1 \pm 0,6	(25,0-30,0)	26,5 \pm 0,5	(25,0-27,5)	25,3 \pm 0,7	(22,5-30,0)	1,02	0,29	21,8x1,2	7,8x3,2	1,7	1,2
Carvalho-Sobrinho, 129 (HUEFS)	25,1 \pm 0,5	(22,5-27,5)	25,8 \pm 0,7	(22,5-27,5)	24,8 \pm 0,6	(22,5-27,5)	0,97	0,23	18,6x1,7	7,9x2,4	1,0	1,0
Santos, A. A. 2456 (HUEFS)	23,5 \pm 0,7	(20,0-27,5)	19,0 \pm 0,8	(15,0-22,5)	20,0*		1,24	-	19,6x1,0	7,5x1,5	1,0	0,7

Tabela 2 (Continuação)

Espécie/ Espécime	DP		DE		DEp		P/E	IAP	Ecto	Endo	Sex	Nex
	$\bar{x}\pm S\bar{x}$	(Fv)	$\bar{x}\pm S\bar{x}$	(Fv)	$\bar{x}\pm S\bar{x}$	(Fv)						
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott												
Reis, S. 37 (HUEFS)*	24,7±0,6	(22,5-30,0)	24,6±0,8	(20,0-27,5)	24,6±0,8	(20,0-27,5)	1,00	0,23	19,0x1,2	4,1x4,1	1,2	1,0
Guedes, M. L. S. 13689 (HUEFS)	25,1±0,5	(22,5-27,5)	24,8±0,5	(22,5-27,5)	23,5±0,5	(22,5-25,0)	1,01	0,20	20,6x1,7	8,5x2,5	1,3	1,0
Reis, S. 158 (HUEFS)	24,4±0,5	(22,5-27,5)	25,5±0,6	(22,5-27,5)	24,2±0,6	(22,5-27,5)	0,96	0,19	18,8x1,2	3,3x3,3	0,8	0,9
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.												
Miranda, A. M., 6356 (HUEFS)*	27,7±0,6	(25,0-30,0)	27,5±0,5	(25,0-30,0)	27,2±0,3	(25,0-27,5)	1,00	0,19	22,4x1,7	8,2x4,1	1,3	1,0
Harley, R. M., 54771 (HUEFS)	28,1±1,2	(22,5-35,0)	30,4±0,8	(22,5-32,5)	30,4±0,8	(25,0-32,5)	0,92	0,20	24,9x1,6	6,3x5,5	1,8	1,1
Melo, E., 2761 (HUEFS)	31,8±1,4	(27,5-37,5)	28,0±1,0	(22,5x32,5)	28,6±1,0	(25,0-32,5)	1,14	0,20	23,2x1,9	9,1x2,8	1,5	1,1
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.												
Nascimento, F. H. 212 (HUEFS)*	37,0±0,7	(32,5-40,0)	29,1±0,6	(27,5-32,5)	27,6±0,8	(25,0-30,0)	1,27	0,25	26,6x1,2	9,4x1,5	1,4	1,0
Correia, C. 506 (HUEFS)	32,5±1,0	(27,5-37,5)	25,4±0,8	(22,5-30,0)	25,0**		1,28	0,28	28,4x1,1	8,8x3,1	1,5	1,0
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allem.												
Melo, E. 2721 (HUEFS)*	26,1±0,7	(22,5-27,5)	26,1±0,6	(25,0-30,0)	24,8±0,6	(22,5-27,5)	1,00	0,21	21,5x1,8	7,9x1,8	1,0	1,0
Conceição, A. A. 1952 (HUEFS)	25,0±0,7	(22,5-30,0)	24,7±0,5	(22,5-27,5)	23,7±0,7	(20,0-25,0)	1,01	0,18	20,2x2,2	8,3x2,4	1,0	1,0
França, F. 3632 (HUEFS)	27,0±0,7	(25,0-30,0)	26,6±0,5	(25,0-27,5)	25,8±0,9	(22,5-30,0)	1,02	0,20	21,4x1,9	8,8x1,9	1,3	1,0
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.												
Conceição, A. A. 1957 (HUEFS)*	26,1±0,6	(25,0-30,0)	20,9±0,8	(17,5-25,0)	19,5±0,7	(17,5-22,5)	1,25	0,29	18,0x1,1	6,7x1,6	1,7	1,1
Mariano, K. R. S. 14 (HUEFS)	23,4±0,5	(22,5-25,0)	19,1±0,6	(17,5-22,5)	19,4±0,4	(17,5-20,0)	1,23	0,25	17,7x1,0	6,2x1,7	1,1	1,0
Conceição, A. A. 2234 (HUEFS)	31,3±0,9	(27,5-35,0)	27,4±0,7	(22,5-30,0)	27,0±0,7	(25,0-30,0)	1,14	0,24	25,0x1,2	8,2x2,8	2,2	1,2
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi												
Melo, E. 9564 (HUEFS)*	26,4±0,7	(22,5-30,0)	24,1±0,6	(22,5-27,5)	23,9±0,7	(20,0-27,5)	1,10	0,21	19,8x1,2	8,3x2,9	1,0	0,9
Araújo, L. et al. 03 (HUEFS)	28,6±0,8	(25,0-32,5)	24,8±0,9	(22,5-30,0)	24,1±0,8	(20,0-27,5)	1,15	0,20	24,2x1,1	8,9x1,9	1,2	0,9
Correia, C. 27 (HUEFS)	24,0±0,8	(22,5-27,5)	22,2±0,8	(17,5-25,0)	22,0±0,7	(20,0-25,0)	1,08	0,22	20,1x1,2	9,2x2,2	0,9	0,9
<i>Thyrsodium schomburgkianum</i> Benth.												
Jardim, J. G. 100 (HUEFS)*	32,6±1,1	(27,5-40,0)	29,2±0,6	(27,5-32,5)	29,8±0,9	(27,5-35,0)	1,12	0,33	20,9x1,1	10,4x2,5	0,9	1,1

Tabela 2 (Continuação)

Espécie/ Espécime	DP		DE		DEp		P/E	IAP	Ecto	Endo	Sex	Nex
	$\bar{x}\pm S\bar{x}$	(Fv)	$\bar{x}\pm S\bar{x}$	(Fv)	$\bar{x}\pm S\bar{x}$	(Fv)						
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.												
Ferreira, M. C. 1294 (HUEFS)*	33,3±0,8	(30,0-37,5)	30,5±0,4	(30,0-32,5)	29,8±0,5	(27,5-32,5)	1,09	0,34	24,9x1,3	10,2x2,7	1,2	1,0
Stapf, M. N. S. 227 (HUEFS)	33,6±0,9	(30,0-37,5)	32,3±1,1	(22,5-40,0)	29,1±1,0	(27,5-37,5)	1,04	0,32	24,2x1,6	10,0x2,5	1,0	1,0
Sobral, M. 8432 (HUEFS)	28,8±0,6	(25,0-30,0)	28,1±0,7	(25,0-32,5)	27,2±0,7	(25,0-30,0)	1,02	0,34	23,0x1,1	10,4x2,0	1,0	1,2
Tribo Spondieae												
<i>Cyrtocarpa caatingae</i> J.D.Mitch. & Daly												
Pinto, G. C. P., 202 (HUEFS)*	24,4±0,7	(22,5-27,5)	19,9±0,8	(17,5-22,5)	21,0±0,9	(17,5x25,0)	1,23	0,25	20,7x1,7	8,2x1,7	1,1	0,9
Harley, R. M. 55196 (HUEFS)	25,8±0,7	(22,5-27,5)	20,0±0,5	(17,5-22,5)	20,5±0,6	(17,5-22,5)	1,29	0,23	21,0x1,2	9,0x1,3	1,0	0,9
Melo, E. 10595 (HUEFS)	24,5±0,8	(20,0-27,5)	20,7±0,6	(17,5-22,5)	21,2±0,6	(17,5-22,5)	1,18	0,25	17,4x1,1	6,1x1,2	1,1	1,0
<i>Spondias caatingae</i> P. C. L. Carvalho & Van den Berg												
Van den Berg, C. 1974 (HUEFS)*	41,5±1,0	(37,5-47,5)	30,5±0,8	(27,5-32,5)	30,0±0,1,0	(27,5-35,0)	1,36	0,31	35,1x1,6	8,4x3,9	1,7	1,2
Van den Berg, C. 1977 (HUEFS)	41,6±1,4	(37,5-50,0)	29,4±0,9	(25,0-35,0)	28,9**		1,41	0,21	33,4x1,2	8,6x3,4	1,3	1,0
Van den Berg, C. 1978 (HUEFS)	40,2±0,8	(37,5-45,0)	28,2±0,7	(25,0-32,5)	28,6**		1,43	0,18	31,6x1,1	9,5x2,6	1,3	1,0
<i>Spondias purpurea</i> L.												
Van den Berg, C. 1965 (HUEFS)*	40,6±1,2	(35,0-47,5)	30,4±0,8	(27,5-35,0)	30,4±0,9	(25,0-32,5)	1,34	0,27	31,2x1,7	9,8x3,1	1,4	0,9
<i>Spondias mombin</i> Jacq.												
Mattos-Silva, L. A. 4288 (HUEFS)*	38,6±1,1	(35,0-45,0)	31,6±0,7	(27,5-35,0)	31,6±0,8	(27,5-32,5)	1,22	0,31	30,4x1,8	7,4x3,0	1,2	0,9
Especime 1** (HUEFS)	42,4±1,4	(37,5-47,5)	31,0±1,0	(25,0-35,0)	31,8±0,7	(27,5-35,0)	1,37	0,19	35,1x1,2	10,4x3,4	1,6	1,0
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda												
Melo, E. 7046 (HUEFS)*	38,6±0,8	(35,0-42,5)	30,3±0,6	(27,5-35,0)	29,7±0,7	(27,5-32,5)	1,27	0,30	32,9x1,3	9,1x2,4	1,4	1,0
Fadigas, M. D. 03 (HUEFS)	44,2±1,7	(35,0-50,0)	31,9±1,0	(27,5-37,5)	32,5±0,8	(27,5-35,0)	1,39	0,26	37,1x1,3	8,0x3,2	1,2	0,8
Silva, F. H. M. 443 (HUNEB)	41,5±1,3	(35,0-50,0)	31,6±0,9	(25,0-37,5)	33,2**		1,31	0,24	33,5x1,2	8,5x5,0	1,5	1,0
<i>Spondias venulosa</i> Mart. ex Engl.												
Queiroz, L. P. 9805 (HUEFS)*	40,6±0,7	(37,5-42,5)	29,7±0,7	(27,5-32,5)	29,9±0,5	(27,5-32,5)	1,37	0,28	32,2x1,7	10,3x2,5	1,5	1,0
Queiroz, L. P. 9807 (HUEFS)	40,9±1,4	(32,5-45,0)	30,5±1,2	(22,5-35,0)	31,9±0,9	(27,5-37,5)	1,34	0,28	33,6x1,6	9,9x3,0	1,4	1,0
Melo, E. 5459 (HUEFS)	38,1±0,9	(35,0-42,5)	30,0±0,9	(25,0-35,0)	30,1±1,1	(25,0-37,5)	1,27	0,33	28,0x1,3	8,2x3,3	1,5	1,0

Tabela 2. (Continuação)

Espécie/ Espécime	DP		DE		DEp		P/E	IAP	Ecto	Endo	Sex	Nex
	$\bar{x}\pm S\bar{x}$	(Fv)	$\bar{x}\pm S\bar{x}$	(Fv)	$\bar{x}\pm S\bar{x}$	(Fv)						
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.												
Rapini, A. 1449 (HUEFS)*	25,2±0,8	(20,0-27,5)	22,3±0,7	(20,0-27,5)	22,4±0,7	(20,0-25,0)	1,13	0,22	18,8x1,0	7,4x1,3	1,0	0,9
Sousa, L. A. 205 (HUNEB)	27,8±0,7	(25,0-30,0)	21,7±0,8	(17,5-25,0)	21,4±0,6	(20,0-25,0)	1,28	0,21	23x1,6	9,0x1,9	0,9	0,7
Melo, E. 4272 (HUEFS)	22,2±0,4	(20,0-25,0)	17,8±0,3	(15,0-20,0)	18,6±0,7	(17,5-22,5)	1,25	0,33	16,3x1,3	5,3x1,2	1,3	1,0
<i>Tapirira marchantii</i> Engl.												
Morelato-Fonzar, L. P. C. (HUEFS)*	26,5±0,8	(22,5-30,0)	22,7±0,6	(20,0-25,0)	22,2±0,6	(20,0-25,0)	1,17	0,27	22,1x1,6	9,5x2,2	1,2	1,0
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.												
Ganev, W. 1206 (HUEFS)*	26,4±0,7	(25,0x30,0)	23,9±0,5	(22,5-25,0)	23,9±0,6	(20,0-25,0)	1,10	0,28	20,4x2,1	8,4x4,5	1,2	0,9
Funch, L. S. 171 (HUEFS)	31,1±0,7	(27,5-35,0)	25,4±0,7	(22,5-27,5)	25,0±0,7	(22,5-27,5)	1,22	0,22	24,4x1,7	10,2x2,0	1,0	0,9
Nascimento, F. H. F. 242 (HUEFS)	25,2±0,8	(22,5x27,5)	24,2±0,5	(22,5-25,0)	23,0±0,8	(17,5-25,0)	1,04	0,4	17,0x1,3	9,5x2,1	0,9	1,0

Tabela 3 Caracteres morfológicos dos grãos de pólen de espécies de Anacardiaceae ocorrentes na Bahia, Brasil. P = Pequeno, M = Médio, OE = oblata-esferoidal, E = esférica, PE = prolata-esferoidal, SP = subprolata, P = prolata, C = Circular, SC = Subcircular, ST = Subtriangular, N = Nexina, S = Sexina, LA = Lalongada, LO = Lolongada, (+) = presença, (-) = ausência.

Espécie	Tam	Forma	Área Polar	Amb	Ornamentação da Exina	Endoabertura	Fastígio
Tribo Anacardiaceae							
<i>Anacardium humile</i>	M	SP	Pequena	ST	Estriada-microrreticulada (ML e MEV)	LA; Margens superior e inferior côncavas	-
<i>Anacardium occidentale</i>	M	SP/P	Muito pequena	SC	Estriada-microrreticulada (ML e MEV)	LO; Margens superior e inferior côncavas	-
<i>Anacardium sp.</i>	M	SP	Muito pequena	SC	Estriada-microrreticulada (ML)	LO; Margens superior e inferior côncavas	-
<i>Mangifera indica</i>	M	SP	Pequena	C	Estriada-microrreticulada (ML e MEV)	LA; Margens superior e inferior constrictas	+
Tribo Rhoeeae							
<i>Apterotheca gardneri</i>	M	PE	Muito pequena	ST	Rugulada-estriada-microrreticulada (ML e MEV)	LA; Margens superior e inferior paralelas	+
<i>Astronium conccinum</i>	M	SP	Muito pequena	SC	Estriada-microrreticulada (ML e MEV)	LA; Margens superior e inferior paralelas	-
<i>Astronium fraxinifolium</i>	P/M	OE/PE	Muito pequena	C	Estriada-microrreticulada (ML); estriada-perfurada (MEV)	LA; Margens superior e inferior paralelas	-
<i>Astronium graveolens</i>	M	OE/PE	Muito pequena	SC	Estriada-microrreticulada (ML)	LA; Margens superior e inferior paralelas	-
<i>Lithraea molleoides</i>	M	SP	Pequena	SC	Estriada-microrreticulada (ML e MEV)	LA; Margens superior e inferior côncavas	+
<i>Myracrodruon urudeuva</i>	M	E/PE	Muito pequena	ST	Estriada-microrreticulada (ML), estriada-perfurada (MEV)	LA; Margens superior e inferior paralelas	-
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	M	SP	Pequena	ST	Estriada-reticulada (ML e MEV)	LA; Margens superior e inferior paralelas	+
<i>Schinus terebinthifolius</i>	P/M	PE/SP	Muito pequena	SC/ST	Estriada-microrreticulada (ML); estriada-perfurada (MEV)	LA; Margens superior e inferior paralelas	-
<i>Thyrsodium schomburgkianum</i>	M	PE	Pequena	ST	Finamente microrreticulada (ML)	LA; Margens superior e inferior côncavas	-
<i>Thyrsodium spruceannum</i>	M	PE	Pequena	ST/SC	Psilada (ML e MEV)	LA; Margens superior e inferior côncavas	-

Tabela 3. (Continuação)

Espécie	Tam	Forma	Área Polar	Amb	Ornamentação da Exina	Endoabertura	Fastígio
Tribo Spondieae							
<i>Cyrtocarpa caatingae</i>	M	SP	Muito pequena	C	Estriada-microrreticulada (ML e MEV)	LA; Margens superior e inferior indistintas	–
<i>Spondias caatingae</i>	M	P	Muito pequena	SC	Estriada-microrreticulada (ML)	LA; Margens superior e inferior côncavas	+
<i>Spondias mombin</i>	M	P	Muito pequena	C	Estriada-microrreticulada (ML e MEV)	LA; Margens superior e inferior côncavas	+
<i>Spondias purpurea</i>	M	P	Muito pequena	C	Estriada-microrreticulada (ML e MEV)	LA; Margens superior e inferior paralelas	+
<i>Spondias tuberosa</i>	M	P	Muito pequena a pequena	C	Estriada-microrreticulada (ML)	LA; Margens superior e inferior paralelas ou côncavas	–
<i>Spondias venulosa</i>	M	SP/P	Pequena	C	Estriada-microrreticulada (ML e MEV)	LA; Margens superior e inferior côncavas	–
<i>Tapirira guianensis</i>	M	SP	Muito pequena	C	Estriada-microrreticulada (ML e MEV)	LA; Margens superior e inferior paralelas	–
<i>Tapirira marchantii</i>	M	SP	Pequena	ST	Estriada (ML e MEV)	LA; Margens superior e inferior paralelas	–
<i>Tapirira obtusa</i>	M	PE/SP	Pequena	SC	Estriada (ML e MEV)	LA; Margens superior e inferior côncavas	–

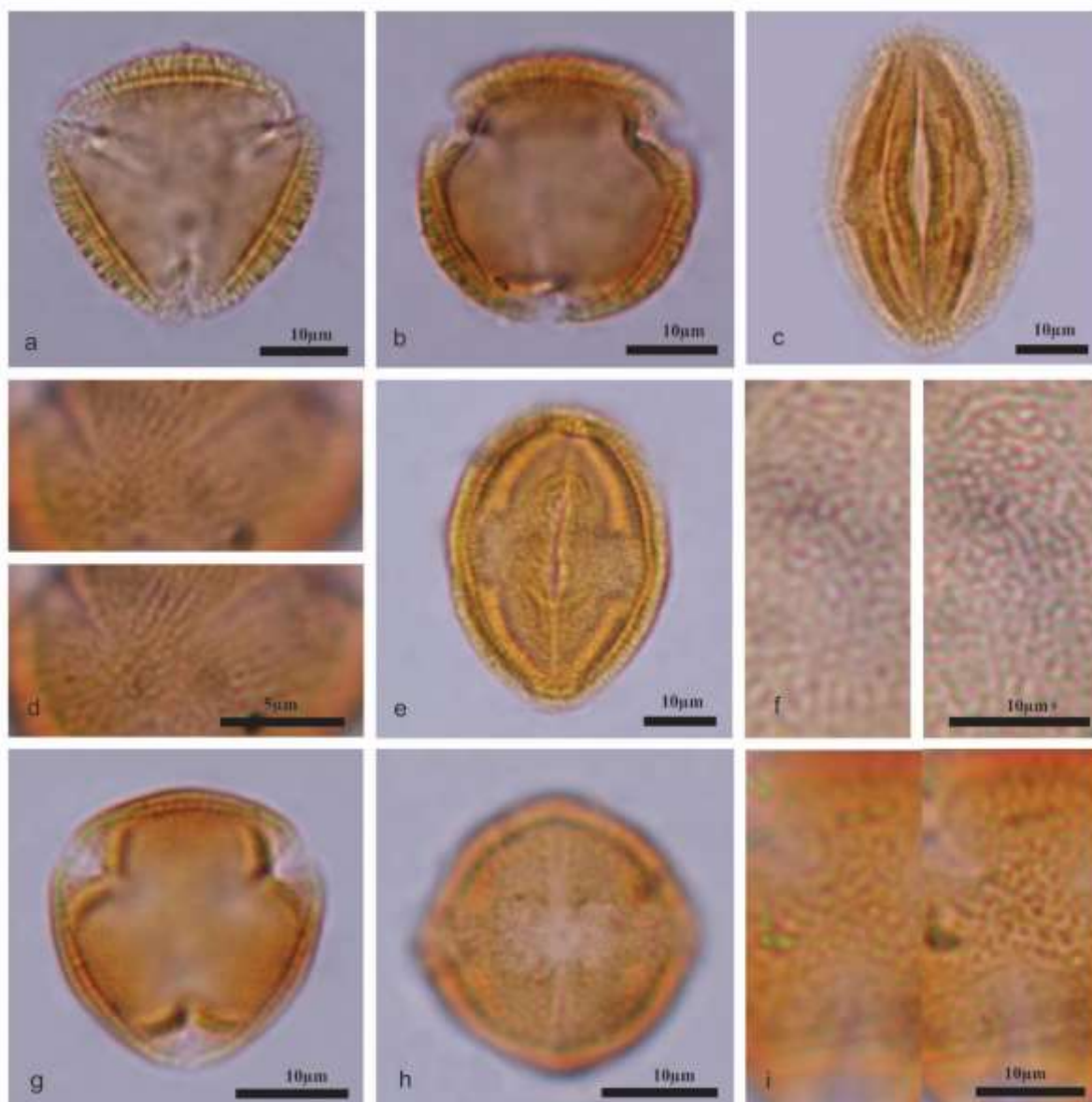


Fig. 1 Fotomicrografias (ML) de grãos de pólen de espécies de Anacardiaceae: *Anacardium humile* Engl.: **a** corte óptico em vista polar, *A. occidentale* L.: **b** corte óptico em vista polar, **c** detalhe da abertura, **d** análise de L.O. *Anacardium* sp.: **e** corte óptico e detalhe da abertura, **f** análise de L.O. *Mangifera indica* L.: **g** corte óptico, **h** superfície e detalhe da abertura, **i** análise de L.O.

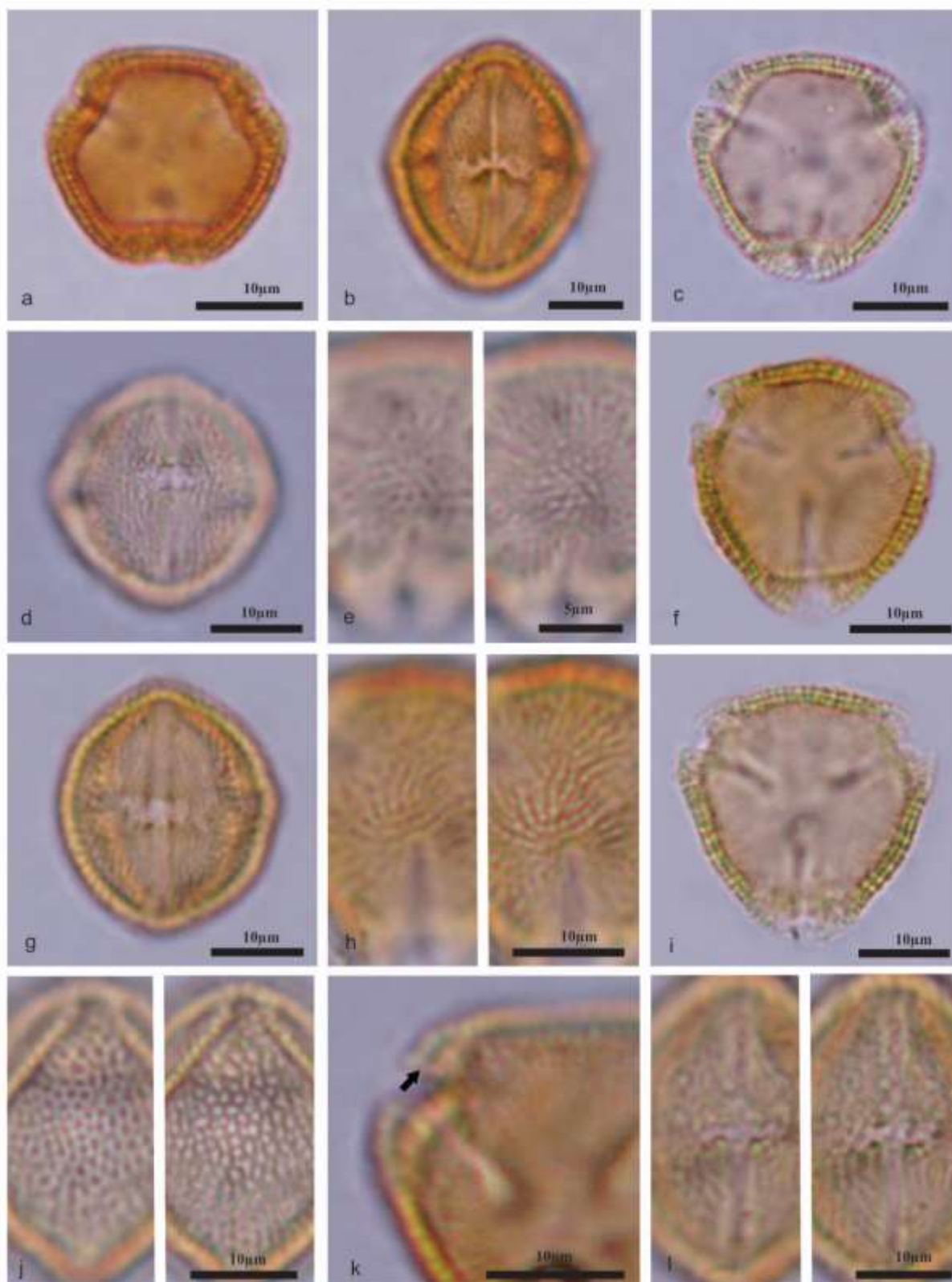


Fig. 2 Fotomicrografias (ML) de grãos de pólen de espécies de Rhoaeae: *Apterotheca gardneri* (Engl.) Rizzini: **a** corte óptico, **b** superfície e detalhe da abertura. *Astronium concinnum* Schott: **c** corte óptico, **d** superfície e detalhe da abertura, **e** análise de L.O. *A. fraxinifolium* Schott: **f** corte óptico, **g** superfície e detalhe da abertura, **h** análise de L.O. *A. graveolens* Jacq.: **i** corte óptico, **j** análise de L.O. *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.: **k** detalhe do fastígio (seta), **l** análise de L.O.

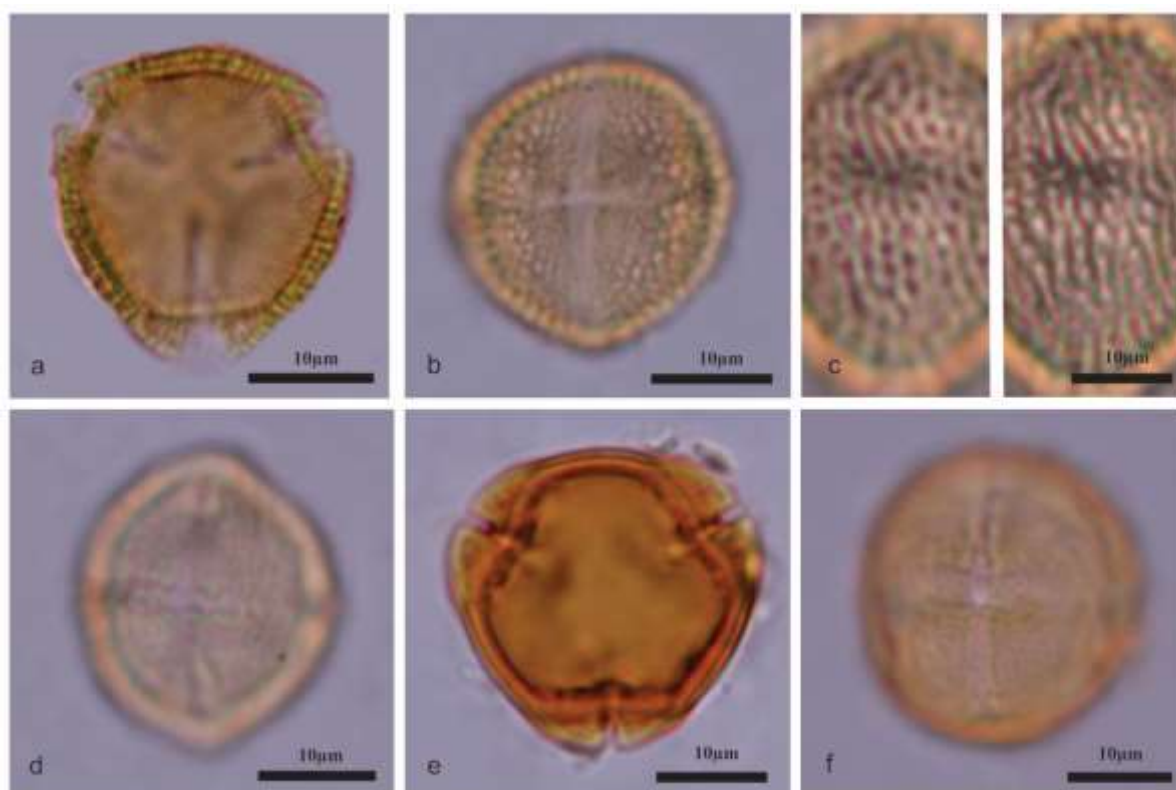


Fig. 3 Fotomicrografias (ML) de grãos de pólen de espécies de Rhoaceae: *Myracrodruon urudeuva* Allem.: **a** corte óptico, **b** superfície e detalhe da abertura. *Schinopsis brasiliensis* Engl.: **c** análise de L.O. *Thyrsodium schomburgkianum* Benth.: **d** detalhe das aberturas. *T. spruceannum* Benth.: **e** corte óptico, **f** detalhe da abertura.

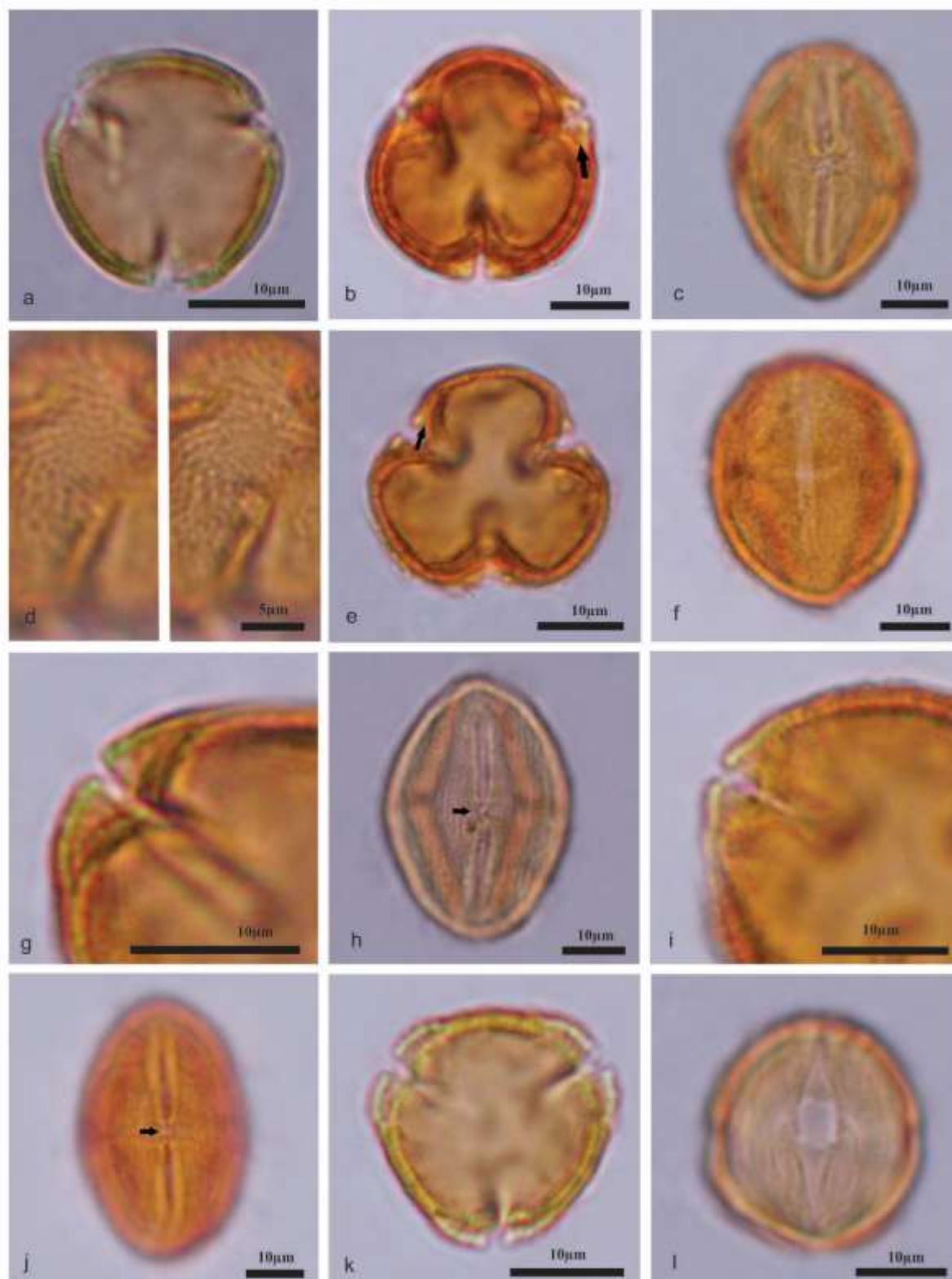


Fig. 4 Fotomicrografias (ML) de grãos de pólen de espécies de Spondieae: *Cyrtocarpa caatingae* J. D. Mitch. & Daly: **a** corte óptico. *Spondias caatingae* P. C. L. Carvalho & Van den Berg: **b** corte óptico e detalhe do fastígio (seta), **c** detalhe da abertura, **d** análise de L.O. *S. purpurea* L.: **e** corte óptico e detalhe do fastígio (seta), **f** superfície e detalhe da abertura, *S. tuberosa* Arruda: **g** detalhe da abertura, corte óptico, **h** detalhe da abertura e ponte (seta). *S. venulosa* Mart. ex. Engl.: **i** detalhe da abertura, corte óptico, **j** detalhe da abertura e ponte (seta). *Tapirira marchantii* Engl.: **k** corte óptico. *T. obtusa* (Benth.) J. D. Mitch.: **l** superfície e detalhe da abertura.

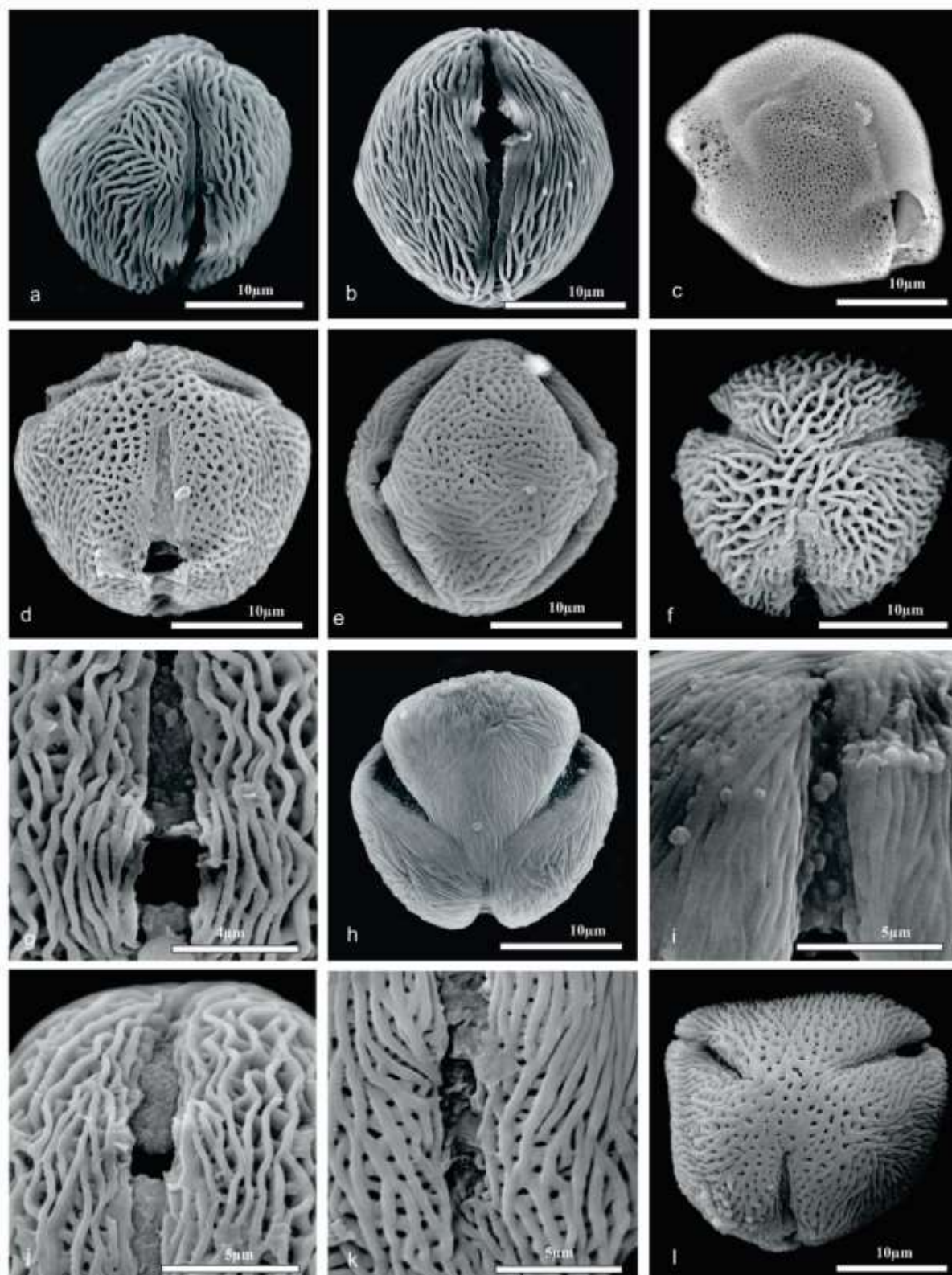


Fig. 5 Eletromicrografias (MEV) de grãos de pólen de espécies de Anacardiaceae (Anacardiaceae e Rhoaceae): *Anacardium humile*: **a** superfície. *A. occidentale*: **b** vista equatorial. *Mangifera indica*: **c** superfície. *Apterokarpos gardneri*: **d** superfície e abertura, **e** superfície, vista equatorial. *Astronium concinnum*: **f** superfície, vista polar, **g** detalhe da abertura e membrana apertural. *A. fraxinifolium*: **h** superfície, **i** membrana apertural. *Lithraea molleoides*: **j** detalhe da abertura e membrana apertural. *Myracrodruon urudeuva*: **k** detalhe da abertura, **l** vista polar.

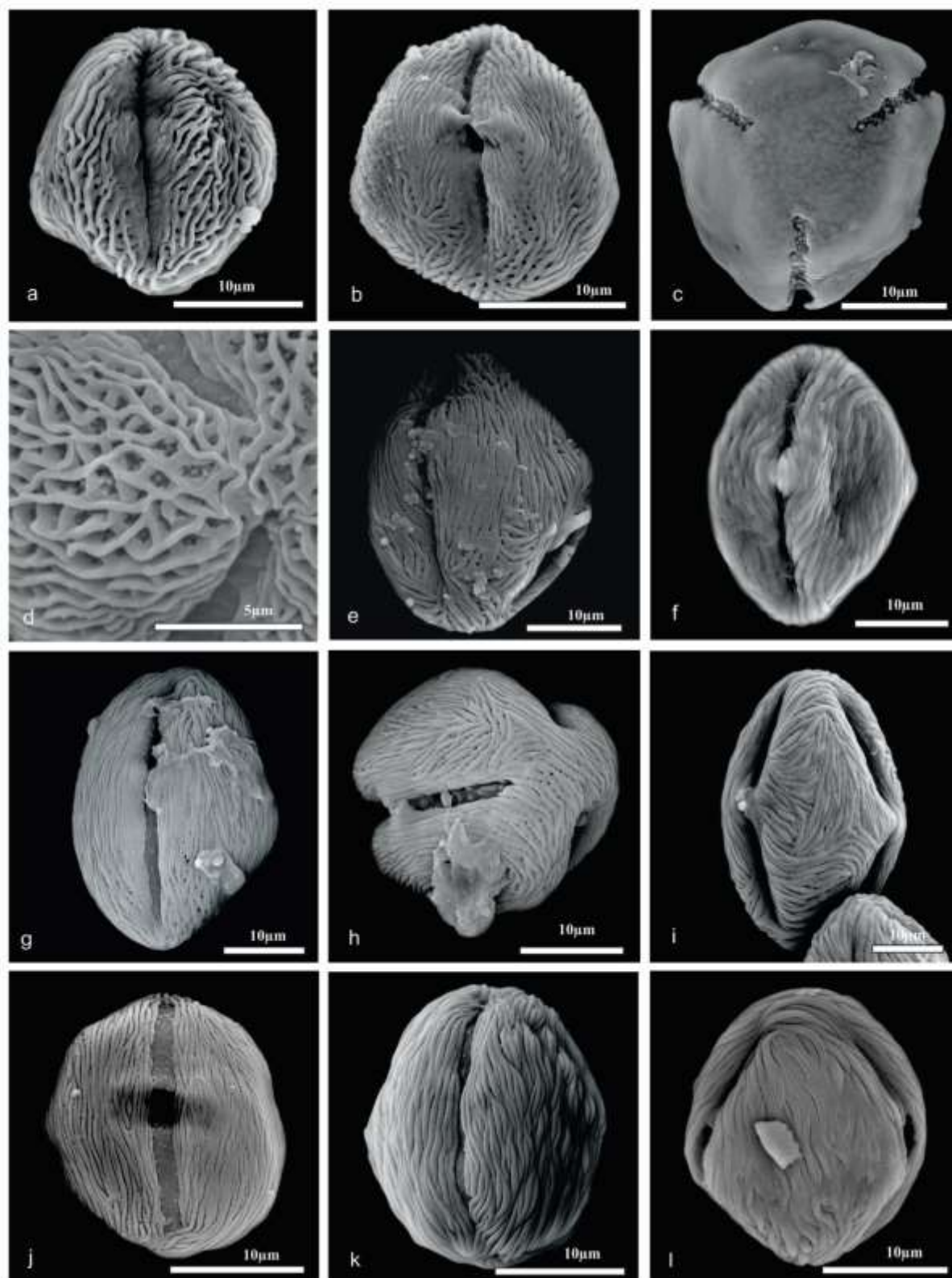


Fig. 6 Eletromicrografias (MEV) de grãos de pólen de espécies de Anacardiaceae (tribo Rhoeeae e Spondieae): *Schinopsis brasiliensis*: **a** vista equatorial. *Schinus terebinthifolius*: **b** vista equatorial. *Thyrsoedium spruceannum*: **c** vista polar. *Cyrtocarpa caatingae*: **d** detalhes da superfície. *Spondias caatingae*: **e** superfície e abertura. *S. mombin*: **f** vista equatorial, detalhe da abertura. *S. tuberosa*: **g** vista equatorial. *S. venulosa*: **h** superfície, **i** superfície, vista equatorial. *Tapirira guaianensis*: **j** vista equatorial. *T. marchantii*: **k** vista equatorial, detalhe da abertura. *T. obtusa*: **l** vista equatorial, mesocólporo.

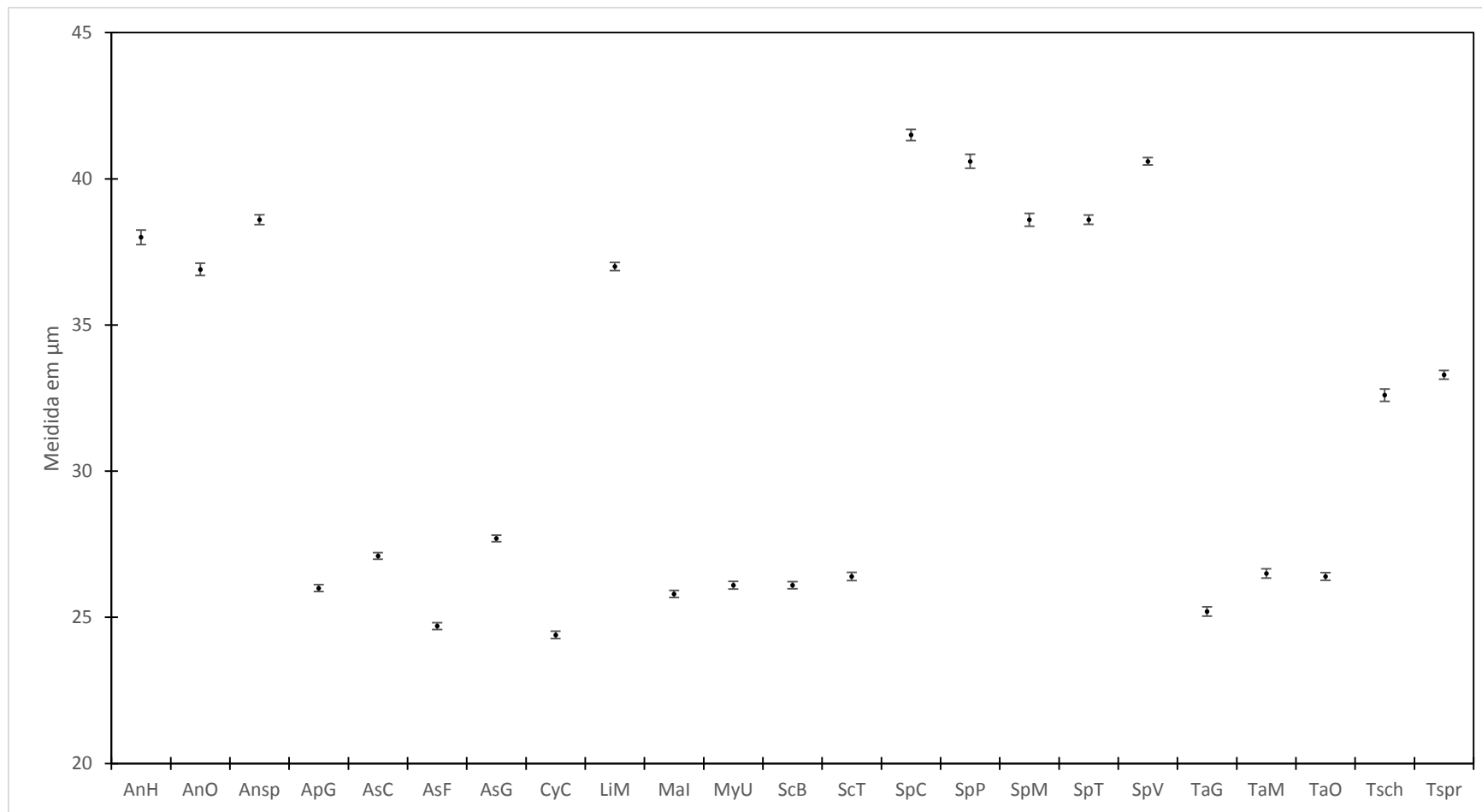


Fig. 7 Representação gráfica do erro padrão da média do Diâmetro Polar (DP) dos grãos de pólen de espécies de Anacardiaceae estudadas: AnH = *Anacardium humile*; AnO = *A. occidentale*; Ansp = *Anacardium* sp.; ApG = *Apterokarpos gardneri*; AsC = *Astronium conccinum*; AsF = *A. fraxinifolium*; AsG = *A. graveolens*; CyC = *Cyrtocharpa caatingae*; LiM = *Lithraea molleoides*; Mal = *Mangifera indica*; MyU = *Myracrodruon urudeuva*; ScB = *Schinopsis brasiliensis*; ScT = *Schinus terebinthifolius*; SpC = *Spondias caatingae*; SpM = *S. mombim*; SpP = *S. purpurea*; SpT = *S. tuberosa*; SpV = *S. venulosa*; TaG = *Tapirira guianensis*; TaM = *T. marchantii*; TaO = *T. obtusa*; Tsch = *Thyrsodium schomburgkianum*; Tspr = *Thyrsodium spruceannum*. Os limites superiores e inferiores representam o erro padrão, os círculos medianos representam a média aritmética. Os valores são dados em µm.

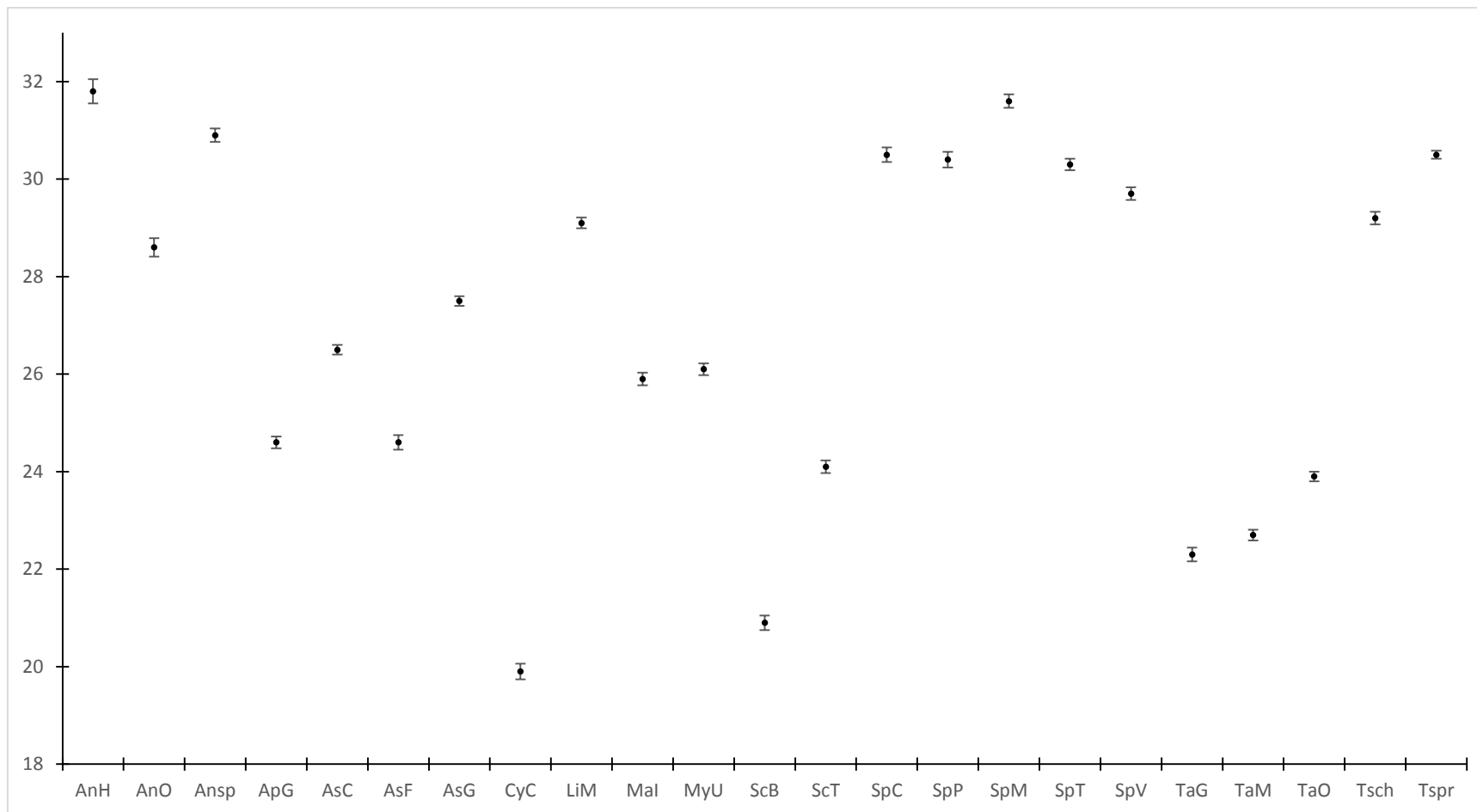


Fig. 8 Representação gráfica do erro padrão da média do Diâmetro Equatorial (DE) dos grãos de pólen de espécies de Anacardiaceae estudadas: AnH = *Anacardium humile*; AnO = *A. occidentale*; Ansp = *Anacardium* sp.; ApG = *Apterokarpos gardneri*; AsC = *Astronium concinnum*; AsF = *A. fraxinifolium*; AsG = *A. graveolens*; CyC = *Cyrtocarpa caatingae*; LiM = *Lithraea molleoides*; MaI = *Mangifera indica*; MyU = *Myracrodruon urudeuva*; ScB = *Schinopsis brasiliensis*; ScT = *Schinus terebinthifolius*; SpC = *Spondias caatingae*; SpM = *S. mombim*; SpP = *S. purpurea*; SpT = *S. tuberosa*; SpV = *S. venulosa*; TaG = *Tapirira guianensis*; TaM = *T. marchantii*; TaO = *T. obtusa*; Tsch = *Thyrsodium schomburgkianum*; Tspr = *Thyrsodium spruceannum*. Os limites superiores e inferiores representam o erro padrão, os círculos medianos representam a média aritmética. Os valores são dados em µm.

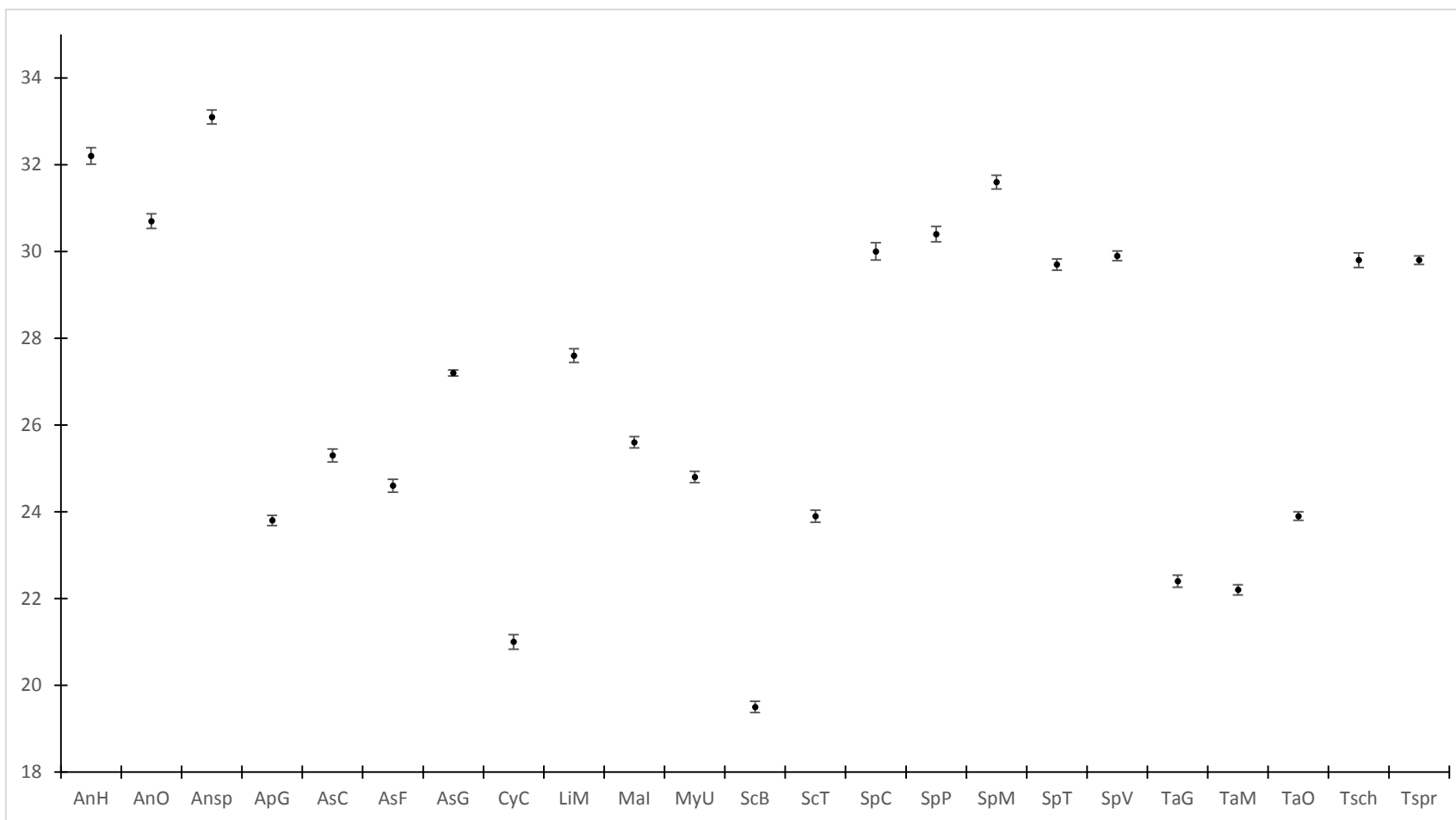


Fig. 9 Representação gráfica do erro padrão da média do Diâmetro Equatorial em vista polar (DEp) dos grãos de pólen de espécies de Anacardiaceae estudadas: AnH = *Anacardium humile*; AnO = *A. occidentale*; Ansp = *Anacardium* sp.; ApG = *Apterokarpos gardneri*; AsC = *Astronium conccinum*; AsF = *A. fraxinifolium*; AsG = *A. graveolens*; CyC = *Cyrtocharpa caatingae*; LiM = *Lithraea molleoides*; MaI = *Mangifera indica*; MyU = *Myracrodruon urudeuva*; ScB = *Schinopsis brasiliensis*; ScT = *Schinus terebinthifolius*; SpC = *Spondias caatingae*; SpM = *S. mombim*; SpP = *S. purpurea*; SpT = *S. tuberosa*; SpV = *S. venulosa*; TaG = *Tapirira guianensis*; TaM = *T. marchantii*; TaO = *T. obtusa*; Tsch = *Thyrsodium schomburgkianum*; Tspr = *Thyrsodium spruceannum*. Os limites superiores e inferiores representam o erro padrão, os círculos medianos representam a média aritmética. Os valores são dados em μm.

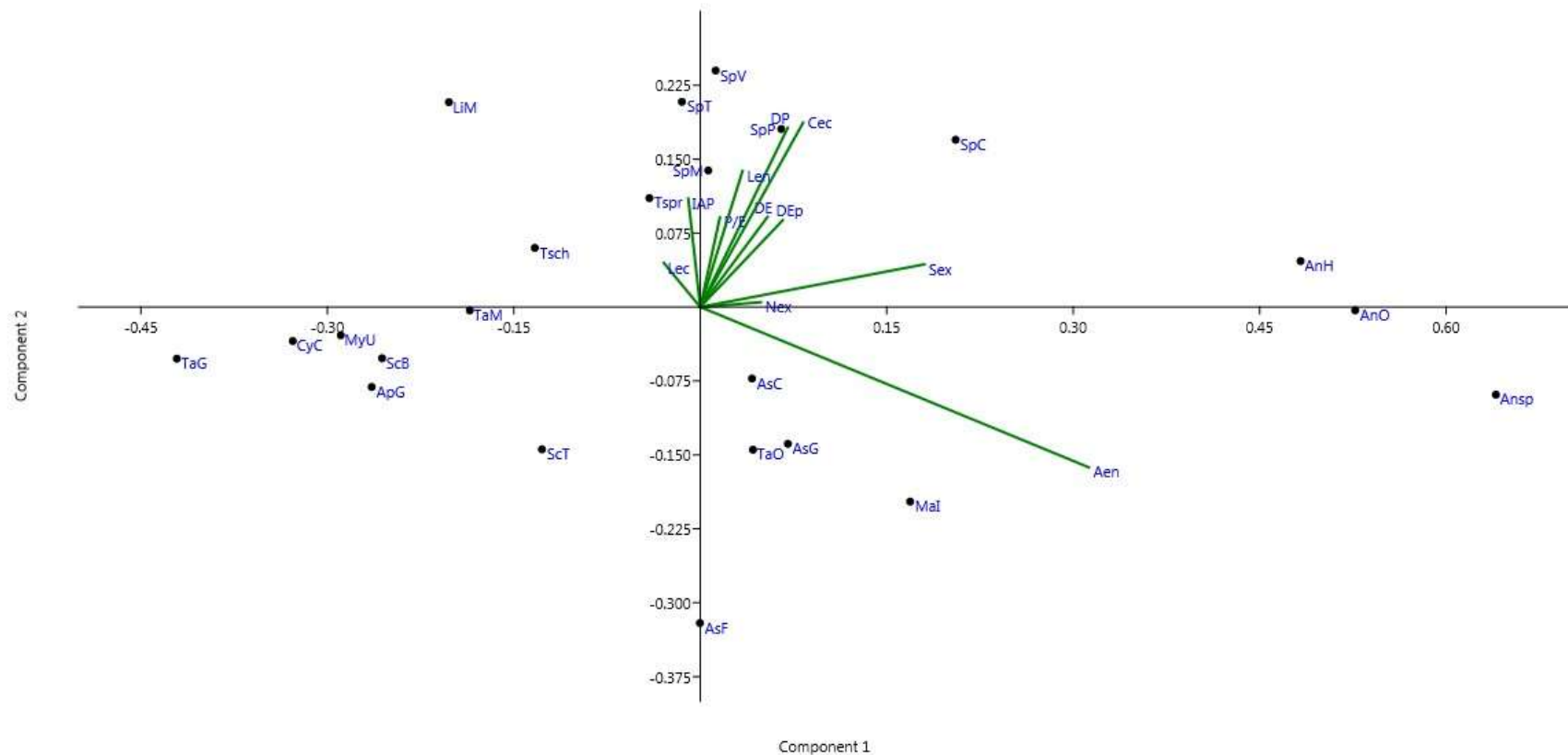


Fig. 10 Ordenação, pela PCA, das espécies de Anacardiaceae estudadas: AnH = *Anacardium humile*; AnO = *A. occidentale*; Ansp = *Anacardium* sp.; ApG = *Apterokarpos gardneri*; AsC = *Astronium conccinum*; AsF = *A. fraxinifolium*; AsG = *A. graveolens*; CyC = *Cyrtocarpa caatingae*; LiM = *Lithraea molleoides*; MaI = *Mangifera indica*; MyU = *Myracrodruon urudeuva*; ScB = *Schinopsis brasiliensis*; ScT = *Schinus terebinthifolius*; SpC = *Spondias caatingae*; SpM = *S. mombim*; SpP = *S. purpurea*; SpT = *S. tuberosa*; SpV = *S. venulosa*; TaG = *Tapirira guianensis*; TaM = *T. marchantii*; TaO = *T. obtusa*; Tsch = *Thyrsodium schomburgkianum*; Tspr = *Thyrsodium spruceannum* em função das variáveis métricas dos grãos de pólen.

A partir da representação gráfica do erro padrão (fig. 7, 8 e 9) é possível inferir que os táxons *Anacardium* spp., *Lithraea molleoides*, *Spondias* spp. e *Thyrsodium* spp. separam-se das demais espécies pelos maiores valores do diâmetro equatorial (DE). *Anacardium* spp., *Lithraea molleoides*, *Spondias* spp. exibiram os maiores valores de diâmetro polar e *Anacardium* spp., *Lithraea molleoides*, *Spondias* spp. e de diâmetro equatorial em vista polar.

O teste Tukey permitiu evidenciar uma diferença significativa entre *Cyrtocarpa caatingae* e todas as espécies de *Spondias*, por estas possuírem altos valores de diâmetros.

Anacardium humile, apesar de possuir os maiores valores de diâmetro equatorial em vista equatorial e em vista polar, no teste de Tukey não se separam de outros táxons estudados. As espécies *Apterokarpos gardneri*, *Astronium* spp., *Cyrtocarpa caatingae*, *Mangifera indica*, *Myracrodruon urudeuva*, *Schinopsis brasiliensis*, *Schinus terebinthifolius* e *Tapirira* spp. formam um grupo com os menores diâmetros polares em vista equatorial.

Anacardium humile e *Anacardium* sp. aparecem no teste Tukey com uma diferença significativa em relação à *Cyrtocarpa caatingae* e *Schinopsis brasiliensis* que apresentam os menores valores de diâmetros.

A partir da ordenação pelo PCA (fig. 10) e a base das médias das variáveis métricas das espécies de Anacardiaceae é possível inferir que:

- a) As espécies de *Spondias* possuem as maiores medidas dos diâmetros, maior relação DP/DE, e maior comprimento da ectoabertura, atraindo a maioria das variáveis na ordenação, na parte superior do eixo y.
- b) *Spondias caatingae* encontra-se mais separada das demais *Spondias* por possuir maiores médias de comprimento da ectoabertura, altura da endoabertura e sexina.
- c) *Thyrsodium spruceannum* encontra-se separada de *T. schomburgkianum* na ordenação por esta última possuir uma maior média de comprimento da ectoabertura.
- d) Entre as espécies de *Astronium*, *A. fraxinifolium* possui os menores diâmetros, menor comprimento da ectoabertura e largura da endoabertura o que a distanciou das demais espécies do gênero.
- e) A variável altura da endoabertura foi significativa para separar as espécies de *Anacardium*, *Mangifera indica*, *Tapirira obtusa*, *Astronium fraxinifolium* e *A. graveolens*, estando a maioria delas no quarto quadrante dos eixos (excetuando *Anacardium humile*).
- f) *Tapirira guianensis* e *T. marchantii* aparecem distantes de *T. obtusa* por esta última possuir maior valor de altura da endoabertura.

- g) Apesar de se aproximarem em relação aos diâmetros, relação P/E, comprimento da ectoabertura e largura da endoabertura as espécies de *Anacardium* se distanciam de *Spondias* na ordenação por divergirem significativamente nas médias de sexina, nexina e altura da endoabertura, o que explica o afastamento.
- h) As espécies *Cyrtocarpa caatingae*, *Myracrodruon urudeuwa*, *Schinopsis brasiliensis*, *Schinus terebinthifolius*, *Tapirira guianensis* e *T. marchantii* apresentam os menores valores para muitas variáveis em relação à *Spondias* spp., distanciando-se da localização destas. Em contrapartida possuem baixas médias de altura da endoabertura, o que explica seus posicionamentos no terceiro quadrante dos eixos da ordenação.

DISCUSSÃO

Anacardium, com base em caracteres anatômicos e morfologia do fruto, detém as características básicas da subfamília Anacardiaceae (Wannan 2006). Morfológicamente, esse gênero se destaca por apresentar grãos de pólen com exina estriada-microrreticulada, atestando as afinidades taxonômicas existentes entre as suas espécies.

As descrições palinológicas aqui apresentadas para as espécies de *Anacardium*, estão em consonância com a literatura em relação ao tamanho, exceto Silva et al. (2014), que registraram grãos de pólen grandes para a espécie *A. occidentale*.

No que se refere à forma dos grãos de pólen das espécies de *Anacardium* estudadas, os dados aqui apresentados são concordantes com Silva et al. (2014) e Pereira et al. (2014), para a espécie *A. occidentale*, porém discordante daqueles apresentados por Miranda e Andrade (1990), que descreveram grãos de pólen suboblatos; e Silva et al. (2016), oblato esferoidais, para esta mesma espécie. Pereira et al. (2014), ao estudarem *A. humile*, consideraram grãos de pólen prolato-esferoidais, diferindo do caráter subprolato descrito neste trabalho para a espécie.

Dados da literatura para espécies de *Anacardium* referem-se a grãos de pólen com endoaberturas alongadas em *A. occidentale* (Silva et al. 2014), caráter aqui observado nesta espécie e em *Anacardium* sp. Muitas vezes, as aberturas dos grãos de pólen dessas espécies são de difícil visualização sob ML, o que dificulta uma melhor descrição e delimitação das endoaberturas (Miranda e Andrade 1990).

O padrão estriado para ornamentação da exina dos grãos de pólen de *Anacardium*, está de acordo com as informações disponíveis na literatura especializada consultada, exceto Roubik e Moreno (1991) e Pereira et al. (2014) que descrevem exina reticulada para *A. humile* e *A. occidentale*, respectivamente. Em estudos sob ML, alguns detalhes da superfície da exina podem passar despercebidos. Salgado-Labouriau (1973), Miranda e Andrade (1990) e Silva et al. (2014) observaram apenas as estrias nas espécies de *Anacardium* estudadas, enquanto Silva et al. (2016), com o detalhamento de superfície sob MEV identificaram, além das estrias, retículo em grãos de pólen de *A. occidentale*. Nesta pesquisa, essa mesma espécie foi descrita com exina estriada-microrreticulada.

Mora et al. (2013) observaram em *Mangifera indica* grãos de pólen 3-porados, diferindo dos dados encontrados na literatura e neste trabalho para a família Anacardiaceae, que tem como padrão, grãos de pólen colporados. A ornamentação estriada-microrreticulada, observada neste trabalho tanto sob ML como sob MEV, está divergente do padrão estriado descrito por

Aftab e Perveen (2006) e rugulado-estriado visto por Martinez-Hernandez et al. (1993), sob análise de ML.

As espécies de *Rhoeae* apresentaram características heterogêneas na morfologia polínica, em virtude do tamanho, forma, organização das aberturas, ornamentação e escultura da exina que se mostraram diferentes entre os táxons estudados.

Não há registros na literatura da morfologia polínica de espécies de *Apterotheca*, *Schinopsis* e *Thyrsodium*, sendo as descrições aqui realizadas inéditas para os gêneros. *Apterotheca gardneri* é uma espécie monotípica, endêmica do Nordeste do Brasil e neste trabalho tem sua primeira caracterização palinológica. A ocorrência de exina rugulada -estriada-microrreticulada, sob MEV, é única entre os táxons estudadas, tornando o caráter diagnóstico para a espécie. As informações contidas neste trabalho para *Schinopsis brasiliensis* e *Thyrsodium* spp. corroboram em sua maioria com as características das espécies da subfamília Anacardiaceae, sendo que as espécies de *Thyrsodium* destacaram-se dos demais táxons estudados pela exina finamente microrreticulada ou psilada em *T. spruceannum*.

O tipo apertural, amb e padrão de ornamentação da exina das espécies de *Astronium* descritas neste trabalho corroboram os dados da literatura para *A. fraxinifolium* e *A. balansae* (Anzótegui 2002). O tamanho pequeno de *A. fraxinifolium* também foi registrado pela autora. Quanto à forma, os dados morfométricos desta espécie revelaram grãos de pólen esféricos (espécime padrão), oblato-esferoidais ou prolato-esferoidais (espécimes de comparação). Anzótegui (2002) considera para a espécie, apenas grãos de pólen prolato-esferoidais.

Sanchez-Dzib et al. (2009) sob análise de ML, descreveram grãos de pólen da espécie *A. graveolens* com exina reticulada, diferindo dos dados aqui apresentados para esse caráter também sob ML. Não foram encontradas, na literatura, descrições palinológicas sobre a morfologia polínica da espécie *A. conccinum*.

Anzótegui (2002) e Macedo et al. (2009) caracterizaram grãos de pólen de espécies de *Lithraea*, encontrando a maioria das características polínicas similares às apresentadas no presente trabalho para a espécie *L. molleoides*, entretanto, os autores supracitados não se referem a grãos de pólen com presença de fastígio no gênero, o que pode ser observado na espécie aqui estudada.

Conforme Anzótegui (2002), *Lithraea molleoides* e espécies de *Astronium*, se diferenciam palinologicamente por a primeira apresentar estrias estreitas ou largas com muros altos, enquanto em *Astronium* spp. as estrias são mais largas. Essa descrição corrobora com os dados aqui apresentados para *A. conccinum* e *L. molleoides*. *Astronium fraxinifolium*, porém, exibiu grãos de pólen com estrias justapostas.

Os grãos de pólen de *Myracrodruon urudeuva* foram descritos por Silva et al. (2014), cujos resultados foram semelhantes aos aqui apresentados. Os dados são discordantes quanto à superfície da exina, descrita pelos autores como estriada-reticulada.

Tamanho, forma, aberturas e ornamentação da exina dos grãos de pólen de *Schinus terebinthifolius* aqui descritos corroboram com a descrição de Anzótegui (2002) e Silva et al. (2014), sob ML. A forma e a ornamentação da exina foram discordantes dos dados apresentados por Willard et al. (2004).

Na literatura há dados polínicos para espécies de *Spondias* apenas em Martinez-Hernandez et al. (1993), Garcia et al. (2011) e Silva et al. (2016). Os dados apresentados para tipo, número e organização das aberturas, estão em consonância com o que foi descrito para alguns táxons do gênero. Contudo, em relação à ponte, que foi observada na maioria das espécies de *Spondias* estudadas, não foi encontrada nenhuma referência na literatura.

Martinez-Hernandez et al. (1993) descreveram para *S. mombin* grãos de pólen com exina rugulada-estriada-perfurada, e Garcia et al. (2011) com exina estriada. Os dados aqui apresentados são discordantes destes autores quanto à ornamentação da exina, tanto sob ML como MEV.

Spondias tuberosa é uma espécie nativa da caatinga e só havia sido estudada palinologicamente por Silva et al. (2016). A maioria das características morfológicas constatadas para a espécie é concordante com os autores, contudo, discordantes quanto à ornamentação da exina, que descreveram como estriada-reticulada.

As espécies *C. caatingae*, *S. caatingae*, *S. purpurea* e *S. venulosa* e *Tapirira* spp. não possuem registro de caracterização palinológica na literatura especializada, sendo as descrições aqui apresentadas, as primeiras informações acerca da morfologia polínica dos táxons.

Apesar de não existirem na literatura descrições polínicas das espécies de *Tapirira*, a partir da classificação de Mitchell e Mori (1987), que incluíram *Tapirira* e *Spondias* na tribo Spondieae, a forma (prolata a subprolata) e o amb (circular a subcircular) são características comuns aos gêneros. Os caracteres observados nas espécies de *Tapirira* são bastante homogêneos em relação às características da família, havendo elementos diagnósticos especialmente na organização das estrias.

Implicações taxonômicas da morfologia polínica

Pell (2004) e Pell et al. (2011) propuseram a organização dos táxons de Anacardiaceae em duas subfamílias, sustentada principalmente pela estrutura e anatomia do fruto classificado

em dois tipos básicos. A subfamília Anacardioideae, reúne as espécies das tribos Anacardieae, Dobineae, Rhoeae e Semecarpeae, que são bem sustentadas filogeneticamente. Palinologicamente, neste trabalho, as características que reforçam essa organização taxonômica referem-se ao tamanho médio (exceto *A. fraxinifolium*); tipo apertural 3-colporado; ectoaberturas com extremidades afiladas; exina com padrão estriado; sexina mais espessa que nexina. As espécies do gênero *Thyrsodium*, no entanto, não compartilham do padrão estriado para ornamentação da exina com o restante do grupo.

A subfamília Spondioideae está composta essencialmente pelos táxons pertencentes à tribo Spondieae. Palinologicamente, nos dados aqui apresentados, compartilham o tamanho, forma na classe prolata (exceto *T. obtusa*), tipo apertural e padrão estriado de ornamentação da exina.

A tribo Anacardieae está representada neste trabalho pelos gêneros *Anacardium* e *Mangifera*, os quais com base na anatomia do endocarpo, se aproximam filogeneticamente (Pell 2004; Wannan 2006). A análise morfológica de espécies de *Anacardium* e *Mangifera indica* realizada neste trabalho, evidencia que ambos os táxons apresentaram grãos de pólen com forma subprolata, amb circular a subcircular, endoaberturas com extremidades arredondadas e exina estriada-microrreticulada. Essas características polínicas compartilhadas atestam as afinidades taxonômicas existentes entre os gêneros e o posicionamento dos mesmos nesta tribo.

As espécies da tribo Rhoeae aqui analisadas possuem características polínicas compartilhadas entre todos os táxons, contudo, exibem uma grande variedade quanto ao tamanho, forma, amb, aberturas e ornamentação da exina.

Macromorfológicamente a tribo Rhoeae está sustentada pela presença de três carpelos e epiderme do fruto lignificada (Pell e Urbatsch 2001). Palinologicamente o padrão de ornamentação da exina constitui uma característica importante para reforçar uma aproximação taxonômica dentro do grupo. No contexto morfológico da tribo Rhoeae em relação à ornamentação da exina, as espécies exibem grãos de pólen em sua maioria estriados. Espécies de *Astronium*, *Lithraea*, *Myracrodruon*, *Schinopsis* e *Schinus* compartilharam, características homogêneas em relação à organização das estrias: bifurcadas e paralelas em direção aos polos. *Astronium conccinum*, *L. molleoides* e *S. brasiliensis*, apresentaram além dessas características, estrias espaçadas e ondulado-espiraladas. Wannan (2006) revela em suas análises que os gêneros *Astronium* e *Schinopsis* possuem uma aproximação fortemente sustentada pela presença de estruturas produtoras de resina.

Por outro lado, as espécies do gênero *Thyrsodium* estudadas mostram-se à parte em relação a esse caráter estriado da tribo, pois exibiram grãos de pólen psilados ou finamente microrreticulados.

Spondieae é uma tribo pouco sustentada filogeneticamente, composta pelos gêneros *Cyrtocarpa*, *Spondias* e *Tapirira* representados neste estudo. Estudos bioquímicos que definem a presença de fisetina no cerne e ausência de amentoflavonoides nas folhas são a base para a sustentação filogenética desses gêneros na tribo (Wannan 2006). Palinologicamente, as características compartilhadas por todos os táxons da tribo Spondieae estudados é a ausência de fastígio, amb subcircular a circular, e a forma na classe prolata (subprolata a prolata) (exceto *T. obtusa*). Wannan (2006) revela que a aproximação de *Cyrtocarpa* e *Tapirira* está melhor sustentada filogeneticamente (90% de bootstrap), aqui confirmada pela análise morfopolínica de espécies dos gêneros, principalmente em relação à escultura da exina estriada, diferindo na disposição das estrias: as quais apresentaram-se justapostas em *Tapirira* spp., enquanto que em *C. caatingae*, dispõem-se espaçadas.

Pereira et al. (2015), ao realizarem um estudo fitoquímico de cinco espécies de *Spondias*, propuseram uma reconstrução filogenética para os táxons estudados. Os autores sustentam uma maior afinidade entre *S. venulosa* e *S. mombin*, e uma menor afinidade entre essas espécies e *S. purpurea*. O estudo da morfologia polínica desses táxons, aqui realizado, revela muitas semelhanças entre eles, especialmente a presença de ponte na região endoabertura, exceto em *S. purpurea*, corroborando com os autores quanto à separação desta espécie em relação às outras.

Os gráficos de erro padrão e o resultado do teste de Tukey aproximam *Anacardium* spp. e *Spondias* spp. entre os maiores valores de diâmetro, contudo, Pell e Urbatsch (2001) classificam estes gêneros em tribos e subfamílias distintas.

O teste Tukey separa significativamente *Cyrtocarpa caatingae* das espécies de *Spondias*, diferindo da classificação de Pell (2004) que coloca os gêneros na mesma subfamília (Spondieae), além de revelar aproximação filogenética com uma forte sustentação (76% de bootstrap).

A ordenação do PCA em comparação com a classificação das espécies de Anacardiaceae em tribos, corrobora com a junção de *Anacardium* spp. e *Mangifera indica* na tribo Anacardiaceae, entretanto as demais espécies não estão ordenadas de acordo com a classificação de Engler (1897), reafirmada por Pell e Urbatsch (2001).

CONCLUSÕES

As características morfológicas aqui apresentadas confirmam o caráter euripolínico da família Anacardiaceae. Os atributos mais divergentes dentro do grupo que podem auxiliar na taxonomia são as variações das aberturas e a ornamentação da exina, pode ser observada também a ocorrência de fastígio, ponte e constrição da endoabertura em alguns táxons.

Grãos de pólen médios e 3-colporados estão presentes em todas as espécies estudadas, representam uma sinapomorfia para as espécies estudadas da família. Apesar da exina apresentar ornamentação estriada na maioria das espécies (exceção de *Thyrsodium* spp.), foram observadas variações quanto ao tamanho, forma, endoaberturas; e disposição e organização das estrias, além da presença de outros elementos esculturais de exina. Tais variações auxiliam na discussão palinotaxonômica infragenérica e entre os gêneros.

Anacardiaceae ainda é pouco conhecida palinologicamente, visto que muitos táxons são aqui caracterizados pela primeira vez. O estudo da morfologia polínica dos táxons de Anacardiaceae contribui para maior conhecimento da palinoflora brasileira e mundial, podendo colaborar com a circunscrição taxonômica e entendimento das relações filogenéticas do grupo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos curadores e servidores dos herbários HUNEB e HUEFS; Centro de Microscopia Eletrônica (CME) da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC); Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal (PPGBVeg), Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

APÊNDICE: espécimes investigados

Anacardium humile Engl. Brasil: Bahia, Estrada para Montalvânia, 13 out 2005, L. P. de Queiroz 11003 (HUEFS)*; Bahia, Rui Barbosa, 28 jul 2004, L. P. de Queiroz 9395 (HUEFS); Bahia, Morro do Chapéu, 07 out 2007, L. P. de Queiroz 13285 (HUEFS).

Anacardium occidentale L. Brasil: Bahia, Pilão Arcado, 07 set 2005, L. P. de Queiroz 10886 (HUEFS)*; Bahia, Rui Barbosa, 28 set 2004, L. P. de Queiroz 9392 (HUEFS); Bahia, Salvador, 10 mar 2009, L. Araújo et al. 16 (HUEFS).

Anacardium sp. Brasil: Bahia, Barra, 30 ago 2011, A. M. Miranda 6355 (HUEFS)*.

Apterokarpos gardneri (Engl.) Rizzini. Brasil: Bahia, Casa Nova, 06 mar 2008, C. Correia 460 (HUEFS)*; Bahia, Casa Nova, 01 mar 2008, C. Correia 434 (HUEFS).

Astronium concinnum Schott. Brasil: Bahia, Amargosa, 04 ago 2007, J. L. Paixão 1304 (HUEFS)*; Bahia, Morro do Chapéu, 08 ago 2003, J. G. de Carvalho-Sobrinho 129 (HUEFS); Bahia, Feira de Santana, 18 ago 2004, A. A. Santos 2456 (HUEFS).

Astronium fraxinifolium Schott. Brasil: Bahia, São Desidério, 16 jun 2007, S. Reis 37 (HUEFS)*; Bahia, Itaguari, 29 ago 2007, M. L. S. Guedes 13689 (HUEFS); Bahia, São Desidério, 16 jun 2007, S. Reis 158 (HUEFS).

Astronium graveolens Jacq. Brasil: Bahia, Barra, 31 ago 2011, A. M. Miranda 6356 (HUEFS)*; Bahia, Rio de Contas, 06 set 2003, R. M. Harley 54671 (HUEFS); Bahia, Riachão das Neves, 03 jun 1999, E. Melo 2761 (HUEFS).

Cyrtocarpa caatingae J.D.Mitch. & Daly. Brasil: Bahia, Iaçú, jul 1980, G. C. P. Pinto 20280 (HUEFS)*; Bahia, Rio de Contas, 01 nov 2004, R. M. Harley 55196 (HUEFS); Bahia, Maracás, 03 nov 2005, E. Melo 10595 (HUEFS).

Lithraea molleoides (Vell.) Engl. Brasil: Bahia, Rio de Contas, 31 jul 1999, F. H. Nascimento 212 (HUEFS)*; Bahia, Caetitê, 17 set 2009, C. Correia 506 (HUEFS).

Mangifera indica L. Brasil: Bahia, Jeremoabo, 19 abr 2009, L. Araujo et. al. 81 (HUEFS)*; Bahia, Maragojipe, 09 set 2014, B. F. Santana 209 (HUEFS); Bahia, Senhor do Bonfim, 20 jul 2017, A. C. R. ASSIS 100 (HUNEB).

Myracrodruon urundeuva Allem. Brasil: Bahia, Paramirim, 29 abr 2007, E. Melo 1952 (HUEFS)*; Bahia, Paramirim, 29 abr 2007, A. A. Conceição 1952 (HUEFS); Bahia, Itaquari, 17 mai 2001, F. França 3632 (HUEFS).

Schinopsis brasiliensis Engl. Brasil: Bahia, Paramirim, 29 abr 2007, A. A. Conceição 1957 (HUEFS)*; Bahia, Juazeiro, 10 jun 2007, K. R. S. Mariano 14 (HUEFS); Bahia, Brotas de Macaúbas, 03 jun 2007, A. A. Conceição 2234 (HUEFS).

Schinus terebinthifolius Raddi. Brasil: Bahia, Santa Terezinha, 16 mai 2011, E. Melo 9564 (HUEFS)*; Bahia, Mundo Novo, 08 dez 2008, L. Araújo 03 (HUEFS); Bahia, Feira de Santana, 06 mar 2001, C. Correia 27 (HUEFS).

Spondias caatingae P. C. L. Carvalho & Van den Berg. Brasil: Bahia, Iaçú, 05 dez 2010, C. Van den Berg 1974 (HUEFS)*; Bahia, Iaçú, 05 dez 2010, C. Van den Berg 1977 (HUEFS); Bahia, Cruz das Almas, 05 dez 2010, C. Van den Berg 1978 (HUEFS).

Spondias purpurea L. Brasil: Bahia, Serra Preta, 18 nov 2008, C. Van den Berg 1965 (HUEFS)*.

Spondias mombin Jacq. Brasil: Bahia, Ilhéus, 19 out 2000, L. A. Mattos-Silva 4288 (HUEFS)*; Bahia, Ilhéus, 07 out 1981, J. L. Haje 1429 (HUEFS).

Spondias tuberosa Arruda. Brasil: Bahia, Abaré, 01 nov 2009, E. Melo 7046 (HUEFS)*; Bahia, Queimadas, 18 out 2009, M. D. Fadigas 03 (HUEFS); Bahia, Canudos, 20 set 2003, F. H. M. Silva 443 (HUNEB).

Spondias venulosa Mart. ex Engl. Brasil: Bahia, Rui Barbosa, 14 nov 2004, L. P. de Queiroz 9807 (HUEFS)*; Bahia, local, data, L. P. de Queiroz 9805 (HUEFS); Bahia, Feira de Santana, 20 mar 2008, E. Melo 5459 (HUEFS).

Tapirira guianensis Aubl. Brasil: Bahia, Feira da Mata, 09 jan 2008, A. Rapini 1449 (HUEFS)*; Bahia, Jeremoabo, 21 fev 2006, E. Melo 4272 (HUEFS); Bahia, Pindobaçu, 16 dez 2008, L. A. Sousa 205 (HUNEB).

Tapirira marchantii Engl. Brasil: Bahia, local, data, L. P. C. Morelato-Fonzar s/n (HUEFS)*.

Tapirira obtusa (Benth.) J.D.Mitch. Brasil: Bahia, Abaíra, 10 out 1992, W. Ganey 1206 (HUEFS)*; Bahia, Lençóis, 14 mar 1993, L. S. Funch 171 (HUEFS); Bahia, Rio de Contas, 16 ago 1999, F. H. F. Nascimento 242 (HUEFS).

Thyrsodium schomburgkianum Benth. Brasil: Bahia, Uma, 09 mar 1993, J. G. Jardim 100 (HUEFS)*.

Thyrsodium spruceanum Benth. Brasil: Bahia, Entre Rios, jan 1997, M. Sobral 8432 (HUEFS)*; Bahia, Mata de São João, 22 jan 2004, M. C. Ferreira 1325 (HUEFS); Bahia, Entre Rios, 23 jan 2004, M. N. S. Stapf 227 (HUEFS).

REFERÊNCIAS

- Aftab R, Perveen A (2006) A palynological study of some cultivated trees from Harachi. Pak. J. Bot. 38: 15-28.
- Angiosperm Phylogeny Group (2016) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of Linnean Society 181: 1-20.
- Anzótegui LM (2002) Flora del Nordeste Argentino. 2 ed., Corrientes, Eudene-Unne.
- Barros MA, Barth O, Costa KMR (1999) Catálogo sistemático de plantas arbóreas no Brasil Meridional. XXXII: Anacardiaceae. Leandra 14: 17-24.
- Chase MW, Soltis DE, Olmstead RG, Morgan D., Les DH, Mishler BD, Duvall MR, Price RA, Hills HG, Qui YL, Kron KA, Rettig JH, Conti E, Palmer JD, Manhart JR, Sytsma KJ, Michaels HJ, Kress WJ, Karol KG, Clark WD, Hedren M, Gaut BS, Jansen RK, Kim, KJ, Wimpee CF, Smith JF, Furnier GR, Strauss SH, Xiang QY, Eguiarte LEE, Golenberg E, Learn GH, Graham SW, Barret SCH, Dayanandan S, Albert V. A. (1993) Phylogenetic of seed plants: an analysis of nucleotide sequences from the plastid gene *rbcL*. Annals of the Missouri Botanical Garden. 80: 528-580.
- Engler A (1883) Anacardiaceae. In: De Candolle AP, De Candolle AC (eds., Monographie Phanerogamarum, Masson, Paris, pp 171–546.
- Engler A (1892) Anacardiaceae. In: Engler A, Pratl N (eds.) Die natürlichen Pflanzen-familiengruppen, Engelmann, Leipzig, pp138–178.
- Engler A (1897) Nachträge zum II–IV. In: Engler A, Prantl K (eds.) Die natürlichen Pflanzen-familien, Engelmann, Leipzig, pp 214.
- Erdtman G (1943) An introduction to Pollen Analysis. Chronica Botanica Company. Waltman, Mass., U.S.A.
- Erdtman G (1952) Pollen Morphology and Plant Taxonomy- Angiosperms. Almquist & Wiksell, Stockholm.
- Erdtman G (1960) The acetolysis method. A revised description. Svensk Botanisk Tidskrift 39: 561-564.
- Evaldt ACP, Bauermann SG, Souza PA (2013) Descrições morfológicas de palinófitos holocênicos de um fragmento da Savana Estépica Parque em Barra do Quaraí, Rio Grande do Sul, Brasil. Pesquisas em Geociências 40: 209-232.

García Y, Rangel JO, Fernandez D (2011) Flora Palinológica de la vegetación acuática, de pantano y de la llanura aluvial de los humedales de los departamentos de Córdoba y Cesar (Caribe Colombiano). *Caldasia* 33: 573-618.

Gonçalves-Esteves V, Ferreira CB (1994a) Estudo polínico em plantas de restiga do Estado do Rio de Janeiro: Anacardiaceae Lindl. e Capparaceae Juss. *Boletim do Museu Nacional, Nota Suplementar de Botânica* 90: 1-13.

Hesse M, Halbritter H, Weber M, Buchner R, Frosch-Radivo A, Ulrich S, Zetterm R. (2009) *Pollen Terminology: An illustrated handbook*. 1 ed., Springer-Verlag, Viena.

Leal MG, Lorscheitter ML (2006) Pólen, esporos e demais palinomorfos de sedimentos holocênicos de uma floresta paludosa, Encosta Inferior do Nordeste, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia Ser. Bot.* 61: 13-47.

Macedo R.B, Souza PA, Bauermann SG (2009) Catálogo de polens, esporos e demais palinomorfos em sedimentos holocênicos de Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia Ser. Bot.* 64: 43-78.

Martínez-Hernández, E.; Cuadriello-Aguilar, J. I.; Téllez-Valdez, O.; Ramírez-Arriaga, E.; Sosa-Nájera, M. S.; Melchor-Sánchez, J. E. M.; Medina-Camacho, M.; Lozano-García, M. S. (1993). Atlas de las plantas y el polen utilizados por las cinco especies principales de Abejas Productoras de Miel en la Region del Tacana, Chiapas, Mexico. D.F., Universidad Nacional Autónoma de Mexico, Instituto de Geologia.

Melhem TS, Cruz-Barros MAV, Corrêa AS, Makino-Watanabe H, Silvestre-Capelato MSF, EstevesVLG (2003) Variabilidade polínica em plantas de Campos de Jordão (São Paulo, Brasil). *Boletim do Instituto de Botânica* 16: 106p.

Miranda MMB, Andrade TAP (1990) *Fundamentos de Palinologia: Principais tipos de Pólen do Litoral Cearense*.

Mitchell JD, Daly DC (2015) A revision of *Spondias* L. (Anacardiaceae) in the Neotropics. *Phytokeys* 55:1-92.

Mitchell JD, Mori SA (1987) The cashew and its relatives (*Anacardium*: Anacardiaceae). *Mem. New York Bot. Gard.* 42: 1-76.

Mora YAF, Medina WF, Rincón YMB (2013) Morfologia polínica de espécies arbóreas predominantes de San Jose de Cúcuta. *Revista Mundo FESC* 6: 58-74.

Pell SK (2004) *Molecular systematics of the cashew Family (Anacardiaceae)*. Dissertação. Baton Rouge, Louisiana State University.

Pell SK (2009) Neotropical Anacardiaceae. In: Milliken W, Klitgurd B, Baracat A. Neotropikey – Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics. Disponível em: <<http://www.kew.org/science/tropamerica/neotropikey/families/Anacardiaceae.htm>>.

Pell SK, Mitchell JD, Miller AJ, Lobova TA (2011) Anacardiaceae. In: Kubitzki K. (Ed.) The families and genera of vascular plants. Springer-Verlag 10: 7-50.

Pell SK, Urbatsch LE (2001) Tribal relationships and character evolution in the cashew family (Anacardiaceae): inferences from three regions of the chloroplast genome. Amer. J. Bot. Suppl. 88: 1-32.

Pereira ASS, Felix-Da-Silva MM, Barbosa CVO, Smith CB (2014) Estudo polínico de *Anacardium* L. (Anacardiaceae) no estado do Pará (Amazônia Oriental), Brasil. Biota Amazônia 4: 57-61.

Pereira C, Oliveira LL, Gonçalves R, Amaral AC, Kuster RM, Sakuragui CR (2015) Phytochemical and Phylogenetic Análisis of *Spondias* (Anacardiaceae). Quim. Nova 38: 813-816.

Pereira PS, Barros LM, Brito AM, Duarte AE, Maia AJ (2014) Uso da *Myracrodruon urundeuva* Allemão (aroeira-do-sertão) pelos agricultores no tratamento de doenças. Revista Cubana de Plantas Medicinales 19: 51-60.

Perveen A, Qaiser M (2010) Pollen Flora of Pakistan – LXVI: Anacardiaceae. Pak. J. Bot. 42: 1401-1406.

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

Roubik DW, Moreno JE (1991) Pollen and spores of Barro Colorado Island. Saint Louis. Missouri Botanical Garden 36.

Salgado-Labouriau ML (1973) Contribuição à Palinologia dos Cerrados. Academia de Ciências, Rio de Janeiro.

Sanchez-Dzib YLA, Sosa-Najera S, Lozano-Garcia MS (2009) Morfologia polínica de espécies de lá Selva Mediana Subperonnifolia em la Cuenca del Rio Candelaria, Campeche. Bol. Soc. Bot. Mex. 84: 83-104.

Scholz H (1964). Reihe Sapindales. In: A. Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien, ed. Melchior, v. 28, Berlin.

Silva CI, Fonseca VLI, Groppo M, Bauermann SG, Saraiva AM, Queiroz EP, Evaldt ACP, Aleixo KP, Castro JP, Castro MMN, Faria LB, Caliman MJF, Wolff JL, Paulino Neto HF, Garofalo CA (2014) Catálogo polínico das plantas usadas por abelhas no *campus* da USP de Ribeirão Preto. 1 ed. Holos, Ribeirão Preto.

Silva FHM, Santos FAR, Lima LCL (2016) Flora polínica das caatingas: Estação Biológica de Canudos (Canudos, Bahia, Brasil). 1 ed., Micron Bahia, Feira de Santana.

Silva-Luz CL, Pirani JR (2015) Anacardiaceae. In Forzza RC (org.) Catálogo de plantas e fungos do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, pp. 599-602.

Silva-Luz CL, Pirani JR (2015) Anacardiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rodriguésia 66: 1085-1113.

Souza VC, Lorenzi H (2005) Botânica Sistemática. Ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APGII. Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, Nova Odessa.

Takeda IJM, Farago PV, Souza MKF, Gelinski VV (2000) Catálogo Polínico do Parque Estadual de Vila Velha, Paraná – 1ª Parte. Publicatio UEPG – Biological and Health Sciences 6: 61-73.

Terrazas T, Chase M (1999) A phylogenetic analysis of Anacardiaceae based on morphological and rbcL sequence data. Amer. J. Bot 83: 197.

Wannan BS, Quinn CJ (1991) Floral structure and evolution in the Anacardiaceae. Bot. J. Linn. Soc. 107: 349–385.

Wannan BS, Quinn CJ (1990) Pericarp structure and generic affinities in the Anacardiaceae. Bot. J. Linn. Soc. 102: 225–252.

Wannan BS (2006). Analysis of generic relationships in Anacardiaceae. Blumea. 51: 165-195.

Willard DA, Bemhard CE, Weimer L, Cooper SR, Gomez D, Jensen J (2004) Atlas of Pollen and Spores of the Florida Everglades. Palynology 28:175-227.

3 CONCLUSÃO GERAL

A morfologia polínica das espécies de Anacardiaceae aqui estudadas, representando aproximadamente 42% das espécies ocorrentes no Brasil, confirmam o caráter euripolínico devido a variabilidade dos caracteres palinológicos: tamanho, forma, amb, estrutura das endoaberturas, ornamentação da exina e organização das estrias, além de características como a ocorrência de fastígio, constrição nas aberturas e ponte em alguns táxons.

Entre os táxons analisados, os grãos de pólen variaram de pequenos a médios, oblato-esferoidais a prolatos, área polar de pequena a muito pequena, amb subtriangular a circular. As aberturas mostraram-se diversificadas quanto à forma das endoaberturas, além da ocorrência de fastígio, constrição e ponte em algumas espécies. A ornamentação da exina também exibiu certa diversidade, ocorrendo um maior número de espécies com exina estriada-microrreticulada, mas com representantes estriados-reticulados, estriados-microrreticulados, rugulados-estriados-microrreticulados, finamente microrreticulados e psilados.

Os resultados obtidos são importantes ferramentas para a palinologia aplicada e para a ampliação do conhecimento palinológico do grupo, visto que os gêneros *Apterokarpos*, *Cyrtocarpa* e *Thyrsodium* nunca tiveram seus grãos de pólen descritos, e o conhecimento da morfologia polínica de *Astronium*, *Schinopsis*, *Schinus*, *Myracrodruon*, *Spondias* e *Tapirira* ainda é escasso.

O estudo comparativo das espécies aqui analisadas demonstrou um baixo valor taxonômico, visto que, apesar das diferenças entre as espécies estudadas não existem características consistentes que corroboram com a separação dos táxons proposta por outros autores. Todavia, poderão auxiliar estudos taxonômicos e filogenéticos.

Com base nos caracteres morfopolínicos, a tribo Anacardieae pode ser melhor sustentada taxonomicamente por compartilhar um maior número de características palinológicas. As tribos Rhoeae e Spondiadeae evidenciaram poucos dados palinológicos para maiores inferências.

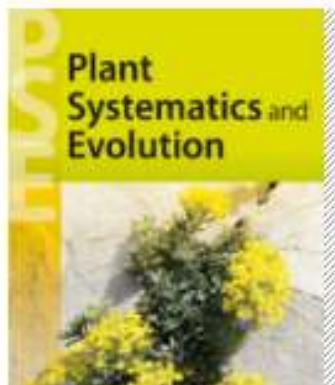
As análises estatísticas de erro padrão, teste de Tukey e PCA (análise dos componentes principais) foram realizadas para uma melhor discussão palinotaxonômica. Os gráficos de erro padrão aproximam os gêneros *Anacardium* e *Spondias* por possuírem as espécies com maiores diâmetros, o teste de Tukey confirma essa aproximação, contrapondo os táxons supracitados com as espécies *Cyrtocarpa caatingae* e *Schinopsis brasiliensis* que apresentam as menores médias de diâmetro. Dessa forma a ordenação obtida através da análise de PCA dos grãos de pólen das

espécies de Anacardiaceae estudados corroborou com os dados quantitativos permitindo separar as espécies em função das medidas, entretanto os dados palinológicos aproximaram grupos que não estão inclusos na mesma classificação taxonômica encontrada na literatura.

Diante da escassez de dados da morfologia polínica de espécies de Anacardiaceae, outros estudos referentes a espécies da família devem ser feitos, visando uma maior ampliação do conhecimento palinológico do grupo, além de permitir uma melhor discussão palinotaxonômica.

4 ANEXO*

*Instruções aos autores para publicação no periódico *Plant Systematics and Evolution*.



Plant Systematics and Evolution

Editors-in-Chief: M. Koch; M.A. Lysak; K. Marhold

ISSN: 0378-2697 (print version)

ISSN: 2199-6881 (electronic version)

Journal no: 606

Instructions for Authors

ARTICLE TYPES

All papers must focus on timely research which provides new insights into aspects of plant systematics and evolution. The topic should be original and of general interest to our readers.

- Original research articles
present the results of empirical and theoretical investigations, addressing clear questions or hypotheses in plant systematics and evolution.
- Review Articles
survey recent developments and major advances in the field of plant systematics and genome evolution. Reviews should be of interest to a broad audience and they are expected both to summarize existing knowledge and to propose novel ideas and hypotheses for future research. Review Articles will normally be solicited, but authors are welcome to submit proposals to the Editors-in-Chief or to members of the Editorial Board. Manuscripts are subject to the usual review process
- Short communications
These are short papers reporting significant new findings that do not warrant standard full-length treatment with the usual main headings, or that provide corrections, criticisms, or alternative interpretations of results presented in published papers. Short Communications are subject to normal review. Short communication manuscripts should be no longer than 4,000 words.
-

EDITORIAL PROCEDURE

Important note:

Please follow Instructions for authors carefully. Manuscripts that fail to conform the style of Plant Systematics and Evolution will be returned to authors for completion/correction.

All manuscripts are evaluated by members of the Editorial board (Manager Editors, Editors-in-Chief, and Associate Editors) to determine whether the paper should go forward for peer review. If the paper does not meet the criteria Plant Systematics and Evolution, or the subject of the paper falls beyond the scope of the journal, the submitted manuscript will be returned to the author(s) without further review. We make every effort to do this as quickly as possible to ensure that the authors can take their work forward without unnecessary delays. Papers sent out for review will, typically, be sent to two or three independent referees. Authors are kindly asked to provide a list of reviewers including their scientific relations. Furthermore a short explanation (two sentences) of their findings should be given.

The Associate Editors and the Editor-in-Chief then make a decision based on the referees' advice and taking into account the editorial policy of the journal to accept, subject to revision, or reject the paper. The decision to subject a paper to revisions does not imply acceptance. Revised manuscripts must be received within the date stated by the Editor in the decision letter. If resubmitted after this date, the manuscript will be treated as a new submission. All resubmitted manuscripts will be treated as new submissions and undergo the same review process at the Editors' discretion. The decisions of the Editor-in-Chief are final.

Papers are evaluated for innovations in, significant contributions to, and noteworthy advances in the theoretical or conceptual bases of the subdisciplines of plant biology, and/or novel insights of general relevance to fundamental questions of biology.

We do not encourage purely descriptive submissions of genetic diversity, ultrastructure, reproductive biology or ontogeny. Data gained by such studies should always be put into a broader context with appropriate insights (including meaningful sampling, several related taxa, comparison to other markers etc.) on systematic and evolutionary questions. The same applies for contributions on crop plants, which should have a clear evolutionary/systematic message. We recommend submitting contributions concerning marker development, single species descriptions (unless the importance is justified), or studies of local or regional relevance to more specialized journals. We do not encourage the submission of phylogenetic studies that are based on single markers or rely on outdated techniques.

Papers that contain only previously published data will not be considered.

MANUSCRIPT SUBMISSION

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Cover Letter / Response to reviewer comments

Include a cover letter that describes the questions addressed or hypotheses tested, the major contribution of your paper to your discipline, and how this contribution is of interest to a broad audience. List any papers on related topics by any of the authors that have been published within the past years or that are in review or in press.

For a revision, include a letter detailing your response to all the review comments.

TITLE PAGE

Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, and telephone number(s) of the corresponding author

- If available, the 16-digit ORCID of the author(s)

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Important notes:

- **Please give also a Running title**
- Please remember that the abstract must be usable as a stand-alone document which presents the major results and conclusions of the paper, using simple, factual statements.

MANUSCRIPT STRUCTURE

The text of a research paper should be divided into: Title page, Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion (optional), Taxonomic Treatment (optional), Acknowledgments, Legend to Electronic Supplementary Material (if applicable) and References. Fused Results and Discussion is acceptable only for Short communications. The text is followed by Figure captions. Tables, Figures and Electronic Supplementary Material are uploaded as separate files.

- **Introduction**
The introduction should state the reason for carrying out the study presented in the paper, the questions under consideration, and it should outline the essential background. The introduction section typically ends with specific, testable hypotheses.
- **Materials and methods**
The materials and methods section should provide sufficient details about the applied methods and techniques to allow replication of all parts of the study. Standard techniques and approaches do not need to be described in detail; use references to previously published work instead.
- **Results**
The results section should state the results in a logical way, drawing attention to important details shown in tables and figures. Use factual statements and avoid discussing the results in this section.
- **Discussion**
The discussion section should point out the significance of the results in relation to the questions and hypotheses presented in the introduction, and it should place the new findings in the context of other work.
- **Conclusions**
In this section, authors could concisely describe the main contribution/ outcome of the research and give a clear explanation of its importance and relevance.
- **Taxonomic treatment**
Identification key and taxonomic revisions and novelties should be presented in a separate paragraph „Taxonomic treatment“ immediately after „Discussion“ or „Conclusions“. For „Taxonomic treatment“ follow detail instructions given here
- PSE_tax_treatment (pdf, 97 kB)

TEXT

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.

- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

- LaTeX macro package (zip, 181 kB)

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

Please note:

- Contrary to the information given above, please use 12 point Times Roman and simple spacing. A 25 mm margin is preferred for all manuscript pages.
- The use of **footnotes** is discouraged!
- Do not use **line numbering**

SCIENTIFIC STYLE

- Please always use internationally accepted signs and symbols for units, SI units
- Common Latin words (a priori, in vivo, vice versa) and abbreviations (e.g., a.i., vs, s.s., s.l., p.p.) are not italicized.
- Generic and infrageneric names should be in italics, higher taxonomic levels in normal text. Use standart abbreviations for taxonomic ranks: cl. (class), ord. (order), fam. (family), tr. (tribe), gen. (genus), subg. (subgenus), sect. (section), ser. (series), sp. (species), subsp. (subspecies), var. (variety), f. (forma) etc. Scientific (Latin) names should conform to the international rules of nomenclature <http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>.
- The names of authors of plant names or their abbreviations (e.g. L., Mill., T.R.Dudley) are not required unless they are relevant to the taxonomic or nomenclature content of the paper. In the cases when required the authority must be given either when first mentioned in text (not in the manuscript title) or all of them included in one of the tables. Always use the standard abbreviation of a authors's names according Brummitt RK, Powell CE (1992) Authors of Plant Names, Royal Botanic Garden, Kew available also at www.ipni.org. (Notice: no space after full stop, use the „ & “ symbol before the second/last author, the citation should be restricted to the first author followed by “et al.” in the case of more than two authors).

- In principal, voucher specimens documenting all investigated accessions (for population samples at least one specimen per population) are to be deposited in a public herbarium referred to using the acronym given in the “Index Herbariorum” [Thiers B, continuously updated, Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff, New York Botanical Garden, New York, Available at: <http://sciweb.nybg.org/science2/IndexHerbariorum.asp>].
- Manuscripts that report data from individual populations must include the GPS coordinates for each of the populations sampled. Geographic names in non-Roman scripts have to be transliterated in accordance with ALA-LC system (<http://www.loc.gov/catdir/cpsd/roman.html>) without diacritics (see “References”). If vouchers or GPS coordinates are unavailable, an explanation must be provided in the cover letter, as well as within the article itself.
- PSE requires that supporting data be deposited in an appropriate repository to facilitate reader access prior to final acceptance of the manuscript. Genetic information, such as DNA, RNA, or protein sequences, should be submitted to an appropriate data bank, such as GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) or EMBL (<http://www.ebi.ac.uk/embl/>). Authors are encouraged to archive all sequences generated from next-generation sequencing techniques in a suitable public repository, such as the Sequence Read Archive of NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sra>), the Sequence Read Archive of ENA (http://www.ebi.ac.uk/ena/about/sra_submissions), or Dryad. Alignments used to produce phylogenies must be submitted to publicly available site (TreeBase <http://www.treebase.org>, Dryad <http://datadryad.org/>), or to PSE to be published with the paper as Online Appendix.
- Generic names of drugs and pesticides are preferred; if trade names are used, the generic name should be given at first mention.

REFERENCES

Please follow the advice in the download below:

- References (pdf, 148 kB)

TABLES

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

PSE encourages online-only publication of extensive tables that support the article but more convenient in electronic form (see Electronic Supplementary Material).

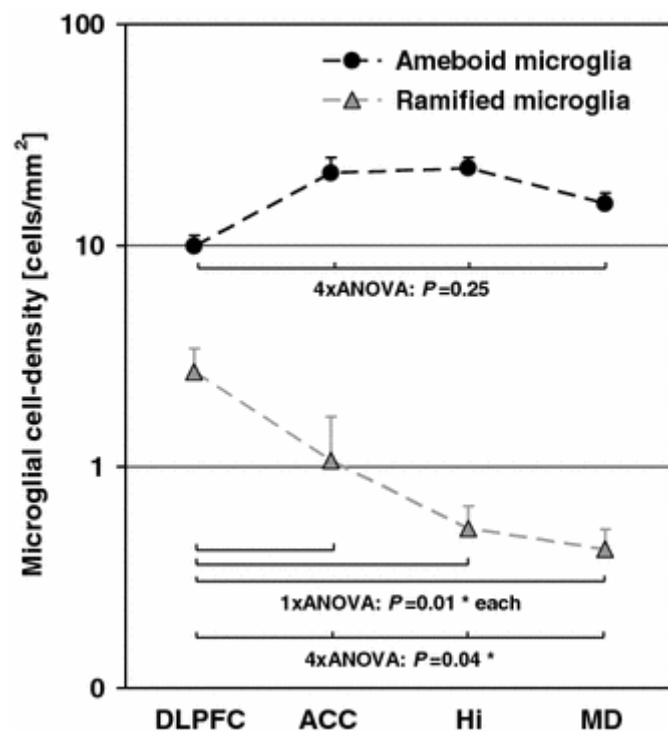
ARTWORK

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

Electronic Figure Submission

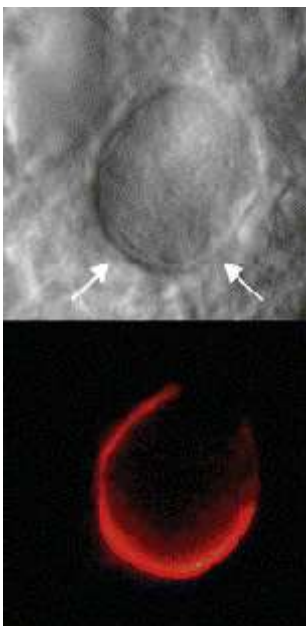
- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art



- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

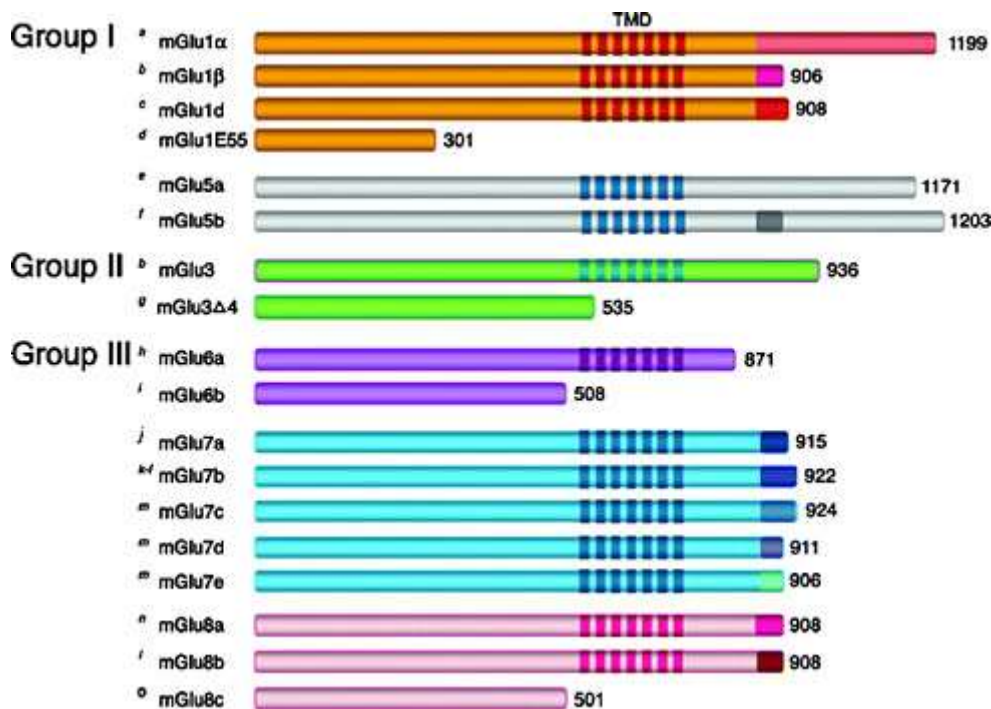
Halftone Art



- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.

- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for print and online publication.
- Color illustrations should be submitted as RGB.

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.

- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as electronic supplementary material, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

- Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- Maximum file size: 25 GB
- Minimum video duration: 1 sec
- Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be submitted as .csv or .xlsx files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .vrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., “... as shown in the animation (Online Resource 3)”, “... additional data are given in Online Resource 4”.
- Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

Please note:

Prepare a short paragraph (legend) describing the content of your Electronic Supplementary Material and place it in your manuscript in front of the References.

ETHICAL RESPONSIBILITIES OF AUTHORS

This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the Committee on Publication Ethics (COPE) the journal will follow the COPE guidelines on how to deal with potential acts of misconduct.

Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavour. Maintaining integrity of the research and its presentation can be achieved by following the rules of good scientific practice, which include:

- The manuscript has not been submitted to more than one journal for simultaneous consideration.
- The manuscript has not been published previously (partly or in full), unless the new work concerns an expansion of previous work (please provide transparency on the re-use of material to avoid the hint of text-recycling (“self-plagiarism”)).
- A single study is not split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (e.g. “salami-publishing”).
- No data have been fabricated or manipulated (including images) to support your conclusions

- No data, text, or theories by others are presented as if they were the author's own ("plagiarism"). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation marks are used for verbatim copying of material, and permissions are secured for material that is copyrighted.

Important note: the journal may use software to screen for plagiarism.

- Consent to submit has been received explicitly from all co-authors, as well as from the responsible authorities - tacitly or explicitly - at the institute/organization where the work has been carried out, **before** the work is submitted.
- Authors whose names appear on the submission have contributed sufficiently to the scientific work and therefore share collective responsibility and accountability for the results.
- Authors are strongly advised to ensure the correct author group, corresponding author, and order of authors at submission. Changes of authorship or in the order of authors are **not** accepted **after** acceptance of a manuscript.
- Adding and/or deleting authors and/or changing the order of authors **at revision stage** may be justifiably warranted. A letter must accompany the revised manuscript to explain the reason for the change(s) and the contribution role(s) of the added and/or deleted author(s). Further documentation may be required to support your request.
- Requests for addition or removal of authors as a result of authorship disputes after acceptance are honored after formal notification by the institute or independent body and/or when there is agreement between all authors.
- Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order to verify the validity of the results. This could be in the form of raw data, samples, records, etc. Sensitive information in the form of confidential proprietary data is excluded.

If there is a suspicion of misconduct, the journal will carry out an investigation following the COPE guidelines. If, after investigation, the allegation seems to raise valid concerns, the accused author will be contacted and given an opportunity to address the issue. If misconduct has been established beyond reasonable doubt, this may result in the Editor-in-Chief's implementation of the following measures, including, but not limited to:

- If the article is still under consideration, it may be rejected and returned to the author.
- If the article has already been published online, depending on the nature and severity of the infraction, either an erratum will be placed with the article or in severe cases complete retraction of the article will occur. The reason must be given in the published erratum or retraction note. Please note that retraction means that the paper is **maintained on the platform**, watermarked "retracted" and explanation for the retraction is provided in a note linked to the watermarked article.
- The author's institution may be informed.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

To ensure objectivity and transparency in research and to ensure that accepted principles of ethical and professional conduct have been followed, authors should include information regarding sources of funding, potential conflicts of interest (financial or non-financial), informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals.

Authors should include the following statements (if applicable) in a separate section entitled "Compliance with Ethical Standards" when submitting a paper:

- Disclosure of potential conflicts of interest
- Research involving Human Participants and/or Animals
- Informed consent

Please note that standards could vary slightly per journal dependent on their peer review policies (i.e. single or double blind peer review) as well as per journal subject discipline. Before submitting your article check the instructions following this section carefully.

The corresponding author should be prepared to collect documentation of compliance with ethical standards and send if requested during peer review or after publication.

The Editors reserve the right to reject manuscripts that do not comply with the above-mentioned guidelines. The author will be held responsible for false statements or failure to fulfill the above-mentioned guidelines.

DISCLOSURE OF POTENTIAL CONFLICTS OF INTEREST

Authors must disclose all relationships or interests that could have direct or potential influence or impart bias on the work. Although an author may not feel there is any conflict, disclosure of relationships and interests provides a more complete and transparent process, leading to an accurate and objective assessment of the work. Awareness of a real or perceived conflicts of interest is a perspective to which the readers are entitled. This is not meant to imply that a financial relationship with an organization that sponsored the research or compensation received for consultancy work is inappropriate. Examples of potential conflicts of interests **that are directly or indirectly related to the research** may include but are not limited to the following:

- Research grants from funding agencies (please give the research funder and the grant number)
- Honoraria for speaking at symposia
- Financial support for attending symposia
- Financial support for educational programs
- Employment or consultation
- Support from a project sponsor
- Position on advisory board or board of directors or other type of management relationships
- Multiple affiliations
- Financial relationships, for example equity ownership or investment interest
- Intellectual property rights (e.g. patents, copyrights and royalties from such rights)
- Holdings of spouse and/or children that may have financial interest in the work

In addition, interests that go beyond financial interests and compensation (non-financial interests) that may be important to readers should be disclosed. These may include but are not limited to personal relationships or competing interests directly or indirectly tied to this research, or professional interests or personal beliefs that may influence your research.

The corresponding author collects the conflict of interest disclosure forms from all authors. In author collaborations where formal agreements for representation allow it, it is sufficient for the corresponding author to sign the disclosure form on behalf of all authors. Examples of forms can be found

- [here](#):

The corresponding author will include a summary statement in the text of the manuscript in a separate section before the reference list, that reflects what is recorded in the potential conflict of interest disclosure form(s).

See below examples of disclosures:

Funding: This study was funded by X (grant number X).

Conflict of Interest: Author A has received research grants from Company A. Author B has received a speaker honorarium from Company X and owns stock in Company Y. Author C is a member of committee Z.

If no conflict exists, the authors should state:

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

AFTER ACCEPTANCE

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice and offprints.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

[Copyright transfer](#)

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

- Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Publication of color illustrations is free of charge.

Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

OPEN CHOICE

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink.

- Open Choice

Copyright and license term – CC BY

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

- Find more about the license agreement

ENGLISH LANGUAGE EDITING

For editors and reviewers to accurately assess the work presented in your manuscript you need to ensure the English language is of sufficient quality to be understood. If you need help with writing in English you should consider:

- Asking a colleague who is a native English speaker to review your manuscript for clarity.
- Visiting the English language tutorial which covers the common mistakes when writing in English.
- Using a professional language editing service where editors will improve the English to ensure that your meaning is clear and identify problems that require your review. Two such services are provided by our affiliates Nature Research Editing Service and American Journal Experts. Springer authors are entitled to a 10% discount on their first submission to either of these services, simply follow the links below.
- English language tutorial
- Nature Research Editing Service
- American Journal Experts

Please note that the use of a language editing service is not a requirement for publication in this journal and does not imply or guarantee that the article will be selected for peer review or accepted.

If your manuscript is accepted it will be checked by our copyeditors for spelling and formal style before publication.