

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE PALEONTOLOGIA E ESTRATIGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**ANÁLISE TAXONÔMICA, ESTRATIGRÁFICA E ECOLÓGICA  
DE SEMENTES E ESTRUTURAS REPRODUTIVAS DO  
PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ**

**JULIANE MARQUES DE SOUZA**

ORIENTADOR: Dr. Roberto Iannuzzi

Porto Alegre  
2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE PALEONTOLOGIA E ESTRATIGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**ANÁLISE TAXONÔMICA, ESTRATIGRÁFICA E ECOLÓGICA  
DE SEMENTES E ESTRUTURAS REPRODUTIVAS DO  
PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ**

**JULIANE MARQUES DE SOUZA**

ORIENTADOR: Dr. Roberto Iannuzzi

BANCA EXAMINADORA :

Dra. Ana Archangeslky - Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia",  
Buenos Aires, Argentina.

Dra. Mary Elizabeth Bernardes-de-Oliveira – Instituto de Geociências, Universidade de São  
Paulo, São Paulo, Brasil

Dr. André Jasper – Centro Universitário UNIVATES – Rio Grande do Sul, Brasil.

Tese de doutorado submetida ao  
Programa de Pós-graduação em  
Geociências como requisito parcial  
para a obtenção de título de doutor  
em Ciências.

Porto Alegre  
2013

***Dedico esta Tese à minha família,  
por lembrar-me dia-a-dia que as pessoas  
vêm sempre à frente das coisas***

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha família espontânea (aqueles cujo convívio nos é brindado pela sorte), meu pai Aristeu e minha mãe Olga, que muito se privaram para me dar educação e me mostrar o árduo, mas necessário, caminho da instrução, levando-me para a escola. Ao meu irmão Igor, minha cunhada Daiane e minha tia Maria Helena, pelo zelo e respeito por meus momentos de estudo.

À minha família eleita (aqueles cujo convívio é escolhido por amor e admiração), ao meu companheiro Thiago Alves, por me acompanhar desde o fim da graduação e entrar comigo nesse longo percurso do doutorado, tendo esta como uma meta sua também, respeitando minhas ausências e dizendo-me com ternura que era preciso paciência, pois o fim de mais uma etapa estava próximo.

Aos meus amigos e colegas da paleontologia, em especial à Daiana R. Boardman e Graciela Tybusch pelos longos anos de convívio paleozoico, dividindo os momentos de alívio e de tensão, compartilhando conhecimento.

Ao meu orientador, Roberto Iannuzzi, por aceitar dividir comigo o conhecimento que carrega, ensinando, instruindo e mostrando, sempre que preciso, o caminho das pedras “literalmente”. Pelas inúmeras orientações por Skype e por aceitar com paciência as minhas escolhas “por vezes nada convencionais”.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por ter sido meu berço como bióloga e ter permitido minha presença até o término do Doutorado. Ao Programa de Pós-Graduação em Geociências por oferecer-me um espaço de aprendizado e crescimento de extrema qualificação, permitindo-me estar em um dos melhores cursos de pós-graduação em Paleontologia do Brasil. Ao CNPq que, por meio da bolsa de doutorado, financiou os quatro anos dedicados a este estudo.

À todos que me acolheram e permitiram que eu consultasse as coleções paleobotânicas no Museu Nacional do Rio de Janeiro, na Universidade de São Paulo e no Museo Argentino Bernardino Rivadavia. Aos colegas Guilherme Roesler e Cristian Ceron, pelas coletas excepcionais de boa parte do material utilizado nesta Tese. Sem esse apoio logístico e profissional esta pesquisa certamente não seria possível.

## RESUMO

É consenso entre pesquisadores a necessidade de estudos que busquem a determinação e a compreensão das estruturas reprodutivas e dos diásporos das plantas fósseis, uma vez que, assim como na taxonomia de plantas atuais, estas estruturas podem conduzir à determinação de grupos naturais de classificação por meio da vinculação filogenética dos grupos de plantas. Para isso, é necessário entender a real diversidade morfológica das sementes, bem como das estruturas reprodutivas às quais estão, ou poderiam estar, associadas. Assim, o presente estudo objetivou analisar taxonomicamente, estratigraficamente e ecologicamente sementes e estruturas reprodutivas encontradas no Permiano Inferior da Bacia do Paraná. De maneira específica, este estudo teve como objetivos: (i) descrever novas ocorrências de sementes e de estruturas reprodutivas, comparando-as com espécies já descritas na literatura; (ii) identificar as estratégias de dispersão dos grupos funcionais das sementes analisadas; (iii) sistematizar o conhecimento disponível referente às sementes e às estruturas reprodutivas gondvânicas, com ênfase nos morfogêneros que ocorrem na Bacia do Paraná; (iv) posicionar estratigraficamente as morfoespécies de sementes e das estruturas reprodutivas pertencentes aos morfogêneros que ocorrem em depósitos da bacia supracitada. Com vistas a atender aos objetivos propostos, realizou-se a análise de novos espécimes de sementes e de estruturas reprodutivas recuperados dos afloramentos Morro do Papaléo, Morro do Papaléo-Seção Faxinal, Morro do Paraléo-Cocuruto, localizados no estado do Rio Grande do Sul, e Rio da Estiva e Itanema II, situados no estado de Santa Catarina. Ainda, foram revisadas as coleções paleobotânicas da Universidade de São Paulo (USP) e do Museu Nacional do Rio de Janeiro (UFRJ) que contêm estruturas reprodutivas e sementes provenientes de diferentes afloramentos paleozoicos brasileiros. Todo o material estudado está posicionado no intervalo estratigráfico que se estende da porção superior do Grupo Itararé ao topo da Formação Rio Bonito. Dentre os resultados obtidos, o presente estudo apresenta uma revisão geral das sementes descritas para o Gondwana, tendo como foco o refinamento terminológico e descritivo dessas estruturas, bem como a distribuição estratigráfica e geográfica das morfoespécies conhecidas. Em decorrência desta análise, apresentam-se novas ocorrências de algumas sementes em depósitos brasileiros (i.é, *Samaropsis seixasii*, *S. tasacunensis*, *S. moreirana* e *Samaropsis* sp. 1), bem como propõe-se a sinonímia entre *Samaropsis gigas* e *Samaropsis mendesii*, a partir de uma emenda à diagnose desta última morfoespécie. Em seguida, organizam-se as morfoespécies conhecidas de sementes em uma chave dicotômica, buscando-se assim facilitar os estudos comparativos necessários às determinações dos novos espécimes. Em termos bioestratigráficos, a sistematização das informações sobre as sementes fósseis do Gondwana possibilitou a identificação de morfoespécies brasileiras correlatas com formas encontradas em países como Índia, Argentina, África do Sul e Austrália. Em relação às estruturas reprodutivas, foram revisadas as formas das famílias Dictyopteridiaceae e Arberiaceae. Verificou-se que a Família Dictyopteridiaceae está representada na Bacia do Paraná por apenas dois gêneros, i.é, *Plumsteadia* e *Ottokaria*, sendo que este último, embora mais frequente é composto por apenas duas morfoespécies, *O. ovalis* e *O. sancta-catharinae*. Ainda, para esta última morfoespécie, foram registradas novas ocorrências e a presença de uma nova variedade de tamanho diminuto. Com isso, uma chave dicotômica para as espécies gondvânicas do gênero *Ottokaria* foi proposta. Bioestratigraficamente, constatou-se a ocorrência de 11

morfoespécies de *Ottokaria* no Permiano Inferior e apenas duas morfoespécies restritas ao Permiano Superior para o Gondwana. No que se refere à Família Arberiaceae, foram constatadas a presença de dois gêneros em depósitos brasileiros, são eles: *Arberia* e *Arberiosis*. O primeiro está amplamente representado por *Arberia minasica*, cujos espécimes foram revisados e reavaliados. A partir desta reanálise, alguns espécimes descritos para *A. minasica* foram retirados e inseridos em *Arberia opposita* nov. comb. Além disso, foi determinada, pela primeira vez, a presença de *Arberia* cf. *A. hlobanensis* em depósitos brasileiros, bem como a proposição de uma nova espécie *Arberia*, recuperada do afloramento Itanema II, em Santa Catarina. Estratigraficamente, constatou-se que a Família Arberiaceae, no Brasil, encontra-se restrita à Formação Rio Bonito. Finalmente, uma análise das possíveis estratégias de dispersão utilizadas pelas sementes estudadas aqui evidenciou a predominância da anemocoria e, em alguns casos, da hidrocoria. Ainda, em relação ao tamanho predominante destas sementes, as análises mostraram um aumento de tamanho nas sementes do Grupo Itararé para a Formação Rio Bonito, o que parece ser justificado pela amenização climática que se estabeleceu ao final do intervalo de deposição do Grupo Itararé. Essa amenização teria conduzido ao relativo adensamento da vegetação, favorecendo assim sementes com maior reserva nutritiva.

**Palavras-chave:** sementes; estruturas reprodutivas; Permiano Inferior; Bacia do Paraná

## ABSTRACT

It is consensus among researchers the need for studies which aim for determination and understanding of the fructifications and the diaspores of fossil plants, once in the taxonomy of modern plants, these structures can lead to the determination of natural groups by the phylogenetical linking of the groups of plants. For this it is necessary to understand the real morphological diversity of seeds and fructifications to which they are or could be associated. Thus, the present study aimed to analyze taxonomically, stratigraphically and ecologically seeds and fructifications found in the Lower Permian of the Paraná Basin. Specifically, this study aimed to: (i) describe new occurrences of seeds and fructification, comparing them with species already described in the literature, (ii) identify strategies of seeds dispersal, (iii) systematize the knowledge available regarding the fructifications and seeds from Gondwana emphasizing the genera of Paraná Basin, (iv) position, stratigraphically, morphospecies of seeds and fructifications belonging to morphogenera recovered from deposits of Paraná Basin. In order to meet the proposed objectives, we performed the analysis of new specimens of seeds and fructifications recovered from outcrops Morro do Papaléo, Morro do Papaléo- Faxinal Section, Morro do Papaléo-Cocuruto located in the state of Rio Grande do Sul, and Rio da Estiva and Itanema II, located in the state of Santa Catarina. Still, were reviewed palaeobotanical collections of the University of São Paulo (USP) and the National Museum of Rio de Janeiro (UFRJ) which contain reproductive structures and seeds from different Brazilian Paleozoic outcrops. All the studied material is positioned in the stratigraphic interval that extends from the uppermost Itararé Group until uppermost Rio Bonito Formation. Among the results, this study gives an overview of the seeds described for Gondwana, focusing on the refinement and descriptive terminology of these structures, as well as the geographic and stratigraphic distribution of morphospecies known. As a result of this analysis, we present some new occurrences of seeds in Brazilian deposits (i.e, *Samaropsis seixasii*, *S. tasacunensis* *S. moreirana* and *Samaropsis* sp. 1), as well as propose the synonymy between *Samaropsis gigas* and *Samaropsis mendesii* from an emendation to the diagnosis of the latter. After, the morphospecies were organized in a dichotomous key to facilitate comparative studies necessary for determination of new specimens. In biostratigraphic terms, the systematization of information about fossil seeds of Gondwana led to the identification of Brazilian morphospecies related to forms found in countries like India, Argentina, South Africa and Australia. Regarding fructifications, forms of Dictyopteridiaceae and Arberiaceae were revised. It was found that the Dictyopteridiaceae is represented in the Paraná Basin by only two genera, *Plumsteadia* and *Ottokaria*, which latter, even more often, consists of only two morphospecies, *O. ovalis* and *O. sancta-catharinae*. Still, for the latter morphospecies were recorded new occurrence and the presence of a new variety of miniature size. Then, a dichotomous key to the species of the *Ottokaria* was proposed. In stratigraphic terms, it was noticed 11 morphospecies of *Ottokaria* from Lower Permian and only two morphospecies are restricted to the Upper Permian of Gondwana. As regards the Arberiaceae, the presence of two genera in Brazilian deposits were verified, they are: *Arberia* and *Arberiosis*. The first is widely represented by *Arberia minasica*, whose specimens were reviewed and reassessed. From this review, some specimens described for *A. minasica* were removed and placed in *Arberia opposita* nov comb. Furthermore, it was determined, for the first time, the presence of *Arberia* cf. *A. hlobanensis* in Brazilian deposits, as well as the

proposal of a new species *Arberia*, recovered from Itanema II outcrop, in Santa Catarina. Stratigraphically, it was found that Arberiaceae, in Brazil, is restricted to the Rio Bonito Formation. Finally, an analysis of the possible seed dispersal strategies of the studied seeds showed the predominance of anemochory and, in some cases, the hydrochory. Furthermore, about the patten of seed size, the analysis reveal an increase in seed size from Itararé Group to the Rio Bonito Formation, which seems to be explained by climatic amelioration that was established at the end of the interval deposition of Itararé Group. This mitigation would have led to the relative densification of the vegetation, thereby seeds with higher nutrient reserves were favored.

**Key-words:** seeds; fructifications, Lower Permian, Parana Basin



## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1: Extensão territorial de abrangência dos depósitos sedimentares da Bacia do Paraná no Brasil. Mapa elaborado por Boardman (2011), baseado em Milani (1997) e adaptado de Souza & Marques-Toigo (2003). ..... 31
- FIGURA 2: Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná segundo Schneider et al. (1974), adaptada por Aboarrage & Lopes (1986), disponível em <http://www.cprm.gov.br/coluna/coluna.htm>. Observar as distintas subdivisões dos Grupos Itararé e Guatá nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo. .... 32
- FIGURA 3: Mapa de localização do município de Mariana Pimentel (A), no Rio Grande do Sul, e dos afloramentos (B) Morro do Papaléo - **1**, Morro do Papaléo-Seção Faxinal - **2** e Morro do Papaléo-Cocuruto - **3**. Seção estratigráfica (C) do afloramento Morro do Papaléo (retirado e traduzido de Marques-de-Souza & Iannuzzi, 2012) indicando níveis correlatos dos afloramentos Morro do Papaléo-Seção Faxinal e Morro do Papaléo-Cocuruto..... 34
- FIGURA 4: Perfil estratigráfico do Morro do Papaléo - Seção Faxinal indicando os níveis fossilíferos N1 e N2. Município de Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul.36
- FIGURA 5: Perfil estratigráfico do afloramento Morro do Papaléo – Cocuruto, apontando os níveis fossilíferos N1, N2, N3 N4. Município de Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul (Elaborado por G. A. Roesler). ..... 38
- FIGURA 6: Mapa de localização (A) e perfil estratigráfico do afloramento Rio da Estiva (B), no município de Itaiópolis, estado de Santa Catarina, Brasil. Mapa elaborado por Tybusch et al. (2012) adaptado de Rösler (1975). ..... 40
- FIGURA 7: Perfil estratigráfico do Afloramento Itanema II localizado no município de Urussanga, Santa Catarina, Brasil. .... 42
- FIGURA 8: Reprodução do gráfico Log-Log de peso *versus* volume para sementes de 52 angiospermas. As cinco categorias de peso de sementes (Harper et al., 1970) no eixo horizontal (peso) foram transpostas para o eixo vertical (volume) por meio da curva de regressão. As categorias de plantas de Harper (1970) são: I - habitats abertos e pradarias; II – margens de floresta; III- estrato herbáceo; IV- estrato arbustivo e V – estrato arbóreo) (retirado de Tiffney, 1984). ..... 47
- FIGURA 9: Esquema baseado na morfoespécie *Samaropsis gigas* ilustrando as estruturas diagnósticas da semente preservada em forma de impressão (Modificado de Souza & Iannuzzi, 2007) ..... 55
- FIGURA 10: A- Pb 1346 *Samaropsis tietensis* Millan 1995, com sinus na região apical e crista mediana marcando o nucelo; B – MPPb 3969B *Cordaicarpus truncata* Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009, base truncada (indicada pela seta) e superfície estriada; C – Pb 1122 *Samaropsis cerquilhensis*, em destaque a base do nucelo acuminada; D – MPPb 2808C *Cordaicarpus cerquilhensis* Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009, mostrando ápice agudo/obtusos e base arredondada; E – MPPb 3423; *Samaropsis gigas* Marques-de-Souza & Iannuzzi 2007; em destaque a micrópila

indicada pela seta na porção superior da imagem e a endotesta identificada pela seta na porção inferior da imagem; F – Pb 1198; *Samaropsis rigbyi* Millan 1967, mostrando sinus em ambas extremidades, bem como a marca do que o autor chamou de “estrutura embrionária” indicada pela seta maior..... 62

FIGURA 11: *Samaropsis mendesii* Rigby 1972 emend. A - MP-Pb 3992; espécime completo com seta indicando o pedúnculo de inserção da semente; B - MP-Pb 3423, com a micrópila emarginada e região apical da sarcotesta completa de contorno característico; C- DGP 7/1189 **holótipo**; mostrando o contorno geral do nucelo, da esclerotesta e da sarcotesta; D- MP-Pb 3994; região apical mostrando detalhe da micrópila emarginada; E - MP-Pb 3662, detalhe da região basal com três testas. Abreviaturas: end, endotesta; esc, esclerotesta; m, micropila; sar, sarcotesta. **Escala: 1 cm.**..... 80

FIGURA 12: *Samaropsis seixasii*, A-F material proveniente do Morro do Papaléo, em Mariana Pimentel, RS; G-J material-tipo de White proveniente de Lauro Müller, SC. A e B – MP-Pb 4470a A; mostrando o contorno emarginado da região apical da semente e a base do nucelo arredondado, quando destacado da esclerotesta; C e D – MP-Pb 4470a B; mostrando o sinus basal da semente, que confere um contorno auriculado à base, bem como o nucelo colado à sarcotesta, que confere uma forma aguda (projeção tipo cone) ao nucelo e esclerotesta. E e F – MP-Pb 5062 A; mostrando o contorno emarginado da região apical da semente e a região basal auriculada. G e H – USNM 32011; material-tipo de *Samaropsis seixasii*; I e J – USNM 32012; material-tipo de *S. seixasii*. **Escala: 5 mm.**..... 84

FIGURA 13: *Samaropsis tasacunensis* Archangeslsky 2000, material proveniente da Seção Faxinal, Mariana Pimentel, RS. A e B – MPPb 5016a; semente platispérmica alada, de superfície estriada, ápice emerginado e base cordada. C e D – MPPb 5057; semente platispérmica oval/elíptica, seguindo o eixo transversal; o nucelo projeta-se em uma abertura micropilar que ultrapassa a sarcotesta. **Escala: 5 mm.**..... 88

FIGURA 14: *Samaropsis moreirana*, material proveniente do Morro do Papaléo-Seção Faxinal, Mariana Pimentel, RS. A e B – MPPb 5061A; semente com sarcotesta assumindo maior espessura na região apical a partir de onde se abre, marcando a região micropilar em forma de “V”. C e D – MPPb 5061B; semente com sarcotesta finamente estriada, nucelo de base arredondada e ápice agudo/acuminado. **Escala: 5 mm.**..... 91

FIGURA 15: *Samaropsis* sp. 1 in Marques-de-Souza & Iannuzzi, 2007, material proveniente do Morro do Papaléo, Mariana Pimentel, RS. A e B – MP-Pb 5071; mostrando o contorno emarginado da região apical da semente e a base do nucelo acuminada; C e D – MP-Pb 3956; espécime descrito por Marques-de-Souza & Iannuzzi, 2007, mostrando a diferenciação da testa em sarcotesta e esclerotesta. **Escala: 5 mm.**..... 94

FIGURA 16: Mapa do Pangea no Permiano, apresentando a distribuição geográfica das bacias e áreas que contém sementes fósseis no Gondwana. Para ter acesso a lista completa das espécies existentes, consultar a TABELA 6 (Modificado de Kurzawe, 2010). ..... 122

FIGURA 17: Reconstituição de *Scutum leslii*. A- face ventral fértil da estrutura reprodutiva mostrando o receptáculo centrale a as cicatrizes de inserção da sementes e; B- *fertiliger*, destacando a face dorsal, venada da estrutura reprodutiva. (Ilustração retirada sem modificações de Prevec, 2011)..... 130

FIGURA 18: A- MP-Pb 2630a mostrando face fértil do receptáculo central circundado por lobos marginais (indicados pelas setas) fundidos ao receptáculo pela base, proveniente do afloramento Morro do Papaléo – Seção Faxinal (Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul); B – MP-Pb 2499, espécime ilustrado por Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993) como *Scutum* sp., seta indicando os lobos marginais com laterais soltas, presos ao receptáculo pela base, proveniente do afloramento Morro do Papaléo – Seção Faxinal (Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul). **Escala: 5 mm**..... 132

FIGURA 19: Ilustrações das morfoespécies *Plumsteadia lerouxii* (Plumstead) Adendorff 2005 e *Plumsteadia gibbosa* (Benecke) Anderson & Anderson 1985 (Reproduzidas de Adendorff , 2005) ..... 134

FIGURA 20: A- MP-Pb 2705 *Plumsteadia semnes* (in Guerra-Sommer, 1988) cicatrizes de inserção das sementes no receptáculo central, proveniente do afloramento Mina do Faxinal (Rio Grande do Sul); B – MP-Pb 2706 *Plumsteadia semnes* (in Guerra-Sommer, 1988) vista lateral do receptáculo central da estrutura reprodutiva. **Escala: 5 mm**..... 136

FIGURA 21: Ilustração, baseada em *Ottokaria transvaalensis*, apontando as principais estruturas diagnósticas do gênero *Ottokaria*, sendo elas: pedicelo, lobos, estriações, receptáculo e cicatrizes de inserção das sementes (modificado de Adendorff, 2005)..... 139

FIGURA 22: Fotografia e ilustração do espécime proveniente do Afloramento Rio da Estiva (Itaiópolis, Santa Catarina) identificado como *O. sancta-catharinae*. A e B – GP-3E 3589; face dorsal da frutificação destacando as nervuras que recobrem a superfície, bem como os lobos que circundam o receptáculo central. Ainda é possível verificar a presença de sementes associadas, indicadas pelas setas em “B”. **Escala: 5 mm**. ..... 144

FIGURA 23: Espécimes de *O. sancta-catharinae* e sementes associadas provenientes do Afloramento Rio da Estiva (Itaiópolis, Santa Catarina). A – GP-3E 3458; B – GP-3E 3626; C – GP-3E 323a; face dorsal da frutificação, destacando as nervuras que recobrem a superfície, bem como a presença dos lobos livres, fundidos ao receptáculo pela base, que circundam o receptáculo central. D e E – GP-3E 3589; F – GP-3E 323a; detalhe das sementes encontradas em associação com as estruturas reprodutivas (setas), destacando sua base arredondada e seu ápice agudo/obtusos. **Escala: 5 mm**..... 145

FIGURA 24: **Holótipo** - *Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor*, parte e contraparte. A – MP-Pb 5075a; face ventral do receptáculo com numerosas cicatrizes de inserção de sementes na porção central e margem recoberta por lobos livres, fundidos ao receptáculo pela base. B – MP-Pb 5075b; face dorsal mostrando o receptáculo recoberto por finas estriações que partem do pedicelo e abrem-se e arqueiam-se até atingir os lobos marginais livres. C – MP-Pb 5064; com sementes associadas (seta

superior direita; detalhe em D) e semente conectada (seta inferior direita e detalhe em E). **Escala 5mm**..... 150

FIGURA 25: *Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor*, parte e contraparte. A e B – MP-Pb 5068a; face ventral do receptáculo com numerosas cicatrizes de inserção de sementes na porção central e margem recoberta por lobos livres, fundidos ao receptáculo pela base. C e D – MP-Pb 5068b; face dorsal mostrando o receptáculo recoberto por finas estriações que partem do pedicelo e abrem-se e arqueiam-se até atingir os lobos marginais livres. **Escala 5mm**..... 151

FIGURA 26: *Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor*. A – MP-Pb 5063; estrutura reprodutiva preservada lateralmente mostrando detalhes dos lobos marginais e do pedicelo. B - MP-Pb 5067; face ventral preservada. C – MP-Pb 5065; face dorsal mostrando o receptáculo recoberto por finas estriações que partem do pedicelo e abrem-se e arqueiam-se até atingir os lobos marginais livres. D – MP-Pb 5066; estrutura reprodutiva completa, face ventral repleta de cicatrizes de inserção das sementes, lobos marginais livres, estreitamente associada a uma folha do tipo *Glossopteris*, na qual poderia estar originalmente conectada. **Escala 5mm**. . 152

FIGURA 27: Fotografia e ilustração da estrutura reprodutiva tipo-*Ottokaria*. A e B – GP-3E 3462; preservação dorsolateral, mostrando a face estéril de venações dispersas em forma de leque e a face fértil repleta de sementes/óvulos conectados em posição ortótropa em um receptáculo central..... 155

FIGURA 28: Chave dicotômica resumida, apresentando as principais características distintivas entre as morfoespécies do gênero *Ottokaria* descritas no Gondwana.160

FIGURA 29: A - DGP 1065; morfotipo considerado por Rigby (1972) como um estágio imaturo de *Arberia minasica*, tendo em vista a maior espessura e o menor comprimento dos ramos que partem do eixo principal, o qual mostra-se também mais largo do que em espécimes considerados maduros pelo autor. B – GP-3T 247; *Arberia minasica* espécime com óvulo/sememente conectada, com ramos curtos e largos (indicado pela seta) **Escala: 5 mm**. ..... 169

FIGURA 30: A- ilustração de *Arberia surangei* Chandra & Srivastava 1981, evidenciando a ausência de uma incisão dicotômica apical na estrutura reprodutiva, bem como seu eixo principal consideravelmente alargado (ilustração retirada de Chandra & Srivastava, 1981). B – ilustração de *Arberia opposita* (Millan) Rigby 1972, evidenciando a profunda incisão dicotômica apical, bem como o aspecto mais alongado do eixo principal (ilustração retirada de Millan, 1967)..... 170

FIGURA 31: Ilustrações e fotografias do material-tipo de *Arberia minasica* descrito por White em 1908. A e B – NMNH 31985; estrutura reprodutiva com eixo principal laminar, estriado subdividindo-se em ramos mais curtos de terminação aparentemente truncada. C e D – NMNH 31893; estrutura reprodutiva estriada com ramos secundários com terminação abrupta a truncada, encontrada em associação com uma semente do tipo *Cordaicarpus* Geintz (seta) de superfície lisa e ápice emarginado. E e F – NMNH 31982; estrutura reprodutiva de superfície estriada, apresentando um alargamento na porção distal dos ramos terminais que podem ser interpretados como estruturas tipo-escama protetoras das sementes, conforme sugerido por Adendorff (2005), na emenda proposta para o gênero *Arberia*; seta

indicando esta estrutura preservada na posição dorsal. **Escala: 5 mm** (Ilustrações da autora e fotografias de Roberto Iannuzzi). ..... 172

FIGURA 32: *Arberia minasica* (White) emend. Rigby 1972. A – NHNM 31985; material-tipo mostrando estriações ao longo da estrutura; B – NHNM 31893; material-tipo, mostrando a posição subparalela dos ramos; C – NHNM 31982, material-tipo mostrando uma estrutura tipo-bráctea na posição dorsal indicada pela seta; D e E – GP/3E 743, fotografia de ilustração de novo espécime, a seta superior indica a incisão dicotômica apical e setas abaixo indicam as estruturas escamiformes, espatuladas na porção terminal dos ramos; F – GP/3E 322, novo espécime com sementes imaturas conectadas em posição anátropa (indicadas pela seta). ..... 181

FIGURA 33: *Arberia opposita* (Millan) nov. comb.; A - DGP 7/1070; espécime mostrando uma incisão dicotômica profunda na região apical e óvulos/sementes em distintos estágios de maturação, sendo os mais maduros indicados pela seta (estas sementes são apresentadas em destaque na FIGURA 34). B - 279-Pb-DG-MN; parátipo mostrando também a incisão dicotômica apical proeminente característica da morfoespécie. C e D – MP-Pb 3746; fotografia e ilustração de novo espécime recuperado do afloramento Morro do Papaléo, Rio Grande do Sul, mostrando ramos férteis contendo sementes/óvulos em distintos estágios de desenvolvimento. 189

FIGURA 34: *Cordaicarpus rocha-camposii* Bernardes-de-Oliveira 1976, em diferentes estágios de maturação e desenho esquemático mostrando as diferentes formas de preservação da esclerotesta nos espécimes analisados. A – DGP 7/1070 (parte); espécime em estágio de maturação avançado, com ápice agudo (indicado pela seta) e base arredondada, ainda em conexão orgânica com a estrutura reprodutiva, apresenta superfície levemente estriada, mostrando a preservação da esclerotesta sobre o corpo central da semente. B – DGP 7/1070 (contraparte); mesmo espécime de A, porém preservado sem a esclerotesta cobrindo o corpo central da semente, nesta preservação a esclerotesta aparece como uma testa que contorna o nucelo. C - DGP 7/1070 (parte); espécime imaturo, com contorno geral arredondado e tamanho diminuto. D – GP/3T 234 – Holótipo; E – esquema representativo da morfologia geral da semente quando a esclerotesta é preservada recobrando o nucelo completamente o que, geralmente, dá à superfície da semente um aspecto estriado; F – esquema representativo da morfologia geral da semente quando a esclerotesta não está recobrando o nucelo completamente, neste caso, ela aparece pouco espessa e contornando o nucelo. **Abreviações: nu-** nucelo; **esc-** esclerotesta. **Escala: 5 mm.** ..... 190

FIGURA 35: *Arberia* cf. *A. hlobanensis*. A – DGP 7/1066 (parte); vista ventral da estrutura reprodutiva, evidenciando a projeção dos ramos a partir de distintos pontos do eixo principal, em posição subparalela a este mesmo eixo, a seta indica a face ventral da região terminal do ramo, onde provavelmente estaria conectada uma semente/óvulo. B – DGP 7/1066 (contraparte); vista dorsal da estrutura reprodutiva, a seta indica a vista dorsal da região de inserção da semente, com um prolongamento do ramo em uma estrutura tipo-escama, cuja superfície está recoberta pelas estriações que partem do eixo principal da semente. .... 193

FIGURA 36: *Arberia curvata* nov. sp. A e B – MP-Pb 5074; fotografia e ilustração do holótipo de *Arberia curvata*, mostrando seu longo pedicelo mais fino que o eixo

principal da estrutura reprodutiva, bem como seus longos ramos recurvados que apresentam um alargamento na porção distal, demarcando o ponto de inserção da semente/óvulo. C – DGP 7/1068; espécime descrito por Rigby (1972a) e reavaliado neste estudo, evidenciando os ramos que partem de diferentes planos do eixo principal e que se alargam em sua porção distal, formando espessamentos cupuliformes. D – DGP 7/1073; espécime descrito por Rigby (1972a) como preservado lateralmente, possuindo na porção distal dos ramos um espessamento cupuliforme, a seta indica a preservação da porção distal de um ramo terminal mais afastado do eixo principal da estrutura reprodutiva, sustentando a hipótese de que este espécime esteja preservado lateralmente. **Escala: 5mm.** ..... 197

FIGURA 37: Chave dicotômica resumida apresentando as principais características distintivas entre as morfoespécies do gênero *Arberia* distribuídas pelo Gondwana e reconhecidas em afloramentos de países como o Brasil, África do Sul, Índia e Austrália. .... 201

FIGURA 38: Diagrama demonstrativo do intervalo de volume das sementes enquadradas nas cinco categorias de Haper et al. (1970) e convertidas para volume por Tiffney (1984). Observa-se que no intervalo de 10 a 100 mm<sup>3</sup> todas as categorias são possíveis. .... 225

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 01: Comparação entre os dados morfométricos dos espécimes em análise com três morfoespécies de *Ottokaria*, sendo *O. sancta-catharinae* Dolianiti 1971, *O. ovalis* White 1908 e *O. transvaalensis* Plumstead 1956 emend. Anderson & Anderson 1985. Observa-se no gráfico que os espécimes diferem de *O. transvaalensis* na largura média dos lobos e de *O. ovalis* na largura média dos lobos e do receptáculo. Em comparação com *O. sancta-catharinae*, ambas as medidas assemelham-se. O gráfico mostra, também, a linha de tendência, baseada nos dados morfométricos dos espécimes em análise. Salienta-se que não foram incluídos no gráfico os dados morfométricos das contrapartes e para as morfoespécies em comparação foram utilizados somente os dados diagnósticos/descritivos fornecidos pelos autores das morfoespécies..... 142

GRÁFICO 02: Comparação entre os dados morfométricos dos espécimes em análise com três morfoespécies de *Ottokaria*, são elas: *O. sancta-catharinae* Dolianiti 1971, *O. ovalis* White 1908 e *O. transvaalensis* Plumstead 1956 emend. Anderson & Anderson 1985. Observa-se no gráfico que os espécimes diferem de *O. transvaalensis* principalmente na largura média dos lobos e de *O. ovalis* na largura média do receptáculo. Em comparação com *O. sancta-catharinae* ambas medidas diferem, porém, elas apresentam proporcionalidade linear em relação às larguras tanto do receptáculo quanto dos lobos. O gráfico mostra, também, a linha de tendência, baseada nos dados morfométricos dos espécimes em análise. Salienta-se que não foram inseridos no gráfico os dados morfométricos das contrapartes e para as morfoespécies em comparação foram utilizados tão somente os dados diagnósticos/descritivos fornecidos pelos autores das morfoespécies..... 148

GRÁFICO 3: Gráfico comparativo dos dados morfométricos dos espécimes considerados como *Arberia minasica*, recuperados em afloramentos da Bacia do Paraná, Brasil. Estão incluídos os dados dos espécimes dos quais foi possível obter as medidas completas da largura do eixo principal, o comprimento médio dos ramos, bem como o ângulo de abertura da incisão dicotômica apical. Estão disponibilizados dados dos espécimes descritos por Rigby (1972), Bernardes-de-Oliveira (1977), o material-tipo de *Arberia minasica* (White, 1908), o material-tipo de *Arberia opposita* (Millan) Rigby 1972, e novos espécimes recuperados dos afloramentos Morro do Papaléo, no estado do Rio Grande do Sul, e Itanema II e Rio da Estiva, no estado de Santa Catarina, Brasil. .... 175

GRÁFICO 4: Gráfico comparativo dos dados morfométricos dos espécimes considerados como *Arberia minasica*, recuperados do afloramento Rio da Estiva, Bacia do Paraná, SC, Brasil. Estão incluídos os dados dos espécimes dos quais foi possível obter as medidas completas da largura do eixo principal, o comprimento médio dos ramos, bem como o ângulo de abertura da incisão dicotômica apical. Estão disponibilizados dados do material-tipo de *Arberia minasica* (White, 1908) para comparação..... 179

GRÁFICO 5: Gráfico comparativo dos dados morfométricos dos espécimes considerados neste estudo como *Arberia opposita* (espécies reavaliados de Rigby 1972a, espécimes reavaliados de Bernardes-de-Oliveira 1977, material-tipo de *Dolianitia opposita* Millan 1067a e novo material proveniente do afloramento Morro do Papaléo, RS) comparados com o material-tipo de *Arberia minasica* White 1908.

Estão incluídos os dados dos espécimes dos quais foi possível obter as medidas completas da largura do eixo principal, o comprimento médio dos ramos, bem como o ângulo de abertura da incisão dicotômica apical..... 185

GRÁFICO 6: Intervalo de volume das sementes recuperadas em distintos afloramentos do Permiano Inferior da Bacia do Paraná, Brasil. Os dados utilizados para o cálculo do volume foram retirados da diagnose e da descrição disponibilizadas nas publicações originais de cada morfoespécie. As linhas horizontais superiores e inferiores indicam o volume máximo e mínimo para cada categoria de análise, e.g. *Samaropsis*, *Samaropsis* (nucelo), *Cordaicarpus*, *Cordaicarpus* (nucelo), Total e Total (nucelo). As caixas sumarizam a distribuição de 25, 50 (barras horizontais no interior da caixa) e 75% do volume das morfoespécies em cada categoria de análise..... 213

GRÁFICO 7: Intervalo de volume das sementes recuperadas em distintos afloramentos do Paleozóico da Bacia do Paraná, categorizadas de acordo com o estado (Rio Grande do Sul – RS; São Paulo – SP) e a unidade litoestratigráfica (Grupo Itararé; Formação Rio Bonito). Os dados utilizados para o cálculo do volume foram retirados das diagnoses e das descrições disponibilizadas nas publicações originais de cada morfoespécie. As linhas horizontais superiores e inferiores indicam o volume máximo e o mínimo para cada categoria de análise. As caixas sumarizam a distribuição de 25, 50 (indicado pelas barras horizontais) e 75% do volume das morfoespécies em cada categoria de análise. .... 226



## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1: Reprodução do esquema original de classificação artificial de sementes fósseis elaborado por Maithy (1965, p.54). ..... 68
- TABELA 2: Reprodução do esquema de classificação artificial de sementes fósseis “Esquema Maithy” com as atualizações realizadas por Millan (1994). ..... 70
- TABELA 3: Reprodução do “Esquema Maithy”, reavaliado e atualizado por Bernardes-de-Oliveira et al. (2007). ..... 73
- TABELA 4: Chave dicotômica de identificação de morfoespécies de sementes gondvânicas. As principais características diagnósticas encontram-se destacadas em negrito. A maioria das ilustrações, quando presentes, são reproduções originais dos autores que propuseram as morfoespécies..... 99
- TABELA 5: Espécies de sementes fósseis descritas e sua distribuição em países que compunham o Gondwana. Morfoespécies marcadas com \* contém dados anatômicos em sua diagnose. A espécie *Eucerospermum nitens* marcada com \*\* foi sinonimizada por Archangelsky & Cúneo 1987 com *Ferugliocladus patagonicus* (cones femininos)..... 112
- TABELA 6: Tabela apresentando a amplitude estratigráfica das espécies descritas para o intervalo Carbonífero-Triássico do Gondwana. A coluna “Distribuição Geográfica” apresenta a distribuição nas diferentes bacias e/ou localidades do Gondwana, a saber: 1. Bacia do Paraná; 2. Bacia Paganzo; 3. Bacia Rio Blanco; 4. Bacia San Rafael; 5. Bacia Tepuel-Genoa; 6. Bacia La Golondrina; 7. Bacia Karoo; 8. Bacia Congo; 9. Bacia Werrie; 10. Bacia Bowen; 11. Bacia Canning; 12. Bacia Zambesi; 13. Bacia South Rewa; 14. Carvão Giridih; 15. Carvão Sigraulti; 16. Carvão Talcher; 17. Carvões do Vale Damodar; 18. Montanhas Horlick; 19. Bacia de Sakoa. .... 118
- TABELA 7: Lista de morfoespécies gondvânicas recuperadas de afloramentos do Permiano Inferior da Bacia do Paraná no Brasil. As medidas utilizadas no cálculo do volume das sementes encontram-se separadas em medidas totais (considerando todas as estruturas da semente, inclusive a sarcotesta) e medidas do nucelo que contemplam apenas a reserva nutritiva das sementes. Todas as medidas foram retiradas dos trabalhos descritivos originais de cada morfoespécie/morfotipo.212
- TABELA 8: Sumário das principais síndromes de dispersão de frutos e sementes elaboradas por Howe & Smallwood (1982), modificado e traduzido. A última coluna, acrescentada neste estudo, apresenta a possibilidade de reconhecer as feições diagnósticas em material fóssil..... 219

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Terminologia descritiva utilizada pela Botânica atual para regiões apicais das folhas e com amplo potencial para padronização dos termos utilizados em estudos descritivos de sementes fósseis. .... 65

QUADRO 2: Terminologia descritiva utilizada pela Botânica atual para regiões basais das folhas e com amplo potencial para padronização dos termos utilizados em estudos descritivos de sementes fósseis. .... 66

QUADRO 3: Quadro comparativo das dimensões e formas de *Samaropsis goraiensis*, *Samaropsis rohnii* e *Samaropsis seixasii* com o material em análise. As informações foram retiradas das publicações que contém as diagnoses originais das morfoespécies. .... 83

QUADRO 4: Quadro comparativo das dimensões e formas dos espécimes em análise com *Samaropsis kurtzii* Leguizamón 1971, *Samaropsis tasacunensis* Archangelsky 2000 e *Samaropsis kurtzii* reconhecida em depósitos fossilíferos brasileiros por Marques-de-Souza & Iannuzzi (2007). .... 87

QUADRO 5: Distribuição estratigráfica das morfoespécies de sementes fósseis da Bacia do Paraná, Brasil. Localidades/Afloramentos/Horizontes fossilíferos: **ITP** = Itapeva; **MMR** = Monte Mor (Sítio Volpe); **MPA I** = Afloramento Morro do Papaléo (inclui Cerro Negro, Morro do Papaléo- Seção Faxinal e Morro do Papaléo- Cocuruto); **CER** = Cerquilho (Toca do Índio - Fazenda Itapema); **FIG** = Figueira; **FAX** = Mina do Faxinal; **MPA II** = Afloramento Morro do Papaléo (inclui apenas o topo do afloramento); **IRP** = Camada Irapuá (afloramentos Bainha, São Marcos, Bairro 20, Hospital); **CBB** = Carvão Barro Branco; **Carbon.** = Carbonífero. .... 125

QUADRO 6: Chave dicotômica para determinação de morfoespécies do gênero *Ottokaria* Zeiller 1902. Ilustrações retiradas de trabalhos desenvolvidos pelos autores das morfoespécies ou pelos demais autores que as reavaliaram, sendo baseadas nos morfotipos e suas características diagnósticas. Os textos em itálico referem-se aos parâmetros morfométricos e às características diagnósticas especificadas para cada morfoespécie. .... 161

QUADRO 7: Distribuição estratigráfica das morfoespécies gondvânicas de *Ottokaria*. **IN**: Índia; **BR**: Brasil; **AF**: África do Sul; **AR**: Argentina; **AU**: Austrália; **RH**: Rodésia (Zimbábue); **SRW**: South Rewa; **RST**: Afloramento Rio da Estiva; **MPA**: Morro do Papaléo; **IRP**: Camada Irapuá (Afloramentos Bainha, Bairro 20, São Marcos); **ITN**: Afloramento Itanema II; **CGR**: Carvão Giridih; **HMK**: Hammanskraal; **VRE**: Vereeniging; **WKI**: Wankie; **BNT**: Formação Bonete; **CAR**: Carvão Aruanga; **IRC**: Carvão Irwin River; **BAS**: Folhelho Black Alley; **CRG**: Carvão Raniganj. Unidades Permiano Inferior = Cisuraliano; Permiano Superior = Guadalupiano ao Lopingiano. .... 165

QUADRO 8: Chave dicotômica para determinação de morfoespécies do gênero *Arberia* (White) Rigby 1972. Ilustrações retiradas de trabalhos desenvolvidos pelos autores das morfoespécies, ou pelos demais autores que as reavaliaram, e estão baseadas nos morfotipos e suas características diagnósticas. O texto em itálico

refere-se aos parâmetros morfométricos e às características diagnosticas específicas de cada morfoespécie. .... 202

QUADRO 9: Distribuição estratigráfica das morfoespécies gondvânicas de Arberiaceae cujos gêneros têm ocorrência na Bacia do Paraná, Brasil. **IN:** Índia; **BR:** Brasil; **AF:** África do Sul; **AU:** Austrália; **SRW:** South Rewa; **RST:** Afloramento Rio da Estiva; **MPA:** Afloramento Morro do Papaléo; **IRP:** Camada Irapuá (Afloramentos Bainha, Bairro 20); **ITN:** Afloramento Itanema II; **DVB:** Damodar Valley Basins; **MHC:** Mohopani Coalfield; **HMK:** Hammanskraal; **HLB:** Hlobane; **VRE:** Vereeniging; **IRC:** Irwin River Coal. Idade entre Sakmariiano tardio e Artinskiano. O posicionamento das localidades fossilíferas da Índia seguiu o trabalho desenvolvido por Mukhopadhyay (2010), o dos afloramentos brasileiros se baseou no trabalho de Iannuzzi (2010). 206

## SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT .....	7
LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE GRÁFICOS.....	15
LISTA DE TABELAS .....	17
LISTA DE QUADROS .....	18
INTRODUÇÃO .....	23
1. ÁREA DE ESTUDO, MATERIAL E MÉTODOS .....	30
1.1 Bacia do Paraná .....	30
1.1.1 Afloramento Morro do Papaléo.....	32
1.1.2 Afloramento Morro do Papaléo–Seção Faxinal .....	35
1.1.3 Afloramento Morro do Papaléo – Cocuruto .....	37
1.1.4 Afloramento Rio da Estiva .....	39
1.1.5 Afloramento Itanema II .....	41
1.2 Material .....	43
1.3 Métodos .....	44
2. ESTUDOS COM SEMENTES PALEOZÓICAS DO GONDWANA: HISTÓRICO E AVALIAÇÃO CRÍTICA.....	48
2.1 Padronização da terminologia descritiva .....	52
2.1.1 Semente ou óvulo? .....	53
2.1.2 Platispérmica (simetria bilateral) e radiospérmica (simetria radial) .....	53
2.1.3 Testa .....	55
2.1.4 Sarcotesta .....	56
2.1.5 Esclerotesta.....	57
2.1.6 Endotesta .....	58
2.1.7 Sinus .....	58
2.1.8 Nucelo <i>versus</i> Núculo.....	59
2.1.9 Micrópila .....	62
2.1.10 Crista mediana .....	63
2.1.11 Região apical e basal da semente .....	64

2.2 Sistema artificial de classificação: surgimento e evolução do “Esquema Maithy” .....	66
3. NOVAS OCORRÊNCIAS DE MORFOESPÉCIES DE SEMENTES EM DEPÓSITOS PERMIANOS DA BACIA DO PARANÁ, BRASIL.....	75
4. SISTEMATIZAÇÃO DAS MORFOESPÉCIES DE SEMENTES DO GONDWANA EM UMA CHAVE DICOTÔMICA.....	95
5. SEMENTES GONDVÂNICAS: DISTRIBUIÇÃO ESTRATIGRÁFICA E GEOGRÁFICA .....	110
5.1. Distribuição no Gondwana .....	110
5.2 Distribuição bioestratigráfica .....	116
5.3. Distribuição na Bacia do Paraná .....	121
6. A FAMÍLIA DICTYOPTERIDIACEAE NO BRASIL, NOVAS OCORRÊNCIAS, REAVALIAÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA .....	127
6.1. O gênero <i>Scutum</i> .....	127
6.1.1 O gênero <i>Scutum</i> no Brasil .....	130
6.2 O gênero <i>Plumsteadia</i> .....	133
6.2.1 O gênero <i>Plumsteadia</i> no Brasil.....	135
6.3 O gênero <i>Ottokaria</i> .....	136
6.3.1 O gênero <i>Ottokaria</i> no Brasil e suas novas ocorrências .....	140
6.3.2 Chave dicotômica para as morfoespécies do gênero <i>Ottokaria</i> .....	156
6.3.3 Distribuição estratigráfica de <i>Ottokaria</i> spp. no Brasil.....	164
7. A FAMÍLIA ARBERIACEAE NO BRASIL, REAVALIAÇÃO, ANÁLISE CRÍTICA E NOVAS OCORRÊNCIAS .....	166
7.1. O gênero <i>Arberia</i> .....	167
7.1.1 Novo material de <i>A. minasica</i> .....	176
7.1.2 Novo material de <i>Arberia opposita</i> .....	182
7.1.3 Novo material de <i>Arberia hlobanensis</i> .....	191
7.1.4 Nova espécie de <i>Arberia</i> .....	194
7.1.5 Chave dicotômica para as espécies de <i>Arberia</i> no Gondwana.....	198
7.2. O gênero <i>Arberiopsis</i> .....	204
7.3. Distribuição Estratigráfica de Arberiaceae no Brasil .....	205
8. ECOLOGIA E DISPERSÃO DE SEMENTES: UMA ANÁLISE DA FLORA GONDVÂNICA DA BACIA DO PARANÁ, BRASIL.....	207
8.1 Tamanho da semente .....	209

8.2. Estruturas Facilitadoras de Dispersão .....	217
8.3. Inferências paleoecológicas.....	224
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	230
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	235

## INTRODUÇÃO

Feistmantel foi um dos primeiros pesquisadores a estudar restos vegetais que hoje estão relacionados às estruturas reprodutivas de glossopterídeas quando, em 1881, descreveu a forma nominada como *Dictyopteridium*. A natureza reprodutiva do material fóssil descrito por Feistmantel (1881) só foi reconhecida após anos, em uma reavaliação realizada por Zeiller (1902).

Embora se tenha avançado consideravelmente na compreensão das estruturas reprodutivas de glossopterídeas, percebe-se que os problemas com os estudos destes órgãos vegetais perduram até hoje. Antes se discutia a natureza esporangiada ou ovulífera do material (Adendorff, 2005), hoje os pesquisadores deparam-se com certa quantidade de morfoespécies originalmente erigidas com base em um único espécime ou com uma quantidade razoável de diferentes morfologias atribuídas a uma mesma morfoespécie.

Para Adendorff (2005), mesmo após 180 anos de estudos dedicados às glossopterídeas (principalmente, às suas folhas), o que se observa atualmente é que não se avançou tanto quanto se esperava no entendimento sobre a classificação e as relações filogenéticas do grupo. Neste contexto, parece consenso entre pesquisadores que uma melhor compreensão das estruturas reprodutivas pode conduzir a determinação de grupos naturais por meio da vinculação filogenética dos morfogrupos de glossopterídeas. Esta expectativa deve-se ao fato de que a taxonomia de plantas atuais é baseada justamente nas estruturas férteis de cada grupo, as quais trazem as informações mais diagnósticas sobre as afinidades e os níveis de diversidade (Adendorff, 2005).

No Brasil, contudo, o estudo destas estruturas reprodutivas foi realizado por poucos pesquisadores, dentre eles, estão: White (1908) que erigiu as morfoespécies de *Ottokaria ovalis* e *Arberia minasica* para o material coletado em afloramentos de Santa Catarina; Millan (1967a) que criou o morfogênero *Dollianitia* e três outras morfoespécies recuperadas do afloramento Bainha, no

município de Criciúma, Santa Catarina; Dolianiti (1971) que descreveu *Ottokaria sancta-catharinae* também para o afloramento Bainha; Rigby (1972a) que emendou a morfoespécie *Arberia minasica* White 1908 e sinonimizou a esta morfoespécie os espécimes classificados como *Dollianitia* Millan, 1967a; Bernardes-de-Oliveira (1977) que criou o gênero *Arberiosis* e descreveu novas ocorrências de *Ottokaria* e *Arberia* em afloramentos de Santa Catarina; e, por fim, Guerra-Sommer (1988) e Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993) que apontaram a ocorrência de espécimes *Plumsteadia semnes* Rigby 1978 e de *Scutum* sp., respectivamente, em afloramentos do Rio Grande do Sul, Brasil.

Em uma análise geral da utilização dessas estruturas em estudos bioestratigráficos, percebe-se que a existência de uma clara definição dos morfogêneros, tornando relativamente fácil a distinção entre os grupos, confere a elas uma boa aplicabilidade estratigráfica. Contudo, quando os estudos comparativos buscam avaliar a distribuição das morfoespécies, a semelhança morfológica atrelada às descrições simplificadas, bem como a designação de novos *taxa* baseados em um ou dois espécimes, acabam tornado-se fatores limitadores nas correlações.

Salienta-se que a facilidade na determinação da espécie é considerada um importante requisito para a elegibilidade de fósseis–guia. Além disso, há necessidade de uma relativa abundância do material no registro fóssil, facilitando a visualização de variações intraespecíficas dos morfotipos, o que não ocorre com boa parte das morfoespécies das estruturas reprodutivas de glossopterídeas descritas na literatura. Neste contexto, a presença de sementes conectadas à estrutura reprodutiva pode ser um importante elemento de diferenciação morfoespecífica. Para alavancar essa potencialidade, fazem-se necessários estudos que organizem as informações disponíveis sobre as sementes fósseis, as morfoespécies existentes e a relação destas com as estruturas reprodutivas descritas.

No que se refere, especificamente, aos estudos com as sementes do Gondwana, estes vêm acontecendo desde o final do século XIX e, mais intensamente, do início do século XX. Dentre os trabalhos pioneiros, estão



aqueles desenvolvidos por Feistmantel (1879, 1881, 1882) e Zeiller (1902), apresentando espécimes da Índia, o de Seward (1917), sobre as sementes africanas, o de White (1908), referente às espécies brasileiras, entre outros. A característica principal destes estudos é seu caráter taxonômico, onde a descrição e o registro da ocorrência de novas espécies figuram como principais objetivos.

De fato, as sementes fósseis chamam atenção por sua abundante ocorrência em alguns afloramentos e, principalmente, pela variedade de tamanhos e formas que apresentam. Nesse contexto, os estudos taxonômicos apresentam-se como uma primeira tentativa de descrever e tornar pública essa diversidade, facilitando estudos comparativos entre espécies de diferentes regiões. O que se percebe, no entanto, é que assim como no caso das estruturas reprodutivas, muitas das descrições realizadas até a primeira metade do século XX são pouco aprofundadas, dificultado com isso a comparação com as novas ocorrências e, por conseguinte, o estabelecimento de correlações entre as morfoespécies erigidas.

Ademais, chama a atenção, que nos estudos vislumbrados até hoje, poucos pesquisadores arriscaram-se a propor novas interpretações para essa abundância e diversidade morfológicas evidentes. Para sementes fósseis da Euroamérica, autores como Chaloner & Sheerin (1981) e Tiffney (1984, 1986 e 2004), apresentaram densos estudos teóricos debatendo as relações existentes entre o tamanho, a forma, a abundância e a síndrome de dispersão adotada pelas sementes com base em interpretações fornecidas pela Ecologia de plantas modernas. No entanto, para o Gondwana, pouco foi produzido neste sentido.

Dentre os estudos mais significativos publicados até hoje para sementes do Gondwana, que apresentam alguma discussão acerca da ecologia com base em sua morfologia, pode-se citar Archangelsky (1995), Marques-de-Souza (2009, dissertação de mestrado) e Marques-deSouza & Iannuzzi (2012). No primeiro, Archangelsky (1995), ao descrever a espécie *Patagosperma lubeckense*, sugeriu a ocorrência de dispersão biótica para essa espécie sem, contudo, apontar os possíveis agentes de dispersão. Para as inferências

apresentadas, a autora utilizou como base os trabalhos já mencionados de Chaloner & Sheerin (1981) e Tiffney (1984, 1986).

Marques-de-Souza (2009) e Marques-de-Souza & Iannuzzi (2012), por sua vez, apresentaram um estudo dedicado exclusivamente à análise da morfologia de seis morfoespécies previamente descritas na literatura. Nesses trabalhos, os autores dedicaram-se a descrever as diferentes estruturas apresentadas pelas sementes, comparando-as com estudos sobre a dispersão de sementes atuais, bem como recorrendo aos possíveis agentes dispersores contemporâneos à época de existência dessas sementes. Não obstante, Marques-de-Souza (2009) sugeriu que as sementes poderiam assumir um importante papel nas reconstituições paleoecológicas, uma vez que trariam informações pertinentes a respeito do grupo ecológico (i.é pioneiras, secundária inicial e secundária tardia) ao qual a planta-mãe da semente pertenceria.

Dentro do contexto da utilização das sementes fósseis no âmbito da Paleocologia, pode-se citar como relevante a determinação, com a maior precisão possível, das plantas-mães das sementes. Considerando-se as sementes fundamentalmente como órgãos dispersivos, fica claro que a maioria dos espécimes registrados não está conectada às sua respectiva estrutura reprodutiva.

Por outro lado, nos estudos taxonômicos publicados, alguns autores fizeram um esforço no sentido de elucidar a afinidade botânica das espécies. Dentre esses estudos, pode-se citar Maithy (1965), Archangelsky (1995, 2000), Bernardes-de-Oliveira et al. (2007), entre outros. Embora as indicações acerca desta afinidade botânica não sejam conclusivas, pois se basearam, geralmente, nos registros de associações semente-estrutura onde não havia conexão orgânica dos restos, esses tipos de trabalhos são fundamentais para que avanços sejam feitos no sentido de definir as plantas geradoras das sementes. Somente desse modo, será possível levantar informações mais definitivas sobre a ecologia e biologia das espécies vegetais paleozóicas.

Diante do exposto, destaca-se que a associação de sementes com as estruturas reprodutivas pode contribuir consideravelmente nestes estudos uma

vez que facilitam o reconhecimento das plantas-mãe de sementes, fazendo com que as inferências paleoecológicas propostas a partir da morfologia geral das sementes e das estruturas reprodutivas possam ser estendidas também aos restos vegetativos [foliares] conectados.

Assim, com o intuito de contribuir com o avanço dos estudos paleobotânicos referentes às sementes e estruturas reprodutivas associadas, no âmbito dos temas acima mencionados, a presente tese teve os seguintes objetivos:

**Objetivo geral:**

*“Analisar taxonomicamente, estratigraficamente e ecologicamente sementes e estruturas reprodutivas do Permiano Inferior da Bacia do Paraná”*

**Objetivos específicos:**

- i) descrever novas ocorrências de sementes e de estruturas reprodutivas, comparando-as com espécies já descritas na literatura;
- ii) identificar as estratégias de dispersão dos grupos funcionais das sementes analisadas;
- iii) sistematizar o conhecimento disponível referente às sementes e às estruturas reprodutivas gondvânicas, com ênfase nos morfogêneros que ocorrem em bacias brasileiras;
- iv) posicionar estratigraficamente as morfoespécies de sementes e das estruturas reprodutivas pertencentes aos morfogêneros que ocorrem em depósitos paleozoicos brasileiros.

Assim, com vistas a atender os objetivos expostos, a presente tese encontra-se organizada, a partir desta introdução, em oito capítulos e considerações finais. No primeiro capítulo, intitulado “Área de Estudo, Material e Métodos”, são apresentados os dados geológicos gerais da Bacia do Paraná e dos afloramentos dos quais o material analisado provém, bem como os procedimentos de análise utilizados.

No segundo capítulo, intitulado “Estudos com sementes paleozóicas do Gondwana: histórico e avaliação crítica”, é apresentado um breve histórico sobre os estudos com sementes fósseis nos países que pertenciam ao Gondwana, é abordada a necessidade de se padronizar a terminologia utilizada nos estudos descritivos de sementes, bem como discute-se a evolução do primeiro sistema artificial de classificação das sementes do Gondwana, elaborado por Maithy (1965).

No terceiro capítulo, denominado “Novas ocorrências de morfoespécies de sementes em depósitos Permianos da Bacia do Paraná, Brasil” é apresentada a análise e discussão de novos espécimes coletados, os quais são comparados com aqueles disponibilizados na literatura e identificados dentre as morfoespécies descritas para o Gondwana. No quarto capítulo “Sistematização das morfoespécies de sementes do Gondwana em uma chave dicotômica” é apresentada o novo sistema artificial de identificação e comparação das morfoespécies gondvânicas na forma de chave dicotômica, demonstrando sua utilidade como ferramenta facilitadora no processo descritivo/comparativo das sementes fósseis.

No capítulo cinco, intitulado “Sementes gondvânicas: distribuição estratigráfica e geográfica”, discute-se a distribuição estratigráfica e geográfica das sementes paleozóicas do Gondwana, enfatizando-se, ao final, a distribuição estratigráfica das morfoespécies registradas em afloramentos da Bacia do Paraná, Brasil, onde já estão incluídas as novas ocorrências identificadas no capítulo três desta tese. Neste quinto capítulo, apresenta-se, também, uma visão geral das morfoespécies com maior potencialidade para estudos bioestratigráficos, bem como a importância de se contar com boas determinações taxonômicas.

No sexto capítulo, intitulado “A Família Dictyopteridiaceae no Brasil: novas ocorrências, reavaliação e análise crítica”, são apresentados os gêneros referentes à Família Dictyopteridiaceae com ocorrência registrada em afloramentos da Bacia do Paraná, no Brasil (*i.é*, *Plumsteadia* e *Ottokaria*). São apresentadas a descrição e a análise de novos espécimes incluídos no morfogênero *Ottokaria*, bem como a descrição e identificação das sementes encontradas em conexão ou em associação com as estruturas reprodutivas

descritas. Também é feita a proposição de uma chave dicotômica para auxiliar na identificação das morfoespécies do gênero *Ottokaria* e, por fim é apresentada a distribuição estratigráfica do morfogênero *Ottokaria* no Gondwana.

O sétimo capítulo, organizado da mesma maneira que o capítulo seis, é denominado “A Família Arberiaceae no Brasil: novas ocorrências, reavaliação e análise crítica”. Neste capítulo são apresentados os gêneros da Família Arberiaceae que têm ocorrência registrada em depósitos da Bacia do Paraná, Brasil. É feita a análise e a descrição de novos espécimes identificados como pertencentes aos gêneros *Arberia*. As sementes encontradas em conexão ou em associação com as estruturas reprodutivas são descritas e analisadas, ao final de cada novo morfotipo apresentado. Ao final é apresentada uma chave dicotômica para diferenciação e identificação das espécies do gênero *Arberia*, bem como é fornecida uma tabela com a distribuição estratigráfica da família *Arberiaceae* no Gondwana.

Finalmente, no oitavo capítulo intitulado “Ecologia e dispersão de dementes: uma análise da flora gondvânica da Bacia do Paraná”, é apresentada uma análise integrativa dos dados fornecidos pelas sementes paleozoicas da Bacia do Paraná, no Brasil, bem como das estruturas reprodutivas com sementes conectadas estudadas nesta tese. Essa análise versa sobre as possíveis inferências paleoecológicas que podem ser feitas a partir das feições morfológicas das sementes e das estruturas reprodutivas associadas. Todas as proposições deste último capítulo têm como base comparativa estudos realizados com plantas atuais, bem como as considerações feitas por alguns poucos autores que estudaram as sementes das floras fósseis em todo o mundo.

A tese encerra-se com as considerações finais, as quais apresentam uma visão geral sobre o que foi discutido nos capítulos, bem como os principais avanços decorrentes do trabalho de sistematização das informações disponíveis sobre sementes e estruturas reprodutivas recuperadas de afloramentos permianos da Bacia do Paraná, Brasil.

## 1. ÁREA DE ESTUDO, MATERIAL E MÉTODOS

O presente capítulo apresenta a descrição geológica geral da Bacia do Paraná e dos afloramentos dos quais foram retirados os novos espécimes analisados, bem como os métodos adotados para a obtenção dos resultados apresentados nos demais capítulos desta tese. Assim, encontra-se organizado nos seguintes subitens: 1.1 Bacia do Paraná, onde é apresentada uma descrição breve da referida bacia sedimentar, bem como a geologia dos afloramentos Morro do Papaléo, Morro do Papaléo- Seção Faxinal e Morro do Papaléo-Cocuruto, no estado do Rio Grande do Sul, e Itanema II e Rio da Estiva, ambos no estado de Santa Catarina; 1.2 Material e 1.3 Métodos onde são apresentados a procedência dos espécimes analisados e os métodos utilizados na interpretação do referido material.

### 1.1 Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná distribui-se por quatro países sul-americanos (FIGURA 1). No Brasil, encontram-se 1.400.000 km<sup>2</sup> do total de 1.700.000 km<sup>2</sup>. No Uruguai, Argentina e no Paraguai é conhecida como Bacia Chacoparaná. Esta caracteriza-se por ser uma bacia intracratônica preenchida por sedimentos paleozoicos e mesozoicos (Milani, 1997).

Ainda, de acordo com Milani (1997), a Bacia do Paraná possui seis supersequências denominadas, da mais antiga para a mais recente, como: (i) Rio Ivaí, com depósitos do Ordoviciano e Siluriano; (ii) Paraná, com depósitos do Devoniano; (iii) Gondwana I, representando o Carbonífero e o Permiano; (iv) Gondwana II, com depósitos do Triássico; (v) Gondwana III, representando o intervalo Jurássico- Cretáceo e; (vi) Bauru, com depósitos do Cretáceo.

Os depósitos sedimentares nos quais se encontram os restos vegetais estudados nesta tese correspondem à supersequência Gondwana I a qual, de acordo com Milani (1997), trata-se, juntamente com as supersequências Rio Ivaí e Paraná, de ciclos transgressivo-regressivos de idade Paleozóica.

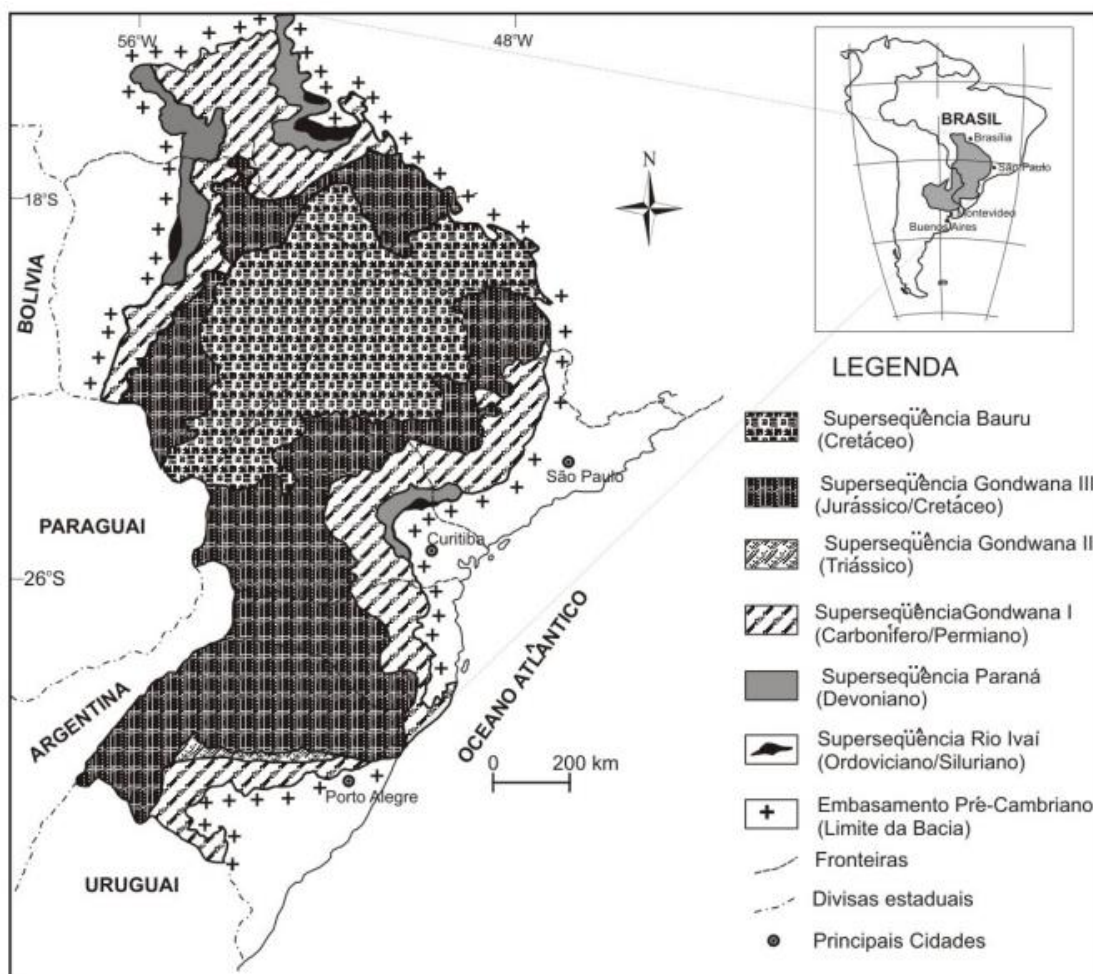


FIGURA 1: Extensão territorial de abrangência dos depósitos sedimentares da Bacia do Paraná no Brasil. Mapa elaborado por Boardman (2011), baseado em Milani (1997) e adaptado de Souza & Marques-Toigo (2003).

De maneira mais específica, a supersequência sedimentar Gondwana I está dividida litoestratigraficamente no Supergrupo Tubarão e no Grupo Passa Dois (FIGURA 2). O Supergrupo Tubarão é composto pelo Grupo Itararé e pelo Grupo Guatá, composto pelas formações Rio Bonito e Palermo (Schneider et al., 1974; Milani, 1997).

Os afloramentos dos quais as amostras deste estudo foram recuperadas estão posicionados estratigraficamente no topo do Grupo Itararé e na Formação Rio Bonito, aproximadamente no intervalo Sakmariiano tardio – Artinskiano precoce (Iannuzzi, 2010). Estes afloramentos serão discutidos nos subitens a seguir.

		<b>LITOESTRATIGRAFIA</b>						
Cronoes.		Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná	São Paulo			
Quat.		Barreiras, Terraços Aluviões	Barreiras, Terraços Aluviões	<i>Qha</i>	<i>Qha</i>			
Terc.		Associação litológica primária	Associação litológica primária	<i>TQi</i>	<i>TQi</i>   Fm. Rio Claro			
Cret.	Gr. Bauru				Fm. Marília			
Juro-Cretáceo	Gr. São Bento	Fm. Serra Geral	Fm. Serra Geral	Fm. Serra Geral	Fm. Serra Geral			
		Fm. Botucatu	Fm. Botucatu	Fm. Botucatu	Fm. Botucatu			
Trias		<del>Mb. Sta. Maria</del> Fm. Rosário do Sul		Fm. Pirambóia				
Permiano	Gr. Passa Dois	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado Mb. Serrinha	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado Mb. Serrinha	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado Mb. Serrinha	Fm. Corumbatal
		Fm. Teresina	Fm. Teresina	Fm. Teresina	Fm. Teresina	Fm. Teresina		
		Fm. Serra Alta	Fm. Est. Nova	Fm. Serra Alta	Fm. Serra Alta	Fm. Serra Alta		
		Fm. Irati	Mb. Assistência Mb. Taquaral					
		Fm. Palermo	Fm. Palermo	Fm. Palermo	Fm. Palermo			
Carb. Sup.	Gr. Guatá	Fm. Rio Bonito	Mb. Siderópolis Mb. Paraguaçu Mb. Triunfo	Fm. Rio Bonito	Mb. Paraguaçu Mb. Triunfo	Fm. Tatui	Fm. Tietê	
		Fm. Rio do Sul	Fm. Rio do Sul	Fm. Rio do Sul	Fm. Rio do Sul	Fm. Aquidauana		
		Fm. Mafra	Fm. Mafra	Fm. Mafra	Fm. Mafra	Gr. Itararé		
Devoniano	Gr. Paraná	Fm. Campo do Tenente	Fm. Campo do Tenente	Fm. Campo do Tenente	Fm. Campo do Tenente			
		Fm. Ponta Grossa	Fm. Ponta Grossa	Fm. Ponta Grossa	Fm. Ponta Grossa			
		Fm. Furnas	Fm. Furnas	Fm. Furnas	Fm. Furnas			
		Embasamento pré-Gonduânico						

FIGURA 2: Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná segundo Schneider et al. (1974), adaptada por Aboarrage & Lopes (1986), disponível em <http://www.cprm.gov.br/coluna/coluna.htm>. Observar as distintas subdivisões dos Grupos Itararé e Guatá nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo.

### 1.1.1 Afloramento Morro do Papaléo

Localiza-se no município de Mariana Pimentel, a cerca de 100 km sudoeste do município de Porto Alegre, onde antigamente situava-se uma mina



de exploração de caulim (FIGURA 3). Iannuzzi et al. (2003 a,b) identificou e descreveu 8 níveis fossilíferos para este afloramento. Os níveis fossilíferos N1 e N2, identificados como sendo os mais basais do perfil, são representados por ritmitos síltico-argilosos, de coloração bege-escuro a cinza-escuro, vinculados ao Grupo Itararé. Impressões de frondes de *Botrychiopsis plantiana* e folhas de *Gangamopteris obovata*, *Glossopteris communis* e *Cordaites hislopii* (Iannuzzi et al., 2006), além de sementes de *Cordaicarpus truncata* (Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009) compõem o conteúdo paleoflorístico desses dois níveis.

O nível N4 está estratigraficamente situado no topo do Grupo Itararé (Iannuzzi et al. 2003a,b) e é formado por siltitos cinza-claro, avermelhados, finamente laminados, nos quais se encontram preservados restos vegetais de caules (tipo *Paracalamites*), rizomas (tipo *Pinnularia*), restos de *Phyllothea australis* (= *P. indica*) e *Stephanophyllites* cf. *S. sanpaulensis*, folhas determinadas como *Glossopteris communis*, *G. indica*, *G. occidentalis*, *Gangamopteris obovata*, *G. buriadica*, *Cordaites hislopii*, *Cheirophyllum specularis*, *Kawizophyllum* sp. e ?*Dicranophyllum* sp. (Iannuzzi et al., 2006), além de sementes do tipo *Samaropsis gigas*, *Samaropsis* aff. *S. rigbyi*, *Cordaicarpus* aff. *C. brasiliensis* e *Cordaicarpus* aff. *C. famatinensis* (Marques-de-Souza & Iannuzzi, 2007, 2009).

Já os níveis N7 e o N8, que correspondem ao topo da seção aflorante do Morro do Papaléo, pertencem ao Grupo Guatá, Formação Rio Bonito, e são formados por corpos lenticulares de arenito grosso, conglomerático, intercalados por finos siltitos cinza esbranquiçados fossilíferos (Iannuzzi et al 2003a,b). Nesses siltitos encontram-se sementes de *Cordaicarpus* cf. *C. brasiliensis*, *Samaropsis* aff. *S. millaniana*, em associação com impressões de *Brasilodendron pedroanum* e *Cyclodendron* sp.; folhas de *Glossopteris communis*, *G. indica*, *G. occidentalis*, *Gangamopteris obovata* var. *major*, *Cordaites hislopii*, *Kawizophyllum* sp. e *Ginkgophytopsis* sp.; além de frondes de *Pecopteris pedrasica*, *Pecopteris* sp., *Asterotheca* sp., *Sphenopteris* sp. e *Neomariopteris* sp. (Iannuzzi et al., 2006; Vieira et al., 2007).

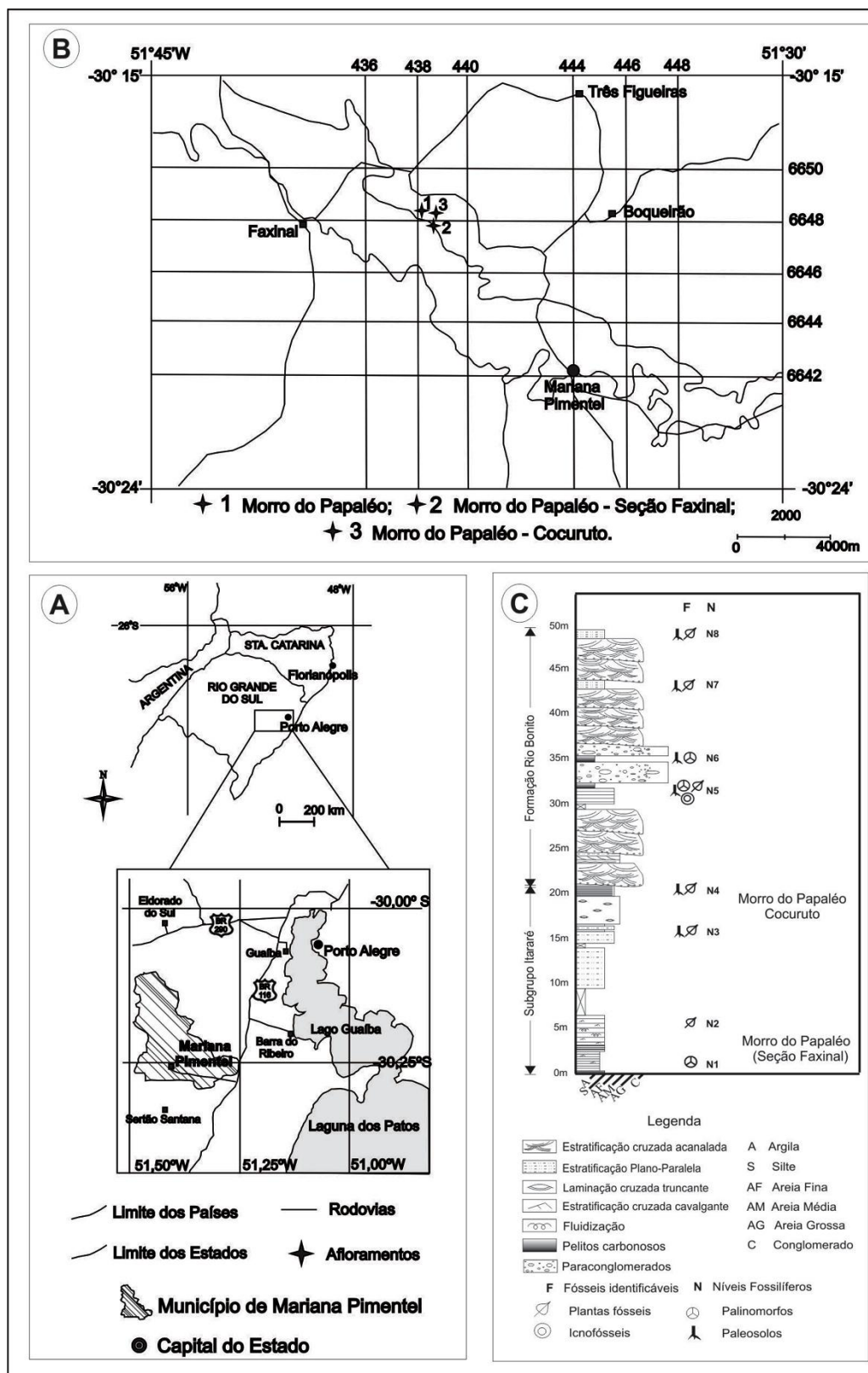


FIGURA 3: Mapa de localização do município de Mariana Pimentel (A), no Rio Grande do Sul, e dos afloramentos (B) Morro do Papaléo - 1, Morro do Papaléo- Seção Faxinal - 2 e Morro do Papaléo-Cocuruto - 3. Seção estratigráfica (C) do afloramento Morro do Papaléo (retirado e traduzido de Marques-de-Souza & Iannuzzi, 2012) indicando níveis correlatos dos afloramentos Morro do Papaléo- Seção Faxinal e Morro do Papaléo-Cocuruto.

Os estratos deste afloramento foram depositados em uma região proximal, no interior do Paleovale Mariana Pimentel (Iannuzzi 2010). Ainda, segundo Iannuzzi et al. (2003ab, 2010), os níveis basais de N1 a N4 correspondem a depósitos gerados em ambientes lagunares a lacustres (Grupo Itararé), enquanto que N7 e N8 representam camadas típicas da planície de inundação de ambientes fluviais (Formação Rio Bonito, Grupo Guatá).

### **1.1.2 Afloramento Morro do Papaléo–Seção Faxinal**

Este afloramento localiza-se a 500 metros a sudeste do afloramento Morro do Papaléo e, embora careça de estudos geológicos/estratigráficos mais aprofundados, tem-se sugerido que as rochas aflorantes correspondem as fácies brancas encontradas na porção basal do Afloramento Faxinal descritas por Corrêa-da-Silva (1978) e por Andreis et al. (1979) (FIGURA 4).

Devido a esta similaridade, Marques-de-Souza & Iannuzzi (2009) chamaram este afloramento de Seção Faxinal. Anos mais tarde, os mesmos autores (Marques-de-Souza & Iannuzzi, 2012) chamaram o afloramento de Morro-do-Papaléo – Lavina, considerando que a denominação Seção Faxinal causava confusão com o Afloramento Faxinal. O nome Morro do Papaléo – Lavina considerou ainda a proximidade com o Afloramento Morro do Papaléo, bem como a denominação informal dada por outros pesquisadores que haviam visitado a área chamando-o de Lavina. Nesta tese, retoma-se a denominação Morro do Papaléo – Seção Faxinal.

O nível fossilífero N1 (Figura 4) corresponde a aproximadamente 15 cm de argilito marrom-escuro maciço, com restos vegetais abundantes (alguns contendo Matéria Orgânica), raízes (paleossolos), partes aéreas (caules) e frondes de *Botrychiopsis* sp.

O nível fossilífero N2 contém aproximadamente 65 cm de espessura e é composto por camadas de areia fina, amarelo-acizentada, laminadas, intercaladas com finas lâminas siltico-argilosas. Inicia-se com predomínio das argilas sobre as areias (linsen), nos primeiros 10 cm, gradando para um pacote de rochas laminadas onde predominam areias finas e siltes com estruturas do

tipo *wavy* e *climbs* (cruzadas cavalgantes). Neste pacote os restos de vegetais tornam-se cada vez mais raros e ocasionais em direção ao topo (FIGURA 4).

Atualmente, o bom registro de restos vegetais, a presença de paleossolos e as estruturas sedimentares sugerem que este depósito foi gerado em ambientes marginais de corpos d'água lânticos. De acordo com Côrrea da Silva (1978) e Andreis et al. (1979), está situado litoestratigraficamente no topo do Grupo Itararé e representa a fase final do preenchimento de grandes lagos, ao final do ciclo sedimentar do Grupo Itararé. No que se refere à composição florística do depósito, são registradas a ocorrência de folhas de *Glossopteris communis* e *Gangamopteris* spp., pequenos caules tipo-*Paracalamites* e folíolos relacionados a *Phyllothea* e *Stephanophyllites*, assim como muitos fragmentos de frondes de *Botrychiopsis plantiana* (Marques-de-Souza & Iannuzzi, 2009).

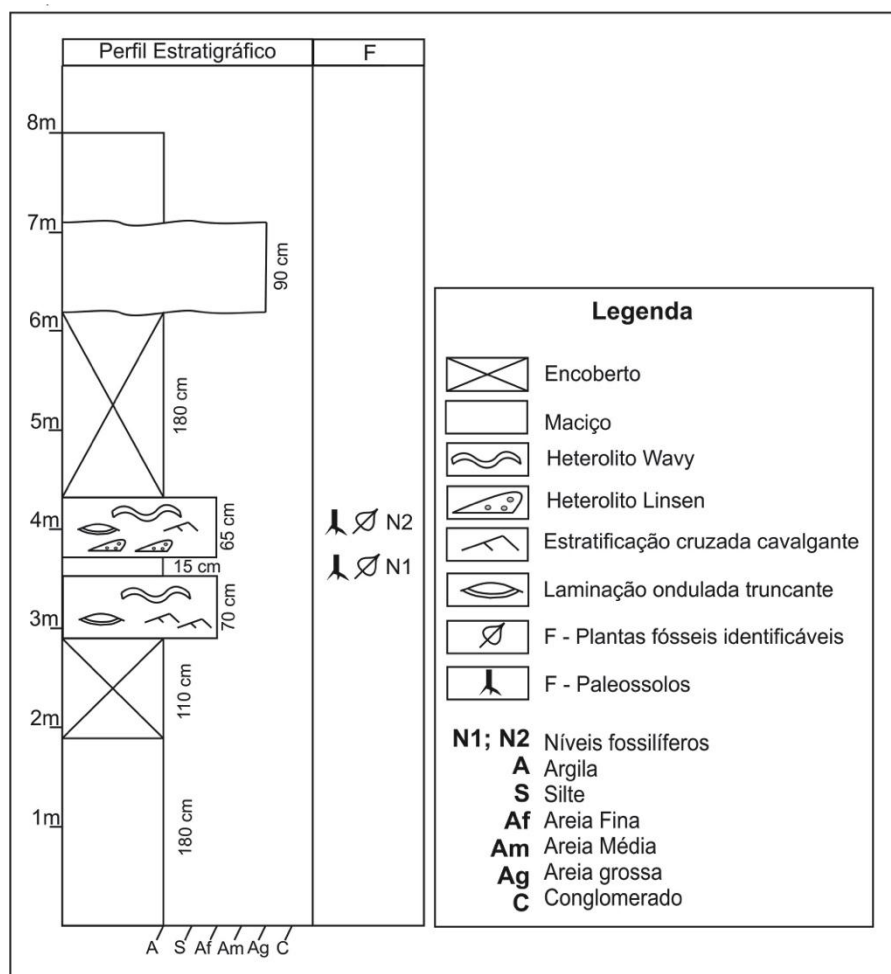


FIGURA 4: Perfil estratigráfico do Morro do Papaléo - Seção Faxinal indicando os níveis fossilíferos N1 e N2. Município de Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul.

### 1.1.3 Afloramento Morro do Papaléo – Cocuruto

Localizado a cerca de 300 metros a leste do afloramento Morro do Papaléo, assim como o Afloramento Morro do Papaléo-Seção Faxinal, carece de estudos geológicos/estratigráficos mais aprofundados. Sugere-se, contudo que o depósito aflorante corresponde a fácies do nível fossilífero N3, encontrada na porção média da seção do Morro do Papaléo descrita por Iannuzzi et al. (2003 a,b; 2006) (FIGURA 3).

A seção analisada apresenta cerca de 3,60 m, sendo composta na base por 1,10 m de argilitos marrom-amarelados, maciços, por vezes apresentando raras lentes de siltito-arenoso e evidências de raízes (paleossolos?). O topo deste pacote argiloso é cortado por uma lente de arenito grosso que apresenta superfícies onduladas e estratificações cavalgantes (*climbs*) internamente. A seguir, tem-se um pacote heterolítico granodecrescente, de 1,20 m de espessura, que se inicia como um arenito muito fino e finaliza como um argilito. Internamente, há presença de laminação ondulada truncante ao longo do pacote. Na porção inferior à média predomina laminação ondulada (*wavy e ripples*) com flaser, passando para a porção superior, à laminação ondulada com linsen, conforme a granulometria torna-se mais fina. Há evidências de raros restos vegetais neste pacote (N1). Acima, ocorre uma camada de arenito médio de 20-30 cm, constituída de laminação ondulada (*ripples*). No topo deste, ocorrem raízes, evidenciando a presença de paleossolo (N2) (Iannuzzi, com. pess.).

Por fim, no topo da seção ocorrem dois pacotes heterolíticos granodecrescentes, de cerca de 40 cm de espessura, intercalados com uma camada de argilito maciço, com evidência de paleossolo no topo. Estes pacotes são semelhantes ao outro heterolito descrito na porção média, apresentando as mesmas estruturas sedimentares (*wavy, ripples, flaser e linsen*), porém são mais ricos em termos de restos vegetais (N3 e N4). Todos os fósseis estudados aqui provêm destes heterolitos superiores. Além das sementes, foram observados nestes a presença de raros caules de *Paracalamites* sp. e prováveis ramos de *Stephanophyllites* sp., sendo comuns

folhas de *Glossopteris communis*, *Gangamopteris obovata*, *G. revoluta* (Iannuzzi, com. pess.).

Assim como no afloramento anterior (Morro do Papaléo - Seção Faxinal), o registro de restos vegetais, a presença de paleossolos e as estruturas sedimentares do tipo wavy, linsen e flaser sugerem que este depósito foi gerado em ambientes marginais de um corpo d'água (lênticos).

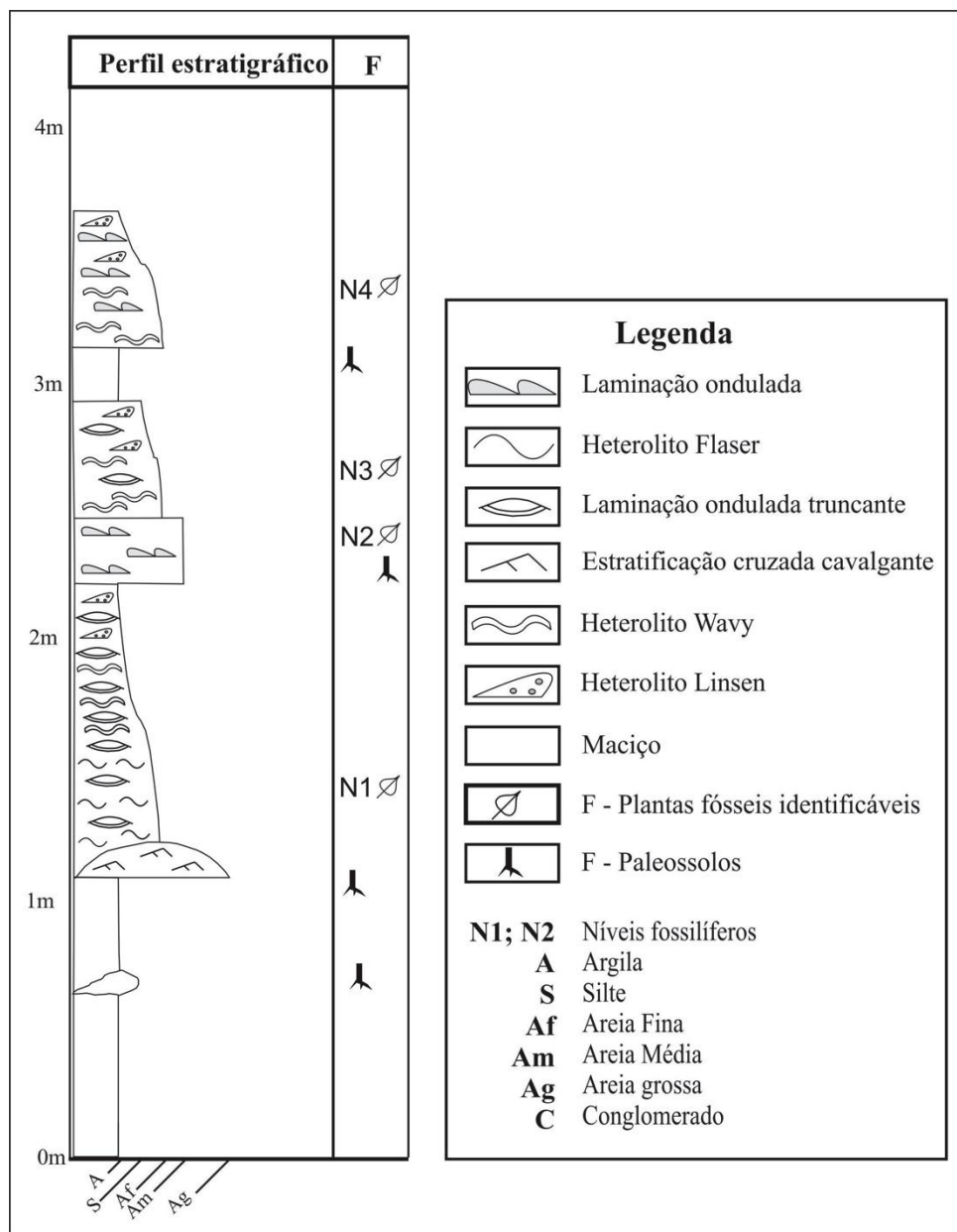


FIGURA 5: Perfil estratigráfico do afloramento Morro do Papaléo – Cocuruto, apontando os níveis fossilíferos N1, N2, N3 e N4. Município de Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul (Elaborado por G. A. Roesler).

#### 1.1.4 Afloramento Rio da Estiva

Situa-se no município de Itaiópolis, próximo ao Km 139 da rodovia BR 116, do trecho entre Curitiba e Papanduva, no estado de Santa Catarina (FIGURA 6). As camadas fossilíferas expostas deste afloramento possuem espessura de aproximadamente 60 cm e são compostas basicamente de folhelhos argilosos intercaladas por camadas de argilito compacto, finas camadas de carvão e siltitos carbonosos (Rösler, 1975).

Na descrição detalhada da litologia e das fácies sedimentares do pacote, Rösler (1975) considerou a variação na concentração de estratos carbonosos dentro da sequência. Essa variação foi utilizada como ferramenta para o reconhecimento de partes dentro da própria sequência, uma vez que representa uma diferença no acúmulo de restos vegetais. Assim, o autor dividiu o pacote fossilífero em cinco partes denominadas “A, B, C, D e E” (FIGURA 6).

A camada “A”, depositada imediatamente acima do arenito, possui uma espessura de aproximadamente 9 cm e é formada por argilito “cor chocolate” com certa laminação paralela. A camada “B”, também com aproximadamente 9 cm de espessura é a mais rica composta por finos estratos carbonosos representados por restos vegetais compostos principalmente por caules incarbonizados e comprimidos (Rösler, 1975).

A parte “C”, com 9 cm de espessura, é formada por folhelho argiloso com leitos finos de carvão, sendo estes menos numerosos do que aqueles contidos na camada “B”. Nos níveis mais altos dessa parte são encontradas impressões de folhas de *Glossopteris*. Já a parte “D” é a menos fossilífera de todas as partes, sendo constituída por um argilito ou silito amarelado sem leitos carbonosos e sem laminação evidente.

Por fim, a parte “E” é a mais espessa das camadas, possuindo em média 29 cm, apresentando aspecto bandeado onde há alternância de estratos cor chocolate (contendo bons fósseis em forma de impressões), de cor escura e preta (estratos carbonosos) e de cor amarelada (menos fossilíferos). Nesta parte encontram-se folhas de *Gangamopteris obovata* (Carr.) White 1908, *Glossopteris comunis* Feistmantel 1976, *Glossopteris occidentalis* White 1908

emend. Tybusch & Iannuzzi 2010 (Tybusch et al., 2012), estruturas reprodutivas e numerosas sementes (Rösler, 1975).

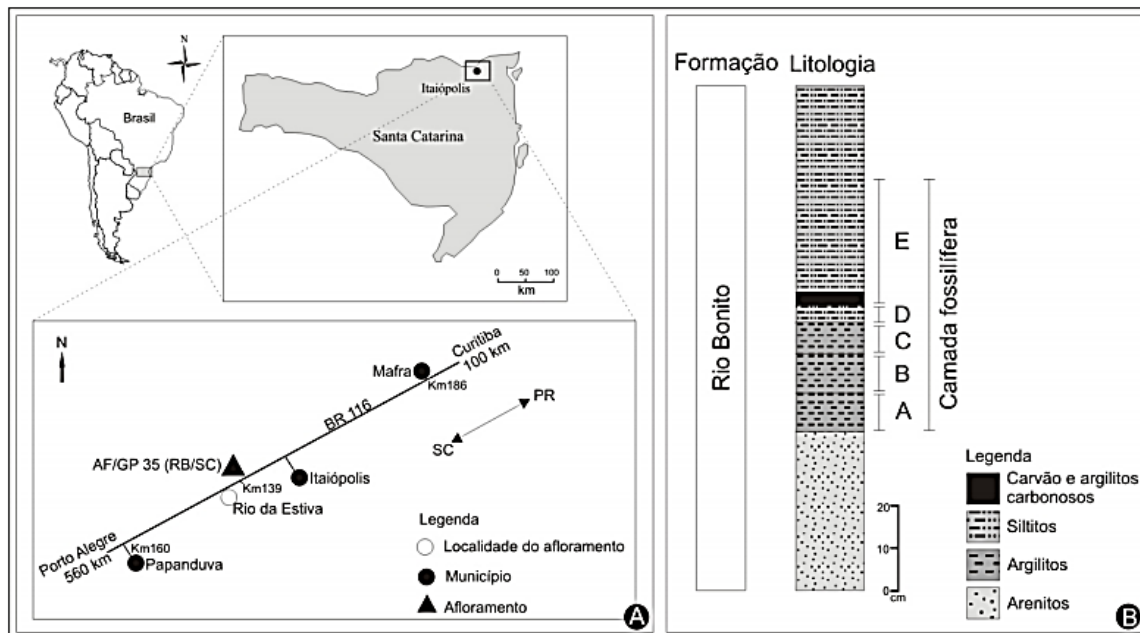


FIGURA 6: Mapa de localização (A) e perfil estratigráfico do afloramento Rio da Estiva (B), no município de Itaiópolis, estado de Santa Catarina, Brasil. Mapa elaborado por Tybusch et al. (2012) adaptado de Rösler (1975).

Ainda, segundo Rösler (1975), nos estratos carbonosos predominam os caules. Nos argilitos, finamente laminados, predominam as folhas e, em diversos níveis, há uma grande quantidade de sementes. A orientação predominante das folhas e dos caules (paralelos entre si) sugere a ação de correntes. Para Rösler (1978) e Bernardes-de-Oliveira (2000), esta taoflora corresponde bioestratigraficamente à “Taoflora B” que equivale, parcialmente, à unidade informal “Flora *Glossopteris-Brasilodendron*”, criada por Iannuzzi & Souza (2005) para a Formação Rio Bonito na Bacia do Paraná.

Sobre o ambiente deposicional, Medeiros & Tomaz (1973) sugerem que a região era uma área de proximidade com o mar, com um pequeno declive da planície interdeltáica. Assim, os ritmitos encontrados no Rio da Estiva corresponderiam à influência de inundações periódicas na planície de marés (Rösler, 1975).



No que se refere à idade desse pacote sedimentar, Rösler (1975) sugeriu que esse pacote corresponderia à porção média da Formação Rio Bonito. O mesmo autor (Rösler, 1978) considerou inicialmente esta associação como pertencente ao intervalo Artinskiano-Kunguriano. No entanto, após avanços na datação radiométrica realizada em depósitos fossilíferos da Formação Rio Bonito no estado Rio Grande do Sul, passou-se a considerar, por correlação, essa associação como pertencente ao intervalo compreendido entre o Sakmariano tardio e Artinskiano precoce (Iannuzzi, 2010). Assim, a porção média da Formação Rio Bonito datada, a partir de depósitos carbonosos do Rio Grande do Sul, de aproximadamente  $290,6 \pm 1,5$  M.a. (Guerra-Sommer et al. 2008), corresponderia estratigraficamente ao Membro Paraguaçu no estado de Santa Catarina (Iannuzzi, 2010).

#### **1.1.5 Afloramento Itanema II**

Localizado no município de Urussanga, no estado de Santa Catarina, este afloramento não teve sua descrição geológica realizada até o momento. Informações preliminares apontam que o referido afloramento encontra-se estratigraficamente posicionado logo acima do Carvão Barro Branco.

No estado de Santa Catarina, a Formação Rio Bonito é dividida nos membros Triunfo, Paraguaçu e Siderópolis. Esta divisão, proposta por Schneider et al. (1974), é amplamente aceita em Santa Catarina e Paraná, porém não é utilizada no Rio Grande do Sul e em São Paulo (Iannuzzi, 2010).

O Membro Siderópolis, que recobre os sedimentos do Membro Paraguaçu é caracterizado por um pacote de arenito intercalado com siltitos, folhelhos carbonosos e carvão da Camada Barro Branco (FIGURA 7). No que se refere ao ambiente deposicional desta sequência sedimentar, Medeiros & Thomaz (1973) sugerem que tenha sido formada em ambiente litorâneo que avançou sobre a sedimentação marinha do Membro Paraguaçu. Para os autores, as camadas carbonosas representariam a sedimentação em ambientes lagunares e em mangues costeiros que foram, posteriormente,

recobertos por areias litorâneas e afogados pelos sedimentos marinhos da transgressão representada pela Formação Palermo.

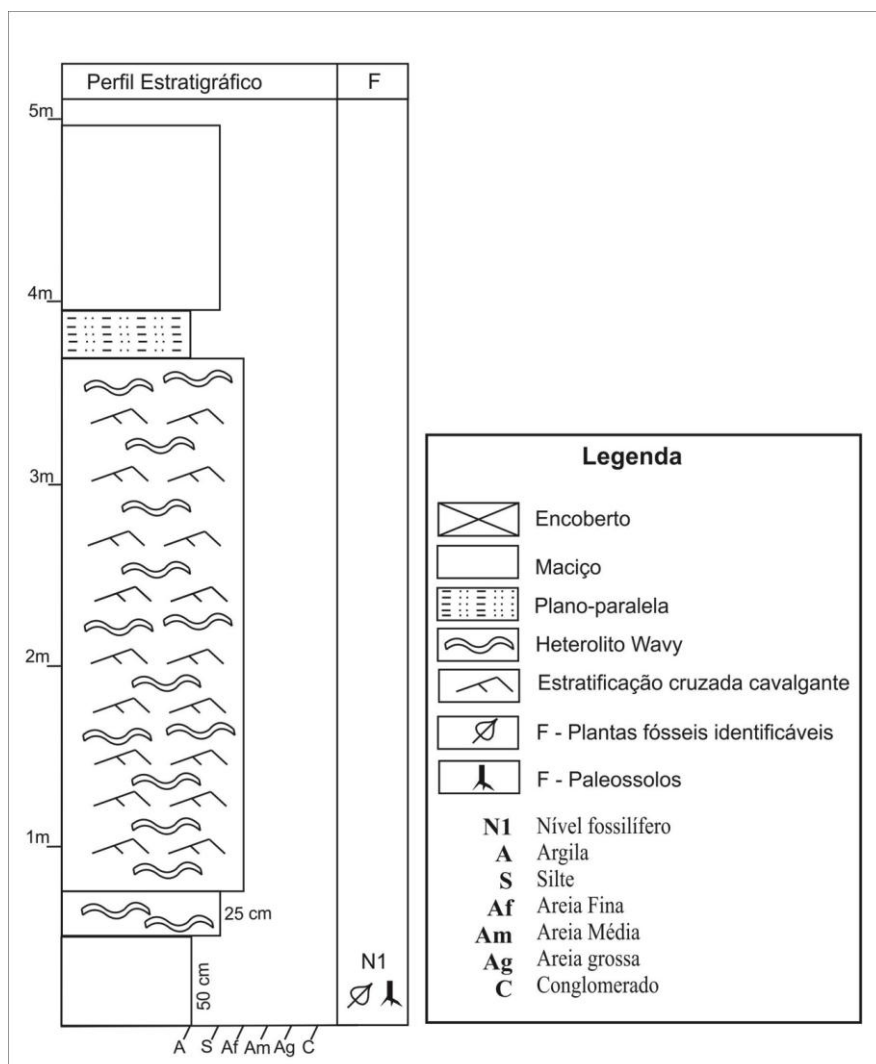


FIGURA 7: Perfil estratigráfico do Afloramento Itanema II localizado no município de Urussanga, Santa Catarina, Brasil.

O Carvão Barro Branco, de acordo com Iannuzzi (2010) é a única camada persistente e minerável por toda a “bacia carbonífera catarinense” e serve, segundo o autor, de camada-guia para os geólogos e engenheiros de minas na região. O afloramento Itanema II, assim como a camada Carvão Barro Branco, localiza-se no Membro Siderópolis, topo Formação Rio Bonito.

A camada fossilífera é a mais basal no perfil aflorante (N1 Figura 7) e corresponde à aproximadamente 50 cm de argilito, dos quais os 40 cm basais tem coloração cinza-escuro à preta, e os 10 cm finais têm coloração marrom

claro. Trata-se de um ambiente sedimentar possivelmente lagunar na base, sotoposto pela instalação de uma planície de maré, onde a camada de siltito arenoso imediatamente acima do nível fossilífero parece representar um rápido alagamento, seguido de uma elevação gradativa do nível do mar em direção ao topo do perfil.

## 1.2 Material

Todo o material estudado, proveniente dos afloramentos Morro do Papaléo, Morro do Papaléo-Seção Faxinal, Morro do Papaléo-Cocuruto e Itanema II, encontra-se depositado na coleção de Paleobotânica do Museu de Paleontologia do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), identificados pela sigla MP-Pb. O material proveniente do Afloramento Rio da Estiva encontra-se depositado na coleção de paleobotânica do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental (DGSA) da Universidade de São Paulo (USP), identificados pela sigla GP-3E.

Outras coleções foram visitadas, com vistas a examinar espécimes para maior refinamento nos estudos taxonômicos. Assim, os materiais depositados na Superintendência do Rio de Janeiro do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM-RJ), do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (MN-UFRJ), na Coleção Nacional de Paleobotânica do "Museo Argentino de Ciencias Naturales - Bernardino Rivadavia" foram também consultados.

No que se refere ao material descrito por White (1908), este foi consultado por meio de fotografias atuais. Os espécimes estão depositados sob a sigla USNM, na coleção do Departamento de Paleobiologia do *National Museum of Natural History* (NMNH) que pertence ao *Smithsonian Institution*, em Washington (Estados Unidos).

### 1.3 Métodos

O material brasileiro foi comparado com o material de outras bacias gondvânicas de países como Argentina, África do Sul, Índia e Austrália, por meio das diagnoses e descrições disponíveis na literatura. O método de análise e sistematização das informações, bem como de comparação e determinação dos novos espécimes e morfótipos, seguiu algumas etapas, tanto para o estudo das sementes quanto das estruturas reprodutivas, descritas adiante.

Primeiramente, fez-se um estudo detalhado de cada novo morfótipo, estabelecendo o seu fichamento que incluiu a descrição dos caracteres diagnósticos e de dados morfométricos. A determinação dos espécimes de semente coletados baseou-se nas descrições e/ou diagnoses disponíveis na literatura (Maithy, 1965; Millan, 1994; Archangelsky 2000), bem como na análise das seguintes feições diagnósticas: i) diferenciação da testa em endotesta, esclerotesta e sarcotesta; ii) formas das regiões apical e basal da semente, reinterpretadas com base em Gonçalves & Lorenzi (2007) e Ferri et al. (2005); iii) forma e a superfície do nucelo (liso ou estriado); iv) relação entre a largura da testa e a largura do nucelo; v) presença ou ausência de uma crista mediana ao longo do nucelo; vi) presença ou ausência de sinus em uma ou em ambas extremidades.

Para as estruturas reprodutivas, após sua medição detalhada considerou-se, com base nas descrições e diagnoses elaboradas por Zeiller (1902), Plumstead (1956), White (1908), Rigby (1972a) e Adendorff, (2005), as seguintes feições diagnósticas: i) presença ou ausência de um receptáculo central e o seu tipo de margem, se lobada, dentada, inteira ou alada; ii) presença ou ausência de um eixo principal planar ramificado uma ou mais vezes; iii) presença de óvulos/sementes conectados na porção distal dos ramos terminais ou múltiplos óvulos/sementes (ou suas cicatrizes) conectados à estrutura reprodutiva pelo receptáculo central; iv) largura, comprimento e número de lobos marginais; v) presença ou ausência de uma estrutura tipo-escama na porção distal do ramo terminal; vi) comprimento e largura do pedicelo.

No que se refere às determinações das possíveis síndromes de dispersão associadas às distintas morfografias de sementes, bem como às inferências a respeito do possível grupo ecológico das plantas-mãe, fez-se uso dos critérios de análise paleoecológica propostos por autores como Maithy (1965), Chaloner & Sheerin (1981), Tiffney (1984, 1986) e Millan (1994), e daqueles já utilizados por Archangelsky (1999), Marques-de-Souza (2009) e Marques-de-Souza & Iannuzzi (2012). A escolha destes critérios deveu-se a sua aplicabilidade dentro do contexto morfológico e preservacional do material disponível, visto que as sementes utilizadas estão preservadas na forma de impressão/compressão.

Portanto, no âmbito dos estudos paleoecológicos considerou-se as seguintes feições na análise: i) o tamanho da semente, que segundo Harper et al (1970) permite definir habitat e estrato da planta geradora (i.é I- habitat aberto e pradarias; II- margens de florestas; III- estrato herbáceo; IV- estrato arbustivo e V- estrato arbóreo; ver FIGURA 7) e de acordo com Tiffney (1984, 1986, 2004), Jakobsson & Eriksson (2000), Eriksson et al. (2000) e Moles et al. (2005b) está relacionado ao grupo ecológico ao qual pertence a planta-mãe (i.é, pioneira, secundária inicial e secundária tardia), ii) a presença ou ausência de estruturas morfológicas dispersoras, já que, segundo alguns autores (Tiffney, 1986, 2004; Van der Pijl, 1969), estas estruturas denunciam a síndrome utilizada como estratégia de dispersão pela planta-mãe por favorecerem a ação de agentes dispersores específicos; iii) a relação entre o tamanho da semente e a síndrome de dispersão, que traz informações adicionais a respeito destes possíveis agentes dispersores, limitando ou favorecendo sua ação, independentemente da morfologia apresentada pelo diásporo (Hughes et al., 1994).

Em seguida, para a determinação das prováveis síndromes de dispersão das sementes estudadas, utilizou-se a classificação proposta por Van der Pijl (1969) para plantas modernas, que é, resumidamente, a seguinte: i) Anemocoria: dispersão pelo vento; ii) Hidrocoria: dispersão pela água; iii) Autocoria: dispersão pela própria planta; iv) Epizoocoria: dispersão pela aderência à superfície de animais; v) Dispersão por peixes; vi) Saurocoria: dispersão por répteis; vii) Ornitocoria: dispersão por aves; viii) Dispersão por

mamíferos; ix) Barocoria: representa a ausência de síndrome de dispersão, mas com a atuação da força da gravidade. Esta última é também conhecida por dispersão desassistida (Eriksson et al., 2000; Moles et al., 2005b).

Especificamente, para todas as análises relacionadas ao tamanho das sementes, considerou-se, com base nas proposições feitas por Tiffney (1984), o volume das sementes, medido em  $\text{mm}^3$ . Para obter esses valores utilizou-se a mesma fórmula utilizada por Eriksson et al. (2000) e Sims (2012) para cálculo de volume de estruturas elipsóides definida por  $V = 4/3\pi ab^2$  onde:  $a = C/2$ ;  $b = (L + E)/4$ ; sendo “C” a medida do comprimento da semente, “L” a medida da largura da semente e “E” a medida da espessura da semente.

Por tratar-se de material preservado na forma de impressão/compressão não foi possível obter a medida da espessura da semente. Salienta-se que a maioria dos autores que contemplaram, em seus estudos, o tamanho dos diásporos, o fez por meio de seu peso seco, fornecendo dados baseados em miligramas e gramas (Harper et al., 1970; Hughes et al., 1994; Moles et al., 2005ab). Essa abordagem, segundo Tiffney (1984), dificulta estudos comparativos com sementes fósseis. Por outro lado, o autor julga inapropriados estudos que consideram apenas as medidas lineares, como comprimento e largura (Chaloner & Sheerin, 1980), já que não consideram as variações decorrentes da forma tridimensional da estrutura.

Assim, na busca por uma solução para este problema, Tiffney (1984) analisou os dados de 52 espécies de angiospermas atuais e verificou que há uma correlação significativa entre o peso e o volume das sementes (FIGURA 8). Assim, Tiffney (1984) passou a utilizar o volume para quantificar o tamanho dos diásporos fósseis e, no caso em que a espessura da semente não era evidente (assim como no caso das morfoespécies brasileiras), considerou  $E = 0,66.L$ . De acordo com o autor, esse é um valor obtido empiricamente tendo-se como base a Lei da Potência governando a relação entre a área da superfície e o volume (Tiffney 1984, p. 552).

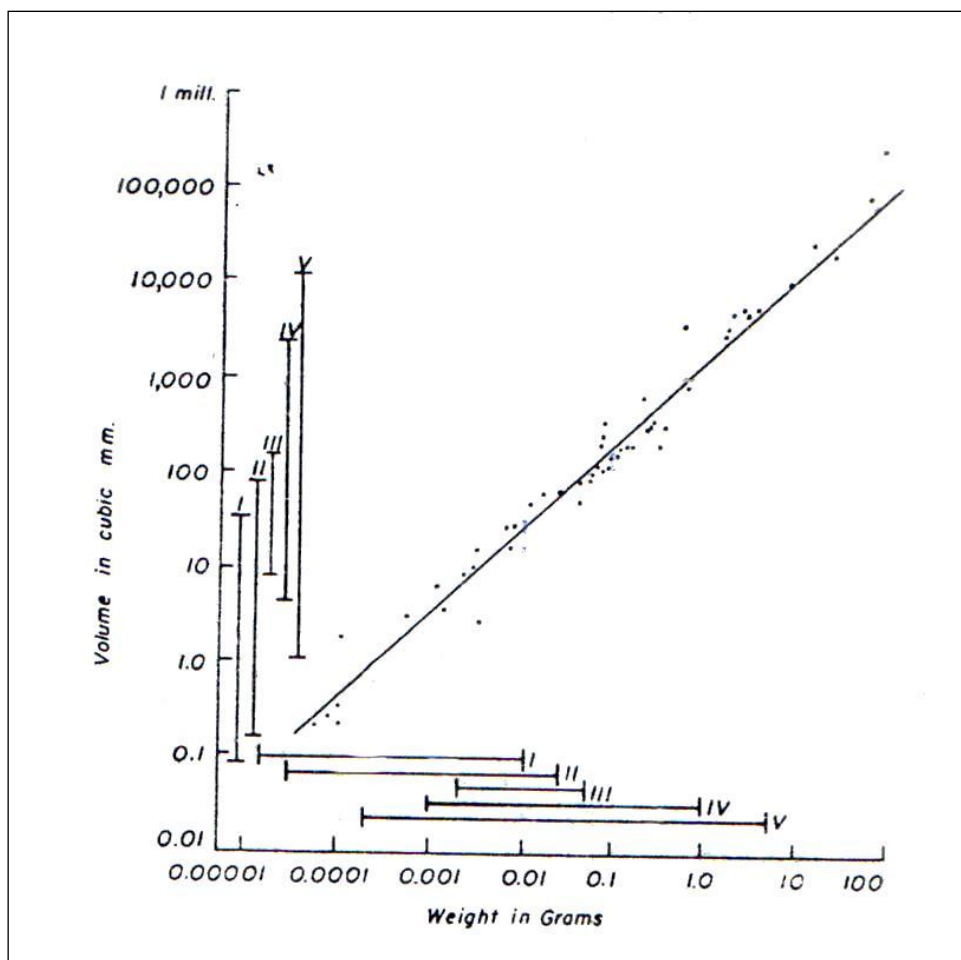


FIGURA 8: Reprodução do gráfico Log-Log de peso *versus* volume para sementes de 52 angiospermas. As cinco categorias de peso de sementes (Harper et al., 1970) no eixo horizontal (peso) foram transpostas para o eixo vertical (volume) por meio da curva de regressão. As categorias de plantas de Harper (1970) são: I - habitats abertos e pradarias; II - margens de floresta; III- estrato herbáceo; IV- estrato arbustivo e V - estrato arbóreo (retirado de Tiffney, 1984).

## 2. ESTUDOS COM SEMENTES PALEOZÓICAS DO GONDWANA: HISTÓRICO E AVALIAÇÃO CRÍTICA

Os primeiros estudos dedicados às sementes gondvânicas datam do final do século XIX. Segundo Pant et al. (1985), foi Feistmantel (1879, 1881, 1882) o primeiro pesquisador a descrever as sementes dispersas do Gondwana, tendo se dedicado ao estudo das sementes encontradas em depósitos na Índia. Anos mais tarde, foram feitas numerosas descrições, ainda para sementes recuperadas na Índia, publicadas por outros pesquisadores, tais como Zeiller (1902), Seward & Sahni (1920), Saksena (1956), Surange & Lele, (1956), Lele (1962, 1968), Maithy (1965), Surange & Chandra (1975) e Pant et al. (1985). Outra contribuição relevante foi a revisão realizada por Seward (1917), que analisou todas as morfoespécies descritas na época para os depósitos do Gondwana, avaliando as descrições dos gêneros e sugerindo adequações terminológicas.

Dentre as várias publicações, cabe destacar a contribuição dada por Maithy (1965) que sugeriu o primeiro esquema de classificação artificial para as sementes gimnospérmicas do Gondwana. Este esquema de classificação foi incorporado, anos mais tarde, por outros pesquisadores que estudavam as sementes fósseis de outras partes do Gondwana (Millan 1974; 1994; Archangelsky, 2000; Bernardes-de-Oliveira et al. 2007), consolidando-o como importante ferramenta de comparação e identificação entre as sementes já descritas e as novas ocorrências. Assim, devido a sua importância em estudos comparativos, este esquema é discutido em detalhes no item 2.2 deste capítulo.

Para o continente africano, registra-se os trabalhos pioneiros desenvolvidos por Du-Toit (1927), em Uganda, e por Hoeg & Bose (1960) que apresentaram sementes fósseis do Congo e Moçambique. Vale a pena lembrar também as contribuições dadas por Anderson & Anderson (1985), que descreveram numerosas espécies associadas a estruturas reprodutivas, e por Adendorff (2005) que, por sua vez, registrou a presença de espécimes do gênero *Cordaicarpus* Geinitz 1862 associadas a estas estruturas reprodutivas,



(muito embora a autora não tenha apresentado descrições detalhadas daquelas sementes).

Na Austrália, os primeiros estudos datam também do século XIX, citando Arber (1902), Walkom (1921, 1922, 1928, 1935) e Rigby (1978) como sendo os pesquisadores que produziram as principais contribuições para o estudo das sementes fósseis daquele continente. Na Antártica, as descrições de sementes fósseis tardaram bem mais para se iniciarem e não tiveram uma continuidade. Dentre as escassas publicações, pode-se citar os trabalhos pioneiros desenvolvidos por Schopf (1962), Plumstead (1962) e Cridland (1963).

Por outro lado, na América do Sul e, mais precisamente, no Brasil, estes órgãos reprodutivos receberam alguma atenção dos pesquisadores no início do século XX. Como um trabalho de extrema importância para impulsionar as pesquisas nesse tema, pode-se citar o estudo taxonômico desenvolvido por D. White, em 1908, que descreveu, além de outros restos vegetais, as sementes dos depósitos carvoníferos dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

No referido trabalho, White (1908) apresentou quatro novas espécies para o gênero *Cardiocarpon* Brongniart 1828, e um possível registro para o gênero *Carpolithus*. Posteriormente, Seward (1917) rediscutiu duas das espécies descritas por White (1908) [a saber: *Cardiocarpon* (*Samaropsis*) *seixasi* White 1908 e *Cardiocarpon* *barcellosum* White 1908] e as reclassificou, colocando-as no gênero *Samaropsis* Goeppert 1864.

Na década de quarenta, Feruglio (1946) apresentou um estudo das sementes fósseis registradas em território argentino, enquanto que no Brasil as pesquisas com estes diásporos sofreram um período de estagnação. Durante anos, os trabalhos publicados apenas faziam referência às espécies já descritas por D. White ou classificavam genericamente alguns novos espécimes (ver Millan, 1965), sem, no entanto, aprofundar-se em estudos descritivos detalhados.

Apenas na década de sessenta, as sementes apareceram novamente como foco de estudos paleobotânicos desenvolvidos no Brasil. Nesse contexto,

no ano de 1967, J. H. Millan reacendeu o debate em torno desses órgãos, bem como a necessidade de se avançar no conhecimento sobre os abundantes registros de sementes fósseis existente no país. Desde então, foram inúmeros trabalhos publicados por J. H. Millan, os quais são referência, até hoje, para quem pretende dedicar-se à compreensão desses órgãos em território brasileiro.

Dentre suas publicações mais relevantes, pode-se citar aquela intitulada “As Sementes Platispérmicas do Gondwana Face ao Esquema Maithy” (Millan, 1974), onde o autor atualizou o já mencionado esquema artificial de classificação de sementes desenvolvido por Maithy, em 1965. E, “O Esquema de Identificação e Classificação das Sementes Gondvânicas: reatualização e análise crítica”, no qual Millan (1994) promoveu outra atualização desse esquema, acrescentando novas espécies descritas, rediscutindo a terminologia utilizada nos estudos taxonômicos das sementes, retirando do esquema algumas espécies que estavam em sinonímia e, por fim, apontando as possíveis afinidades botânicas das sementes. Esses dois estudos publicados por Millan (1974; 1994) assumiram grande importância, uma vez que organizaram de maneira clara as espécies de sementes do Gondwana, avançando e complementando a proposta original de Maithy (1965), restrita às espécies da Índia.

Somando-se a estas duas importantes publicações, J. H. Millan contribuiu também para o conhecimento das morfoespécies de sementes fósseis brasileiras através de diversos outros trabalhos de cunho taxonômico, publicados ao longo das décadas de sessenta, setenta e noventa (Millan, 1965; 1967; 1969; 1977a; 1977b; 1995).

De maneira contemporânea a J. H. Millan, outros pesquisadores deram contribuições importantes aos estudos das sementes fósseis encontradas nos afloramentos brasileiros. Nesse contexto cabe citar o trabalho desenvolvido por Bernardes-de-Oliveira & Pontes (1976), no qual foi proposto um método para diferenciar sementes do gênero *Cordaicarpus* Geinitz 1862 daquelas do gênero *Samaropsis* Goeppert 1864, uma vez que estes se distinguiam basicamente pela presença ou ausência de testa diferenciada, característica esta que em

casos de formas consideradas intermediárias não é evidente (o “Método Oliveira & Pontes” é apresentado no 2.1.5 deste capítulo).

Já em meados do século XX, Guerra-Sommer (1988) apresentou a descrição dos primeiros espécimes identificados como pertencentes ao gênero *Platyocardia* Pant & Nautiyal 1960, diagnosticados a partir de caracteres anatômicos-cuticulares sem, contudo, determinar a espécie do material. Este é o único registro deste gênero em depósitos fossilíferos brasileiros.

Na década de noventa, Ricardi-Branco (1997) criou o gênero *Paranospermum* e descreveu a espécie *Paranospermum cabuiense* Ricardi-Branco 1997. Anos mais tarde, Mune & Bernardes-de-Oliveira (2007) descreveram e classificaram, também a partir de feições cuticulares, *Paranospermum millanianum* Mune & Bernardes-de-Oliveira 2007. Atualmente, o gênero *Paranospermum* Ricardi-Branco 1997 corresponde ao único gênero brasileiro criado para abrigar espécies com características anatômicas preservadas.

Ainda no Brasil, foram publicados artigos recentes com a descrição de novas espécies na porção sul da Bacia do Paraná (Marques-de-Souza; Iannuzzi 2007, 2009), bem como de espécies já descritas na literatura. Além disso, Bernardes-de-Oliveira et al. (2007) publicaram um artigo contendo não somente novas descrições, como também a reatualização do “Esquema Maithy”, onde foram acrescentadas novas espécies brasileiras, bem como algumas das espécies indianas que haviam sido negligenciadas nas outras atualizações do esquema.

Paralelamente, os estudos das sementes fósseis argentinas começaram a avançar, surgindo uma série de publicações contendo a descrição de novas ocorrências e novas morfoespécies, tais como as de Leguizamón (1971), Garcia (1990), Gutierrez et al. (1992), Gutierrez & Pazos (1994) e Archangelsky (1989, 1995, 1999, 2000). Estas publicações, por sua vez, contribuíram para a construção de uma base de informações sobre as sementes gondvânicas da América do Sul, principalmente Brasil e Argentina, facilitando o trabalho de comparação e identificação de novas ocorrências.

Neste contexto, é perceptível que os estudos descritivos de sementes fósseis avançaram intercalando momentos de intensa produção, como no início do século XX e nas décadas de 70 e 80, com fases de estagnação. Contudo, fica também evidente que as sementes figuraram com certa relevância apenas em estudos de cunho taxonômico, sendo, muitas vezes negligenciada sua importância em análises paleoecológicas e paleobiológicas. Não obstante, devido ao fato de muitos estudos com sementes fósseis datarem do final do século XIX e início do século XX, as descrições simplificadas e a utilização de variados termos na descrição de uma mesma estrutura acabaram dificultando o avanço nos estudos descritivos/comparativos.

Entende-se, portanto, que a padronização da terminologia descritiva utilizada é o primeiro passo para que os estudos com sementes fósseis avancem e passem a contemplar além dos aspectos taxonômicos, também os aspectos bioestratigráficos, paleoecológicos/paleobiológicos das sementes.

Nesse sentido, o presente capítulo busca apresentar proposições a respeito da terminologia descritiva das feições morfológicas de espécimes de sementes fósseis preservadas na forma de impressão/compressão. Além disso, busca compreender os avanços e as modificações estruturais do “Esquema Maithy” promovidas por pesquisadores ao longo do tempo, bem como as limitações na utilização desse sistema artificial de classificação em decorrência do elevado número de morfoespécies gondvânicas.

## **2.1 Padronização da terminologia descritiva**

Conforme visto, embora o estudo das sementes fósseis tenha avançado durante os anos, compondo o espectro investigativo de paleobotânicos no Brasil e no mundo, percebe-se a necessidade de revisões acerca da terminologia utilizada em suas descrições, devido a descoberta de uma variedade cada vez maior de formas e estados de preservação das sementes.

É importante salientar que, com o progresso dos estudos, alguns dos termos utilizados anteriormente mostraram-se desatualizados, bem como suas aplicações inadequadas. Neste contexto, com a intenção de contribuir com essa adequação terminológica apresenta-se a seguir uma discussão sobre os

principais termos e conceitos utilizados no estudo de sementes fósseis, considerando-se, principalmente, a melhoria da descrição daquelas preservadas na forma de impressão/compressão (FIGURA 9).

### **2.1.1 Semente ou óvulo?**

Esta é a primeira dúvida que emerge quando se iniciam os estudos das sementes fósseis: semente ou óvulo, qual a denominação correta? O termo semente pressupõe que a fertilização já ocorreu (Raven et al., 2007) e que há um embrião em desenvolvimento. Para Taylor et al. (2009), “nos debates acerca das plantas fósseis, os termos semente e óvulo são geralmente utilizados alternadamente, uma vez que na maioria dos casos é impossível determinar se houve ou não fertilização”. Desse modo, a escassez de registros com prováveis estruturas embrionárias preservadas levou os pesquisadores a adotarem o uso do termo “semente” para todo diásporo fóssil do tipo semente preservado em um estado no qual não seja possível a averiguação da existência ou não de um embrião, tal como ocorre com as impressões e compressões (FIGURA 10F). Seguindo esta tendência, o termo “semente” passou a ser utilizado indiscriminadamente, consciente, contudo, das limitações e incertezas impostas pelo registro fóssil.

### **2.1.2 Platispérmica (simetria bilateral) e radiospérmica (simetria radial)**

Segundo Seward (1917), foi Brongniart, em 1874, o primeiro a estabelecer uma classificação inspirada na morfologia geral das sementes fósseis. Esta classificação considerava, exclusivamente, o eixo de simetria e era baseada no estudo realizado com sementes petrificadas do carvão de St. Étienne. Naquele caso, as sementes bilateralmente simétricas, mais ou menos aplanadas em sua seção transversal, foram consideradas provenientes das Cordaitales. Por outro lado, para Brongniart, aquelas radialmente simétricas, circulares em seção transversal, estariam pouco relacionadas aos tipos de vegetais recentes. Posteriormente, Oliver (1904, *apud* Seward, 1917) empregou aos dois grupos propostos por Brongniart os termos “Platispérmica” e “Radiospérmica” para designar as sementes bilaterais e radiais, respectivamente.

Esta divisão, segundo Seward (1917), não serviria como divisão natural já que dentro de um mesmo grupo poderiam ocorrer sementes platispérmicas e radiospérmicas, tendo assim excluído o caráter taxonômico dessa classificação. Para contornar essa limitação, Seward (1917) sugeriu uma complementação para definir essas duas categorias de sementes, onde passou a utilizar critérios, tais como: a posição do tecido vascular em relação ao tegumento e ao nucelo, a forma da câmara polínica, entre outros. Deste modo, três grupos de classificação foram propostos, os quais seguem: Lagenostomales, que seria um grupo composto principalmente por sementes radiospérmicas, contendo apenas uma espécie sutilmente platispérmica, a qual indicaria um tipo transicional entre radiospérmicas e platispérmicas; Trigonocarpales, que incluiria as sementes radiospérmicas provenientes do grupo das Medulloseae; Cardiocarpales, que seriam sementes platispérmicas pertencentes às plantas Cordaitaleanas, incluindo, por conseguinte, os gêneros *Samaropsis* e *Cordaicarpus* (Seward, 1917). Embora compostos prioritariamente por material permineralizado, Seward (1917) incluiu também nos referidos grupos sementes preservadas na forma de impressão e compressão.

De acordo com Archangelsky (2000), as feições propostas por Seward (1917) são muito difíceis de serem determinadas em compressões e impressões. Provavelmente, devido a essa limitação imposta pelo registro fóssil, os grupos propostos por Seward (1917) não foram amplamente utilizados. Por conseguinte, os termos originais Platispérmica e Radiospérmica permaneceram como critérios artificiais de classificação para sementes com simetria bilateral e radial, respectivamente.

São estes dois termos, portanto, que compõem a primeira característica descritiva das sementes gondvânicas. Salienta-se, no entanto, que devido ao modo de preservação das sementes gondvânicas ser comumente do tipo impressão/compressão, muitas vezes torna-se complicada a classificação destas por simetria. Pode-se evidenciar essa limitação pela presença atual de apenas duas morfoespécies de um mesmo gênero incluídas no “Esquema Maithy” dentre as sementes radiospérmicas gondvânicas (i.é. *Rotundocarpus* spp.). Com base nessa limitação, considera-se desnecessária a classificação

em Radiospérmica e Platispérmica já que a simetria bilateral nem sempre está clara nas mofoespécies preservadas na forma de impressão/compressão, principalmente, nas do tipo *Cordaicarpus* que, conforme será visto a seguir, não dispõem de uma testa larga e diferenciada, o que confere um contorno, quase sempre, circular ou subcircular à semente.

### 2.1.3 Testa

A estrutura mais externa que pode ser visualizada na morfologia de uma semente preservada em forma de impressão/compressão é a “testa”. Segundo Archangelsky (2000) e Taylor et al. (2009), testa é sinônimo de tegumento que significa “tecido ou tecidos que envolvem o nucele em plantas com semente”.

O surgimento do tegumento está diretamente relacionado à necessidade de proteger o gametófito feminino que passa a ser reduzido e retido no esporófito (Willis & McElwain, 2002; Taylor et al. 1999). Nas sementes fósseis, a testa assume um papel importante enquanto estrutura diagnóstica, uma vez que se apresenta de distintas formas, podendo diferenciar-se em até três camadas, quais sejam, da mais externa para a mais interna: sarcotesta, esclerotesta e endotesta (FIGURA 9).

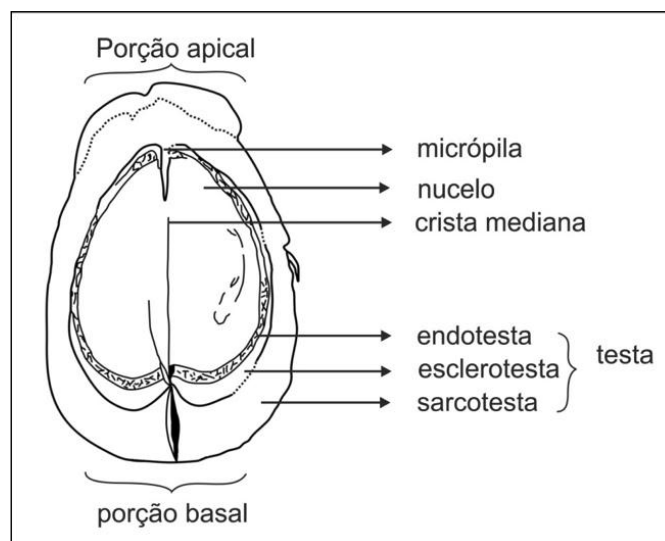


FIGURA 9: Esquema baseado na mofoespécie *Samaropsis gigas* ilustrando as estruturas diagnósticas da semente preservada em forma de impressão (Modificado de Souza & Iannuzzi, 2007)

#### 2.1.4 Sarcotesta

De acordo com Taylor et al. (2009, p.1044), a sarcotesta é, em algumas sementes, “a camada mais externa do tegumento”. Esta sarcotesta pode apresentar-se de diversas formas, conferindo, muitas vezes, a especificidade dos morfotipos (FIGURA 9). Como exemplo desta diversidade de formas entre as sementes gondvânicas, pode-se citar a espécie *Samaropsis kurtzii* Leguizamón 1971, que apresenta uma sarcotesta alada bem desenvolvida, em contraste com *Patagosperma lubeckense* Archangelsky 1995, que possui uma sarcotesta delicada, carnosa e, possivelmente, parenquimatosa (Archangelsky, 1995).

Não obstante, é a forma da sarcotesta a responsável por diferenciar as espécies do gênero *Samaropsis* Goeppert 1864 do gênero *Alatocarpus* Lele 1968, por exemplo. Para Lele (1968), este último gênero aplica-se somente àquelas espécies com sarcotesta alada e bem desenvolvida na direção transversal, ou levemente inclinada. Essa característica faz com que as espécies do gênero *Alatocarpus* sejam mais largas do que compridas, diferenciando-as da maioria das espécies do gênero *Samaropsis*, que são, por conseguinte, mais compridas do que largas.

Nos estudos que avançam sobre as estratégias reprodutivas das plantas-mãe das sementes, a sarcotesta tem assumida relevância, uma vez que as variadas formas que aparecem nas diferentes morfoespécies podem estar relacionadas às “síndromes de dispersão” adotadas pela planta (Howe & Smallwood, 1982). Nesse sentido, uma sarcotesta alada pode significar dispersão abiótica, como por exemplo, pelo vento (= anemocoria). Uma estrutura carnosa, por sua vez, pode indicar dispersão biótica como, por exemplo, através da ingestão por animais, ou mesmo abiótica, pela água (hidrocoria), quando parenquimatosa (Dehgan & Yuen, 1983).

A descrição precisa e detalhada da sarcotesta, portanto, não apenas contribui para a determinação e diferenciação dos morfogêneros e das morfoespécies de sementes, mas também para a análise interpretativa sobre a possível biologia reprodutiva das plantas fósseis, contribuindo assim com



estudos em Paleoecologia (Howe & Smallwood, 1982; Marques-de-Souza & Iannuzzi, 2012).

### 2.1.5 Esclerotesta

A esclerotesta, segundo Taylor et al. (2009), é “a camada fibrosa que ocupa a posição mediana, em algumas sementes”. No caso das sementes fósseis, é comum que a esclerotesta se apresente como a camada mais interna, uma vez que a endotesta não é evidente na maioria das morfoespécies já descritas. A esclerotesta é, geralmente, caracterizada como fibrosa, pouco espessa e resistente, o que parece lhe conferir a função de proteção do nucelo (FIGURA 9).

A diferenciação da testa em sarcotesta e esclerotesta se destaca em estudos taxonômicos de sementes fósseis preservadas na forma de impressão e compressão, uma vez que diferencia espécies do gênero *Cordaicarpus*, de testa indiferenciada, daquelas do gênero *Samaropsis*, de testa diferenciada (Millan 1994). Dependendo da preservação do espécime, a esclerotesta pode permanecer envolvendo o nucelo completamente tornando, nestes casos, impossível a medição de sua espessura bem como a visualização das feições morfográficas do nucelo ( capítulo 7, FIGURA 34).

Nos casos considerados “intermediários”, visto que a diferenciação da testa em esclerotesta e sarcotesta suscita dúvidas, utiliza-se o “Método Oliveira & Pontes”, proposto por Bernardes-de-Oliveira e Pontes (1976) e reavaliado por Millan (1994), no qual todo o espécime que apresente “a proporção largura máxima da testa/largura máxima do nucelo acima de  $\frac{1}{4.5}$  (=0.22) inclusive, pertence ao gênero *Samaropsis* e abaixo de  $\frac{1}{4.5}$  (=0.22), ao gênero *Cordaicarpus*” (Millan, 1994, p. 482). O “Método Oliveira & Pontes” passou assim a figurar dentre as mais importantes formas de diferenciar os dois gêneros.

Portanto, verificar a presença de uma testa diferenciada é o primeiro critério de diferenciação entre os gêneros *Samaropsis* e *Cordaicarpus*, sendo necessário aplicar o “Método Oliveira & Pontes” apenas nos casos

intermediários, onde a diferenciação da testa não estiver clara. Para os demais gêneros descritos para o Gondwana, a testa não apresenta maiores problemas de ordem taxonômica.

### **2.1.6 Endotesta**

A endotesta é “a camada mais interna do tegumento de algumas sementes”, conforme Taylor et al. (2009). Nas sementes gondvânicas, a endotesta não aparece com tanta freqüência nos espécimes registrados quanto a sarcotesta e esclerotesta (FIGURA 9, FIGURA 10E). Como exemplo de morfoespécies gondvânicas onde a presença da endotesta está bem documentada é possível citar *Patagosperma lubeckense* Archangelsky 1995, proveniente da localidade de Betancourt, província de Chubut, Permiano Inferior, Argentina, e *Samaropsis gigas* Marques-de-Souza e Iannuzzi 2007, registrada no afloramento Morro do Papaléo, Permiano Inferior da Bacia do Paraná, no Rio Grande do Sul.

No caso de *Samaropsis gigas*, por sua característica aparentemente fibrosa, parenquimatosa, Marques-de-Souza (2009) e Marques-de-Souza & Iannuzzi (2012) sugeriram que esta estrutura seria aerada de maneira que permitisse a dispersão abiótica pela água (= hidrocoria), dadas as proporções avantajadas do nucelo e a aparente inexistência de organismos capazes de transportá-lo bioticamente. Em *Patagosperma lubeckense*, a endotesta aparece, segundo Archangelsky (1995), carbonizada ou, muitas vezes, apenas como uma depressão, sem registros de maiores detalhes morfológicos.

Como se pode perceber pelo reduzido número de exemplos disponíveis, a endotesta é de difícil reconhecimento em sementes preservadas na forma de impressões e compressões, provavelmente, por ser pouco espessa. Contudo, não deixa de ser fundamental tanto como característica diagnóstica quanto como estrutura protetora e, até mesmo, de função dispersiva das sementes, devendo ser, quando presente, bem caracterizada nas descrições.

### **2.1.7 Sinus**

O sinus é uma reentrância presente nas extremidades da sarcotesta de algumas sementes. A presença ou ausência de sinus em uma ou ambas as

extremidades têm servido como importante característica diagnóstica entre as morfoespécies.

Para exemplificar a presença do sinus, podem-se citar algumas espécies bem características, tais como: *Samaropsis tietensis* Millan 1995 com a presença de um sinus proeminente na região apical (FIGURA 10A), *Samaropsis bainhensis* Millan 1967 com a presença de sinus desenvolvido na região basal e, por fim, *Samaropsis rigbyi* Millan 1977 apresentando sinus em ambas as extremidades da semente (FIGURA 10F).

### 2.1.8 Nucelo versus Núculo

Raven et al. (2007) definem, para as plantas atuais, especificamente naquelas com semente, o nucelo como sendo o megasporângio carnoso, no qual ficam retidos os megásporos. Na Paleobotânica, por sua vez, a utilização desse termo se confunde com a utilização do termo núculo, uma vez que a identificação destas estruturas em fósseis passa a depender também do estado de preservação dos espécimes em estudo.

Em 1914, Arber (p. 83) definiu núculo como sendo o “nucelo envolto pela esclerotesta”. No entanto, mesmo após a definição dada por Arber (1914), trabalhos subseqüentes apresentaram a utilização deste termo de maneira ambígua. Um exemplo dessa indefinição pode ser retirado do trabalho de Seward (1917). O autor, ao sugerir que quando o núculo estiver desprovido de uma ampla borda a semente deve ser classificada como *Cordaicarpus*, parece ter deixado subentendido que o núculo, ao qual se referiu, estaria composto pelo nucelo somado à esclerotesta, tal qual sugeriu Arber (1914), e que essa ampla borda que está ausente nas sementes do gênero *Cordaicarpus* equivaleria à sarcotesta.

Contudo, no mesmo estudo, ao referir-se especificamente ao gênero *Cordaicarpus*, Seward (1917, p.354) utilizou o termo núculo de outra maneira ao comentar que se deveria “adotar o gênero *Cordaicarpus* para sementes platispérmicas, preservadas na forma de impressão ou compressão, as quais apresentam uma borda/testa comparativamente mais estreita, envolvendo um núculo oval ou cordado-oval”. Ou seja, nessa citação o autor, aparentemente,

referiu-se ao núculo como apenas o corpo central da semente, e não a soma deste corpo com a esclerotesta.

Décadas depois, ao retomar a discussão sobre a definição da terminologia a ser aplicada, Millan (1994) ponderou que a utilização do termo núculo na descrição de uma semente fóssil implicaria na presença de uma testa diferenciada para mesma, considerando-se a definição dada por Arber (1914). Contudo, conforme afirmou Millan (1994), a utilização deste termo sofreu restrições ao longo do tempo, uma vez que em alguns gêneros como, por exemplo, *Cordaicarpus*, nem sempre haveria uma testa diferenciada em sarcotesta e esclerotesta e, portanto, jamais se poderia utilizar o termo núculo nas descrições das suas espécies.

Não obstante, Millan (1994, p.482) acrescentou que o termo núculo seria utilizado para “frutos angiospérmicos secos e indeiscentes, monospérmicos e polispérmicos”. O autor sugeriu, portanto, a exclusão desse termo dos estudos com sementes gimnospérmicas.

Embora o assunto tenha sido aparentemente resolvido por Millan (1994), ao propor a adoção exclusiva do termo nucelo nas descrições de sementes gimnospérmicas, Archangelsky (2000) apresentou, em seu extenso estudo sobre sementes neopaleozóicas da Argentina, uma lista com as definições da terminologia empregada, a qual passou a suscitar novas dúvidas. Naquele artigo, a autora aceitou a definição retirada de Taylor & Taylor (1993) para o termo *nucelo*, que corresponderia “ao megasporângio de uma planta com semente que está recoberto por um tegumento”. Archangelsky (2000), por outro lado, também aceitou a definição de núculo proposta por Arber (1914), que disse ser o núculo “a porção interna da semente rodeada pela capa esclerótica mais interna do tegumento, ou seja, o nucelo rodeado pela esclerotesta”. As duas definições, ao que se percebe, sugerem termos distintos para a mesma coisa.

As duas terminologias, da maneira como foram definidas no trabalho de Archangelsky (2000) evidenciaram a confusão que vem sendo feita nos estudos taxonômicos de sementes fósseis ao longo do tempo. Contudo, ao se consultar o trabalho Taylor et al. (2009), encontra-se a seguinte afirmação

“morfologicamente a semente consiste em um megasporângio indeiscente envolto por um ou dois tegumentos. Em plantas com semente o megasporângio é chamado de nucelo e contém um único megásporo funcional” (op. cit., p.508). Ou seja, esta definição de nucelo é idêntica àquela retirada de Raven et al. (2007), o que significa dizer que ao utilizar o termo nucelo não está implícita a presença do tegumento ou, mais especificamente, da esclerotesta. Todavia, no mesmo livro, Taylor et al. (2009) apresentam uma definição do termo núculo diferente daquela proposta por Arber (1914). Segundo aqueles autores, núculo é um tipo particular de molde interno do tegumento da semente ou do nucelo.

Um artigo publicado por Bernardes-de-Oliveira et al. (2007), pode ser utilizado como exemplo das confusões em torno dessa terminologia. Os autores apresentaram um diagrama esquemático de uma semente (adaptado de Leguizamón, 1971), no qual apontaram o nucelo como a soma do núculo com a esclerotesta, ou seja, o oposto daquilo proposto por Arber (1914), Millan (1994), Taylor et al. (2009) e Raven et al. (2007). No mesmo ano, Marques-de-Souza & Iannuzzi (2007) apresentaram também um esquema contendo as partes diagnósticas das sementes. Nesse esquema, os autores trabalharam apenas com o termo nucelo, aceitando a proposta de Millan (1994) de excluir núculo da terminologia de sementes gimnospérmicas (FIGURA 9).

Com o objetivo de contribuir para a homogeneização das descrições, propõe-se aqui retomar as idéias de Millan (1994) e assim excluir, a fim de evitar novas confusões, o termo núculo dos estudos com sementes gimnospérmicas. Considera-se que para se utilizar esse termo seria preciso aceitar a presença de um nucelo circundado pela esclerotesta, o que nem sempre é evidente nos espécimes fósseis. A exclusão do termo núculo implicaria, portanto, na aceitação do termo nucelo como o corpo central da semente, independentemente da presença ou ausência da testa.

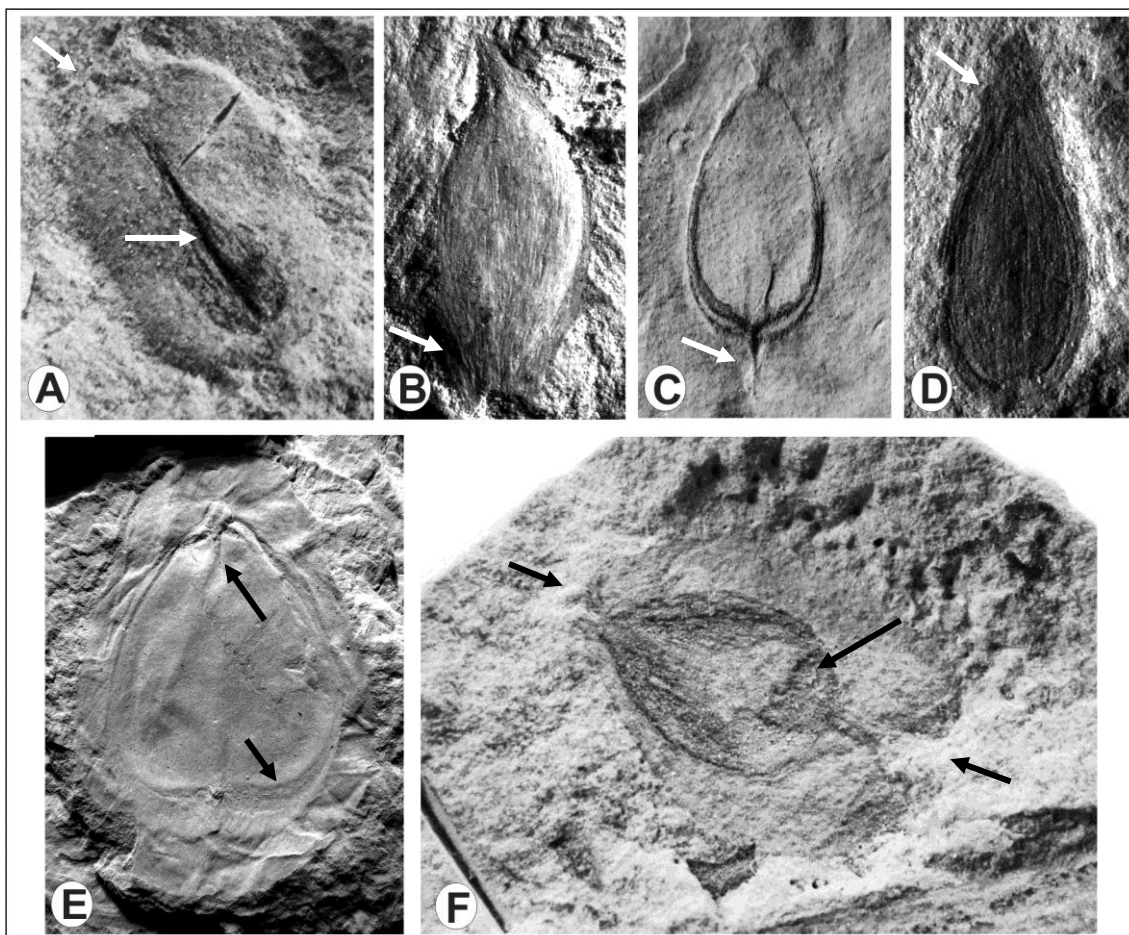


FIGURA 10: A- Pb 1346 *Samaropsis tietensis* Millan 1995, com sinus na região apical e crista mediana marcando o nucelo; B – MPPb 3969B *Cordaicarpus truncata* Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009, base truncada (indicada pela seta) e superfície estriada; C – Pb 1122 *Samaropsis cerquilhensis*, em destaque a base do nucelo acuminada; D – MPPb 2808C *Cordaicarpus cerquilhensis* Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009, mostrando ápice agudo/obtuso e base arredondada; E – MPPb 3423; *Samaropsis gigas* Marques-de-Souza & Iannuzzi 2007; em destaque a micrópila indicada pela seta na porção superior da imagem e a endotesta identificada pela seta na porção inferior da imagem; F – Pb 1198; *Samaropsis rigbyi* Millan 1967, mostrando sinus em ambas extremidades, bem como a marca do que o autor chamou de “estrutura embrionária” indicada pela seta maior.

### 2.1.9 Micrópila

De acordo com Raven et al. (2007), a micrópila é a abertura na região apical do tegumento que recobre completamente o megasporângio. Essa abertura é adequada à captura e germinação dos micrósporos, contudo nem sempre está preservada nas sementes fósseis (FIGURA 10E).

A micrópila, embora não cause maiores confusões nas descrições, uma vez que possui uma clara definição, é uma importante característica

diagnóstica, pois auxilia no posicionamento correto da semente por meio da identificação de sua região apical. Algumas vezes, como no caso de alguns espécimes de *Samaropsis gigas* Marques-de-Souza & Iannuzzi 2007, a micrópila aparece bem marcada e aberta em forma de “V”, característica que, segundo Marques-de-Souza & Iannuzzi (2007), poderia estar relacionada com o grau de maturidade da semente, uma vez que não ocorre com todos os espécimes desta morfoespécie. Essa questão, contudo, ainda não está bem definida e carece de outros estudos para sua comprovação.

#### **2.1.10 Crista mediana**

Segundo Archangelsky (2000), a crista mediana é uma elevação longitudinal presente em algumas sementes e que segue o seu eixo de simetria. A utilização dessa estrutura como característica diagnóstica aparece em muitos trabalhos de descrição de sementes fósseis. Millan (1994) aprofundou-se na discussão sobre o significado biológico dessa estrutura. Para aquele autor, a crista mediana estaria, geralmente, visível nas estruturas férteis e as dividiria, muitas vezes, em metades simétricas. Millan (1994, p.483) sugeriu também a possibilidade de que a crista mediana “represente a preservação do tubo micropilar primitivo, que se caracterizaria como um contramolde ou crista mediana nas impressões, já que, por definição, a micrópila representa uma cavidade” ou, seguiu o autor, “a réplica de algum ornamento superficial da testa” (FIGURA 10A).

Em alguns estudos, os autores diferenciam crista mediana de sulco mediano. No entanto, por considerar que a proeminência ou a reentrância da crista mediana significa apenas uma feição preservacional, podendo ocorrer dos dois modos em uma mesma morfoespécie, tal qual pode ser evidenciado em *Samaropsis gigas* Marques-de-Souza & Iannuzzi 2007, entende-se aqui que a diferença entre os termos “sulco” e “crista” não deve ser considerada. Em estudos descritivos, portanto, devem ser tratados como sinônimos.

É importante salientar que as sementes fósseis preservadas na forma de impressão e compressão carecem, por vezes, de caracteres diagnósticos bem definidos, tanto pelo tamanho diminuto dos espécimes, quanto por problemas preservacionais. Esta ausência de detalhes acaba por dificultar a comparação

e diferenciação destes diásporos em estudos taxonômicos. A crista mediana, assume um papel relevante nesse contexto, uma vez que confere um maior refinamento à descrição dos espécimes facilitando a diferenciação de morfotipos mesmo que não se tenha certeza do seu real significado biológico.


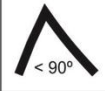
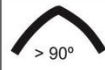




#### **2.1.11 Região apical e basal da semente**

A região apical da semente é identificada, na maioria dos casos, como a região micropilar ou da micrópila. A forma assumida pelo ápice da semente é determinada pelo contorno da testa e tem sido descrita como: (i) ápice bifurcado com estruturas espiniformes, (ii) ápice agudo/obtusos e (iii) ápice acuminado. Já região basal da semente corresponde à extremidade oposta àquela onde se encontra a micrópila (= região anti-micropilar), e tem sido descrita como: (i) cordada, (ii) arredondada, (iii) truncada, (iv) aguda e (v) acuminada (FIGURA 10A, D, E).









Para que se tenha mais consenso da forma dessas regiões em estudos descritivos sugere-se que se adote, por convenção, a terminologia própria da Botânica atual, utilizadas para descrição da região apical e basal de folhas (QUADROS 1 e 2).



QUADRO 1: Terminologia descritiva utilizada pela Botânica atual para regiões apicais das folhas e com amplo potencial para padronização dos termos utilizados em estudos descritivos de sementes fósseis.

<b>ACUMINADO</b>	
	Ápices cujas margens inicialmente afinam-se em ângulo obtuso e abruptamente passam a afilar-se em ângulo agudo, formando uma projeção (GONÇALVES; LORENZI, 2007). Apresenta ponta aguda e comprida (FERRI et al, 2005).
<b>AGUDO</b>	
	Ápices cujas margens usualmente retas aproximam-se entre si em um ângulo menor que 90° (GONÇALVES; LORENZI, 2007; FERRI et al, 2005).
<b>OBTUSO</b>	
	Ápices cujas margens usualmente aproximam-se entre si em um ângulo maior que 90° , podendo ter contorno reto ou arredondado (GONÇALVES; LORENZI, 2007; FERRI et al, 2005).
<b>ARREDONDADO</b>	
	Ápices que apresentam-se como um semi-círculo (GONÇALVES; LORENZI, 2007).
<b>RETUSO</b>	
	Termo que define um tipo de ápice essencialmente arredondado, mas com uma pequena reentrância na extremidade. É similar ao ápice emarginado, mas difere pela presença da reentrância arredondada ao invés de uma incisão aguda (GONÇALVES; LORENZI, 2007; FERRI et al. 2005). De acordo com Chandra & Surange (1979) deve possuir um ângulo menor que 25° na reentrância.
<b>EMARGINADO</b>	
	Termo que define um tipo de ápice aproximadamente arredondado, com uma incisão aguda na extremidade. É similar ao ápice retuso, mas difere pela presença da reentrância aguda e não arredondada (GONÇALVES; LORENZI, 2007; FERRI et al. 2005).
<b>TRUNCADO</b>	
	Termo que define um tipo de ápice que termina abruptamente, como se tivesse sido mutilado. Aplica-se quando as margens do ápice são praticamente perpendiculares ao eixo longitudinal do órgão (GONÇALVES; LORENZI, 2007; FERRI et al. 2005).

QUADRO 2: Terminologia descritiva utilizada pela Botânica atual para regiões basais das folhas e com amplo potencial para padronização dos termos utilizados em estudos descritivos de sementes fósseis.

<b>ACUMINADA</b>
 <p>Base cujas margens inicialmente afinam-se em ângulo obtuso e abruptamente passam a afilar-se em ângulo agudo, formando uma projeção (GONÇALVES; LORENZI, 2007). Apresenta ponta aguda e comprida (FERRI et al, 2005).</p>
<b>AGUDA</b>
 <p>Base cujas margens usualmente retas aproximam-se entre si em um ângulo menor que 90° (GONÇALVES; LORENZI, 2007; FERRI et al, 2005).</p>
<b>OBTUSA</b>
 <p>Base cujas margens usualmente aproximam-se entre si em um ângulo maior que 90°, podendo ter contorno reto ou arredondado (GONÇALVES; LORENZI, 2007; FERRI et al, 2005).</p>
<b>ARREDONDADA</b>
 <p>Bases que apresentam-se como um semi-círculo (GONÇALVES; LORENZI, 2007).</p>
<b>CORDADA</b>
 <p>Lobos basais arredondados em forma de coração (GONÇALVES; LORENZI, 2007; FERRI et al. 2005).</p>
<b>AURICULADA</b>
 <p>Termo que define um tipo de base em forma de orelha (FERRI et al. 2005).</p>
<b>SAGITADA</b>
 <p>Base composta por dois lobos basais agudos (GONÇALVES; LORENZI, 2007; FERRI et al. 2005).</p>
<b>TRUNCADA</b>
 <p>Termo que define um tipo de base que termina abruptamente, como se tivesse sido mutilada. Aplica-se quando as margens da base estão praticamente perpendiculares ao eixo longitudinal do órgão (GONÇALVES; LORENZI, 2007; FERRI et al. 2005).</p>

## 2.2 Sistema artificial de classificação: surgimento e evolução do “Esquema Maithy”

Conforme mencionado no início desse capítulo, em 1965, P. K. Maithy apresentou uma tentativa de criar um esquema de classificação artificial para as sementes gondvânicas registradas até aquele ano em países como Brasil, África do Sul, Uganda, Congo, Austrália, Antártica, Índia, entre outros. Essa proposta foi justificada pela variedade de espécies já descritas para os gêneros *Cornucarpus* Arber 1914, *Nummulospermum* Walkom 1921, *Stereocarpus* Surange 1957, *Rotundocarpus* Maithy 1965 e, principalmente, *Cordaicarpus* Geinitz 1862 e *Samaropsis* Goepfert 1864, o que tornava o trabalho de comparação e identificação de novas formas de sementes cada vez mais árduo.

O esquema foi proposto com base nas características morfológicas dos espécimes, considerando-se, basicamente, os seguintes critérios: i) forma geral da semente, se platispérmica ou radiospérmica; ii) presença de uma sarcotesta estreita ou larga; iii) presença ou ausência de crista mediana; iv) forma do ápice e da base. Deste modo, trinta espécies foram classificadas compondo a primeira proposta de classificação artificial de sementes gondvânicas (TABELA 1).

Em 1969, J. H. Millan sugeriu a denominação de “Esquema Maithy” para a classificação artificial criada por Maithy, considerando-o um método promissor na identificação e caracterização de novas espécies de sementes fósseis para o Gondwana. Na mesma publicação, o autor propôs o acréscimo ao esquema de mais quatorze morfoespécies sem, contudo, apresentar a indicação do posicionamento adequado destas no referido esquema de classificação.

Não obstante, na mesma publicação, Millan (1969) sugeriu que os gêneros *Platycardia* Pant & Nautiyal 1960, *Pterigospermum* Pant & Nautiyal 1960 e *Stephanostoma* Pant & Nautiyal 1960, criados para sementes do Gondwana da Índia, fossem mantidos fora do esquema de classificação por serem provenientes de material de maceração, no qual há a presença de feições morfoanatômicas (= cuticulares) preservadas. Para o autor, por esse motivo, não poderiam ser comparadas às características morfológicas (= morfográficas) das formas conservadas, principalmente, como impressões. Anos mais tarde, Pant et al. (1985) criticaram essa decisão e alegaram que, embora possuam caracteres estruturais na diagnose, esses gêneros além de feições anatômico-cuticulares mantiveram conservados caracteres morfográficos em suas compressões, o que permitiria uma comparação estreita com as formas preservadas como impressões.

Quase uma década depois da primeira proposta de Maithy (1965), Millan (1974) publicou outro importante estudo no qual se dedicou a analisar novamente as sementes platispérmicas, desta vez, especificamente, face ao “Esquema Maithy”. Millan incluiu seis novas espécies de sementes ao esquema

e encaixou as 14 espécies já sugeridas em 1969, além de propor algumas modificações através de um relevante estudo crítico.

TABELA 1: Reprodução do esquema original de classificação artificial de sementes fósseis elaborado por Maithy (1965, p.54).

Esquema de classificação	
A. <i>Semente Radiospérmica</i>	
Grupo. 1. Com saliência distinta	<i>Stereocarpus</i> Surange (1957)
Grupo. 2. Sem saliência	<i>Rotundocarpus</i> gen. nov.
B. <i>Semente Platispérmica</i>	
(I) Com bordo estreito	
a. Com saliência mediana	
Grupo. 3.	<i>Cordaicarpus karharbarens</i> sp. nov.
b. Sem saliência mediana	
Grupo 4. Ápice obtuso ou redondamente agudo	<i>Cordaicarpus zeilleri</i> sp. Nov <i>Cordaicarpus ovatus</i> Lele (1963) <i>Cordaicarpus emarginatus</i> Walkom (1935)
Grupo 5. Ápice pontudo (acuminado)	<i>Cordaicarpus mucronatus</i> Hoeg & Bose (1960) <i>Cordaicarpus prolatus</i> Walkom (1935) <i>Cordaicarpus chicariensis</i> Lele (1960)
Grupo. 6. Ápice bifurcado em duas estruturas espiniformes	<i>Cornucarpus furcata</i> (Surange & Lele) n. comb. <i>Cornucarpus striatus</i> Walkom (1935) <i>Cornucarpus</i> sp. duToit (1932)
(II) Semente com larga testa (Esclerotesta)	
a. Semente com saliência	
Grupo 7.	<i>Samaropsis milleri</i> (Feistm.) Seward (1920) <i>Samaropsis indica</i> (Zeill.) Seward (1917) <i>Samaropsis dawsoni</i> (Shirley) Walkom (1922) <i>Samaropsis intermedia</i> Hoeg & Bose (1960) <i>Samaropsis lesliei</i> Seward (1917)
b. Semente sem saliência	
	Oval ou circular na posição vertical
Grupo 8. Sem <i>sinus</i>	<i>Nummulosperm bowense</i> Walkom (1921)
Grupo 9. <i>Sinus</i> em uma extremidade	<i>Samaropsis ganjrensensis</i> Saksena (1956) <i>Samaropsis raniganjensis</i> Sew. & Sahini (1920) <i>Samaropsis barcellosa</i> White (1908) <i>Samaropsis boutakoffii</i> Hoeg & Bose (1960) <i>Samaropsis longii</i> Schopf (1961)
Grupo 10. <i>Sinus</i> em ambas extremidades	<i>Samaropsis goraiensis</i> Surange & Lele (1956)
	Oval na posição horizontal
Grupo 11. Esclerotesta sem <i>sinus</i>	<i>Samaropsis thomasi</i> Schopf (1961) <i>Samaropsis feistmantelii</i> sp. nov.
Grupo. 12. Esclerotesta com <i>sinus</i>	<i>Samaropsis seixasi</i> (White) Sew. (1917) <i>Samaropsis menisca</i> Lele (1963) <i>Samaropsis picombeii</i> Walkom (1928) <i>Samaropsis johillensis</i> Saksena (1954)

Em 1994, J. H. Millan publicou mais um artigo tendo como enfoque a evolução desse esquema artificial de classificação. Este estudo trouxe ainda mais contribuições do que aquele publicado em 1974 pelo mesmo autor, uma

vez que se dedicou a discutir também a terminologia utilizada na descrição das sementes a fim de unificá-la.

De maneira geral, pode-se enfatizar as seguintes alterações terminológicas sugeridas por Millan (1994): i) o termo “saliência” foi substituído por “crista mediana”; ii) o termo “bordo estreito” foi substituído por “estreita e indiferenciada testa”; iii) o termo “bordo alargado” foi substituído por “larga e diferenciada testa” (TABELA 2).

Outras alterações e inclusões sugeridas por Millan (1994) ao “Esquema Maithy” são: exclusão da espécie *Cordaicarpus nitens* (Feruglio) Millan 1977 e a inclusão da espécie *Ferugliocladus patagonicus* (Feruglio) Archangelsky & Cúneo 1987, já que esta última espécie representa o registro de cones femininos com sementes conectadas, similares à *Cordaicarpus nitens*. A reinserção da morfoespécie *Eucerospermum patagonicum* Feruglio 1946 que, em 1977, havia sido colocado em sinonímia com *Cordaicarpus nitens* por Millan (1977). Outras modificações incluíram: a retirada da espécie *Cordaicarpus patagonicus* Feruglio 1951 do “Esquema Maithy” por estar em sinonímia com *Cornucarpus patagonicus* (Feruglio) Corrêa-da-Silva & Arrondo 1977 e a reavaliação e regroupamento da espécie *Nummulospermum bowenese* Walkom 1921. Ainda nesta atualização, Millan (1994) incluiu a espécie catarinense *Samaropsis mendesii* Rigby 1972 e deixou fora do “Esquema Maithy” a espécie *Samaropsis yoshidae* Rigby 1972 (TABELA 2).

Em termos estruturais, Millan (1994) subdividiu o grupo das sementes “com uma larga e diferenciada testa, com crista mediana” e redistribuiu suas espécies. Este grupo passou a estar subdividido em sementes “com *sinus* numa extremidade”, “com *sinus* em ambas as extremidades” e “sem *sinus*”. Além disso, o grupo de sementes “com larga e diferenciada testa e sem crista mediana” ganhou mais um subgrupo para abrigar a espécie *Samaropsis tietensis* Millan 1995 e sua “forma oblonga na posição vertical”. Por fim, foram incluídas por Millan outras espécies descritas até aquele momento, elevando o número destas de quarenta e sete presentes no “Esquema Maithy” após a sua atualização de 1974, para sessenta e três no trabalho de 1994.

TABELA 2: Reprodução do esquema de classificação artificial de sementes fósseis “Esquema Maithy” com as atualizações realizadas por Millan (1994).

O esquema de identificação e classificação das sementes gondvânicas neopaleozóicas e eomesozóicas	
A. Sementes radiospérmicas	2.1. <i>Samaropsis dawsoni</i> (Shirley) Walkom 1922
Grupo 1. <i>Com uma crista mediana</i>	2.2. <i>S. millaniana</i> Oliveira 1976
1.1. <i>Stereocarpus emarginatus</i> Surange 1957	Grupo 3. <i>Sem sinus</i>
Grupo. 2. <i>Sem crista mediana</i>	3.1. <i>Samaropsis indica</i> (Zeill.) Seward, 1917
2.1. <i>Rotundocarpus ovatus</i> Maithy 1965	3.2. <i>S. zambesicus</i> Hoeg & Bose, 1960
2.2. <i>R. striatus</i> Maithy 1965	II.b. <i>Sem crista mediana</i>
B. Sementes platispérmicas	II.b.1. <i>Forma oval/elíptica na posição vertical</i>
I. <i>Com uma estreita e indiferenciada testa</i>	Grupo 1. Sarcotesta <i>sem sinus</i>
Ia. <i>Com crista mediana</i>	1.1 <i>Samaropsis dolianitii</i> Millan 1977
Grupo 1. <i>Sem outros caracteres morfológicos</i>	1.2. <i>S. itapevensis</i> Millan 1995
1.1. <i>Cordaicarpus barbosanus</i> Millan 1972	Grupo 2. Sarcotesta com <i>sinus</i> numa extremidade
1.2. <i>C. karharbarensis</i> Maithy 1964	2.1. <i>Nummulosperm bowense</i> Walkom 1921
Ib. <i>Sem crista mediana</i>	2.2. <i>Samaropsis argentina</i> Feruglio 1951
Grupo 1. <i>Ápice obtuso/agudo</i>	2.3. <i>S. bainhensis</i> Millan 1967
1.1. <i>Cordaicarpus emarginatus</i> Walkom 1935	2.4. <i>S. barcellosa</i> (White) Seward 1917
1.2. <i>C. ovatus</i> Walkom, 1935	2.5. <i>S. boutakoffii</i> Hoeg & Bose 1960
1.3. <i>C. rocha-camposii</i> Oliveira 1976	2.6. <i>S. cricumensis</i> Millan 1967
1.4. <i>C. zeilleri</i> Maithy, 1965	2.7. <i>S. etheridgei</i> Walkom 1922
Grupo. 2. <i>Ápice acuminado</i>	2.8. <i>S. ganjrensis</i> Saksena 1956
2.1. <i>Cordaicarpus acuminatus</i> Gutierrez, Ganuza, Morel & Arrondo 1992	2.9. <i>S. longii</i> Schopf, 1961
2.2. <i>C. chicariensis</i> Lele 1960	2.10. <i>S. moreirana</i> (White) Millan 1965
2.3. <i>C. irapuensis</i> Oliveira 1976	2.11. <i>S. raniganjensis</i> Seward. & Sahini 1920
2.2. <i>C. mucronatus</i> Hoeg & Bose 1960	2.12. <i>S. srivastavai</i> Lele 1962
2.3. <i>C. prolatus</i> Walkom 1935	2.13. <i>S. surangei</i> Lele 1962
Grupo 3. <i>Ápice com um sinus</i>	Grupo 3. Sarcotesta com <i>sinus</i> em ambas extremidades
3.1. <i>Cordaicarpus cesarii</i> Gutierrez, Ganuza, Morel & Arrondo 1992	3.1 <i>Samaropsis cuerdaei</i> Gutierrez, Ganuza, Morel & Arrondo 1992
3.2. <i>C. famatinensis</i> Gutierrez, Ganuza, Morel & Arrondo 1992	3.2. <i>Samaropsis goraiensis</i> Surange & Lele 1956
3.3. <i>Cordaicarpus oliveiranus</i> (White) Millan 1965	3.3. <i>S. kurtzii</i> Leguizamón 1971
Grupo 4. <i>Ápice bifurcado em estruturas espiniformes</i>	3.4. <i>S. moravica</i> Helmhacher
4.1. <i>Cornucarpus cerquilhensis</i> Millan 1977	3.5. <i>S. nunezii</i> Garcia 1990
4.2. <i>Cornucarpus furcatus</i> (Surange & Lele) Maithy 1965	3.6. <i>S. ovalis</i> Walkom, 1935
4.3. <i>C. patagonicus</i> (Feruglio) Silva & Arrondo 1977	3.7. <i>S. rigbyi</i> Millan 1977
4.4. <i>C. striatus</i> Walkom 1935	II.b.2. <i>Forma oblonga na posição horizontal</i>
4.5. <i>Ferugliocladus patagonicus</i> (Feruglio) Archangelsky & Cúneo 1987	Grupo 1. Sarcotesta com um <i>sinus</i> numa extremidade
II. <i>Com uma larga e diferenciada testa</i>	1.1. <i>Samaropsis tietensis</i> Millan 1995
Ila. <i>Com crista mediana</i>	II.b.3. <i>Forma oval/elíptica na posição horizontal</i>
Grupo 1. <i>Com sinus</i> numa extremidade	Grupo 1. Sarcotesta <i>sinus</i>
1.1. <i>Eucerospermum opimum</i> Feruglio 1946	1.1. <i>Samaropsis feistmantelii</i> Maithy 1964
1.2. <i>E. patagonicum</i> Feruglio 1946	1.2. <i>S. thomasi</i> Schopf 1961
1.3. <i>S. intermedia</i> Hoeg & Bose 1960	Grupo 2. Sarcotesta com <i>sinus</i>
1.4. <i>S. leslii</i> Seward 1917	2.1. <i>Alatocarpus indicus</i> Lele 1968
1.5. <i>S. mendesii</i> Rigby 1972	2.2. <i>A. cf. johillensis</i> Saksena 1954
1.6. <i>S. milleri</i> (Feistm.) Seward, 1920	2.1. <i>Samaropsis menisca</i> Lele 1962
1.7. <i>S. sancti-marci</i> Oliveira 1976	2.2. <i>S. picombeii</i> Walkom 1928
Grupo 2. <i>Com sinus</i> em ambas extremidades	2.3. <i>S. seixasi</i> (White) Seward 1917

Já em 2007, Bernardes-de-Oliveira e colaboradores publicaram um estudo no qual novas morfoespécies de sementes foram descritas e o material

analisado por Millan (1977b) foi reavaliado. Neste estudo, o “Esquema Maithy” foi novamente atualizado e foram acrescentadas diversas espécies, aumentando de sessenta e três para oitenta e seis espécies classificadas (TABELA 3).

Dentre as principais alterações efetuadas por Bernardes-de-Oliveira et al. (2007) ao esquema de classificação de sementes gondvânicas, pode-se citar a exclusão da espécie *Stereocarpus emarginatus* Surange 1957, bem como o grupo do qual ela era a única representante, descrito como o grupo das “sementes radiospérmicas com crista mediana”. Essa exclusão deve-se ao fato de que o gênero *Stereocarpus* passou a ser considerado como uma escama foliar e não mais como a semente radiospérmica, conforme descrita anteriormente (Pant et al. 1985).

Outra modificação em nível genérico, proposta por Bernardes-de-Oliveira et al. (2007), foi a inclusão dos gêneros *Platycardia*, *Pterigopermium* e *Stephanostoma*, deixados de fora do esquema até então, por serem oriundos de material de maceração (Millan, 1969). Foram acrescentadas ainda espécies dos gêneros *Birsinghpuria* Pant, Nautiyal & Tiwari 1985, *Buradiospermum* Pant, Nautiyal & Tiwari 1985, *Bulbospermum* Pant, Nautiyal & Tiwari 1985, *Cornuspermum* Banerjee 1969, *Karharbariospermum* Srivastava & Chandra 1982, *Maheshwariella* Pant & Nautiyal 1963, *Otofeista* Pant, Nautiyal & Tiwari 1985, *Palispermum* Pant, Nautiyal & Tiwari 1985, *Paleocarpus* Pant, Nautiyal & Tiwari 1985, *Patagosperma* Archangelsky 1995, *Retortistoma* Pant, Nautiyal & Tiwari 1985, *Shivacarpus* Pant, Nautiyal & Tiwari 1985, *Spermatides* Srivastava 1954, *Talchiropermum* Srivastava & Chandra 1982 e *Walkomiellospermum* Pant & Srivastava 1963.

Em termos específicos, Bernardes-de-Oliveira et al. (2007) reclassificaram a espécie *Cornucarpus cerquilhensis* Millan 1977, transferindo-a para o gênero *Samaropsis*, passando assim a compor o grupo de “sementes platispérmicas com larga e diferenciada testa, sem crista mediana e sarcotesta com sinus em ambas extremidades”. *Cornucarpus furcata* (Surange & Lele) Maithy 1965 que, embora tenha permanecido no mesmo grupo do “Esquema

Maithy”, foi transferido para o gênero *Maheshwariella*, conforme sugerido por Maheshwari & Tewari (1986).

Em termos estruturais, o grupo de “sementes radiospérmicas sem crista mediana” recebeu, na atualização de Bernardes-de-Oliveira et al. (2007), o acréscimo do tipo “sem estriações” no qual foram incluídas as duas espécies de sementes radiospérmicas classificadas até o momento. Ao esquema, Bernardes-de-Oliveira et al. (2007) incluíram ainda, no grupo de “sementes platispérmicas com testa estreita, indiferenciada e crista mediana”, o subtipo “ápice bifurcado em estruturas espiniformes”, no qual foram classificadas duas espécies indianas. Ao grupo seguinte, de “sementes platispérmicas com testa estreita, indiferenciada e sem crista mediana”, aqueles autores acrescentaram dezesseis espécies, além de terem criado outros dois subtipos, um para sementes com “ápice desconhecido” e outro para sementes “sem outros caracteres morfológicos”.

Por fim, é importante enfatizar que Bernardes-de-Oliveira et al. (2007) intitularam a tabela como “Key for identification of Permian Gondwana Seeds”. No entanto, deve-se ressaltar que apesar da maioria das espécies encontrarem-se realmente limitadas estratigraficamente ao Permiano, também estão contempladas no esquema de classificação outras do Carbonífero, tal como *Cordaicarpus barbosanus* Millan 1977, e Triássico, como *Samaropsis menisca* Lele 1962. Deste modo, para ser considerada uma chave de identificação para sementes exclusivas do Permiano, essas e outras sementes deveriam ser removidas do esquema.

Diante do exposto, é notável como o avanço do “Esquema Maithy” ao longo dos anos, enquanto sistema artificial de classificação de sementes do Gondwana, o consolidou como importante base de dados das sementes fósseis já descritas, contribuindo para acelerar o processo de identificação taxonômica e o registro de novos táxons. A partir de uma análise cuidadosa da literatura é possível perceber que algumas alterações ainda são necessárias, dado o aumento do número de morfoespécies, bem como o refinamento dos caracteres descritivos, sendo necessárias novas subdivisões do esquema.



TABELA 3: Reprodução do “Esquema Maithy”, reavaliado e atualizado por Bernardes-de-Oliveira et al. (2007).

Chave de identificação de sementes permianas- Gondwana	
<b>CATEGORIA A- SEMENTES RADIOSPÉRMICAS</b>	<i>Ferugliocladus patagonicus</i> (Feruglio)
<b>GRUPO A.I - SEM CRISTA MEDIANA</b>	Archangelsky & Cúneo, 1987 (sementes associadas)
<b>Tipo A.I.1 Sem estriações</b>	<i>Maheshwariella spinicornuta</i> Maheshwari & Tiwari 1986
<i>Rotundocarpus ovatus</i> Maithy, 1965	<i>Maheshwariella furcata</i> (Surange Lele) Maheshwari & Tiwari 1986
<i>Rotundocarpus striatus</i> Maithy, 1965	
<b>CATEGORIA B- SEMENTES PLATISPÉRMICAS</b>	
<b>GRUPO B.I- COM OU SEM UMA TESTA ESTREITA E INDIFERENCIADA</b>	<b>Sub-tipo B.I.2.5 - Ápice desconhecido</b>
<b>Tipo B.I.1- Com crista mediana</b>	<i>Talchiospermum indicum</i> Srivastava & Chandra 1982
<b>Sub-tipo B.I.1.1- Sem outros caracteres morfológicos</b>	<b>Sub-tipo B.I.2.6 - Sem outros caracteres morfológicos</b>
<i>Cordaicarpus barbosanus</i> Millan, 1977	<i>Walkmiellospermum indicum</i> Pant & Srivastava, 1963
<i>Cordaicarpus karharbarensis</i> Maithy, 1965	<i>Spermatites indicus</i> Srivastava, 1954
<b>Sub-tipo B.I.1.2 - Ápice bifurcado em estruturas espiniformes</b>	<b>GRUPO B.II - COM UMA LARGA E DIFERENCIADA TESTA</b>
<i>Buradiospermum sewardii</i> Pant, Nautiyal & Tiwari, 1985	<b>Tipo B.II.1- Com uma crista mediana</b>
<i>Maheshwariella bicornuta</i> Pant & Nautiyal, 1963	<b>Sub-tipo B.II.1.1 - Com sinus em uma extremidade</b>
<b>Tipo B.I.2 - Sem crista mediana</b>	<i>Eucerospermum opimum</i> Feruglio, 1946
<b>Sub-Tipo B.I.2.1- Ápice obtuso/agudo</b>	<i>Eucerospermum patagonium</i> Feruglio, 1946
<i>Cordaicarpus emarginatus</i> Walkom, 1935	<i>Samaropsis intermedia</i> Hoeg & Bose, 1960
<i>Cordaicarpus ovatus</i> Walkom, 1935	<i>Samaropsis leslii</i> Seward, 1917
<i>Cordaicarpus rocha-camposii</i> Bernardes-de-Oliveira, 1976	<i>Samaropsis mendesii</i> Rigby, 1972
<i>Cordaicarpus zeillerii</i> Maithy, 1965	<i>Samaropsis millerii</i> (Feistmantel) Seward, 1917
<i>Karharbariospermum surangei</i> Srivastava & Chandra, 1982	<i>Samaropsis sancti-marci</i> Bernardes-de-Oliveira, 1976 (In Bernardes-de-Oliveira & Pontes, 1976)
<i>Stephanostoma crystallinum</i> Pant & Nautiyal, 1960	<b>Sub-tipo B.II.1.2 - Com sinus em ambas extremidades</b>
<i>Platycardia bengalensis</i> Pant & Nautiyal, 1960	<i>Samaropsis dawsonii</i> (Shirley) Walkom, 1922
<i>Palispermum ovalis</i> Pant, Nautiyal & Tiwari, 1985	<i>Samaropsis millaniana</i> Bernardes-de-Oliveira, 1976 (In Bernardes-de-Oliveira & Pontes, 1976)
<i>Birsinghpuria indica</i> Pant, Nautiyal & Tiwari, 1985	<i>Samaropsis asymmetrica</i> Archangelsky, 1999
<i>Palaecarpus birsinghpurensis</i> Pant, Nautiyal & Tiwari, 1985	<i>Otofeista millerii</i> (Feistmantel) Pant, Nautiyal & Tiwari, 1985
<i>Shivacarpus johillensis</i> Pant, Nautiyal & Tiwari, 1985	<i>Patagosperma lubeckense</i> Archangelsky, 1995
<b>Sub-tipo B.I.2.2 - Ápice acuminado</b>	<b>Sub-tipo B.II.1.3 - Sem sinus</b>
<i>Cordaicarpus acuminatus</i> Gutierrez et al., 1992	<i>Samaropsis indica</i> (Zeiller) Seward 1917
<i>Cordaicarpus chicariensis</i> Lele, 1962	<i>Samaropsis zambesicus</i> Hoeg e Bose, 1960
<i>Cordaicarpus irapuensis</i> Bernardes-de-Oliveira, 1976 (In Bernardes-de-Oliveira & Pontes, 1976)	<i>Cornuspermum pennatus</i> Banerjee, 1969
<i>Cordaicarpus mucronatus</i> Hoeg & Bose, 1960	<b>Tipo B.II.2 - Sem crista mediana</b>
<i>Cordaicarpus prolatus</i> Walkom, 1935	<b>Sub-tipo B.II.2.1 - Forma oval/elíptica na posição vertical</b>
<i>Cordaicarpus brasilianus</i> sp. Nov	<b>Sub-Subtipo B.II.2.1.1 - Sarcotesta sem sinus</b>
<i>CollospERMUM ovalis</i> Pant, Nautiyal & Tiwari, 1985	<i>Samaropsis dolianitii</i> Millan, 1977
<i>Retortistoma crystallina</i> Pant, Nautiyal & Tiwari, 1985	<i>Samaropsis itapevensis</i> Millan, 1995
<i>Bulbospemum surangei</i> Pant, Nautiyal & Tiwari, 1985	<b>Sub-Subtipo B.II.2.1.2 - Sarcotesta com sinus em uma extremidade</b>
<b>Sub-tipo B.I.2.3 - Ápice com um sinus</b>	<i>Nummulospermum bowenense</i> Walkom, 1921
<i>Cordaicarpus cesarii</i> Gutierrez et al.; 1992	<i>Samaropsis argentina</i> Feruglio, 1951
<i>Cordaicarpus famatinensis</i> Gutierrez et al.; 1992	<i>Samaropsis bainhensis</i> Millan, 1967
<i>Cordaicarpus oliveiranus</i> (White) Millan, 1965	<i>Samaropsis barcelosa</i> (White) Seward, 1917
<b>Sub-tipo B.I.2.4- Ápice bifurcado em estruturas espiniformes</b>	<i>Samaropsis boutakoffii</i> Hoeg & Bose, 1960
<i>Cornucarpus patagonicus</i> (Feruglio) Correa da Silva & Arrondo, 1977	<i>Samaropsis cricumensis</i> Millan, 1967
<i>Cornucarpus striatus</i> Walkom, 1935	<i>Samaropsis etheridgei</i> Walkom, 1922
	<i>Samaropsis ganjrensensis</i> Saksena, 1956
	<i>Samaropsis longii</i> Schopf, 1962

*Samaropsis moreirana* (White) Millan, 1965  
*Samaropsis raniganjensis* Seward & Sahni, 1920  
*Samaropsis srivastavae* Lele, 1962  
*Samaropsis surangei* Lele, 1962

**Sub-Subtipo B.II.2.1.3- Sarcotesta com sinus em ambas extremidades**

*Samaropsis cuerdaei* Gutierrez et al. 1992  
*Samaropsis goraiensis* Surange & Lele, 1956  
*Samaropsis kutzii* Leguizamón, 1971  
*Samaropsis moravica* (Helmhacher) Walkom, 1928  
*Samaropsis nunezii* Garcia, 1990  
*Samaropsis ovalis* Walkom, 1935  
*Samaropsis rigbyi* Millan, 1977  
*Samaropsis cerquilhensis* (Millan) comb. Nov  
*Samaropsis rohnii* nov. sp  
*Samaropsis rugata* nov. sp

**Sub-tipo B.II.2.2 - Forma oblonga na posição vertical**

**Sub-subtipo B.II.2.2.1 - Sarcotesta com sinus em uma extremidade**

*Samaropsis tietensis* Millan, 1995

**Sub-tipo B.II.2.3 - Forma oval/elíptica na posição horizontal**

**Sub-subtipo B.II.2.3.1 - Sarcotesta sem sinus**

*Samaropsis feistmantelii* Maithy, 1965  
*Samaropsis thomasii* Schopf, 1962  
*Pterigospermum raniganjense* Pant, Nautiyal, 1960

**Sub-subtipo B.II.2.3.2 - Sarcotesta com sinus**

*Alatocarpus indicus* Lele, 1969  
*Alatocarpus johillensis* (Saksena) Lele, 1969  
*Samaropsis menisca* Lele, 1969  
*Samaropsis pincombei* Walkom, 1928  
*Samaropsis seisasii* (White) Seward, 1917

A partir disso, seria necessário acrescentar ao “Esquema Maithy” cerca de nove morfoespécies, além de dividir ainda mais os caracteres diagnósticos, permitindo maior refinamento do esquema. No entanto, o que fica evidente é que o fracionamento cada vez maior do “Esquema Maithy” tem conduzido a uma dificuldade de compreensão do seu correto funcionamento dado o tipo de apresentação dos dados, na forma de uma “tabela”. Sugere-se, portanto, a transformação do “Esquema Maithy” para o formato de uma “chave dicotômica”, facilitando assim não somente seu uso em estudos comparativos, como também a inclusão das novas espécies descritas. Destaca-se ainda que, a utilização de chave-dicotômica nos estudos descritivos e comparativos é bastante comum na Botânica atual e na Paleobotânica, uma vez que permite a inserção de um número maior de feições diagnósticas e de *taxa*, podendo ser, portanto, uma forma bastante útil na sistematização dos dados atuais das sementes gondvânicas.

Nesta mesma perspectiva, a seguir apresentam-se novas ocorrências de sementes fósseis permianas da Bacia do Paraná, bem como a reestruturação do Esquema Maithy em forma de chave-dicotômica, incluindo, por conseguinte, todas as morfoespécies deixadas de fora deste esquema até o momento.

### 3. NOVAS OCORRÊNCIAS DE MORFOESPÉCIES DE SEMENTES EM DEPÓSITOS PERMIANOS DA BACIA DO PARANÁ, BRASIL

*Samaropsis* Goeppert, 1864

**Espécie-tipo:** *Samaropsis ulmiformis* Goeppert 1864

O gênero *Samaropsis* é, atualmente, o gênero com maior número de morfoespécies descritas para o Gondwana. Este gênero foi criado por Goeppert (1864) que o definiu como “*Fructus samaroides membranaceus, compressus, marfine alatus, monospermus*”, ou seja, frutos monospermicos, achatados, contendo uma estrutura alada, membranacea, tipo sâmara. Assim, a presença de uma asa bem desenvolvida passou a ser característica diagnóstica do gênero.

Para Millan (1994), é justamente esta diferenciação evidente da testa, em uma sarcotesta delicada e externa que define o gênero. Contudo, a centralização da diagnose do gênero *Samaropsis* na presença de uma sarcotesta bem desenvolvida esbarrava, frequentemente, nas feições preservacionais, pois, em muitos casos a sarcotesta poderia não estar preservada ou, simplesmente, estar incompleta. Além disso, nem sempre a sarcotesta estava claramente diferenciada da esclerotesta, dificultando sua identificação e medição. Assim, a não identificação da principal característica diagnóstica de *Samaropsis* conduzia, frequentemente, à classificação do morfotipo como pertencente ao gênero *Cordaicarpus* Geinitz.

Com vistas a solucionar esse problema em relação à identificação da diferenciação da testa, Bernardes-de-Oliveira & Pontes (1976) propuseram o já mencionado “Método Oliveira & Pontes” (capítulo 2 subitem 2.1.5) para utilização em espécies intermediárias. Assim, quando a diferenciação não está evidente o pesquisador pode lançar mão do “Método Oliveira & Pontes” que considera na separação de *Samaropsis* e *Cordaicarpus* a proporção largura máxima da testa/largura máxima do nucelo.

Em 2000, Archangelsky propôs uma emenda à diagnose do gênero *Samaropsis* na qual definiu o gênero como composto por “*semillas bilateralmente simétricas con una sarcotesta ancha que envuelve total o casi totalmente la esclerotesta*”, ou seja, como incluindo aquelas “sementes com simetria bilateral,

que possuíam larga sarcotesta a qual envolvia total ou quase totalmente a esclerotesta”.

Por ser um gênero artificial, *Samaropsis* não pode ser considerado como membro de uma família botânica particular. Foi um gênero cosmopolita durante o Neopaleozoico, sendo amplamente utilizado para determinar morfotipos de sementes de países gondvânicos, bem como extragondvânicos, i.é. Rússia, Estados Unidos, França, entre outros (Archangeslky, 2000).

## GYMNOSPERMAE

### *Semina Incertae Sedis*

*Samaropsis mendesii* Rigby 1972 emend.

#### Figura 11

#### **Sinonímia**

2007- *Samaropsis gigas* Souza & Iannuzzi, 2007.

**Holótipo:** DGP 7/ 1189

#### **Diagnose original** Rigby 1972

“Semente com uma esclerotesta ovada, base cordada e ápice emarginado, envolto por uma asa contínua ou sarcotesta, muito larga na base com largura de aproximadamente a metade da largura da semente, tornando-se estreita nas laterais, alargando-se em direção ao ápice. Esclerotesta com uma divisão apical, crista mediana ausente, micrópila não visível, hilo aparentemente elíptico em ângulo com a base cordada”.

Seed with broadly ovate sclerotesta, cordate base and broadly emarginate apex, surrounded with continuous wing or sarcotesta, very broad at base with width approximately half width of seed, becoming narrow along sides, broadening towards apex. Apical split in sclerotesta, medial ridge absent, micropyle not seen, apparent elliptical hilum within angle of cordate base (Rigby, 1972b, p.284).

### **Diagnose emendada**

Semente ovada platispérmica, nucelo liso, com uma proeminente crista mediana, ápice emarginado e base cordiforme, envolto por uma testa caracterizada por três distintas camadas: a endotesta, mais interna e fibrosa; a esclerotesta, lisa, com base bem desenvolvida e o mesmo formato do nucelo e; a sarcotesta, mais externa, lisa, oval, muito larga na base, tornando-se estreita nas laterais e voltando a alargar-se em direção ao ápice. Esta sarcotesta, pode apresentar uma cicatriz na porção basal que possivelmente representa o pedúnculo de inserção da semente na planta geradora. Quando essa cicatriz está presente a porção basal da sarcotesta apresenta-se com uma reentrância deixando seu contorno cordado. Micrópila emarginada, podendo estar marcada em forma de “v”.

### ***Emended diagnosis:***

*Seed ovate, platyspermic, nucellus smooth, with a prominent median ridge, apex emarginate and cordate base, surrounded by a testa characterized by three distinct layers: the inner and fibrous endotesta; the middle and smooth sclerotesta, with the well developed base and the same shape of the nucellus and; the outer well-developed asymmetrical sarcotesta, very broad at base, becoming narrow along sides, broadening towards apex. This sarcotesta may have a basal scar which possibly represents the insertion of the seed in the mother-plant. When this scar is present, the basal outline of sarcotesta is chordates. Micropyle emarginated and can be opened in the form of “V”.*

### **Discussão e comparação:**

O acesso ao material-tipo de *Samaropsis mendesii* permitiu a comparação precisa desta morfoespécie catarinense com *Samaropsis gigas* erigida por Marques-de-Souza & Iannuzzi 2007 para espécimes provenientes do afloramento Morro do Papaléo, estado do Rio Grande do Sul. Novas medições evidenciaram que *S. mendesii* e *S. gigas* são morfométricamente idênticas.

Marques-de-Souza & Iannuzzi (2007) haviam apontado, tendo como base comparativa a descrição do material disponível na literatura, que as referidas morfoespécies diferenciavam-se essencialmente por quatro aspectos. Primeiro, *S. mendesii*, de acordo com a descrição original, não possuía crista mediana.

A Figura 10 mostra que o holótipo de *S. mendesii* possui uma crista mediana que parte da região micropilar e avança em direção a porção central do nucelo, onde é interrompida. A mesma feição é frequente nos espécimes do Rio Grande do Sul.

Segundo, a presença de uma possível reentrância na porção apical da sarcotesta presente em *S. mendesii* e ausente em *S. gigas*. A reavaliação mostrou que esta pequena reentrância também pode ser vista em alguns espécimes de *S. gigas* (MP-Pb 3423) e pode estar relacionada a uma possível abertura micropilar, já que a sarcotesta de *S. gigas* foi interpretada por Marques-de-Souza & Iannuzzi (2012) como uma estrutura de consistência carnosa, que recobria toda a superfície da semente. Como esta reentrância não está aparente em todos os espécimes é possível que esteja presente apenas em um determinado estágio de maturação da semente.

A terceira feição utilizada para separar *Samaropsis gigas* de *S. mendesii* por Marques-de-Souza & Iannuzzi (2007) foi o contorno cordado da região basal da sarcotesta também presente em *S. mendesii* e ausente em *S. gigas*. Percebe-se, após consulta do material-tipo de ambas morfoespécies, que esse contorno apresenta-se cordado quando o espécime possui a cicatriz do pedúnculo de inserção da semente preservado (MP-Pb 3992). Nos casos em que não há preservação desta estrutura, o contorno a região basal da sarcotesta mostra-se arredondado (MP-Pb 3990 e MP-Pb 3662). Esta é, nitidamente, uma variação decorrente de uma feição preservacional.

Finalmente, embora *S. mendesii* não apresente, tanto na descrição original quanto no holótipo, a presença da endotesta, considera-se a possibilidade desta estrutura não ter sido preservada, já que se trata de uma camada muito fina posicionada entre o nucelo e a esclerotesta. Ademais, o material sul-riograndense está preservado em um argilito cuja a granulometria fina do sedimento permitiu uma preservação excepcional das sementes. O material catarinense, por sua vez, está preservado em um arenito fino, o que deixa seus contornos menos precisos e faz com que as estruturas mais delicadas não se preservem.

Tendo em vista que *Samaropsis mendesii* foi designada com base em um único espécime é difícil, para o pesquisador, perceber as variações morfológicas

decorrentes de fatores preservacionais, já que essas variações não constam na descrição do material disponível na literatura. Assim, a consulta ao material-tipo permitiu a avaliação precisa das diferenças e semelhanças existentes entre as duas morfoespécies, bem como a elucidação das dúvidas que conduziram a separação de ambas. Neste sentido, percebe-se tratar-se da mesma morfoespécie.

Quanto à *Samaropsis milleri* determinada por Millan (1967) para um espécime recuperado do afloramento Bainha, estado de Santa Catarina, Brasil, e considerada sinônimo de *S. mendesii* por Rigby 1972b, considera-se precipitada essa sinonímia, uma vez que o espécime descrito por Millan não está com a sarcotesta completamente preservada. Destaca-se que existem outras morfoespécies de *Samaropsis* descritas para o Gondwana cujo corpo central assemelha-se muito ao de *Samaropsis mendesii* e *Samaropsis milleri* diferindo, apenas, no contorno geral da sarcotesta (p. ex., *S. lesliei* (Zeiller) Seward 1917 e *S. indica* Seward 1917).

Por fim, cabe destacar que Bernardes-de-Oliveira (1977) registrou a presença de *Samaropsis mendesii* no afloramento Bairro 20, no estado de Santa Catarina. Contudo, a autora destaca o péssimo estado de preservação do material e informa que importantes feições diagnósticas não foram visualizadas, tais como a sarcotesta e a região basal da semente. Como o material não foi consultado, considera-se válida a ocorrência registrada por Bernardes-de-Oliveira (1977) até que uma reavaliação seja feita com base nas novas informações expostas nesta tese.

**Distribuição estratigráfica e geográfica:** O holótipo de *Samaropsis mendesii* Rigby 1972 foi recuperado da Camada Irapuá, Formação Rio Bonito, Santa Catarina, Brasil. Bernardes-de-Oliveira (1977) apontou a presença da morfoespécie no afloramento Bairro 20, também na Camada Irapuá em Santa Catarina. Os espécimes provenientes do afloramento Morro do Papaléo, Rio Grande do Sul, ampliam a distribuição estratigráfica da morfoespécie para o topo do Grupo Itararé, uma vez que foram recuperados do nível N4, além daqueles coletados nos níveis N7 e N8, correspondentes à Formação Rio Bonito.

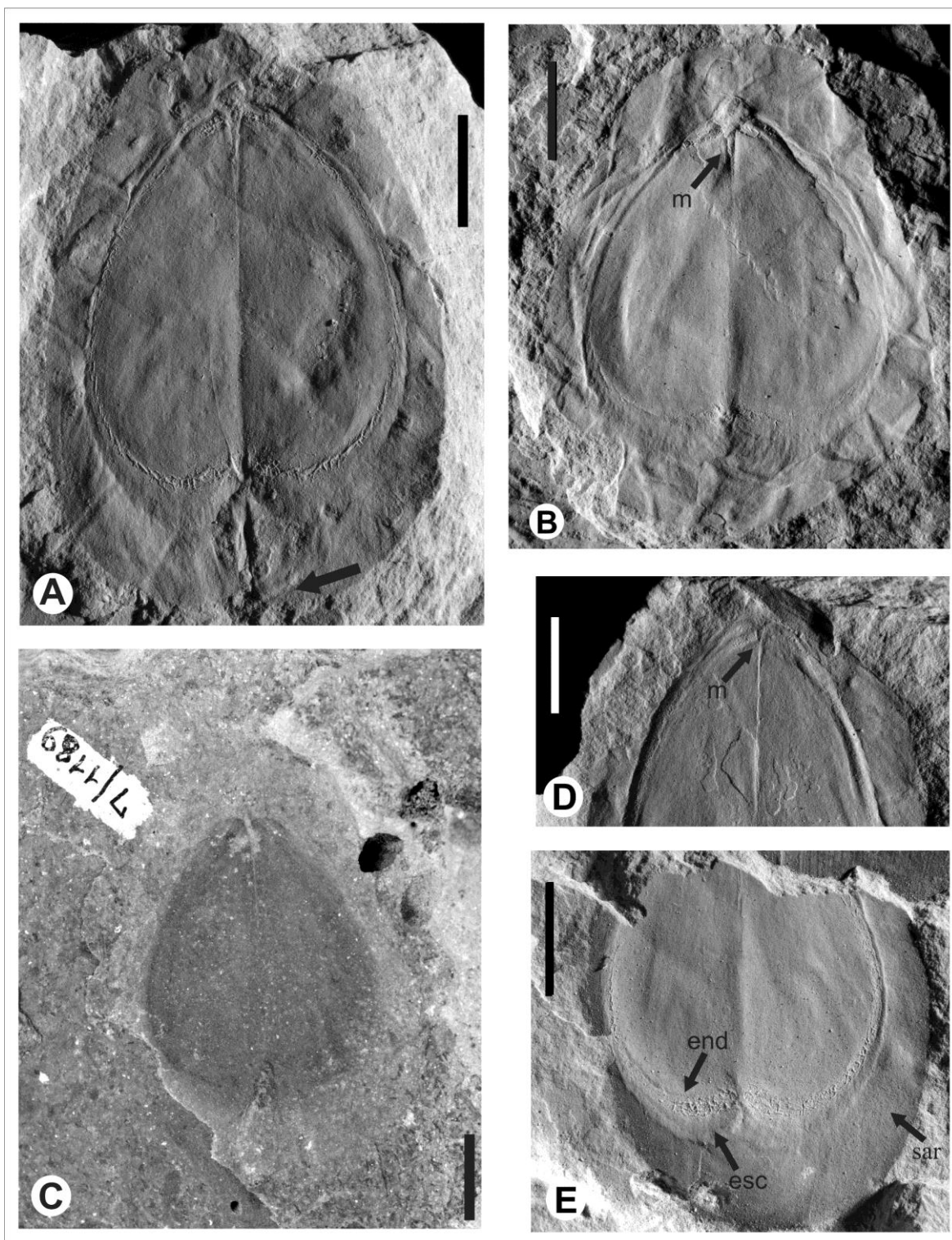


FIGURA 11: *Samaropsis mendesii* Rigby 1972 emend. A - MP-Pb 3992; espécime completo com seta indicando o pedúnculo de inserção da semente; B - MP-Pb 3423, com a micrópila emarginada e região apical da sarcotesta completa de contorno característico; C- DGP 7/1189 **holótipo**; mostrando o contorno geral do nucelo, da esclerotesta e da sarcotesta; D- MP-Pb 3994; região apical mostrando detalhe da micrópila emarginada; E - MP-Pb 3662, detalhe da região basal com três testas. Abreviaturas: end, endotesta; esc, esclerotesta; m, micropila; sar, sarcotesta. **Escala: 1 cm.**



*Samaropsis seixasii* (White) Seward 1917

## Figura 12

**Material:** MP-Pb 4470a A, B e C; 5018 (Cocuruto); 5062ab (Seção Faxinal)

**Localidade:** Morro do Papaléo - Seção Faxinal de Marques-de-Souza & Iannuzzi (2009), equivalente à Morro do Papaléo – Lavina de Marques-de-Souza & Iannuzzi (2012), e Afloramento Cocuruto – Morro do Papaléo, ambos em Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul.

**Ocorrência:** Topo do Grupo Itararé, níveis correlatos a N2, N3 e N4 do Afloramento Morro do Papaléo, conforme Iannuzzi et al. (2003, 2006).

**Idade:** Eopermiano (Sakmariiano tardio).

**Descrição:** Semente platispérmica, com testa diferenciada e superfície finamente estriada, medindo em torno de 12.3-13 mm de comprimento por 8.5-9 mm de largura. Sarcotesta bem desenvolvida na região lateral da semente, medido 2-2,4 mm de espessura. Ápice da sarcotesta emarginado, com aproximadamente 1,2 mm de espessura, e base, bem desenvolvida, auriculada, medindo em média 3-4 mm de espessura. Esclerotesta com aproximadamente 0,4 mm de espessura, projetando-se de forma aguda na região basal, cuja projeção assume, em média, 1 a 1,6 mm de espessura. Nucelo estriado, de ápice levemente emarginado e base arredondada/obtusos, medindo aproximadamente 4 mm de largura por 7,2 mm de comprimento.

### Discussão e comparação

A testa diferenciada, a ausência de crista mediana e a presença de *sinus* em ambas as extremidades (basal e apical), sugerem semelhança morfológica com onze morfoespécies de sementes descritas para o Gondwana. Seguindo-se uma análise morfológica mais detalhada, verificou-se que, destas onze morfoespécies, as únicas que guardavam maiores semelhanças com os espécimes analisados eram: *Samaropsis cerquilhensis* (Millan) Bernardes-de-Oliveira et al. 2007, *Samaropsis goraiensis* Surange & Lele 1956, *Samaropsis rohnii* Bernardes-de-Oliveira et al. 2007, *Samaropsis rugata* Bernardes-de-Oliveira et al., 2007 e *Samaropsis seixasii* (White) Seward 1917.

*Samaropsis cerquilhensis* possui nucelo com base proeminentemente acuminada, diferindo da base arredondada do nucelo dos espécimes em análise. Já *Samaropsis rugata* possui a base do nucelo arredondada, porém, não possui a projeção aguda da esclerotesta na região basal, a qual pode ser vista em destaque nos espécimes ora analisados (FIGURA 12 C), além disso, apresenta a sarcotesta densamente estriada, dando um aspecto rugoso a sua superfície (desta característica deriva-se o nome da morfoespécie).

Comparando-se o material em análise com as morfoespécies *Samaropsis goraiensis* e *Samaropsis rohnii*, verificou-se que embora apresentem alguma semelhança morfológica, *S. goraiensis* possui uma sarcotesta que além de ser mais estreita, possui, ainda espessura constante ao longo de todo o nucelo, diferindo do material em análise cuja sarcotesta assume maior espessura na porção basal (QUADRO 3).

Já *S. rohnii* difere pela forma retusa da região apical da semente (ver Fig. 4 j em Bernardes-de-Oliveira et al. 2007) em contraponto ao ápice emarginado dos espécimes em análise (FIGURA 12). Salienta-se que *S. rohnii* foi erigida com base em um único espécime e que o holótipo não estava disponível para consulta na ocasião da visita à Coleção em que está depositado, merecendo, portanto, uma consulta posterior para certificação dessa diferença.

A consulta ao material-tipo de *Samaropsis seixasii*, por sua vez, revelou profunda semelhança morfológica com os espécimes em análise, apresentando apenas uma diferença em relação ao tamanho geral da semente conferida pela maior espessura da sarcotesta do material-tipo de *S. seixasii*. Considera-se que esta variação não é suficiente para desconsiderar a determinação do material analisado como pertencente à morfoespécie *Samaropsis seixasii*, dada as demais equivalências de forma e de dimensões.

Por fim, Corrêa-da-Silva & Arrondo (1977) já haviam registrado a ocorrência de *S. seixasii* no afloramento Morro do Papaléo, local de onde provém parte do material aqui analisado. Os autores, contudo, destacaram que o tamanho dos espécimes eram maiores do que aqueles descritos por White (1908), sendo o comprimento entre 20 e 23 mm e a largura entre 22 e 26 mm. Estes espécimes, além de consideravelmente maiores mostraram-se, ainda, transversalmente

desenvolvidos, característica esta não observada no material-tipo de *S. seixasii*. Acredita-se, portanto, que os espécimes de Corrêa-da-Silva & Arrondo (1977) não se incluem nesta morfoespécie, porém, essa afirmação só poderia ser confirmada por meio da consulta ao material analisado pelos autores. Contudo, Corrêa-da-Silva & Arrondo (1977) não apresentaram em sua publicação os números das amostras analisadas.

QUADRO 3: Quadro comparativo das dimensões e formas de *Samaropsis goraiensis*, *Samaropsis rohnii* e *Samaropsis seixasii* com o material em análise. As informações foram retiradas das publicações que contém as diagnoses originais das morfoespécies.

<b>Dimensões (mm) / forma</b>	<b><i>Samaropsis goraiensis</i></b> Surange & Lele 1956	<b><i>Samaropsis rohnii</i></b> Bernardes-de-Oliveira et. al 2007	<b><i>Samaropsis seixasii</i></b> (White) Seward 1917	<b>Espécimes em análise</b>
Ápice da semente	Emarginado	Retuso*	Emarginado	Emarginado
Base da semente	Cordada *	Cordada *	Auriculada	Auriculada
Comprimento total	8	12.5	15.2	12.3 – 13
Largura total	6	8	10.2	8.5 – 9
Sarcotesta (lateral)	1.5	-	3mm	2 – 2.4
Sarcotesta (basal)	-	2.8	4mm	3- 4
Esclerotesta	-	-		0.4
Largura Nucelo	4	5	4.7	4
Comprimento Nucelo	7	8.75	8.5	7.2
Estriações	Finamente estriada no nucelo (?)	Finamente estriada no nucelo e na sarcotesta	Finamente estriada no nucelo e na sarcotesta	Finamente estriada no nucelo e na sarcotesta
Ápice do Nucelo	Agudo	Arredondado	Agudo/obtusos	Agudo/obtusos
Base do Nucelo	Agudo	Acuminada com projeção tipo cone	Aguda, com projeção tipo cone	Arredondada, com projeção tipo cone na esclerotesta

\* Utilizando-se da terminologia apresentada no quadro 1 e 2, do **Item 2.1.11 do Capítulo 2.**

**Distribuição estratigráfica e geográfica:** O material-tipo provém da localidade de Lauro Müller, SC, Brasil e foi recuperada de depósitos do Carvão Barro Branco

(Formação Rio Bonito – Membro Siderópolis). A nova ocorrência aqui registrada da morfoespécie nos afloramentos Morro do Papaléo-Seção Faxinal e Morro do Papaléo-Cocuruto ampliam a distribuição estratigráfica de *S. seixasii* para depósitos mais antigos, correspondentes ao topo do Grupo Itararé.

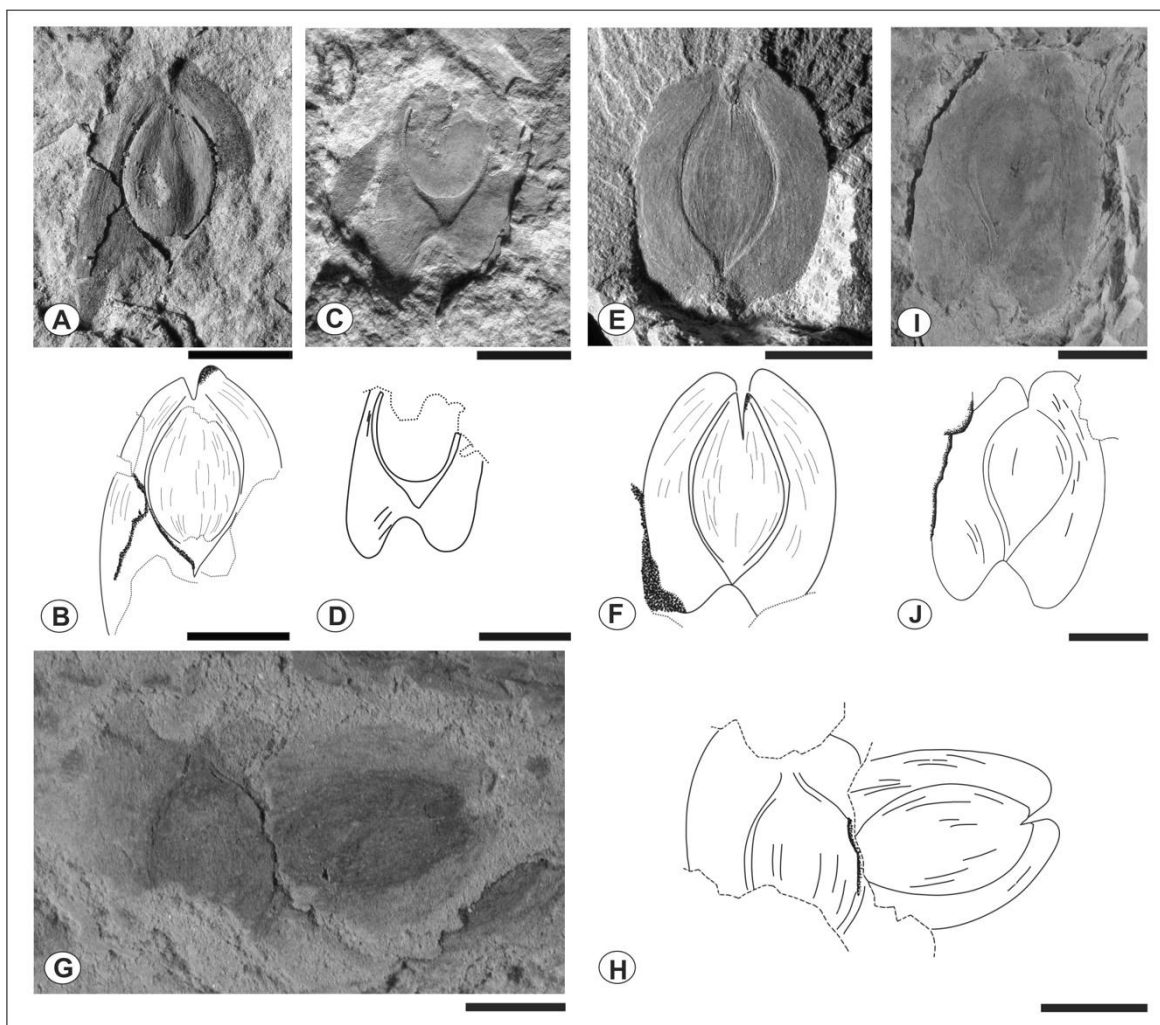


FIGURA 12: *Samaropsis seixasii*, A-F material proveniente do Morro do Papaléo, em Mariana Pimentel, RS; G-J material-tipo de White proveniente de Lauro Müller, SC. A e B – MP-Pb 4470a A; mostrando o contorno emarginado da região apical da semente e a base do nucelo arredondado, quando destacado da esclerotesta; C e D – MP-Pb 4470a B; mostrando o *sinus* basal da semente, que confere um contorno auriculado à base, bem como o nucelo colado à sarcotesta, que confere uma forma aguda (projeção tipo cone) ao nucelo e esclerotesta. E e F – MP-Pb 5062 A; mostrando o contorno emarginado da região apical da semente e a região basal auriculada. G e H – USNM 32011; material-tipo de *Samaropsis seixasii*; I e J – USNM 32012; material-tipo de *S. seixasii*. Escalas: 5 mm

*Samaropsis tasacunensis* Archangeslsky, 2000

Figura 13

**Material:** MP-Pb 5016ab; MP-Pb 5057; MP-Pb 4857.

**Localidade:** Morro do Papaléo - Seção Faxinal de Marques-de-Souza & Iannuzzi (2009), equivalente à Morro do Papaléo – Lavina de Marques-de-Souza & Iannuzzi (2012).

**Ocorrência:** Topo do Grupo Itararé. Nível correlato ao N2 de Iannuzzi et al. (2003ab, 2006).

**Idade:** Eopermiano (Sakmario tardio)

**Descrição:** Semente platispérmica, com testa diferenciada e superfície finamente estriada, medindo em torno de 12,5-16 mm de comprimento por 15-16 mm de largura. Sarcotesta bem desenvolvida, projetando-se como duas asas laterais, medindo em média 4,3 mm de espessura. Ápice da sarcotesta emarginado em duas curtas cristas e base, bem desenvolvida, cordada. Nucelo estriado, periforme, medindo aproximadamente 7-7,5mm de largura por 7,2-9 mm de comprimento, de base arredondada à levemente aguda e ápice agudo/obtusos; apresenta uma tênue linha mediana.

### **Discussão e comparação**

Inicialmente, no que se refere à determinação genérica, dois gêneros guardam semelhanças com o material analisado, são eles: *Samaropsis* e *Alathocarpus*. O gênero *Alatocarpus* foi criado por Lele (1968) para abrigar sementes com asas laterais proeminentes, conferindo à forma geral da semente uma proporção mais larga do que comprida, ou seja, transversalmente desenvolvida, cuja região micropilar projetava-se em duas estruturas espiniformes. De fato, o material em análise tem o eixo transversal mais desenvolvido devido a estrutura alada proeminente na porção mediana da semente, contudo não apresenta a projeção micropilar que, de acordo com a diagnose de *Alatocarpus*, se sobressai para além da sarcotesta. A região apical dos espécimes em análise é aguda.

Ademais, embora os espécimes em análise guardem semelhanças morfológicas com *Alatocarpus indicus* Lele 1968, os mesmos diferem em tamanho, sendo menores do que a morfoespécie indiana, principalmente nas medidas da sarcotesta que é consideravelmente mais desenvolvida em *A. indicus* (7 a 10 mm de largura). A outra espécie do gênero, *Alatocarpus johillensis* (Saksena) Lele 1968, difere consideravelmente pela forma geral da semente e, principalmente, da sarcotesta que se projeta como duas asas levemente inclinadas em relação ao eixo transversal da semente.

No tocante às morfoespécies do gênero *Samaropsis* pode-se comparar o material em análise com aquelas que possuem sinus em ambas extremidades, apical e basal. Dentre estas morfoespécies, *S. rigbyi* Millan 1977 difere por, além de possuir contorno geral ovalado e sarcotesta mais desenvolvida na porção basal, possui a marca do que Millan (1977b) sugeriu ser uma “estrutura embrionária”, a qual não está evidente nos espécimes analisados.

*Samaropsis asymmetrica* Archangelsky 2000, difere por possuir uma sarcotesta mais espessa na região apical da semente e evidentemente menos desenvolvida na região basal. *Samaropsis dawsonii* (Shirley) Walkom 1922, por sua vez, possui um contorno geral quase triangular devido a pouca espessura da sarcotesta na região apical e seu maior desenvolvimento na porção médio-basal diferindo consideravelmente do contorno circular/subcircular do material aqui analisado.

*Samaropsis tasacunensis* Archangelsky 2000 é a morfoespécie que mais se assemelha ao material analisado. Erigida com base em material proveniente da localidade de Tasa Cuna, Formação Tasa Cuna, Permiano Inferior da Argentina, *S. tasacunensis* compartilha as dimensões gerais da semente e do nucelo, sendo mais desenvolvida lateralmente. Ao descrever a nova espécie, Archangelsky sinonimizou os espécimes determinados antes como *Samaropsis kurtzii* por Leguizamón (1972). De acordo com Archangelsky (2000), os espécimes analisados por Leguizamón (1972) diferem dos de *S. kurtzii* Leguizamón 1971, cuja localidade-tipo é Bajo de Velez, por serem mais largos do que compridos e possuírem uma projeção da sarcotesta em duas cristas curtas.

Com vistas a certificar-se das diferenças apontadas por Archangelsky (2000), julgou-se pertinente realizar uma consulta ao trabalho original de Leguizamón (1971), no qual *Samaropsis kurtzii* é erigida e sua diagnose apresentada. Verificou-se que a morfoespécie *S. kurtzii* apresenta dimensões bastante variáveis (QUADRO 4). Contudo, difere do material em análise principalmente pelo padrão geral da semente que nos espécimes brasileiros é mais desenvolvido no seu eixo transversal, diferindo do material argentino que é mais desenvolvido em seu eixo longitudinal. Ainda, *S. kurtzii* não apresenta a mesma projeção da sarcotesta, em forma de cristas curtas, evidenciada nos espécimes brasileiros.

QUADRO 4: Quadro comparativo das dimensões e formas dos espécimes em análise com *Samaropsis kurtzii* Leguizamón 1971, *Samaropsis tasacunensis* Archangelsky 2000 e *Samaropsis kurtzii* reconhecida em depósitos fossilíferos brasileiros por Marques-de-Souza & Iannuzzi (2007).

Dimensões (mm) / forma	<i>Samaropsis kurtzii</i> Leguizamón 1971	<i>Samaropsis tasacunensis</i> Archangelsky 2000	<i>Samaropsis kurtzii</i> Leguizamón 1971 (in Marques-de-Souza e Iannuzzi 2007)	Espécimes em análise
Âpice da semente	Emarginado	Emarginado	Emarginado	Emarginado
Base da semente	Cordada	Cordada	Cordada	Cordada
Comprimento total	16,5 – 22	15	23 – 24	12,5 – 16
Largura total	14 – 20	17	21,5 - 23	15 – 16
Sarcotesta	3	-	5,8	4,3
Largura Nucelo	5,5 – 7,5	6,9	10,6 – 13,4	7 – 7,5
Comprimento Nucelo	9 – 12	9,9	13,4 – 14,6	7,2 – 9
Estriações	Nucelo e sarcotesta	Nucelo e sarcotesta	Nucelo e sarcotesta	Nucelo e Sarcotesta
Âpice do Nucelo	Agudo	Agudo	Agudo	Agudo
Base do Nucelo	Arredondado	Ligeiramente agudo	Agudo	Arredondada a ligeiramente agudo

Assim, verifica-se que o material ora analisado guarda muitas semelhanças com as sementes descritas por Leguizamón (1972) e por Archangelsky (2000), sendo assim determinadas como *Samaropsis tasacunensis*.

**Distribuição estratigráfica e geográfica:** O material-tipo de *Samaropsis tasacunensis* foi recuperado de rochas da Formação Tasa Cuna, localidade de Tasa Cuna, Argentina (Permiano Inferior, Sakmariano-Artinskiano segundo Leguizamón, 1972). No Brasil, tem sua ocorrência registrada no afloramento Morro do Papaléo-Seção Faxinal, topo do Grupo Itararé (Sakmariano Tardio), mantendo, portanto, a mesma amplitude estratigráfica da morfoespécie.

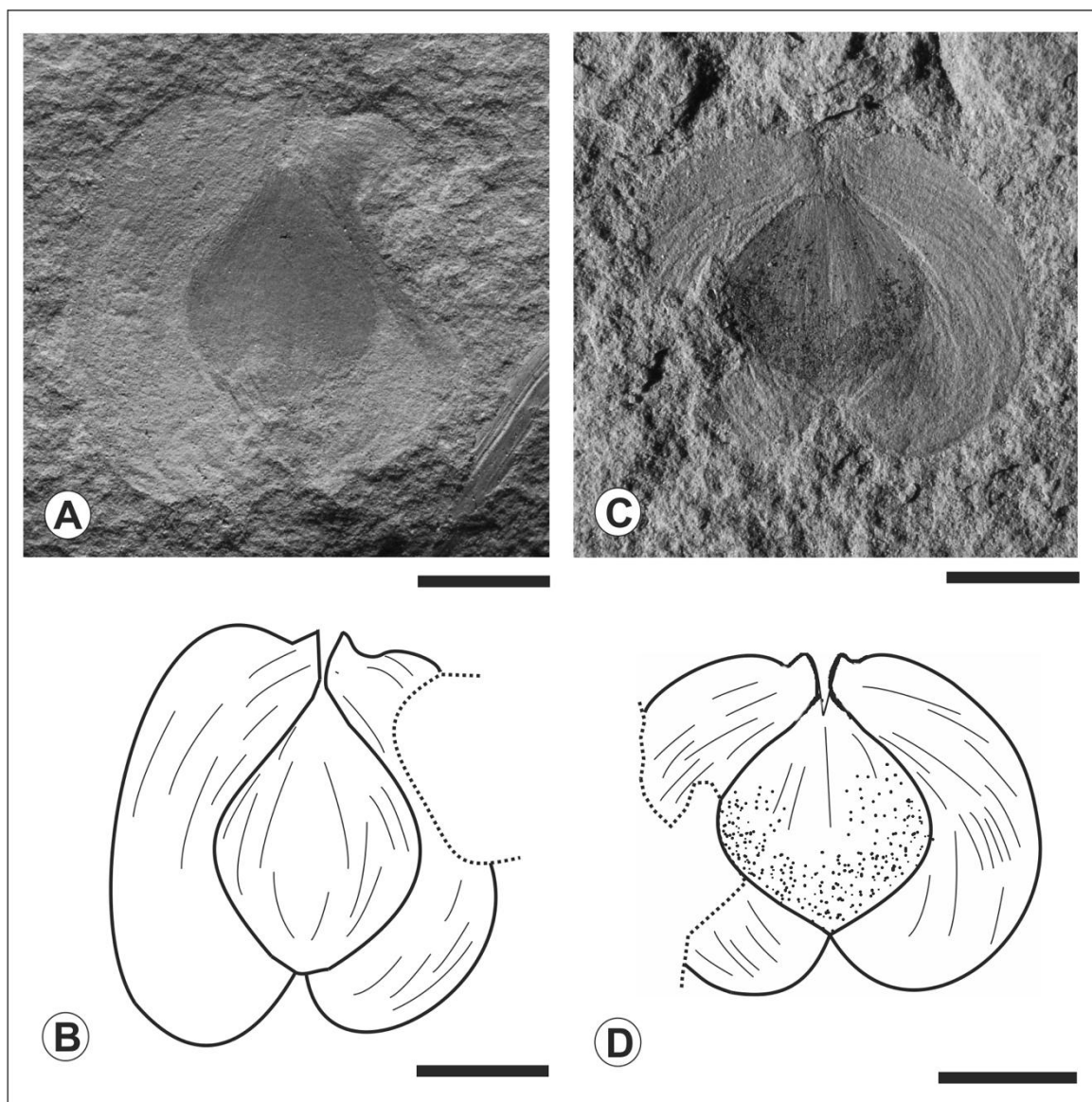


FIGURA 13: *Samaropsis tasacunensis* Archangeslsky 2000, material proveniente da Seção Faxinal, Mariana Pimentel, RS. A e B – MPPb 5016a; semente platispérmica alada, de superfície estriada, ápice emerginado e base cordada. C e D – MPPb 5057; semente platispérmica oval/elíptica, seguindo o eixo transversal; o nucelo projeta-se em uma abertura micropilar que ultrapassa a sarcotese. **Escala: 5 mm.**



*Samaropsis moreirana* (White) Millan 1965

## Figura 14

**Material:** MP-Pb 5061 A, B, C, D

**Localidade:** Morro do Papaléo- Seção Faxinal de Marques-de-Souza & Iannuzzi (2009), equivalente à Morro do Papaléo – Lavina de Marques-de-Souza & Iannuzzi (2012).

**Ocorrência:** Topo do Grupo Itararé. Nível correlato ao N2 de Iannuzzi et al. (2003, 2006).

**Idade:** Eopermiano (Sakmariiano tardio)

**Descrição:** Semente pequena de contorno geral arredondado/ovalado, comprimento total de aproximadamente 5,8 mm e largura de 4,0 mm em média. Testa estreita e indiferenciada, assumindo sua maior espessura na porção médio superior, quando atinge até 1,2 mm, encerrando-se na região micropilar de forma agudo/acuminada, marcando uma abertura na região em forma de “V”. Nucelo de base arredondada e ápice agudo/acuminado, medindo cerca de 3,0 mm de largura por 4,8 mm de comprimento (incluindo a projeção agudo/acuminada). Relação largura máxima da testa / largura máxima do nucelo igual a 0,33.

### Discussão e comparação

A relação largura máxima da testa / largura máxima do nucelo maior que 1/4.5 conduz, segundo o Método Oliveira & Pontes (1976), à inclusão dos espécimes dentre os membros do gênero *Samaropsis* Goepfert 1864. A análise comparativa, considerando a ausência de crista mediana e a presença de um *sinus* apical, sugere a comparação direta com oito morfoespécies existentes na literatura.

Dentre estas morfoespécies, *Samaropsis surangei* Lele 1962 difere por possuir uma sarcotesta de espessura uniforme ao longo de todo o contorno da semente. *Samaropsis srivastavae* Lele 1955 difere por possuir na região apical duas projeções agudas em forma de gancho, as quais diferem do ápice agudo/acuminado contendo uma abertura em forma de “V” dos espécimes ora

estudados. *Samaropsis mendesii* Rigby 1972 e *Samaropsis raniganjensis* Seward & Sahni 1920 diferem pelo tamanho maior, por possuírem uma sarcotesta espessa na região basal. Ademais, o material em análise difere do gênero australiano *Nummulospermum* por não possuir os feixes vasculares na porção basal da semente, característicos desse gênero e, especificamente, de *Nummulospermum bowenense* Walkom 1921 por não possuir uma proeminente projeção acuminada na porção apical do nucelo tal qual apresenta o material australiano.

Já *Samaropsis yoshidae* Rigby 1972 possui dimensões gerais bastante superiores as do material em análise, tendo 17 mm de largura por 23 mm de comprimento, além de possuir um pedicelo de aproximadamente 3,0 mm de largura, conectado à região basal da semente. *Samaropsis barcelosa* (White) Millan 1965 é também maior em suas dimensões, sendo que a expansão da sarcotesta na região apical pode atingir cerca de 5,0 mm.

Por fim, analisando-se novas fotografias obtidas por D. Chaney do material-tipo de *Samaropsis moreirana* (White) Millan 1965, bem como as dimensões apresentadas na diagnose original da espécie, observou-se que esta e se assemelha consideravelmente ao material em análise. *S. moreirana* apresenta o mesmo espessamento da sarcotesta na região apical emarginada, atingindo até 1.5 mm de espessura, afilando-se em direção à base, onde assume um contorno geral arredondado. Além disso, o nucelo de *S. moreirana* possui as mesmas dimensões que o nucelo dos espécimes analisados. Assim, considera-se o material analisado morfológica e morfometricamente semelhante à *S. moreirana* sendo incluído, portanto, nesta morfoespécie.

**Distribuição estratigráfica e geográfica:** O material-tipo de *Samaropsis moreirana* provém do Carvão Barro Branco (Formação Rio Bonito, Membro Siderópolis), estado de Santa Catarina. Bernardes-de-Oliveira et al. (2007) apontaram a ocorrência desta morfoespécie na localidade de Cerquilha. Esta última ocorrência ampliou a distribuição estratigráfica de *S. moreirana* também para o Grupo Itararé. Assim, a presença de *S. moreirana* no afloramento Morro do Papaléo, estado do Rio Grande do Sul, apenas confirma a presença de *S. moreirana* em rochas do topo do Grupo Itararé.

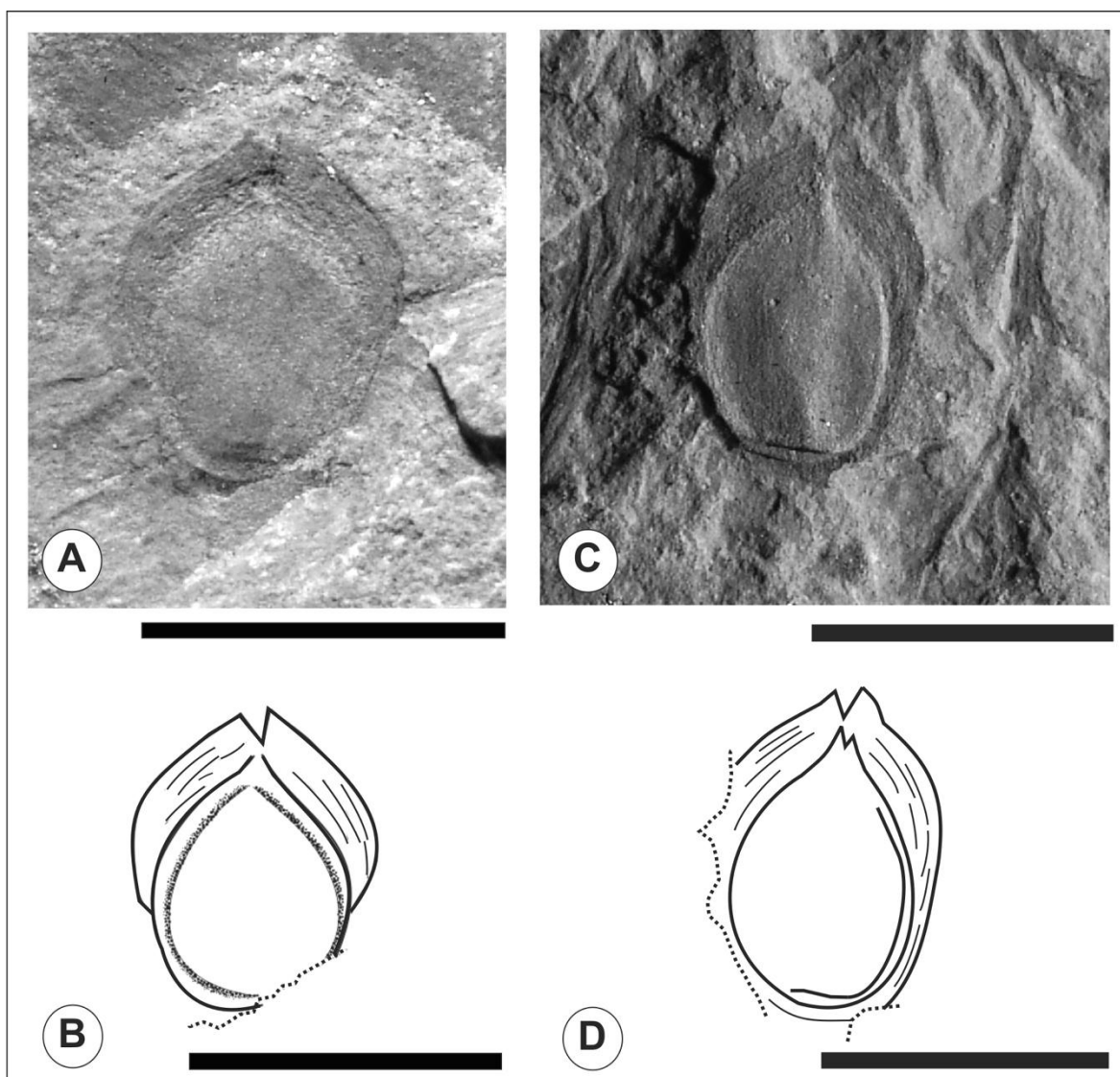


FIGURA 14: *Samaropsis moreirana*, material proveniente do Morro do Papaléo- Seção Faxinal, Mariana Pimentel, RS. A e B – MPPb 5061A; semente com sarcotesta assumindo maior espessura na região apical a partir de onde se abre, marcando a região micropilar em forma de “V”. C e D – MPPb 5061B; semente com sarcotesta finamente estriada, nucelo de base arredondada e ápice agudo/acuminado. **Escalas: 5 mm.**

*Samaropsis* sp.1 in Marques-de-Souza & Iannuzzi 2007

## Figura 15

**Material:** MP-Pb 5071.

**Localidade:** Morro do Papaléo, Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul.

**Ocorrência:** Nível N8 do Afloramento Morro do Papaléo, conforme Iannuzzi et al. (2006 a, b; 2007).

**Idade:** Eopermiano (Artinskiano precoce).

**Descrição:** Semente lisa, de ápice emarginado e base indefinida. Comprimento total da semente é maior que 22 mm e largura de maior que 21 mm. Nucelo, de ápice agudo e base acuminada, possui superfície lisa, 19 mm de comprimento e 16 mm de largura. A testa é diferenciada, sendo a mais interna, esclerotesta, fina, medindo em torno de 1,0 mm de espessura. A sarcotesta é bem mais delicada e, por isso, não teve sua estrutura preservada por completo. Apenas a região apical da sarcotesta está completamente preservada, conferindo um contorno emarginado ao ápice da semente, onde assume 6,5 mm de espessura. A relação largura da testa / largura do nucelo (LT/LN) do espécime é de 0.40.

### Discussão

O espécime analisado é semelhante morfograficamente aos espécimes estudados por Marques-de-Souza & Iannuzzi (2007), recuperados no mesmo horizonte (N8) dentro da mesma seção (Afloramento Morro do Papaléo). Trata-se de uma semente platispérmica, de nucelo cordiforme liso com uma testa visivelmente diferenciada em uma sarcotesta muito delicada e, por isso, normalmente incompleta e em uma esclerotesta pouco espessa envolvendo o nucelo. A incompletude da sarcotesta dificulta a visualização exata do contorno geral da semente, o que, por sua vez, impede uma classificação taxonômica mais precisa, mesmo tendo-se a certeza de tratar-se de um morfotipo novo. Contudo, a inclusão do espécime MP-Pb 5071 em *Samaropsis* sp. 1, descrita por Marques-de-Souza & Iannuzzi (2007), contribui significativamente para que, futuramente, se possa avançar na determinação do novo táxon, uma vez que elucida claramente o contorno geral da região apical da semente. Permanece, contudo, a

falta de clareza em relação ao contorno geral da região basal deste tipo de semente. Deste modo, inclui-se por hora esse espécime ao morfotipo *Samaropsis* sp. 1 de Marques-de-Souza & Iannuzzi (2007).

Na literatura, apenas Anderson & Anderson (1985) descreveram um morfotipo semelhante ao brasileiro em análise. Os autores descreveram oito espécimes recuperados na localidade de Vereeniging, Bacia de Karoo (Formação Vryheid, África do Sul) sem, contudo, determinar gênero e espécie ao morfotipo. Os autores apresentaram como sinonímia *Samaropsis leesli* Seward 1917 devido, provavelmente, à projeção da base em uma haste bem desenvolvida. Essa feição contudo, difere em *Samaropsis leesli* por esta terminar de maneira truncada, enquanto que nos espécimes estudados por Anderson & Anderson (1985) essa terminação é nitidamente cordada (ver Anderson & Anderson, 1985, p.150). No que se refere às semelhanças do material sul-africano com o material brasileiro, tanto a forma do nucelo, quando a região apical da semente são exatamente iguais, faltando, apenas, a compreensão da base do morfotipo brasileiro para se confirmar a semelhança.

**Distribuição estratigráfica e geográfica:** Proveniente do afloramento Morro do Papaléo (N8 de Iannuzzi et al. 2003 ab), Formação Rio Bonito.

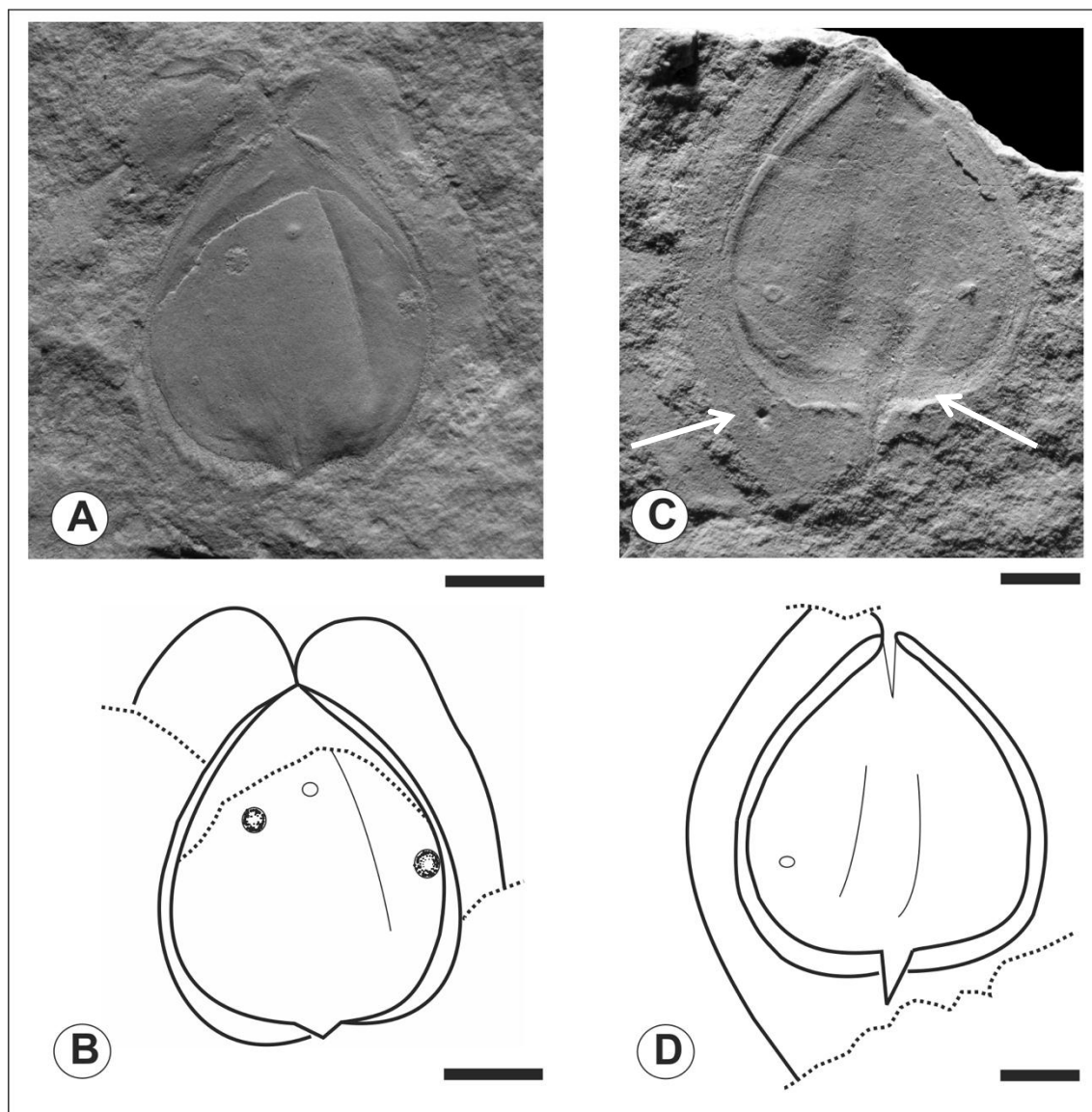


FIGURA 15: *Samaropsis* sp. 1 in Marques-de-Souza & Iannuzzi, 2007, material proveniente do Morro do Papaléo, Mariana Pimentel, RS. A e B – MP-Pb 5071; mostrando o contorno emarginado da região apical da semente e a base do nucelo acuminada; C e D – MP-Pb 3956; espécime descrito por Marques-de-Souza & Iannuzzi, 2007, mostrando a diferenciação da testa em sarcotesta e esclerotesta. **Escala: 5 mm.**

#### 4. SISTEMATIZAÇÃO DAS MORFOESPÉCIES DE SEMENTES DO GONDWANA EM UMA CHAVE DICOTÔMICA

Tendo em vista toda a discussão prévia sobre o “Esquema Maithy” e as novas sementes registradas nesse estudo, apresenta-se a seguir a sistematização de toda informação disponível na literatura sobre sementes gondvânicas em uma chave dicotômica. Esta proposta inclui morfoespécies de sementes fósseis cujos gêneros apresentam como características diagnósticas apenas caracteres morfográficos. Em outras palavras, somente a morfologia está incluída nesse sistema artificial de classificação, tendo sido excluídas todas as morfoespécies que continham caracteres anatômicos-cuticulares incluídos em sua diagnose. Destaca-se, contudo que algumas morfoespécies erigidas com base em caracteres anatômicos-cuticulares já haviam sido incluídas em uma chave dicotômica proposta por Pant et al. (1985). Neste contexto, parece fundamental ampliar, paralelamente, esse sistema de classificação como uma estratégia de organização e comparação das morfoespécies existentes.

No que se refere à chave dicotômica ora proposta, é importante enfatizar que este não é um sistema natural de classificação e que os usuários da chave, ao percorrem todas as possibilidades apresentadas para uma determinada morfografia, se depararão com um conjunto de morfoespécies que guardam caracteres morfológicos semelhantes. Com esse grupo em mãos, sugere-se a consulta do material descritivo original de cada morfoespécie, garantindo a comparação e identificação mais precisa da forma em análise. Salieta-se que, embora a chave dicotômica aqui apresentada tenha se baseado no “Esquema Maithy” de classificação em sua versão mais atual (Bernardes-de-Oliveira et al., 2007), algumas modificações foram necessárias a fim de alcançar um maior detalhamento e contemplar a maioria dos caracteres diagnósticos das sementes existentes.

Assim, incluiu-se nesta chave espécies que haviam ficado de fora do “Esquema Maithy” até o presente momento. Foram, portanto, acrescentadas as seguintes morfoespécies: *Samaropsis incisa* Archangelsky 2000, *S. golondrinensis* Archangelsky 2000, *S. tasacunensis* Archangelsky 2000, *S. yoshidae* Rigby 1972, *Cordaicarpus cerronegrensis* Marques-de-Souza & Iannuzzi

2009, e *Cordaicarpus truncata* Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009. Ainda, acrescentou-se *Cordaicarpus madagascariensis* Appert 1977, encontrada em conexão orgânica com *Arberia madagascariensis* (Appert) Anderson & Anderson 1985 emend. Adendoff 2005.

A elaboração final da chave dicotômica passou por uma análise cuidadosa do material bibliográfico contendo a diagnose de todas as morfoespécies descritas até o momento. Com isso, algumas alterações de posicionamento em relação àquelas propostas no “Esquema Maithy” são sugeridas:

- As morfoespécies *Cordaicarpus zeillerii* Maithy 1965, *Cordaicarpus cesarii* Gutierrez et al. 1992, *Cordaicarpus famatinensis* Gutierrez et al. 1992, *Samaropsis tietensis* Millan 1995, *Samaropsis itapevensis* Millan 1995, *Samaropsis cricumensis* Millan 1967, *Samaropsis ganjrensis* Saksena 1956, *Samaropsis kurtzii* Leguizamón 1971, *Samaropsis rigbyi* Millan 1977 e *Alatocarpus johillensis* (Saksena) Lele 1968 foram realocadas por possuírem, segundo descrição dos autores, crista mediana, sulco mediano ou linha mediana, desconsideradas nas classificações anteriores (ver TABELAS 1, 2 e 3).
- *Samaropsis nunezii* Garcia 1990, embora tenha destacada em sua descrição original a presença de um sulco contínuo à abertura micropilar, a própria autora incluiu esta morfoespécie no grupo de sementes sem crista mediana. Assim, opta-se por manter a classificação original da autora, uma vez que não se teve acesso ao material-tipo, ressaltando, contudo a necessidade de uma revisão;
- Os termos “sagitada” em *Patagosperma lubeckense* Archangelsky 1995 e “auriculada” em *Samaropsis cuerdei* Gutierrez et al. 1992 foram utilizados para substituir o termo “emarginada” e descrever a forma da base dessas morfoespécies, com vistas a conferir maior refinamento descritivo (ver QUADRO 2);
- A espécie *Samaropsis asymmetrica* Archangelsky 2000 foi classificada anteriormente como possuindo sinus em ambas as extremidades. Contudo, a descrição original de *S. asymmetrica*, bem como as fotografias publicadas (Archangelsky, 2000), deixam evidente a existência de apenas um sinus proeminente, enquanto que na outra extremidade da semente essa feição não



está clara. No entanto, considerou-se precipitado reclassificar aqui esta morfoespécie sem que se tenha analisado o material-tipo. Deste modo, optou-se por manter a classificação anteriormente sugerida por Bernardes-de-Oliveira et al. (2007), registrando-se, no entanto, a necessidade de uma futura revisão do seu posicionamento (TABELA 4);

- *Samaropsis indica* (Zeiller) Seward 1917 foi classificada por Millan (1994) entre as sementes platispérmicas sem sinus. No entanto, recorrendo à publicação original de Seward (1917) ficou claro, na descrição da espécie, que há a presença de um “profundo sinus” na região apical da semente. Aproveitou-se, portanto, a oportunidade para reclassificar *S. indica*, colocando-a agora dentre as sementes platispérmicas com sinus em uma das extremidades.

- *Samaropsis etheridgei* Walkom 1922 que havia sido classificada dentre as sementes de testa diferenciada, crista mediana e sinus em uma extremidade foi realocada dentre as morfoespécies sem sinus e com base truncada após consulta da diagnose original da morfoespécie.

- *Samaropsis mendesii* Rigby 1972 após ter sua diagnose emendada nesta tese passou a compor o grupo de sementes com testa diferenciada, crista mediana e sem sinus, uma vez que a reentrância apical da sarcotesta aparece em alguns espécimes e é pouco desenvolvida, enquanto que a feição cordada da base dessa mesma estrutura parece ser decorrente de uma feição preservacional (i. é. quando encontra-se preservado parte do pedúnculo de inserção da semente).

- *Samaropsis seixasii* (White) Seward 1917 havia sido incluída por Maithy (1965) dentre o grupo de sementes “de forma horizontalmente oval”, o que significa ser mais larga do que comprida. Essa classificação persistiu nas atualizações do “Esquema Maithy” e deve-se, provavelmente, à ilustração pouco representativa do morfotipo fornecida no material original de White (1908). A consulta ao material-tipo permitiu a verificação de todas as dimensões da morfoespécie e sua realocação dentre as morfoespécies oval/elíptica na posição vertical. Optou-se, ainda, por refazer a ilustração com base no material-tipo para garantir maior confiabilidade para a chave dicotômica.

- *Ferugliocladus patagonicus*, que representa cones femininos, foi inserida ao “Esquema Maithy” por Millan (1994) em substituição às morfoespécies de sementes *Cordaicarpus nitens* (Feruglio) Millan 1977 e *Eucerospermum nitens* Feruglio 1946 que haviam sido colocadas em sinonímia (pró-parte) com *F. patagonicus* por Archangelsky & Cúneo (1987). Em 1977, Millan havia re combinado a morfoespécie *Eucerospermum nitens* inserindo-a no gênero *Cordaicarpus*. Essa recombinação deu-se devido a uma divergência na interpretação da região apical da semente em relação à proposta original de Feruglio (1946). Para este último as projeções bífidas da semente estariam na porção apical enquanto que para Millan (1977) essas projeções representavam uma dilaceração do ponto de conexão da semente com a estrutura reprodutiva. O posicionamento correto da semente foi esclarecido quando *Ferugliocladus patagonicus* foi encontrada com sementes conectadas. Assim, a proposição original de Feruglio (1946) foi retomada como correta. Neste contexto, optou-se por indicar *Eucerospermum nitens* na chave dicotômica, uma vez que em muitos dos registros essas sementes encontram-se desconectadas. Considerou-se, para seu correto posicionamento a presença de uma crista mediana e uma testa estreita e indiferenciada.

- *Alatocarpus indicus* Lele 1968 foi excluída da chave dicotômica por possuir em sua diagnose original dados anatômicos-cuticulares, muito embora essas características não estejam contempladas na diagnose do gênero.

- *Samaropsis argentina* Feruglio 1951 foi excluída da chave uma vez que não se teve acesso à publicação que contém a diagnose original da morfoespécie e *Samaropsis thomazii* Schopf 1962 por não disponibilizar a diagnose na publicação em que a morfoespécie é erigida.

TABELA 4: Chave dicotômica de identificação de morfoespécies de sementes gondvânicas. As principais características diagnósticas encontram-se destacadas em negrito. A maioria das ilustrações, quando presentes, são reproduções originais dos autores que propuseram as morfoespécies.

1 Sementes com **testa estreita e indiferenciada** ou proporção largura máxima da testa/ largura máxima do nucelo  $< 1/4.5$  ..... **2**

1' Sementes com **testa larga e diferenciada** ou proporção largura máxima da testa/ largura máxima do nucelo  $\geq 1/4.5$ ..... **9**

2 Sementes **com crista mediana** ..... **3**

2' Sementes **sem crista mediana** ..... **4**

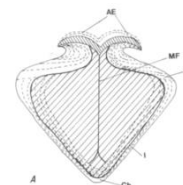
3 **Crista mediana presente ao longo de todo o nucelo**, semente cordiforme .....

*Cordaicarpus karharbarens*  
Maithy 1965



**Crista mediana presente ao longo de todo o nucelo.** Ápice bifurcado em duas curtas estruturas espiniformes, curvadas para fora em forma de ganchos. Sementes triangulares a cuneiformes .....

*Eucerospermum nitens* Feruglio  
1946 em associação com  
*Ferugliocladus patagonicus*  
(Feruglio) Archangelsky &  
Cúneo 1987



3' **Crista mediana presente em uma porção do nucelo** (mediana), semente oval, testa estreita e regular .....

*Cordaicarpus barbosanus*  
Millan 1977

**Crista mediana presente em uma porção do nucelo** (apical e basal), dando continuidade ao sinus apical que marca a região micropilar em forma de "V". Crista mediana reaparece na base. Região basal cordada à arredondada. Testa estreita com aumento de espessura na região apical emarginada resultando em braços arredondados .....

*Cordaicarpus cesarii* Gutierrez  
et al. 1992



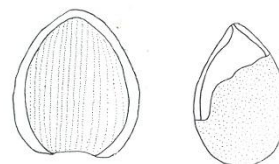
**Crista mediana presente em uma porção do nucelo.**

Testa estreita sofrendo aumento de espessura na região apical onde se abre em dois braços acuminados/ aguçados, marcando a região apical em forma de "V". Região basal cordada à arredondada .....



*Cordaicarpus famatinensis*  
Gutierrez et al. 1992

**Ápice sem sinus**, ligeiramente agudo a obtuso, base cordada. Semente em forma de pera (pear-shaped) apresentando estriações em todo o nucelo .....

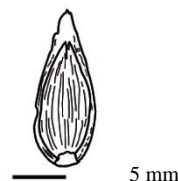


*Cordaicarpus zeillerii* Maithy  
1965

4 **Ápice bifurcado ou acuminado/agudo** ..... 6

4' **Ápice agudo/obtuso** ..... 5

5 **Ápice sem sinus**, agudo, base arredondada, testa estreita com aumento de espessura na região apical. Semente oval com superfície densamente estriada apresentando a base uma cicatriz de inserção do pedúnculo .....



*Cordaicarpus cerronegrensis*  
Marques-de-Souza & Iannuzzi  
2009

**Ápice sem sinus**, agudo/obtuso, com leve emarginação do ápice, com finas estriações verticais .....

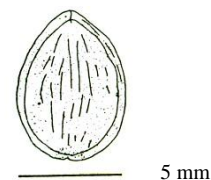
*Cordaicarpus emarginatus*  
Walkom 1935

**Ápice sem sinus**, ligeiramente agudo a obtuso, base arredondada. Semente em forma de coração (heart-shaped) com superfície estriada, e micrópila marcada em forma de "V" .....



*Cordaicarpus madagascariensis*  
Appert 1977

**Ápice sem sinus**, ligeiramente agudo a obtuso, base arredondada. Semente em forma de pera (pear-shaped) com estrias fortes e curtas irradiam-se do ponto de inserção, apresentam pequena linha micropilar .....



*Cordaicarpus rocha-camposii*  
Bernardes-de-Oliveira 1976



- 5' **Ápice com sinus.** Testa estreita sofrendo aumento de espessura na região apical onde resulta em dois braços arredondados, marcando a região apical. Região basal levemente cordada e superfície pouco rugo-estriada .....

*Cordaicarpus oliveiranus*  
(White) Millan 1965

- 6 **Ápice agudo/acuminado** ..... 7

- 6' **Ápice bifurcado em estruturas espiniformes,** mais ou menos agudo. Base arredondada, superfície estriada e testa estreita .....

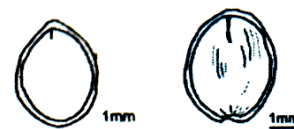
*Cornucarpus patagonicus*  
(Feruglio) Correa da Silva &  
Arrondo 1977

**Ápice bifurcado em estruturas espiniformes.** Ápice aguçado dividido por um sinus estreito, cerca de 2 mm. Testa estreita. Semente coberta por finas estriações verticais .....

*Cornucarpus striatus* Walkom  
1935

- 7 **Ápice acuminado e base aguda, acuminada ou truncada** ..... 8

- 7' **Ápice acuminado** à agudo e **base arredondada** à cordada, superfície lisa à finamente estriada. Testa estreita e de espessura uniforme, apresentando algumas vezes pequeno sinus no ponto de inserção da semente .....



*Cordaicarpus brasilianus*  
Bernardes-de-Oliveira et al.  
2007

**Ápice acuminado** com uma projeção curta e cônica. Semente circular, arredondada com testa estreita e de espessura uniforme .....



*Cordaicarpus chicariensis* Lele  
1962

**Ápice acuminado à agudo** e base arredondada à cordada. Testa mais larga nas laterais afinando-se no ápice e na base. Nuclolo de base arredondada e ápice acuminado, apresentando algumas estrias grosseiras .....



*Cordaicarpus irapuensis*  
Bernardes-de-Oliveira & Pontes  
1976

**Ápice acuminado** e proeminente, base arredondada, semente ovalada e superfície estriada. ....

*Cordaicarpus mucronatus* Hoeg  
& Bose 1960

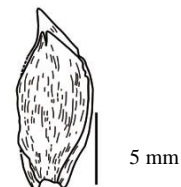
- 8 **Ápice acuminado e base aguda/acuminada.** Semente alongada no eixo vertical. Testa estreita e de espessura uniforme transformando-se na base e no ápice em uma

*Cordaicarpus acuminatus*  
Gutierrez et al. 1992

projeção cônica .....

**Ápice acuminado e base aguda ou acuminada.**  
Apresenta na base uma curta linha vertical podendo  
corresponder a um feixe vascular .....

*Cordaicarpus prolatus* Walkom  
1935



8' **Ápice acuminado à agudo e base truncada** com margem  
irregular indicando a cicatriz de inserção de semente. Testa  
estreita e superfície estriada .....

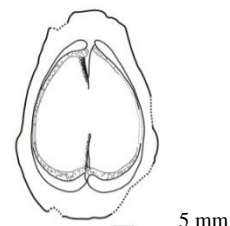
*Cordaicarpus truncata*  
Marques-de-Souza & Iannuzzi  
2009

9 **Sementes com crista mediana** ..... 10

9' **Sementes sem crista mediana** ..... 13

10 **Semente com sinus** ..... 11

10' **Semente sem sinus**, contorno ovalado, com superfície  
lisa. Sarcotesta espessa com base e ápice arredondados,  
podendo apresentar-se emarginado no ápice e cordado na  
base. Esclerotesta pouco espessa, com base cordada e  
ápice emarginado. Endotesta pouco espessa, fibrosa, de  
base cordada e ápice emarginado. Semente grande com  
tamanho aproximado de 5 cm. Apresenta um pedúnculo de  
inserção na região basal .....



*Samaropsis mendesii* Rigby  
1972

**Semente sem sinus** com base cordada/arredondada.  
Nucelo elíptico, estriado (estrias divergentes na base e  
convergentes no ápice), com base redonda e ápice  
agudo/obtusos. Testa estreita na região médio-basal e mais  
desenvolvida na região apical, apresentando escassas  
estrias .....

*Samaropsis itapevensis* Millan  
1995

**Semente sem sinus**, superfície estriada. Ápice  
aparentemente emarginado. Sarcotesta espessa no ápice,  
estreitando-se nas laterais. Esclerotesta aproximadamente  
orbicular e levemente pontiaguda na região apical e basal  
.....

*Samaropsis zambesicus* Hoeg  
& Bose 1960

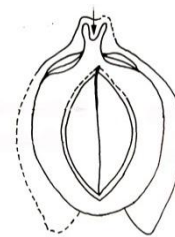
11 **Semente com sinus em uma extremidade** ..... 12

11' **Semente com sinus em ambas extremidades.** Sarcotesta  
alada, assumindo expressivamente maior espessura nas  
laterais da semente, onde apresenta uma inclinação de  
aproximadamente 60° do eixo vertical, conferindo à  
semente uma forma geral mais larga do que longa. Nucelo  
subcircular ou periforme (pear-shaped), bifurcando-se na  
região apical em duas projeções cônicas. Crista mediana  
curta na região basal .....



*Alatocarpus johillensis*  
(Saksena) Lele 1968

**Semente com sinus em ambas extremidades**, de contorno oval a subarredondado. Nucelo com finas estriações dispostas longitudinalmente e ápice acuminado. Endotesta fina e geralmente carbonizada. Esclerotesta larga com superfície estriada, cujas estrias por vezes se anastomozam. Alarga-se na região apical delimitando a câmara polínica e o canal micropilar, finalizando com a projeção de um ápice bifido. Sarcotesta composta por um tecido membranoso delicado, sagitada na região basal, e contornando o ápice bifido na região apical .....

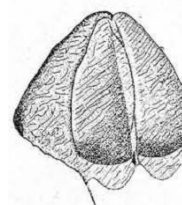


*Patagosperma lubeckense*  
Archangelsky 1995

**Semente com sinus em ambas extremidades**, de contorno geral oval a arredondado. Ápice emarginado e base cordada. Nucelo estriado com ápice e base acuminados. Sarcotesta lisa, com maior espessura na região apical, decrescendo gradualmente até a base .....

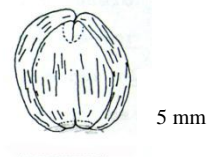
*Samaropsis asymmetrica*  
Archangelsky 2000

**Semente com sinus em ambas extremidades**. Esclerotesta de contorno geral oval, afinando-se em direção ao ápice onde divide-se em dois lobos. Sarcotesta aparentemente estreita no ápice, alargando-se em direção à base. Assume sua maior espessura na lateral da semente.....



*Samaropsis dawsonii* (Shirley)  
Walkom 1922

**Semente com sinus em ambas extremidades**, de contorno geral romboidal. Ápice emarginado e base cordada. Semente estriada. Sarcotesta acompanha o contorno geral da semente, sendo mais espessa na região lateral e geralmente desaparecendo na região basal .....



*Samaropsis milliana*  
Bernardes-de-Oliveira 1976

**Semente com sinus em ambas extremidades**, de contorno subarredondado, mais largo do que comprido. Nucelo de ápice acuminado e base aguçada, com superfície estriada. A sarcotesta estriada alcança maior espessura nas laterais da semente, diminuindo em direção aos extremos. Ápice bifurcado em duas cristas curtas e base cordada .....

*Samaropsis tasacunensis*  
Archangelsky 2000

**Semente com sinus em ambas extremidades**. Contorno geral oval, ápice emarginado e base auriculada. Sarcotesta alada, com maior espessura na região basal, estreitando-se gradativamente em direção ao ápice. Nucelo ovado, de ápice agudo, com muitas estriações próximo ao sinus apical. Na região da chalaza apresenta uma "estrutura embrionária" de forma obovada e ápice obtuso .....



*Samaropsis rigbyi* Millan 1977

**Semente com sinus em ambas extremidades.** Contorno geral subcircular, com sarcotesta alada, bem desenvolvida. Região basal com dois lobos em formato cordado. E região apical emarginada. Nucelo subcircular-periforme, setor basal apresenta uma projeção triangular e setor apical mais aguçado. Superfície recoberta por finas estrias, que avançam inclusive sobre as asas, de forma subparalelas e obliquamente conectadas .....



*Samaropsis kutzii* Leguizamón  
1971

12

**Semente com sinus basal.** Contorno geral ovalado. Nucelo de ápice agudo e base arredondada. Sarcotesta mais larga na porção basal, onde se projeta em dois lobos arredondados conferindo caráter auricular à base e estreitando-se até desaparecer na região micropilar da semente .....



*Samaropsis criciumensis* Millan  
1967

**Semente com sinus basal.** Contorno geral circular a subcircular. Sarcotesta mais estreita na região apical, onde assume contorno emarginado. Na região basal, assume maior espessura, onde projeta-se em dois lobos, conferindo um caráter auricular à base .....

*Samaropsis ganjrensii* Saksena  
1956

**Semente com sinus basal,** mais larga na parte superior (cuneiforme). Ápice projeta-se em um delgado apêndice micropilar bífido, menor do que 1/3 do que o corpo da semente. Nucelo oblongo/ovalado. Testa alada, mais larga na parte superior da semente .....

*Eucerospermum opimum*  
Feruglio 1946

12'

**Semente com sinus apical.** Ápice apresenta uma projeção bífida com duas espinhas divergentes, apicalmente curvadas para fora em forma de ganchos, separadas por um sinus mediano mais ou menos agudo. É na região apical que a semente atinge sua maior largura (cuneiforme, triangular). Base normalmente subarredondada a subaguda .....

*Eucerospermum patagonicum*  
Feruglio 1946

**Semente com sinus apical** profundo, forma geral orbicular. Nucelo cordado envolto por uma testa que se estreita na região lateral da semente. Semente grande com tamanho aproximado de 4-5 cm .....



*Samaropsis indica* (Zeiller)  
Seward 1917

**Semente com sinus apical.** Esclerotesta orbicular-cordada. Sarcotesta mais estreita na região lateral da semente. Na região apical a sarcotesta encontra-se emarginada, projetando-se em dois "lábios" arredondados em direção à micrópila. Desta sinuosidade apical projeta-se uma crista mediana que segue até a região próxima ao centro da semente. Tamanho geral a semente grande, com aproximadamente 3,5 cm .....

*Samaropsis intermedia* Hoeg &  
Bose 1960





*Samaropsis lesliei* Seward 1917



5mm

*Samaropsis millerii*  
(Feistmantel) Seward 1917

**Semente com sinus apical.** Esclerotesta com base cordada. Sarcotesta mais estreita na região lateral da semente. Na região apical a sarcotesta encontra-se emarginada, projetando-se em direção a micrópila. Na base, a sarcotesta é arredondada .....



*Samaropsis sancti-marci*  
Bernardes-de-Oliveira 1976

**Semente com sinus apical.** Sarcotesta formada por duas asas que se estreitam lateralmente, formando no ápice lobos suavemente assimétricos de contornos arredondados mais ou menos afastados entre si, marcando a região micropilar (ápice retuso). Base fracamente cordiforme. Crista mediana de comprimento aproximado de  $\frac{1}{4}$  do comprimento do nucelo .....



*Samaropsis tietensis* Millan  
1995

**Semente com sinus apical,** forma oblonga na posição vertical. Nucelo com ápice longamente aguçado e base arredondada, com estrias divergentes na base e convergentes no ápice. Sarcotesta forma "asas" largas na região medio-apical e estreitas na região basal .....

13	<b>Forma oval/elíptica na posição vertical</b> .....	14
13'	<b>Forma oval/elíptica na posição horizontal</b> .....	18
14	<b>Semente sem sinus</b> .....	15
14'	<b>Semente com sinus</b> .....	16

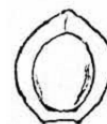
15 **Com base truncada,** ápice agudo ou ligeiramente apiculado. Sarcotesta densamente estriada, atingindo sua maior espessura na região apical da semente, e menor na região basal. Nucelo densamente estriado, com ápice arredondado e base truncada .....



*Samaropsis dolianitii* Millan  
1977

**Com base truncada** a subarredondada, ápice bifurcado em dois espinhos curtos. Esclerotesta estriada, com forma ovalada a arredondada com ápice ligeiramente acuminado e base truncada. Chalaza bem delimitada em forma de semi-círculo. Sarcotesta estriada de textura coriácea .....

*Samaropsis golondriensis*  
Archangelsky 2000



**Com base truncada**, contorno subcircular, ápice obtuso à agudo. Sarcotesta com espessura quase sempre constante.....

*Samaropsis etheridgei* Walkom  
1922

- 15' **Com base arredondada**, semente circular a orbicular com aproximadamente 5 mm de diâmetro, testa contínua ao longo do nucelo, afinando-se levemente em direção à micrópila.....



*Samaropsis longii* Schopf 1962

- 16 **Semente com sinus em uma extremidade** ..... 17

- 16' **Semente com sinus em ambas extremidades.** Formas geral oval. Sarcotesta assume maior espessura na região basal, assumindo uma forma lobada. Na região lateral adquire menor espessura, seguindo para a região apical onde termina de forma emarginada, marcando a região micropilar. Nucelo oval com ápice agudo e base arredondada apresentando uma projeção cônica alongada (acuminada) .....



*Samaropsis cerquilhensis*  
(Millan) Bernardes-de-Oliveira  
et al. 2007

**Semente com sinus em ambas extremidades.** Semente circular a subcircular com laterais amplamente arredondadas. Sarcotesta estriada, robusta e espessa, com maior espessura nos extremos onde termina em dois braços arredondados, conferindo forma emarginada ao ápice. Base levemente auriculada. Nucelo subcircular de base acuminada e ápice emarginado e bífido .....

*Samaropsis cuerdai* Gutierrez  
et al. 1992

**Semente com sinus em ambas extremidades.** Nucelo com ápice e base agudos. Sarcotesta lisa assume maior espessura na região basal, assumindo uma forma auriculada. Na região lateral adquire menor espessura, seguindo para a região apical onde termina de forma emarginada, marcando a região micropilar .....



*Samaropsis goraiensis* Surange  
& Lele 1956

**Semente com sinus em ambas extremidades.** Contorno geral oval-oblongo. Nucelo estriado com base acuminada e ápice bifurcado em dois apêndices. A sarcotesta de superfície lisa assume maior espessura na região basal onde apresenta um entalhe pronunciado conferindo à base uma forma auriculada. Na região apical, a sarcotesta apresenta-se bifurcada em dois pronunciados cornos divergentes .....

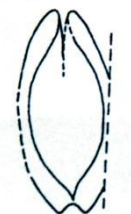
*Samaropsis incisa*  
Archangelsky 2000



**Semente com sinus em ambas extremidades,** algo retuso na região apical e cordado na região basal que assume uma forma geral cuneada. Contorno geral oval. Nucelo com ápice e base aguçados .....

*Samaropsis moravica*  
(Helmhacher) Walkom 1928

**Semente com sinus em ambas extremidades.** Contorno geral oval a suboval. Ápice emarginado e base suavemente auriculada. Nucelo com base e ápice acuminado composto por duas altas projeções, marcado em forma de "V". O sinus apical é interpretado como uma abertura micropilar que se continua em um sulco que pode estar parcialmente aberto. Sarcotesta pouco desenvolvida, assumindo menor espessura as laterais da semente. Superfície da semente finamente estriada .....



*Samaropsis nunezii* Garcia  
1990

**Semente com sinus em ambas extremidades.** Contorno geral oval a quase circular. Ápice emarginado e base suavemente auriculada .....

*Samaropsis ovalis* Walkom  
1935

**Semente com sinus em ambas extremidades.** Superfície finamente estriada, contorno geral elíptico, ápice arredondado, levemente retuso e base auriculada. Sarcotesta de espessura uniforme na região apical e nas laterais da semente, espessando-se levemente na região basal. Nucelo obovado com ápice arredondado e base acuminada/aguçada .....



*Samaropsis rohnii* Bernardes-  
de-Oliveira et al. 2007

**Semente com sinus em ambas extremidades.** Contorno geral triangular arredondado/oval, ápice emarginado, base cordada. Sarcotesta com maior espessura na base, estreitando-se em direção ao ápice. Nucelo de contorno triangular arredondado/oval, com ápice agudo e base arredondada. Superfície rugosa/estriada .....



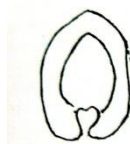
*Samaropsis rugata* Bernardes-  
de-Oliveira et al. 2007

**Semente com sinus em ambas extremidades.** Sarcotesta geralmente mais espessa nas laterais prolongando-se em dois lobos apicais, emarginando-se rumo a região micropilar, marcando o sinus apical largamente aberto em ângulo. Nucelo rugo/estriado, ovalado, com ápice agudo e base truncada .....



*Samaropsis seixasii* (White)  
Seward 1917

- 17' **Semente com sinus basal.** Contorno geral ovalado. Sarcotesta bem marcada e bem desenvolvida em toda extensão da semente, projetando-se na base em dois lobos ligeiramente recurvados para o interior, dando um caráter auricular à base, com concavidade bem pronunciada. Ápice obtuso.....



*Samaropsis bainhensis* Millan  
1967

**Semente com sinus basal.** Sarcotesta estriada com ápice pontiagudo e base entalhada. Nucelo circular a subcircular .....

*Samaropsis boutakoffii* Hoeg &  
Bose 1960

- 17' **Semente com sinus apical.** Contorno geral circular/oval, com um ápice acuminado e bifurcado e base arredondada. Sarcotesta com maior espessura na região apical e nas laterais da semente, estreitando-se na base. O nucelo apresenta um ápice desenvolvido em um proeminente "bico nucelar", agudo/acuminado, interpretado como sendo a câmara polínica. Apresenta na região basal de contorno arredondado feixes vasculares .....



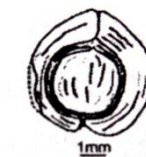
*Nummulospermum bowenense*  
Walkom 1921

**Semente com sinus apical.** Contorno quase oval. Sarcotesta assume consideravelmente maior espessura na região apical, onde termina de forma emarginada, marcando a região micropilar. Nucelo apresenta ápice levemente acuminado e base marcada por uma possível cicatriz de inserção da semente .....



*Samaropsis barcelosa* (White)  
Seward 1917

**Semente com sinus apical.** Contorno geral oval-arredondado, tamanho pequeno. Sarcotesta delgada na base, assumindo maior espessura na região apical onde emargina-se levemente marcando a região micropilar. Nucelo apiculado e base arredondada .....



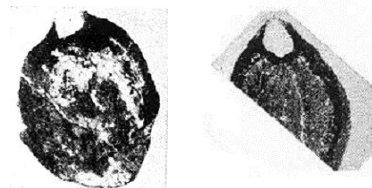
*Samaropsis moreirana* (White)  
Millan 1965

**Semente com sinus apical** onde a sarcotesta aparece bem marcada, atingindo maior espessura, apresentando-se bifurcada, formando dois lobos de contorno aguçado, adentrando rumo a micrópila de forma arredondada. Contorno geral ovalado. Na região basal perde espessura onde finaliza com contorno obtuso/arredondado. Nucelo elíptica .....



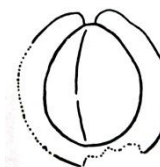
*Samaropsis raniganjensis*  
Seward & Sahni 1920

**Semente com sinus apical**, onde duas projeções da testa, agudas tipo gancho, terminam em um sinus. Semente com forma oval a arredondada. Nucele a companha a forma geral da semente e apresenta finas estriações longitudinais .....



*Samaropsis srivastavae* Lele  
1955

**Semente com sinus apical**. Contorno geral circular. Nucele mais ou menos ovalado, podendo aparecer obovado, com base aplainada e ápice pontiagudo. Sarcotesta tem espessura uniforme com ápice emarginado. Superfície do nucele recoberta por finas estriações longitudinais .....

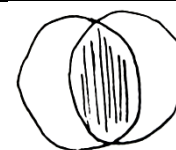


*Samaropsis surangei* Lele 1962

**Semente com sinus apical**. Contorno geral ovalado, quase triangular. Sarcotesta mais desenvolvida na região apical, onde projeta-se de forma bilobada, estreitando-se rumo à região basal, de contorno arredondado. Nucele com base arredondada e ápice pontiagudo. Semente conectada a um pedúnculo bem desenvolvido .....

*Samaropsis yoshidae* Rigby  
1972

- 18 **Semente com sinus em ambas extremidades**. Contorno geral circular a subcircular. Sarcotesta atingindo sua maior espessura nas laterais da semente, afinando-se rumo ao ápice e base onde apresenta duas depressões, conferindo forma emarginada ao ápice e cordada à base. Nucele estriado, elíptico com base e ápice obtusos/aguçados .....



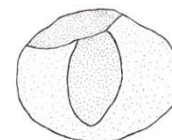
*Samaropsis menisca* Lele 1962

**Semente com sinus em ambas extremidades**. Sarcotesta geralmente mais espessa nas laterais. Nucele de superfície estriada, em forma de "pera" cujo ápice possui uma projeção cônica de 1.5 mm de comprimento .....



*Samaropsis pincombei* Walkom  
1928

- 18' **Semente sem sinus**. Sarcotesta assume maior espessura nas laterais da semente, tornando-se mais estreita nas regiões apical e basal, conferindo contorno geral da semente mais larga do que comprida. Nucele oval, mais longo do que largo, com ápice e base aguçados.....



*Samaropsis feistmantelii* Maithy  
1965

## 5. SEMENTES GONDVÂNICAS: DISTRIBUIÇÃO ESTRATIGRÁFICA E GEOGRÁFICA

### 5.1. Distribuição no Gondwana

Uma sinopse atualizada permite visualizar que os estudos sistemáticos de descrição e classificação de sementes fósseis contribuíram para a construção de um banco de dados que contém, atualmente, 99 morfoespécies descritas para o Gondwana, distribuídas em 28 gêneros. Cabe salientar que a distribuição destas morfoespécies é favorecida visivelmente naqueles países em que os pesquisadores dedicaram-se e ainda dedicam esforços, ao reconhecimento do registro fóssil destes diásporos (TABELA 5).

Nesse contexto, a Índia lidera o quadro em termos de diversidade de morfogêneros e de morfoespécies catalogadas, com 41 espécies distribuídas em 25 gêneros, registrados na Bacia South Rewa e nos Carvões Giridih, Sigraulti e Talcher (TABELA 5; TABELA 6 e FIGURA 16).

Portanto do total de 28 gêneros existentes no Gondwana, 25 ocorrem nos depósitos indianos e 20 são restritos àquele país, não tendo sua ocorrência registrada em nenhum outro país ou área continental do Gondwana. Esse fato pode ser explicado, *a priori*, pela existência de características anatômicas nas descrições dos espécimes indianos, uma vez que 18 dos gêneros foram diagnosticados com base em seus caracteres morfoanatômicos obtidos (TABELA 5) por meio de maceração, dificultando assim a comparação com espécimes preservados apenas na forma de impressão, dominantes no registro de outras áreas. O gênero *Alatocarpus* Lele 1968, por sua vez, não possui caracteres anatômicos-cuticulares em sua diagnose, porém, foi utilizado para abrigar *Alatocarpus indicus* Lele 1968, uma espécie baseada em dados cuticulares. Já o gênero *Platycardia* teve sua ocorrência registrada em depósitos brasileiros (Guerra-Sommer, 1988), porém o material permanece sem designação de espécie.

A comparação de estruturas preservadas na forma de impressão com aquelas que dispõem de dados anatômicos é tema polêmico na Paleobotânica.

Alguns pesquisadores defendem que há possibilidade de realizar estudos comparativos entre os morfótipos já que aquelas formas que dispõem de dados anatômicos também dispõem de dados morfométricos (Pant et al. 1985). Contudo, é habitual em estudos botânicos considerar que, para que um espécime pertença a um determinado *taxon*, é preciso que ele compartilhe todas as características diagnósticas deste *taxon*. Assim, a inclusão de caracteres anatômicos na diagnose das morfoespécies e dos morfogêneros de sementes fósseis acaba por impedir, na prática, a determinação dos espécimes que não dispõem destas feições .

Assim, o que se vê na prática é que os gêneros criados com base em caracteres morfoanatômicos acabam por ser mais restritos, possuindo um número menor de espécies e espécimes. Já aqueles criados a partir de dados morfográficos são gêneros mais abrangentes, agrupando um número maior de morfoespécies e tornando-se, provavelmente, grupos artificiais. Como exemplo, pode-se citar o morfogênero *Samaropsis* composto por 44 morfoespécies gondvânicas distribuídas por oito dos nove países onde se tem registro de sementes fósseis, são eles: Brasil, Argentina, Índia, Congo, Austrália, África do Sul, Moçambique e Antártica. O gênero *Cordaicapus*, segundo com maior número de morfoespécies, tem ocorrência registrada em seis países, e.g. Brasil, Argentina, Índia, Congo, Austrália e Madagascar, totalizando 18 morfoespécies (TABELA 5).

O Brasil ocupa a segunda colocação dentre os países que mais descreveram sementes fósseis do Gondwana, com 33 morfoespécies incluídas em cinco gêneros, sendo que com exceção de *Paranospermum* Ricardi-Branco 1997 e *Platycardia*, todos os demais são oriundos exclusivamente de material preservado na forma de impressão/compressão sem a preservação de cutículas. Destas, apenas *Cordaicarpus zeillerii* Maithy 1965 (Bernardes-de-Oliveira; Pontes, 1977; Millan, 1995), *Samaropsis goraiensis* Surange e Lele 1956 (Millan, 1967; Bernardes-de-Oliveira et al. 2007) e *Samaropsis millerii* (Feistm.) Seward 1917 (Millan, 1967) têm sua ocorrência registrada tanto para o Brasil quanto para a Índia. Cabe salientar que esta última morfoespécie ocorre também em depósitos do Congo e Austrália. Por fim, a morfoespécie *Samaropsis thomazii* Schopf 1962,

registrada em depósitos da Antártica, foi também registrada no Brasil por Rigby (1972).

Já a Argentina possui 19 morfoespécies descritas em quatro morfogêneros, as quais foram recuperadas das Bacias San Rafael, Paganzo, Rio Branco, Tepuel-Genoa e La Golondrina. Dentre as morfoespécies com ocorrência registrada em território argentino, apenas *Cordaicarpus chicariensis* Lele 1962 (Garcia, 1990) e *Samaropsis indica* (Zeiller) Seward 1917 (Millan 1967) estão registradas tanto na Índia quanto na Argentina, enquanto que *Cordaicarpus cesarii* Gutierrez, Ganuza, Morel & Arrondo 1992, *Eucerospermum nitens* Feruglio 1946 e *Samaropsis kurtzii* Leguizamón 1971 ocorrem na Argentina e no Brasil (Mune & Bernardes-de-Oliveira, 2007; Marques-de-Souza & Iannuzzi, 2007).

TABELA 5: Espécies de sementes fósseis descritas e sua distribuição em países que compunham o Gondwana. Morfoespécies marcadas com \* contém dados anatômicos em sua diagnose. A espécie *Eucerospermum nitens* marcada com \*\* foi sinonimizada por Archangelsky & Cúneo 1987 com *Ferugliocladus patagonicus* (cones femininos).

Espécies	Brasil	Argentina	Índia	Madagascar	Congo	Moçambique	África do Sul	Austrália	Antártica
1 <i>Alatocarpus indicus</i> *			x						
2 <i>Alatocarpus johillensis</i>			x						
3 <i>Birsinghpuria indica</i> *			x						
4 <i>Bulbospermum surangei</i> *			x						
5 <i>Buriadiospermum sewardii</i> *			x						
6 <i>Collopermum ovalis</i> *			x						
7 <i>Cordaicarpus acuminatus</i>		x							
8 <i>Cordaicarpus barbosanus</i>	x								
9 <i>Cordaicarpus brasilianus</i>	x								
10 <i>Cordaicarpus cerronegrensii</i>	x								
11 <i>Cordaicarpus cesarii</i>	x	x							
12 <i>Cordaicarpus chicariensis</i>		x	x						
13 <i>Cordaicarpus emarginatus</i>		x						x	
14 <i>Cordaicarpus famatinensis</i>		x							
15 <i>Cordaicarpus irapuensis</i>	x								
16 <i>Cordaicarpus karharbarensis</i>			x						
17 <i>Cordaicarpus madagascariensis</i>				x					





Espécies		Brasil	Argentina	Índia	Madagascar	Congo	Moçambique	África do Sul	Austrália	Antártica
54	<i>Samaropsis boutakoffii</i>					x				
55	<i>Samaropsis cerquilhensis</i>	x								
56	<i>Samaropsis criciumensis</i>	x								
57	<i>Samaropsis cuer dai</i>		x							
58	<i>Samaropsis dawsonii</i>								x	
59	<i>Samaropsis dolianitii</i>	x								
60	<i>Samaropsis etheridgei</i>								x	
61	<i>Samaropsis feistmantelii</i>			x						
62	<i>Samaropsis ganjrensensis</i>			x						
63	<i>Samaropsis golondrinensis</i>		x							
64	<i>Samaropsis goraiensis</i>	x		x						
65	<i>Samaropsis incisa</i>		x							
66	<i>Samaropsis indica</i>		x	x						
67	<i>Samaropsis itapevensis</i>	x								
68	<i>Samaropsis intermedia</i>					x				
69	<i>Samaropsis kurtzii</i>	x	x							
70	<i>Samaropsis leslii</i>							x		
71	<i>Samaropsis longii</i>									x
72	<i>Samaropsis medesii</i>	x								
73	<i>Samaropsis menisca</i>			x						
74	<i>Samaropsis millaniana</i>	x								
75	<i>Samaropsis millerii</i>	x		x		x			x	
76	<i>Samaropsis moravica</i>								x	
77	<i>Samaropsis moreirana</i>	x								
78	<i>Samaropsi nunezii</i>		x							
79	<i>Samaropsis ovalis</i>								x	
80	<i>Samaropsis pincombei</i>								x	
81	<i>Samaropsis raniganjensis</i>			x						
82	<i>Samaropsis rigbyi</i>	x								
83	<i>Samaropsis rohnii</i>	x								
84	<i>Samaropsis rugata</i>	x								
85	<i>Samaropsis sancti-marci</i>	x								
86	<i>Samaropsis seixasii</i>	x								
87	<i>Samaropsis srivastavai</i>			x						
88	<i>Samaropsis surangei</i>			x						
89	<i>Samaropsis tasacunensis</i>	x	x							

Espécies	Brasil	Argentina	Índia	Madagascar	Congo	Moçambique	África do Sul	Austrália	Antártica
90 <i>Samaropsis tietensis</i>	x								
91 <i>Samaropsis thomazii</i>	x								x
92 <i>Samaropsis yoshidae</i>	x								
93 <i>Samaropsis zambesiscus</i>						x			
94 <i>Shivacarpus johillensis</i> *			x						
95 <i>Shivacarpus latus</i> *			x						
96 <i>Spermatites indicus</i> *			x						
97 <i>Stephanostoma crystallinum</i> *			x						
98 <i>Talchiropermum indicum</i> *			x						
99 <i>Walkomiellospermum indicum</i> *			x						
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>19</b>	<b>41</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>2</b>

Cabe salientar que a morfoespécie *Eucerospermum nitens* Feruglio 1946 foi sinonimizada por Archangelsky & Cúneo 1987 em *Ferugliocladus patagonicus* que representa cones femininos com sementes associadas. Os cones foram registrados somente em território Argentino, enquanto que a semente dispersa (*E. nitens*) também ocorre em território brasileiro. Por isso, apenas *Eucerospermum nitens* foi considerada na análise, apesar da sinonímia proposta anteriormente.

A Austrália, com 12 espécies incluídas em quatro gêneros, registra em seus depósitos a ocorrência da morfoespécie brasileira *Samaropsis barcelosa* (White) Seward 1917 (Walkom, 1935). *Cordaicarpus emarginatus* Walkom 1935, por sua vez, foi encontrada também em depósitos argentinos (Garcia, 1990), enquanto que *Nummulospermum bowense* Walkom 1921 encontra-se registrada também na Índia (Maithy, 1965).

O Congo possui quatro morfoespécies distribuídas em dois gêneros, dentre as quais apenas a já mencionada *Samaropsis millerii* (Feistm.) Seward 1917 aparece em depósitos gondvânicos dos demais países e/ou continentes (Hoeg & Bose, 1960). A Antártica possui além da já citada *Samaropsis thomazii* Schopf 1962, mais uma espécie do gênero *Samaropsis*, *S. longii* Schopf 1962, a qual permanece com ocorrência restrita à sua localidade-tipo (Schopf, 1962).

Moçambique, África do Sul e Madagascar figuram com apenas uma espécie descrita para cada país, sendo os dois primeiros contendo morfoespécies de *Samaropsis* (respectivamente, Hoeg & Bose, 1960; Seward, 1917) e o último uma morfoespécie do gênero *Cordaicarpus* (Appert, 1977). A morfoespécie recuperada de depósitos fossilíferos de Madagascar, i.é. *Cordaicarpus madagascariensis* Appert 1977, provém de depósitos do Permiano Inferior da Bacia de Sakoa e foi encontrada em conexão orgânica com *Arberia madagascariensis* (Appert) Anderson & Anderson 1985 por Anderson & Anderson (1985).

## 5. 2 Distribuição bioestratigráfica

No âmbito da bioestratigrafia, os estudos com sementes são ainda incipientes. Dentre os autores que dedicaram algum esforço na organização e comparação estratigráfica das espécies descritas pode-se citar Millan (1969; 1974) e Archangelsky (1999). O primeiro avançou sobre as espécies do Gondwana como um todo, apresentando uma tentativa de relacionar as espécies a seus respectivos afloramentos fossilíferos, sem esboçar muita preocupação com o nível estratigráfico a que pertenciam. Para isso, Millan (1969; 1974) trabalhou com o conceito de “tafoflórula”, que ele mesmo definiu como populações provenientes de jazigos locais.

Archangelsky (1999), por outro lado, dedicou-se à organização estratigráfica das espécies argentinas preservadas nas diversas bacias de mesma idade existentes no país e enfatizou que apenas as espécies completas e definidas a partir de diversos exemplares seriam úteis para fins de correlação.

Não obstante, aquelas sementes com morfologia muito simples (p. ex. muitas espécies do gênero *Cordaicarpus*) não seriam bons indicadores bioestratigráficos, uma vez que ocorrem ao longo de toda a sequência sedimentar e podem ser provenientes de distintas plantas parentais (Archangelsky, 1999). No entanto, no mesmo trabalho a autora afirmou que existem espécies as quais podem ser facilmente caracterizadas, por possuírem morfologia peculiar, servindo melhor aos estudos bioestratigráficos. Archangelsky (1999) enfatizou, por

exemplo, a importância do gênero *Eucerospermum* Feruglio 1946, que além de estar vinculado às coníferas ocorre apenas em estratos permianos. Os gêneros *Samaropsis* e *Cordaicarpus*, por sua vez, encontram-se distribuídos ao longo de todo o Paleozóico Superior e pertencem a distintos grupos de plantas, tendo assim, alguma importância estratigráfica apenas quando considerados em nível específico (Archangelsky, 1999).

Para o Gondwana, Archangelsky (1999) enfatizou a existência de poucas espécies compartilhadas pelas distintas bacias ou regiões. Essa escassez, que pode ser visualizada na Tabela 5 desta tese, deve-se, segundo Archangelsky (1999), às diferenças climáticas existentes durante o Neopaleozóico. Essa inferência, contudo, carece de maiores comprovações e depende de esforços continuados de pesquisadores situados em outras regiões do Gondwana para que novas espécies de sementes sejam descritas e comparadas por eles.

Cabe salientar que as comparações e a identificação de espécies semelhantes em regiões distintas são fundamentais para que os estudos com sementes fósseis avancem, uma vez que a ampliação da distribuição geográfica das espécies através do registro de sua ocorrência em outras localidades pode afetar diretamente sua amplitude estratigráfica. *Cordaicarpus chicariensis* Lele 1962, por exemplo, tem sua localidade-tipo registrada em depósitos do Triássico da Índia. Esta mesma espécie, ao ser identificada na Argentina, teve sua amplitude estendida para o Carbonífero Superior (Garcia, 1990) (TABELA 6).

O mesmo aconteceu com *Cordaicarpus emarginatus* Walkom 1935, espécie descrita pela primeira vez na Austrália, para depósitos do Permiano, que teve sua idade de ocorrência ampliada até o Carbonífero Superior, ao ter sua distribuição geográfica ampliada para depósitos argentinos (Garcia, 1990).

*Cordaicarpus zeillerii* Maithy 1965, que antes estava restrita ao Permiano Inferior na Índia, teve sua amplitude estratigráfica estendida para o Carbonífero Superior do Brasil (Bernardes-de-Oliveira, 1977; Millan, 1995). *Eucerospermum nitens* Feruglio 1946 (= *Ferugliocladus patagonicus* Archangelsky & Cúneo 1987) teve sua ocorrência confirmada para o Permiano Inferior da Argentina e do Brasil, (Millan, 1977), assim como *Nummulospermum bowense* Walkom 1921, no Permiano da Austrália e Índia (Maithy, 1965), *Samaropsis barcellosa* (White)

Seward 1917, para o Permiano do Brasil e da Austrália (Walkom, 1935), e *Cordaicarpus cesarii* Gutierrez et al. 1992 para o Carbonífero da Argentina e do Brasil (Mune & Bernardes-de-Oliveira, 2007) (TABELA 6, FIGURA 16).

*Samaropsis indica* (Zeiller) Seward 1917, descrita pela primeira vez para o Permiano Inferior na Índia, teve sua idade ampliada para o Carbonífero Superior, ao ser reconhecida em depósitos argentinos (Millan, 1967). *Samaropsis thomazii* Schopf 1962, descrita para depósitos permo-carboníferos da Antártica, foi registrada em depósitos do Permiano Inferior do Brasil por Rigby (1972b). Por fim, embora *Samaropsis millerii* (Feistm.) Seward 1917 tenha uma ampla distribuição geográfica, sendo registrada para Índia (Seward & Sahni, 1920), Brasil (Millan, 1967), Austrália (Walkom, 1935) e Congo (Hoeg & Bose, 1960), apresenta uma amplitude estratigráfica limitada ao Permiano, o que facilita a sua utilização em futuras correlações (TABELA 6, FIGURA 16).

TABELA 6: Tabela apresentando a amplitude estratigráfica das espécies descritas para o intervalo Carbonífero-Triássico do Gondwana. A coluna “Distribuição Geográfica” apresenta a distribuição nas diferentes bacias e/ou localidades do Gondwana, a saber: 1. Bacia do Paraná; 2. Bacia Paganzo; 3. Bacia Rio Blanco; 4. Bacia San Rafael; 5. Bacia Tepuel-Genoa; 6. Bacia La Golondrina; 7. Bacia Karoo; 8. Bacia Congo; 9. Bacia Werrie; 10. Bacia Bowen; 11. Bacia Canning; 12. Bacia Zambesi; 13. Bacia South Rewa; 14. Carvão Giridih; 15. Carvão Sigraulti; 16. Carvão Talcher; 17. Carvões do Vale Damodar; 18. Montanhas Horlick; 19. Bacia de Sakoa.

Espécies	Carbonífero Superior	Permiano Inferior	Permiano Superior	Triássico	Distribuição Geográfica
<i>Alatocarpus indicus</i>		■			15
<i>Alatocarpus johillensis</i>		■			13
<i>Birsinghpuria indica</i>		■			13
<i>Bulbospermum surangei</i>		■			13
<i>Buriadospermum sewardii</i>		■			14
<i>Collopermum ovalis</i>		■			13
<i>Cordaicarpus acuminatus</i>	■	■			4
<i>Cordaicarpus barbosanus</i>	■				1
<i>Cordaicarpus brasiliensis</i>		■			1
<i>Cordaicarpus cerronegrensis</i>		■			1
<i>Cordaicarpus cesarii</i>	■				1; 2;3
<i>Cordaicarpus chicariensis</i>	■	■		■	4; 13
<i>Cordaicarpus emarginatus</i>	■	■	■		4; 9
<i>Cordaicarpus famatinensis</i>	■				2
<i>Cordaicarpus irapuensis</i>		■			1
<i>Cordaicarpus karharbarensis</i>	■	■			14
<i>Cordaicarpus madagascariensis</i>		■	■		19
<i>Cordaicarpus mucronatus</i>		■	■		8
<i>Cordaicarpus oliveiranus</i>		■			1

Espécies	Carbonífero Superior	Permiano Inferior	Permiano Superior	Triássico	Distribuição Geográfica
<i>Cordaicarpus ovatus</i>					9
<i>Cordaicarpus prolatus</i>					9
<i>Cordaicarpus rocha-camposii</i>					1
<i>Cordaicarpus truncata</i>					1
<i>Cordaicarpus zeillerii</i>					1; 14
<i>Cornucarpus patagonicus</i>					5
<i>Cornucarpus striatus</i>					9
<i>Cornuspermum pennatus</i>					17
<i>Eucerospermum nitens</i>					1; 5
<i>Eucerospermum opimum</i>					5
<i>Eucerospermum patagonicum</i>					5
<i>Indocarpus elongatus</i>					16
<i>Karharbariospermum surangei</i>					13
<i>Maheshwariella bicornuta</i>					14
<i>Maheshwariella furcata</i>					14
<i>Maheshwariella spincornuta</i>					14
<i>Nummulospermum bowense</i>					10; 14
<i>Otofeista millerii</i>					14
<i>Palaeocarpus birsinghpurensis</i>					13
<i>Palispermum ovalis</i>					13
<i>Paranospermum cambuiense</i>					1
<i>Paranospermum millanianum</i>					1
<i>Patagosperma lubeckense</i>					2
<i>Platycardia bengalensis</i>					17
<i>Platycardia jugus</i>					17
<i>Platycardia papilata</i>					17
<i>Pterygospermum raniganjense</i>					17
<i>Retortistoma crystallina</i>					13
<i>Rotundocarpus ovatus</i>					14
<i>Rotundocarpus striatus</i>					14
<i>Samaropsis argentina</i>					5
<i>Samaropsis asymmetrica</i>					5
<i>Samaropsis bainhensis</i>					1
<i>Samaropsis barcellosa</i>					1; 9
<i>Samaropsis boutakoffii</i>					8
<i>Samaropsis cerquilhensis</i>					1
<i>Samaropsis criciumensis</i>					1
<i>Samaropsis cuerdei</i>					2
<i>Samaropsis dawsonii</i>					10
<i>Samaropsis dolianitii</i>					1
<i>Samaropsis etheridgei</i>					10
<i>Samaropsis feistmantelii</i>					14
<i>Samaropsis ganjrensensis</i>					13; 14
<i>Samaropsis golondrinensis</i>					6

Espécies	Carbonífero Superior	Permiano Inferior	Permiano Superior	Triássico	Distribuição Geográfica
<i>Samaropsis goraiensis</i>	■				1;13
<i>Samaropsis incisa</i>		■			5
<i>Samaropsis indica</i>	■				2; 14
<i>Samaropsis itapevensis</i>	■				1
<i>Samaropsis intermedia</i>			■		8
<i>Samaropsis kurtzii</i>		■			1; 2; 5
<i>Samaropsis leslii</i>	■				7
<i>Samaropsis longii</i>	■				18
<i>Samaropsis medesii</i>		■			1;
<i>Samaropsis menisca</i>		■			13
<i>Samaropsis millaniana</i>		■			1
<i>Samaropsis millerii</i>		■	■		1; 8; 9; 13
<i>Samaropsis moravica</i>	■				10; 11
<i>Samaropsis moreirana</i>		■			1
<i>Samaropsi nunezii</i>	■				4
<i>Samaropsis ovalis</i>	■				9
<i>Samaropsis pincombei</i>		■			9
<i>Samaropsis raniganjensis</i>		■			17
<i>Samaropsis rigbyi</i>		■			1
<i>Samaropsis rohnii</i>		■			1
<i>Samaropsis rugata</i>		■			1
<i>Samaropsis sancti-marci</i>		■			1
<i>Samaropsis seixasii</i>	■				1
<i>Samaropsis srivastavai</i>	■				13
<i>Samaropsis surangei</i>				■	13
<i>Samaropsis tasacunensis</i>		■			2
<i>Samaropsis tietensis</i>		■			1
<i>Samaropsis thomasii</i>	■				1; 18
<i>Samaropsis yoshidae</i>		■			1
<i>Samaropsis zambesiscus</i>	■				12
<i>Shivacarpus johillensis</i>		■			13
<i>Shivacarpus latus</i>	■				13
<i>Spermatites indicus</i>			■		17
<i>Stephanostoma crystallinum</i>			■		17
<i>Talchiospermum indicum</i>		■			13
<i>Walkomiellospermum indicum</i>	■				16

Nesse sentido, a comparação entre as espécies existentes em distintas regiões do Gondwana contribui para a utilização mais precisa das sementes em correlações, já que colaboram para sua real delimitação estratigráfica. Não obstante, é interessante dedicar esforços àquelas sementes com características morfológicas bem definidas e ampla distribuição geográfica. Como exemplo,



pode-se citar *Samaropsis millerii* (Feistm.) Seward 1917, mencionada acima, que apresenta ocorrência registrada em quatro países e/ou regiões distintas, tamanho grande e feições diagnósticas bem definidas, características úteis para bioestratigrafia e que não são comumente encontradas em sementes preservadas na forma de impressões/compressões. Sementes com caracteres morfológicos exclusivos, como no caso de *S. millerii*, facilitam a comparação e indicam a existência de uma potencialidade, mesmo que ainda incipiente, para utilização de algumas das sementes em correlações bioestratigráficas. Salienta-se, contudo, que para que se tenha confiabilidade nas correlações é preciso um maior esforço amostral com vistas a garantir um número razoável de espécimes no momento da determinação e/ou criação das morfoespécies, o que de fato não ocorre com *S. millerii*.

### **5. 3. Distribuição na Bacia do Paraná**

Analisando, por fim, a distribuição estratigráfica das morfoespécies de sementes registradas em afloramentos brasileiros, observa-se que, diferentemente de países como Austrália, Índia e Argentina, as sementes gondvânicas brasileiras estão restritas, em sua maioria, ao Permiano Inferior, distribuídas em depósitos compreendidos entre o topo do Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito.

No Brasil, embora existam 34 morfoespécies registradas, a maioria dos morfotipos tem sua ocorrência restrita a sua localidade-tipo. Como exceção, pode-se citar *Samaropsis barcelosa*, descrita inicialmente por White (1908) para depósitos equivalentes ao da Camada Irapuá, Membro Siderópolis da Formação Rio Bonito, em Cachoeira do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, que teve suas distribuições geográfica e estratigráfica ampliadas para depósitos sedimentares mais antigos, do município de Monte Mor (localidade Sítio Volpe), estado de São Paulo, relacionados ao Carbonífero Superior do Grupo Itararé (QUADRO 5).

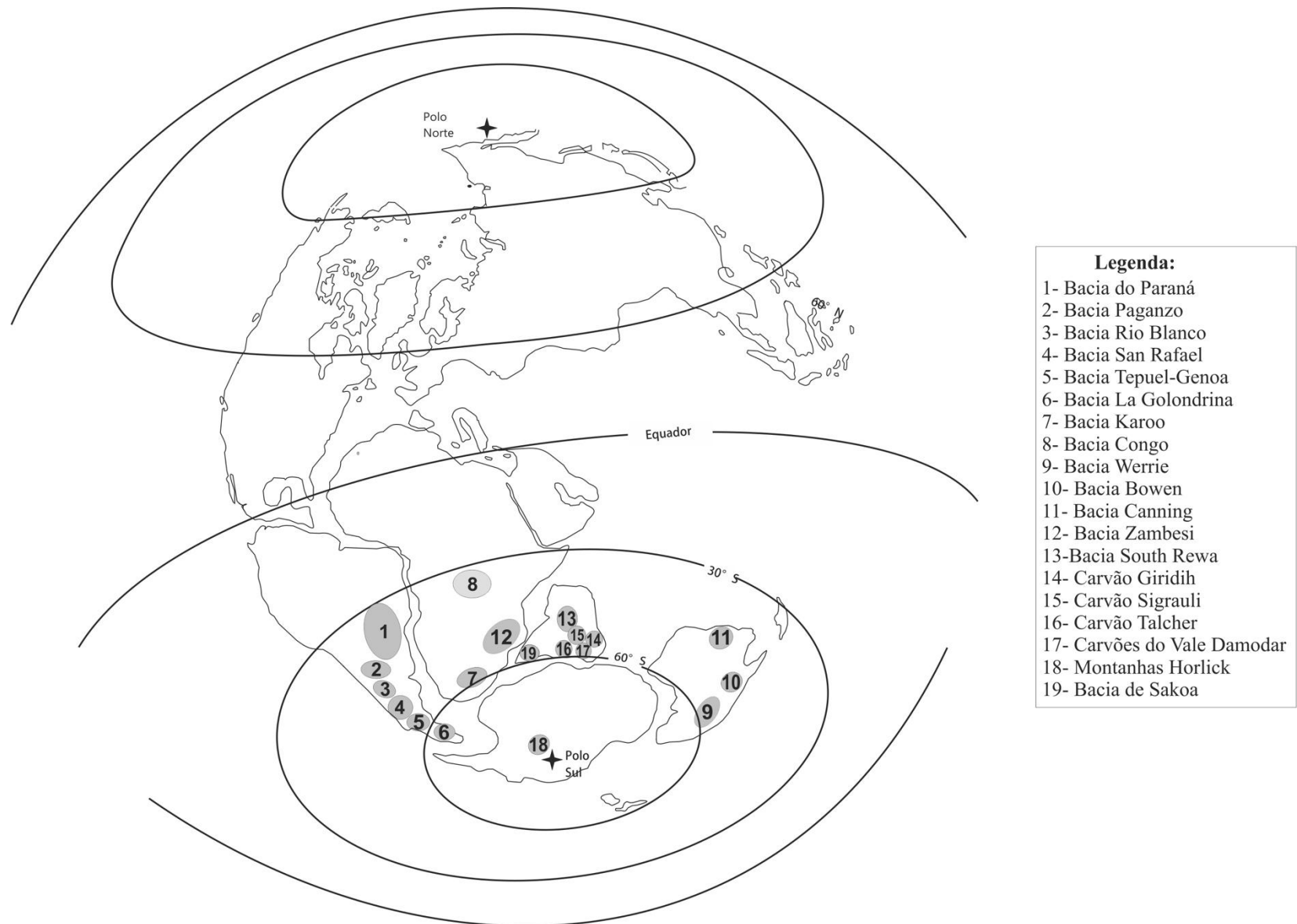


FIGURA 16: Mapa do Pangea no Permiano, apresentando a distribuição geográfica das bacias e áreas que contém sementes fósseis no Gondwana. Para ter acesso a lista completa das espécies existentes, consultar a TABELA 6 (Modificado de Kurzawe, 2010).

Outra morfoespécie com ocorrência registrada além da localidade-tipo é *Samaropsis moreirana*, descrita inicialmente por White (1908) para o Membro Siderópolis (Carvão Barro Branco), Formação Rio Bonito, em Lauro Müller, no estado de Santa Catarina. Recentemente, Bernardes-de-Oliveira et al. (2007) registraram a presença desta mesma morfoespécie no município de Cerquilha (localidade Fazenda Itapema), estado de São Paulo, ampliando a distribuição estratigráfica da morfoespécie também para o Permiano Inferior do Grupo Itararé. Nesta tese, é registrada a ocorrência de *S. moreirana* no afloramento Morro do Papaléo- Seção Faxinal, município de Mariana Pimentel, topo do Grupo Itararé, Permiano Inferior do estado do Rio Grande do Sul (QUADRO 5).

*Samaropsis seixasii* (White) Seward 1917, também originalmente assinalada no Membro Siderópolis (Formação Rio Bonito), em Lauro Müller, Santa Catarina (White, 1908), teve sua amplitude estratigráfica ampliada pelo registro, nesta tese, de sua ocorrência no afloramento Morro do Papaléo- Seção Faxinal e Cocuruto, município de Mariana Pimentel, em rochas do topo do Grupo Itararé, Permiano Inferior do estado do Rio Grande do Sul. Esse registro, contudo, já havia sido feito por Corrêa-da-Silva & Arrondo (1977) com a descrição de outros espécimes. Porém, conforme discutido no capítulo anterior, o material analisado pelos autores não parece pertencer à *S. seixasii*, uma vez que são morfograficamente distintos. Outra ocorrência para esta morfoespécie disponível na literatura é aquela sugerida por Millan (1977) para Monte Mor, estado de São Paulo. Porém, o espécime estudado pelo autor (1103 Pb-A) foi revisado nesta tese e concluiu-se que não se trata da mesma morfoespécie. Os elementos que sustentam essa conclusão são as diferenças nas dimensões, sendo o espécime descrito por Millan (1977) menor do que aqueles descritos por White (1908) e a morfologia geral da semente, cujas formas apicais e basais diferem consideravelmente de *S. seixasii*. Optou-se, portanto, em retirar a ocorrência de *S. seixasii* de Monte Mor, estado de São Paulo (QUADRO 5).

*Samaropsis tasacunensis* Archangelsky (2000), proveniente da localidade de Tasa Cuna, Formação Tasa Cuna (Sakmariano-Artinskiano, segundo Leguizamón, 1972), Permiano Inferior da Argentina, foi identificada pela primeira vez no Brasil, no

afloramento Morro do Papaléo-Seção Faxinal, topo do Grupo Itararé. O afloramento brasileiro pode ser considerado correlato à localidade-tipo de *S. tasacunensis* e, por este motivo, o registro de ocorrência no Brasil não alteraria a distribuição estratigráfica da morfoespécie (QUADRO 5).

Por fim, os morfotipos identificados como *Samaropsis* cf. *S. cuerdai* merecem passar por uma revisão, pois, caso se confirme a determinação dessa morfoespécie em afloramentos brasileiros, será a primeira ocorrência de *S. cuerdai* para o Permiano Inferior (topo do Grupo Itararé). *S. cuerdai* foi erigida com base em sementes recuperadas de depósitos do Carbonífero Superior da Bacia de Paganzo, na Argentina.

Em suma, o que se pode verificar atualmente é que ainda existem fatores limitantes do uso das morfoespécies de sementes fósseis em estudos bioestratigráficos. De maneira geral, estes fatores referem-se à simplicidade morfológica de algumas morfoespécies, potencializados pela ausência de elementos anatômicos-cuticulares capazes de conferir mais confiabilidade às determinações. Aquelas morfologias peculiares, merecem um maior esforço amostral, com vistas a buscar nas localidades tipo um maior número de espécimes que proporcione um aprofundamente descritivo das formas, de maneira que se chegue a uma diagnose mais completa e detalhada, facilitando a comparação com outras regiões do Gondwana.

Ainda, o que pode contribuir significativamente com os estudos das sementes fósseis gondvânicas é a busca por espécimes em conexão orgânica com as estruturas reprodutivas. Assim, em posse da identificação da semente e da estrutura reprodutiva os estudos bioestratigráficos baseados nessas estruturas e seus diásporos seriam mais confiáveis. Neste sentido, a presente tese avança nos próximos capítulos, discutindo e reavaliando as estruturas reprodutivas associadas às sementes recuperadas de afloramentos da Bacia do Paraná, Brasil.

QUADRO 5: Distribuição estratigráfica das morfoespécies de sementes fósseis da Bacia do Paraná, Brasil. Localidades/Afloramentos/Horizontes fossilíferos: **ITP** = Itapeva; **MMR** = Monte Mor (Sítio Volpe); **MPA I** = Afloramento Morro do Papaléo (inclui Cerro Negro, Morro do Papaléo- Seção Faxinal e Morro do Papaléo- Cocuruto); **CER** = Cerquilho (Toca do Índio - Fazenda Itapema); **FIG** = Figueira; **FAX** = Mina do Faxinal; **MPA II** = Afloramento Morro do Papaléo (inclui apenas o topo do afloramento); **IRP** = Camada Irapuá (afloramentos Bainha, São Marcos, Bairro 20, Hospital); **CBB** = Carvão Barro Branco; **Carbon.** = Carbonífero.

Morfoespécies	Carbon.		Permiano Inferior							Referências
	Grupo Itararé			Formação Rio Bonito				IRP	CBB	
	ITP	MMR	MPA I	CER	FIG	FAX	MPA II			
<i>Cordaicarpus</i> aff. <i>C. famatinensis</i>										Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009
<i>Cordaicarpus barbosanus</i>										Millan (1977); Mune & Bernardes-de-Oliveira 2007
<i>Cordaicarpus brasilianus</i>										Bernardes-de-Oliveira et al. (2007)
<i>Cordaicarpus</i> aff. <i>C. brasilianus</i>										Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009
<i>Cordaicarpus cerronegrensensis</i>										Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009
<i>Cordaicarpus cesarii</i>										Mune & Bernardes-de-Oliveira 2007
<i>Cordaicarpus irapuensis</i>										Bernardes-de-Oliveira (1977)
<i>Cordaicarpus nitens</i>										Millan (1977)
<i>Cordaicarpus oliveiranus</i>										White (1908)
<i>Cordaicarpus rocha-campesii</i>										Bernardes-de-Oliveira (1977)
<i>Cordaicarpus truncata</i>										Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009
<i>Cordaicarpus zeillerii</i>										Bernardes-de-Oliveira (1977) Millan (1995)
<i>Paranospermum cambuiense</i>										Mune & Bernardes-de-Oliveira (2007); Iannuzzi (2010)
<i>Paranospermum millanianum</i>										Mune & Bernardes-de-Oliveira (2007)
<i>Platycardia</i> sp.										Guerra-Sommer (1988)
<i>Samaropsis bainhensis</i>										Millan (1967); Bernardes-de-Oliveira (1977)
<i>Samaropsis barcellosa</i>										White (1908); Mune & Bernardes-de-Oliveira (2007)
<i>Samaropsis cerquilhensis</i>										Millan (1974) ; Bernardes-de-Oliveira et al. (2007)
<i>Samaropsis criciumensis</i>										Millan (1967) ; Bernardes-de-Oliveira (1977)
<i>Samaropsis</i> cf. <i>S. cuerdaei</i>										Mune & Bernardes-de-Oliveira (2007)



## 6. A FAMÍLIA DICTYOPTERIDIACEAE NO BRASIL, NOVAS OCORRÊNCIAS, REAVALIAÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA

Divisão **Pinophyta** Meyen 1984

Classe **Glossopteridopsida** Lakhanpal, Maheshwari and Awasthi 1976

Ordem **Dictyopteridiales** Rigbyi 1978 (nom. corr. McLoughlin, 1990)

Família **Dictyopteridiaceae** Surange & Chandra ex Rigbyi 1978 emend.  
Maheshwari 1990 (nom. corr. McLoughlin 1995)

A atual diagnose desta família considera as estruturas reprodutivas incluídas em Dictyopteridiaceae como sendo uma “frutificação simples, dorsiventral, axilar, subsustentada por uma folha vegetativa normal de glossopterídea, com pedicelo adnato e fundido às veias médias ou medianas por certa distância. Um grande número de óvulos nasce na superfície abaxial, superfície adaxial com venação difusa. Porção masculina desconhecida” (Maheshwari, 1990).

Fructification simple, dorsiventral, axillary, subtended by a normal vegetative glossopterid leaf, stalk adnate and fused with midrib or median veins for some distance. A large number of ovules borne on abaxial surface, adaxial surface with spreading ‘venation’. Male counterpart not know definitely (Maheshwari, 1990).

Assim, morfológicamente, os membros dessa família possuem um receptáculo simples, achatado dorsiventralmente, geralmente côncavo-convexo, com venação evidente na superfície estéril e uma superfície fértil contendo os óvulos (Adendorff, 2005). Feistmantel (1881) e Zeiller (1902) foram os primeiros pesquisadores a descrever membros dessa família, a saber, *Dictyopteridium sporiferum* e *Ottokaria bengalensis*, respectivamente. No entanto, foi Plumstead a primeira a descrever membros conectados organicamente com folhas de *Glossopteris* (in Adendorf, 2005).

### 6.1. O gênero *Scutum*

Descrito por Plumstead (1952), este gênero comporta estruturas reprodutivas dorsiventrais. De maneira geral, são estruturas compostas por um receptáculo central de contorno variado, podendo ser circular, elíptico, obovado, ovado ou

lanceolado. Este receptáculo é circundado por uma ala/asa marginal larga, bem desenvolvida, que contorna todo o receptáculo, interrompendo-se somente na região de inserção do pedicelo (Prevec, 2011).

Desde a diagnose original feita por Plumstead (1952), algumas alterações nos caracteres diagnósticos do gênero já foram sugeridas. A última emenda, proposta por Prevec (2011) para a diagnose do gênero, baseia-se, principalmente na reinterpretação do que foi considerado o registro dos óvulos na região central da estrutura reprodutiva como apenas impressões de cicatrizes de inserção das sementes, uma vez que para aquela autora as sementes já foram dispersas antes da preservação da estrutura reprodutiva. A asa que circunda o receptáculo, que havia sido reinterpretada por Anderson & Anderson (1985) como um “anel exterior fundido composto de óvulos modificados”, é também rediscutida por Adendorff (2005) e Prevec (2011) que sugere tratar-se de uma extensão periférica da borda do receptáculo, contínua à porção estéril, retomando assim a interpretação inicial dessa estrutura feita por Plumstead (1952).

**Espécie-tipo:** *Scutum leslii* Plumstead 1952

**Diagnose original do gênero** Plumstead 1952

“*Scutum* tem uma cúpula bilateral simétrica, normalmente desenvolvida sobre seu próprio pedicelo curto, que cresce a partir da nervura central ou na parte superior do pecíolo de uma folha que lembra folhas vegetativas de uma espécie de *Glossopteris*. A cúpula é arredondada, oval, lanceolada ou ovada, dependendo da espécie. É constituída por uma cabeça central elevada e em várias espécies possui uma venação flabeliforme, uma asa fixa circundante que possui muitas vezes ranhuras e estriações e, na maioria das espécies, tem uma margem denteada. Quando aberta, uma metade da cúpula (metade fértil), contém numerosos sacos pequenos e ovais, variando de 1 a 2 mm de tamanho, que são incorporados no tecido da cabeça central. Toda a cabeça está rodeada pela asa. Os sacos não se separam quando maduros, mas estouram com uma abertura tipo cratera e contêm um núcleo duro que parece ser uma semente. A metade vazia da cúpula é côncava e pode apresentar tanto as marcas das nervuras vistas do lado de fora da cúpula, ou finas estrias transversais”.



Scutum has a bilaterally symmetrical cupule, usually borne on its own short pedicel which grows from the midrib, or the top of the petiole of a leaf which in very other respect, resembles the vegetative leaves of a species of *Glossopteris*. The cupule is round, oval, lanceolate or ovate according to the species. It consists of a central head which is raised and in several species exhibits fan-like venation, and a flat surrounding wing which is often fluted and striated, and in most species has a dentate margin. When open, one half of the cupule, called the fertile half, contains a number of small oval sacs ranging from 1 to 2 mm in size, which are embedded in the tissue of the central head. The whole head is surrounded by the wing. The sacs do not separate when ripe but burst with a crater-like opening, and contain a round hard core believed to be a seed. The empty half of the cupule is concave and may exhibit either the venation markings seen on the outside of the cupule or fine transverse striae (Plumstead, 1952, p.285)

### **Diagnose emendada do gênero Prevec 2011**

“Estrutura reprodutiva solitária, pedicelada, isobilateral, achatada dorsiventralmente, nascida na porção proximal da nervura principal ou no pecíolo de outra folha de glosspteridea não modificada. Receptáculo bifacial multiovulífero, com uma superfície fértil suportando numerosas cicatrizes de inserção de sementes posicionadas em direção à folha subjacente, superfície estéril laminada com uma dispersa venação reticulada. Receptáculo circular, elíptico, obovado ou ovado, à largamente lanceolado, com proporção receptáculo comprimento:largura <2:1. Receptáculo circundado por uma asa proeminente, contínua e de diâmetro regular, exceto no ponto de inserção do pedicelo onde está acentuadamente comprimido para formar um lobo arredondado ou lateralmente truncado em ambos os lados do pedicelo longitudinalmente estriado. Asa com finas estriações radiais e proeminentes ranhuras perpendiculares à margem do receptáculo estendendo-se da margem do receptáculo à margem da asa. Margem dentada, ondulada, recortada, ou inteira. As ranhuras da asa correspondem à venação da superfície estéril do receptáculo, e à posição das cicatrizes das sementes marginais que são quadradas e formam uma linha distinta no contorno da margem do receptáculo. As cicatrizes centrais dos pontos de inserção das sementes tendem a ser orientadas longitudinalmente ao receptáculo. As cicatrizes são como almofadas elevadas (nas impressões), contendo, cada uma, uma depressão central contendo um receptáculo que representa a cicatriz de destacamento da semente (Prevec, 2011, p.7; FIGURA 17)”.

Solitary, pedicellate, isobilateral, dorsiventrally flattened fructification borne proximally on midrib or petiole of otherwise unmodified glossopterid leaf. Multi-ovulate receptacle bifacial, with fertile surface bearing numerous seed scars facing subtending leaf; veined surface laminar with spreading, reticulate venation. Receptacle circular, elliptical, obovate or ovate to broadly lanceolate, with receptacle length:width <math><2:1</math>. Receptacle flanked by broad, prominent wing, continuous and of regular diameter, except at point of pedicel insertion where it is sharply constricted to form a rounded or laterally truncated lobe to either side of slender, longitudinally striated pedicel. Wing with fine radial striations and fluting perpendicular to margin of receptacle and extending from receptacle to wing margin. Margin dentate, undulating, scalloped or entire. Wing fluting corresponds to venation on sterile surface of the receptacle, and to positions of marginal seed scars, which are square and form a distinctive rank along periphery of receptacle. Central seed scars tend to be oriented longitudinally to receptacle. Scars are raised cushions (in impressions), each with a central depression bearing a tubercle that represents a seed detachment scar (Prevec 2011, p.7).

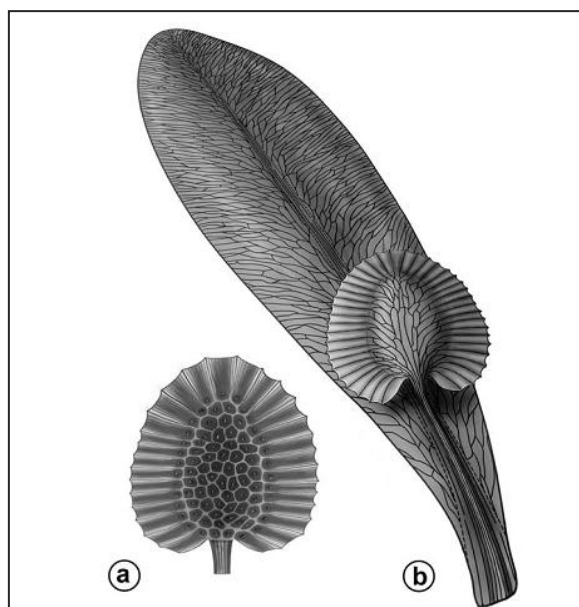


FIGURA 17: Reconstituição de *Scutum leslii*. A- face ventral fértil da estrutura reprodutiva mostrando o resceptáculo centrale a as cicatrizes de inserção da sementes e; B- *fertiliger*, destacando a face dorsal, venada da estrutura reprodutiva. (Ilustração retirada sem modificações de Prevec, 2011)

### 6.1.1 O gênero *Scutum* no Brasil

A presença de representantes fósseis brasileiros neste gênero é controversa. Em Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993), verifica-se a presença de *Scutum* sp. na subzona fitoflorística *Phyllothea indica* (Zona *Botrychiopsis plantiana*) e na Zona *Glossopteris/Rhodeopteridium*. Estas ocorrências, contudo, basearam-se em estudos desenvolvidos por Pasqualini et al. (1986) e Mendes-Piccoli (1991).

Em consulta aos dois trabalhos acima mencionados, constata-se que Pasqualini et al. (1986), ao estudarem a associação paleoflorística de um afloramento no município de Mariana Pimentel (= localidade do Morro do Papaléo), no Rio Grande do Sul, apontaram a presença de uma estrutura reprodutiva a qual sugeriram pertencer ao gênero *Scutum*. No entanto, esse material não foi descrito em detalhes no estudo de Pasqualini et al. (1986), e nem o número dos espécimes são apresentados, impedindo a consulta ao material para exame. Por sua vez, Mendes-Piccoli et al. (1991) não fizeram referência alguma ao gênero *Scutum*. Porém, Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993) ilustraram um dos espécimes classificados como *Scutum* sp. (op. cit., p. 69, Pl. 2, Fig. 5A). Este espécime foi localizado na coleção do DPE-IGeo-UFRGS, estando registrado como MP-Pb 2499, e é proveniente do Afloramento Morro do Papaléo- Seção Faxinal. A análise do espécime indica que este pertence ao gênero *Ottokaria*, uma vez que apresenta na porção marginal do receptáculo central uma série de lobos fundidos ao receptáculo pela base (facilmente identificável na porção proximal do pedicelo do espécime, FIGURA 18)

Há ainda outros espécimes inéditos nessa mesma coleção (MP-Pb 2599, 2630ab, 3116), também provenientes do Afloramento Morro do Papaléo-Seção Faxinal, que foram preliminarmente identificados como *Scutum* sp. por Guerra-Sommer. A análise dos espécimes MP-Pb 2630ab e 2599 sugere sua inclusão também no gênero *Ottokaria*, enquanto que MP-Pb 3616 não apresenta um receptáculo central evidente não se tratando, provalvemente, de um membro de Dyctiopteridiaceae. Portanto, a confirmação da presença de *Scutum* em depósitos da Bacia do Paraná, no Brasil, deve-se ser considerada bastante duvidosa

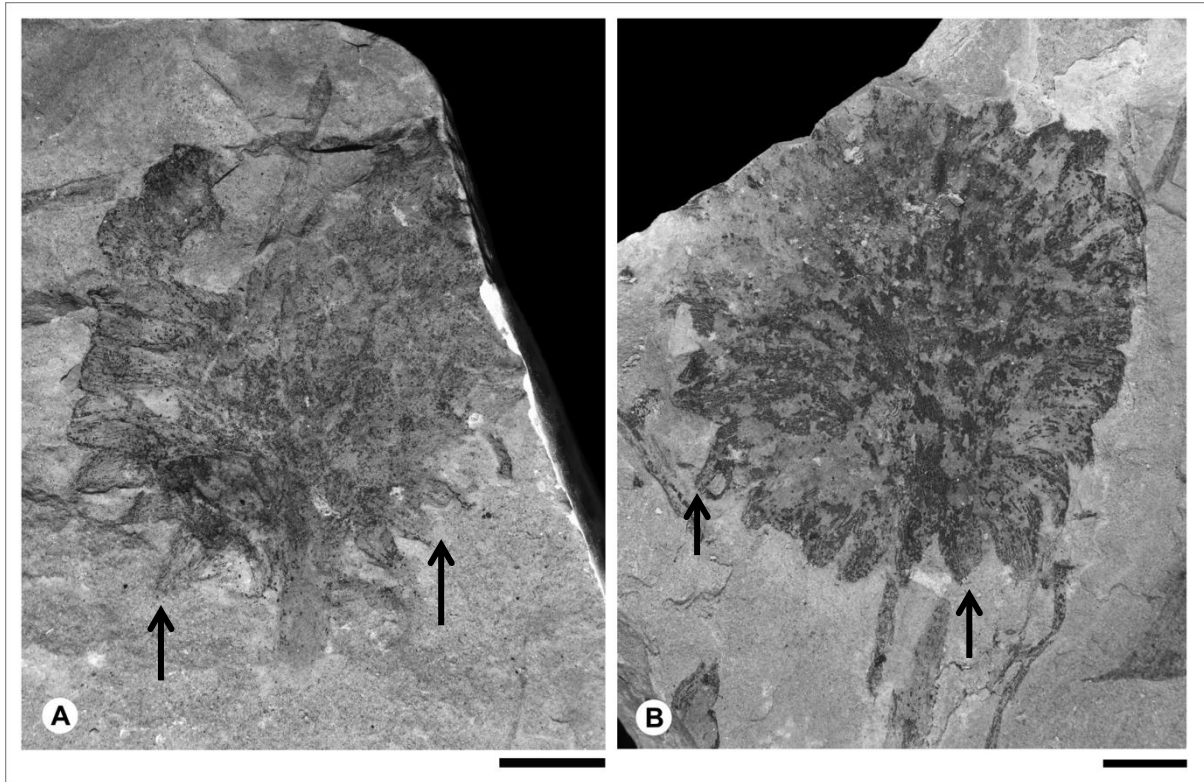


FIGURA 18: A- MP-Pb 2630a mostrando face fértil do receptáculo central circundado por lobos marginais (indicados pelas setas) fundidos ao receptáculo pela base, proveniente do afloramento Morro do Papaléo – Seção Faxinal (Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul); B – MP-Pb 2499, espécime ilustrado por Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993) como *Scutum* sp., seta indicando os lobos marginais com laterais soltas, presos ao receptáculo pela base, proveniente do afloramento Morro do Papaléo – Seção Faxinal (Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul). **Escala: 5 mm.**

## 6.2 O gênero *Plumsteadia*

Segundo Adendorff 2005, a diagnose deste gênero é ampla e permite a inclusão de diversas formas de estruturas reprodutivas polispérmicas. A indefinição deste gênero persistiu por anos nas discussões paleobotânicas (para ver o histórico do morfotipo, consultar Adendorff, 2005) e hoje é compreendido, em termos gerais, por uma variedade de estruturas reprodutivas, as quais podem estar conectadas a uma folha de *Glossopteris* tanto na região da nervura central como na região peciolar (Cariglino et al., 2009). O receptáculo pode variar em forma, sendo lanceolado, como em *Plumsteadia bowenensis* (White) Rigby 1963, espatulado, como em *Plumsteadia pedicellata* Cariglino et al. 2009, oblongo ou elíptico, entre outras possibilidades. Uma estrutura alada pode estar ou não presente (McLoughlin, 1990).

**Espécie-tipo:** *Plumsteadia microsacca* Rigby 1962

### Diagnose original do gênero Rigby 1962

“Estrutura reprodutiva conectada, por um curto pecíolo, à nervura central de uma folha de glossopteridea; consiste em duas partes, um órgão adnato estéril e outro livre fértil com sacos virados para a parte adnata. Órgão adnato se desenvolve a partir da expansão e da ruptura da nervura central”.

Fructification attached to the midrib of a glossopterid leaf by a short petiole; consists of two parts, adnate organ non sac-bearing, free organ sac-bearing with sacs facing the adnate organ, adnate organ developed from expansion and rupture of the midrib (Rigby, 1962, p.344)

### Diagnose emendada do gênero Adendorff 2005

Isobilateral, dorsiventral, órgão ovulífero conectado à nervura principal ou pecíolo de uma folha de *Glossopteris* subjacente. Estrutura reprodutiva constituída de um receptáculo central com uma asa periférica, podendo ser séssil ou peciolada. Frutificação conectada com a superfície fértil virada para a folha subjacente. Receptáculo elíptico, oblongo a lanceolado, com um ápice arredondado a pontiagudo e uma base arredondada a fracamente cordada. Receptáculo bifacial, com a superfície fértil comportando cicatrizes de inserção se sementes proximamente agrupadas e superfície estéril com uma venação reticulada.

Cicatrizes das sementes de contorno circular a elíptico, almofadas elevadas (nas impressões) com um tubérculo central (cicatriz), podendo ser mais regulares nos limites do receptáculo, formando uma fila de cicatrizes mais retangulares ao longo da linha periférica. Asa é ausente ou, quando presente, estreita à larga e contínua, exceto na inserção do pecíolo onde se encolhe. Asa de margem inteira ou raramente denticulada, contendo estriações e ranhuras perpendiculares à margem do receptáculo e arqueadas em direção a superfície fértil. A venação da superfície estéril é reticulada, em forma de leque, estendendo-se para dentro e através da asa entre as junções das cicatrizes das sementes, delimitando asas com ranhuras contínuas (FIGURA 19).

Isobilateral, dorsiventral, ovuliferous organ attached to midrib or petiole of a subtending *Glossopteris* leaf. Fructification comprises a central receptacle with a peripheral wing; may be sessile or petiolate. Fructification is attached with fertile surface facing subtending leaf. Receptacle is elliptical, oblong to lanceolate, with rounded to pointed apex and rounded to weakly cordate base. Receptacle is bifacial, with a fertile surface bearing closely spaced seed scars and a sterile surface with reticulate venation. Seed scars circular to elliptical, raised cushions (in impressions) with a central tubercle (cicatrix), and may be more regular at edges of receptacle, forming a rank of more rectangular scars along periphery. Wing is absent or narrow to broad and continuous except at petiole insertion where it is contracted. Wing has entire or rarely denticulate margin, bears striations and fluting perpendicular to margin of receptacle and arches towards the fertile surface. Venation on sterile surface is reticulate, fan-shaped, extends into and across wing at junctures between seed scars, delimiting contiguous wing flutes (Adendorff, 2005, p.268).

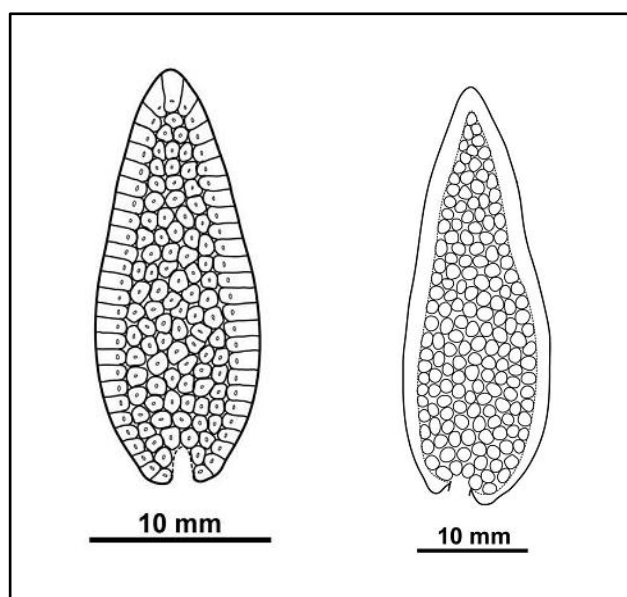


FIGURA 19: Ilustrações das morfoespécies *Plumsteadia lerouxii* (Plumstead) Adendorff 2005 e *Plumsteadia gibbosa* (Benecke) Anderson & Anderson 1985 (Reproduzidas de Adendorff , 2005)

### 6.2.1 O gênero *Plumsteadia* no Brasil

No Brasil, Guerra-Sommer (1988), em sua tese, foi a única que identificou, até o momento, espécimes pertencentes ao gênero, os quais a autora determinou como pertencente à morfoespécie *Plumsteadia semnes* Rigby 1978 originalmente descrita para o Permiano Inferior da Austrália. Segundo a autora, foram estudados 14 espécimes, sendo que três deles foram figurados no trabalho desenvolvido pela autora. Durante a consulta ao material da coleção DPE-IGeo-UFRGS, foram localizados dois dos espécimes figurados por Guerra-Sommer (1988), são eles: MP-Pb 2705 (Est. XXVII, Fig. 4) e 2706 (Est. XXVIII, Fig. 1). Embora ambos os espécimes consultados estejam incompletos foi possível perceber a grande semelhança do material descrito com os demais membros do gênero *Plumsteadia*, principalmente, pela estrutura multiovulada do receptáculo central, marcado por inúmeras cicatrizes de inserção de sementes e pela ausência de uma estrutura alada contínua e/ou lobada à margem do receptáculo tal qual verifica-se em *Scutum* e *Ottokaria* respectivamente (FIGURA 20).

No que se refere à determinação da espécie *Plumsteadia semnes* considera-se imprudente fazer qualquer menção uma vez que seria importante localizar os 14 espécimes estudados por Guerra-Sommer (1988) para que se pudesse fazer uma reavaliação segura.

**Ocorrência no Brasil:** *Plumsteadia semnes*

**Distribuição estratigráfica e geográfica:** Formação Rio Bonito (Sakmarian tardio-Artinskiano precoce). Localidade de Mina do Faxinal, (Guerra-Sommer, 1988) Rio Grande do Sul, Brasil.

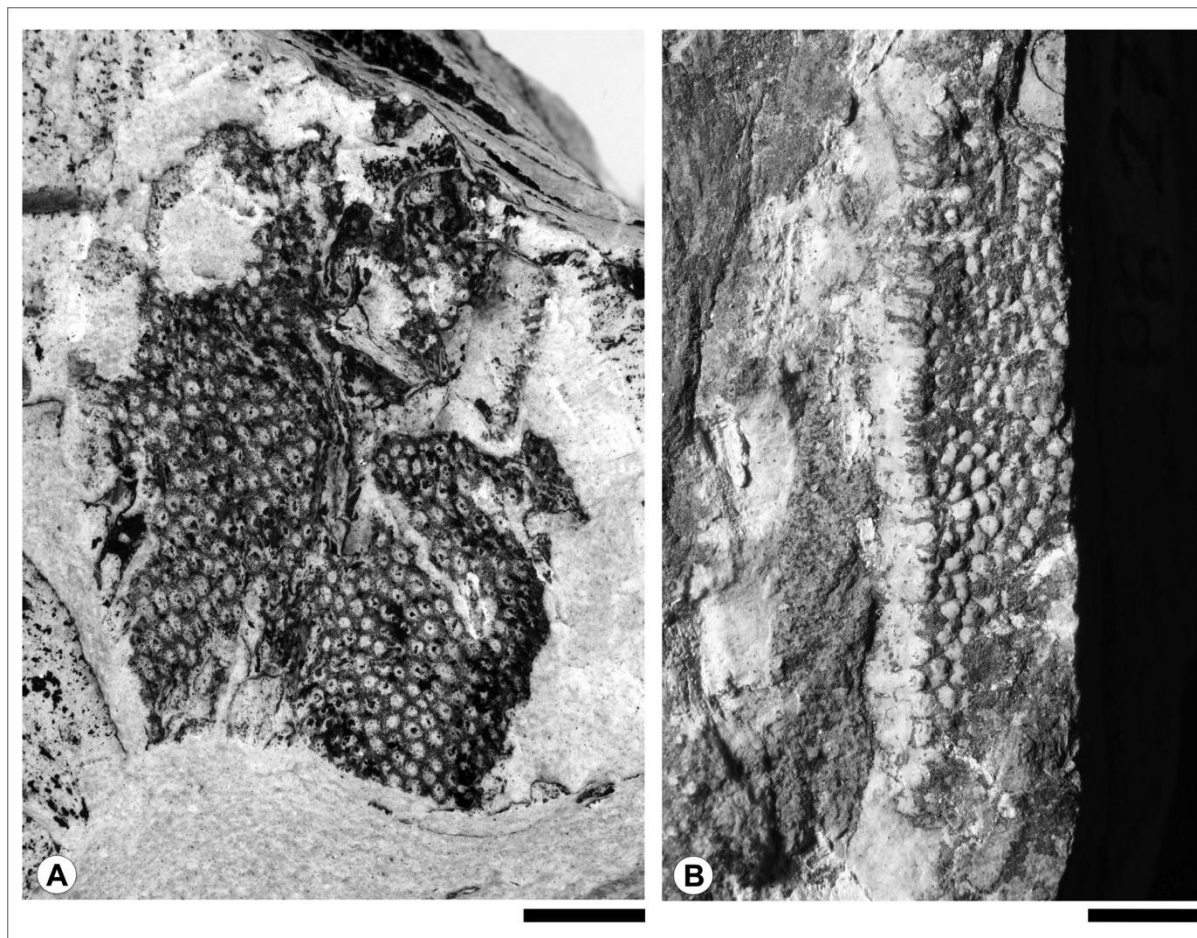


FIGURA 20: A- MP-Pb 2705 *Plumsteadia semnes* (in Guerra-Sommer, 1988) cicatrizes de inserção das sementes no receptáculo central, proveniente do afloramento Mina do Faxinal (Rio Grande do Sul); B – MP-Pb 2706 *Plumsteadia semnes* (in Guerra-Sommer, 1988) vista lateral do receptáculo central da estrutura reprodutiva. **Escala: 5 mm.**

### 6.3 O gênero *Ottokaria*

O material-tipo desse gênero, proveniente de afloramentos indianos, foi descrito pela primeira vez por Zeiller (1902). O autor, que havia designado inicialmente o material tipo como *Feistmantelia bengalensis*, foi também o responsável por alterar sua denominação genérica para *Ottokaria*. O holótipo de *Ottokaria bengalensis* Zeiller 1902 foi ainda o primeiro registro completo de uma estrutura reprodutiva conectada a uma folha, i.é., um *Fertiliger* (McLoughlin, 1990b). Posteriormente, Chandra & Surange (1979) reconheceram a ligação de *O. bengalensis* com uma folha de *Glossopteris communis* Feistmantel 1879, sendo este, segundo McLoughlin (1990b), o registro mais antigo deste tipo de conexão, ou seja, entre estruturas reprodutivas e folhas de glossopterídeas. De qualquer modo, a



estreita relação entre esse gênero e folhas de glossopterídeas só foi claramente definida a partir dos trabalhos de Plumstead (1952, 1956a,b, 1958a).

*Ottokaria*, por sua vez, é um dos gêneros de estruturas reprodutivas com maior ocorrência em distintos depósitos do Gondwana (Pant & Nautyal, 1984) (QUADRO 7), tendo sido diagnosticado, inicialmente, como uma folha arredondada contendo um pecíolo longo e margem dentada. A definição da natureza estrutural deste morfogênero sofreu inúmeras modificações devido a reinterpretações constantes de sua morfologia. Não cabe aqui a narrativa dessas modificações, uma vez que ela já foi feita em detalhes por Adendorff (2005). Contudo, vale salientar que, de maneira geral, autores como Surange & Chandra (1975) e Rigby (1978) entenderam esse gênero como representante de uma estrutura multiovulada estrobilar, enquanto que Plumstead (1956), Schopf (1976) e Pant (1977), como uma estrutura dorsiventral, tipo capítulo (Bernardes-de-Oliveira, 1977).

**Espécie-tipo:** *Ottokaria bengalensis* Zeiller 1902;

#### **Diagnose original do gênero Zeiller 1902**

“Folha arredondada, com longo pecíolo, diâmetro medindo 30 mm, margem subacuda, dentada, com venações em distribuição dicotômica e em forma de leque.”

Folio orbiculari, longe petiolato, 30mm. Diametro metiente; margine subacute dentato; nervis fasciculatis, flabellato-divergentibus, dichotome divisio (Zeiller, 1902, p.34).

#### **Diagnose emendada do gênero Pant & Nautyal 1984**

“Estruturas reprodutivas conectadas ou não, constituídas de um curto ou longo pedicelo, conectada marginalmente à base de uma cabeça terminal. Quando conectada, o pedicelo da estrutura reprodutiva projeta-se da nervura mediana de folhas férteis de formas como *Glossopteris*. Cabeça orbicular ou algo oval, dorsiventral, margem da cabeça contendo lobos agudos, subagudos, obtusamente arredondados ou truncados. Um lado da cabeça é fértil, lotado de um grande número de sementes platispérmicas ortótropas, opostas a face estéril da cabeça a qual geralmente mostra numerosas venações com ocasionais anastomoses.

Cabeça produzindo uma cutícula relativamente espessa, com estômatos na face estéril e uma fina e frágil cutícula na face fértil. Integumento das semente contendo uma cutícula externa bem desenvolvida, uma cutícula interna delicada e uma cutícula nucelar fina estendendo-se desde o final da chalaza da semente até a base da micrópila. Cutícula interna do integumento estendendo-se para cima, para se juntar a cutícula externa do tegumento para formar um canal micropilar. Membrana do megásporo bem desenvolvida e granular”.

Detached or attached fructifications, consisting of a short or long slender stalk, attached marginally to the base of a terminal head. When attached, stalks of fructifications arise from mid-ribs of fertile leaves otherwise like *Glossopteris*. Head orbicular or somewhat oval, dorsiventral, margin of the head showing acute, subacute, obtusely rounded to truncate lobes. One face of the head fertile, bearing a large number of crowded orthotropous, platyspermic seeds, opposite face of the head sterile, often showing numerous radiating veins with occasional anastomoses. Substance of the head yielding a relatively thick cuticle with stomata from the sterile face and a fragile thinner cuticle from the fertile face. Seed integument with a well developed external cuticle, a delicate inner cuticle and a thick nucelar cuticle extending from chalazal end of the seed to the base of the micropyle. Inner cuticle of the integument extends upward to join the outer cuticle of the integument to form a micropylar canal. Megaspore membrane well developed and granular (Pant & Nautyal, 1984, p.128-129).

### **Diagnose emendada do gênero Adendorff 2005**

“Frutificação solitária, dosiventralmente achatada, isobilateral, pedicelada, formada por um receptáculo arredondado a obovado com uma ala periférica inteira à lobada. Receptáculo arredondado a obovado, com ápice arredondado e truncado e base arredondada à afilada. Receptáculo bifacial com uma superfície estéril venada e uma superfície fértil contendo inúmeras cicatrizes de inserção sementes circulares a elípticas. Superfície estéril com uma venação densa e reticulada irradiando-se a partir da região de inserção do pedicelo. Asa periférica contorna o receptáculo podendo ser descontínua na região de inserção do pedicelo. Ala pode ser inteira, dentada ou denticulada, mas geralmente é composta por lobos parcialmente fundidos ou profundamente incisivos, cada lobo correspondendo a posição de uma cicatriz marginal de inserção de semente ao longo da margem do receptáculo. Os lobos podem ser aguçados a truncados ou abruptamente arredondados, contendo finas estriações perpendiculares a margem do receptáculo. Pedicelo

longitudinalmente estriado e, na maioria dos casos visivelmente expandido na região de sua inserção junto ao receptáculo. A inserção do pedicelo pode ser lateral ou oblíqua” (FIGURA 21).

Solitary, dorsiventrally flattened, isobilateral, pedicellate fructification, comprising round to obovate receptacle with lobed to entire peripheral wing. Receptacle round to obovate, with rounded apex and truncate, rounded or tapered base. Receptacle bifacial with veined, sterile surface and fertile surface with numerous circular to elliptical seed detachment scars. Sterile surface with dense, reticulate venation radiating from pedicel insertion. Peripheral wing either surrounds receptacle or is discontinuous at pedicel insertion. Wing may be entire, dentate or denticulate, but is most commonly dissected into partially fused or deeply incised lobes, each lobe corresponding to the position of a marginal seed scar along periphery of receptacle. Lobes may be pointed to truncate or bluntly rounded, and bear fine striations perpendicular to receptacle margin. Pedicel is longitudinally striated and in most cases, markedly expanded at junction with receptacle. Pedicel may be laterally or obliquely inserted (Adendorff, 2005, p.216-217).

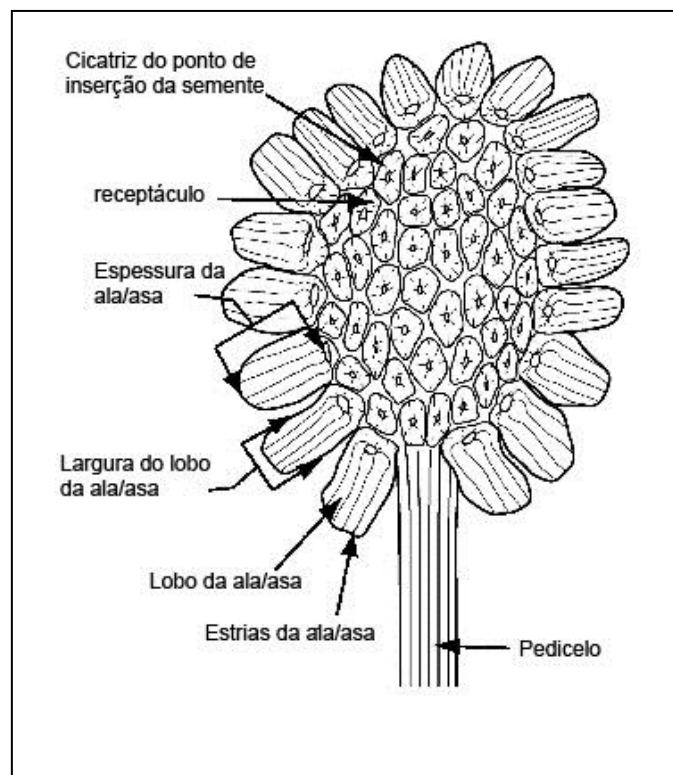


FIGURA 21: Ilustração, baseada em *Ottokaria transvaalensis*, apontando as principais estruturas diagnósticas do gênero *Ottokaria*, sendo elas: pedicelo, lobos, estriações, receptáculo e cicatrizes de inserção das sementes (modificado de Adendorff, 2005).

### 6.3.1 O gênero *Ottokaria* no Brasil e suas novas ocorrências

No Brasil, o primeiro reconhecimento de espécimes pertencentes a esse gênero foi feito por White (1908), o qual foi pioneiro ao propor sua natureza fértil, seguido por Seward (1917, p. 354) e Seward & Sahni (1920). Atualmente, existem duas morfoespécies erigidas com base em material brasileiro, são elas: *Ottokaria ovalis* White 1908 e *Ottokaria sancta-catharinae* Dolianiti 1971.

A seguir são descritas e analisadas por meio de parâmetros morfométricos as formas inéditas encontradas durante a realização do presente estudo. Além disso, são também avaliadas as sementes que foram encontradas em estreita associação com e/ou conectadas a essas estruturas reprodutivas.

#### *Ottokaria sancta-catharinae* Dollianiti 1971

Figuras 22 e 23

**Material:** GP-3E 3571; 3589; 3603; 3605; 3626; 3458; 323ab.

**Localidade:** Rio da Estiva, município de Itaiópolis, estado de Santa Catarina.

**Ocorrência:** base do Membro Paraguaçu, Formação Rio Bonito, Bacia da Paraná.

**Idade:** Sakmariano tardio (Tybusch et al., 2012).

**Descrição:** Estrutura reprodutiva com simetria isobilateral, dorsiventral. Dimensões gerais (desconsiderando-se o pedicelo) de, aproximadamente 19-27 mm de comprimento e 15.8-24 mm de largura. Pedicelo, quando presente, incompleto, medindo 12 mm, longitudinalmente estriado, delgado, longo, com aproximadamente 2 mm de espessura, alargando-se em direção ao receptáculo onde atinge aproximadamente 3.5 mm de largura no ponto de inserção. Receptáculo com margem alada que está dividida em lobos bem definidos com estrias longitudinais, perpendiculares à margem do receptáculo. Lobos com dimensões aproximadas de 4.26-5.26 mm de comprimento por 1.5-2 mm de largura, finamente estriados, fundidos somente na base quando unem-se ao receptáculo, com ápice geralmente truncado, arredondado ou levemente agudo. Receptáculo circular a subcircular, com superfície estéril venada, medindo de 10-14 mm de diâmetro. As estriações do

pedicelo prolongam-se e abrem-se em forma de leque nesta face, onde se dicotomizam até atingirem os lobos marginais. Sementes do tipo *Cordaicarpus* sp. são encontradas em associação. Suas dimensões variam de acordo com o estágio de maturação das sementes e chegam a medir 4-5.5 mm de comprimento por 3-3.7 mm de largura. Esclerotesta, quando visível, mede 0.3 mm de espessura. Superfície finamente estriada.

**Discussão e comparação:** Dentre as morfoespécies de *Ottokaria* já descritas na literatura, aquelas que guardam maiores semelhanças morfológicas com o material analisado são: *O. transvaalensis* Plumstead 1956 emend. Anderson & Anderson 1985, definida com base em espécimes provenientes da Índia, e *O. ovalis* White 1908 e *O. sancta-catharinae* Dolianiti 1971, ambas provenientes de depósitos permianos brasileiros.

Seguindo-se a análise do material, verifica-se uma diferença considerável existente entre o material em análise e as morfoespécies *O. transvaalensis* e *O. ovalis*, quando analisadas as proporções morfométricas das estruturas como lobos e receptáculo. Os espécimes em análise possuem uma relação largura (diâmetro) do receptáculo / largura dos lobos maior que 1:5 e menor que 1:13, enquanto que em *O. transvaalensis* essa relação é menor ou igual a 1.5 e em *O. ovalis* é maior que 1:13. Essa relação indica a quantidade de lobos por diâmetro de receptáculo, ou seja, se o receptáculo está envolto por lobos pequenos e numerosos (*O. ovalis*) ou por poucos lobos largos (*O. transvaalensis*).

Ainda, *O. transvaalensis* possui lobos geralmente mais largos (4 mm) e pedicelo mais longo (40 mm), sem apresentar um alargamento na região de inserção no receptáculo. Já, *O. ovalis* possui um receptáculo consideravelmente maior e com lobos mais estreitos, conferindo um aspecto mais denteado à margem do que lobado (VER GRÁFICO 1).

Finalmente, comparando-se o material em análise com *O. sancta-catharinae*, verifica-se que a presença de lobos livres fundidos ao receptáculo apenas pela base; a presença de um curto pedicelo; a presença de um número superior a 20 lobos marginais e; as dimensões médias dos lobos (4.26-5.26 mm de comprimento por 1.5-2 mm de largura) tornam nossos espécimes similares à espécie erigida por Dolianiti. Salienta-se que todos os espécimes analisados têm apenas a face dorsal

da estrutura reprodutiva preservada, não sendo possível analisar a face fértil do receptáculo. Ainda, é possível verificar uma variação da forma geral dos lobos que em alguns espécimes estão com seus limites bem definidos (FIGURA 23 GP3E 3589), enquanto que em outros é, por vezes, difícil saber quando um lobo começa ou termina. A forma geral do ápice dos lobos varia de truncada, arredondada à aguda. Todas essas variações na forma do ápice dos lobos parecem ser decorrentes de feições preservacionais, uma vez que é possível observá-las em um único espécime (FIGURA 23 GP3E 323). Neste sentido, avaliando as semelhanças observadas entre os espécimes analisados e as características diagnósticas de *O. sancta-catharinae*, bem com as variações morfológicas acima mencionadas, conclui-se que todos devam corresponder a uma mesma morfoespécie.

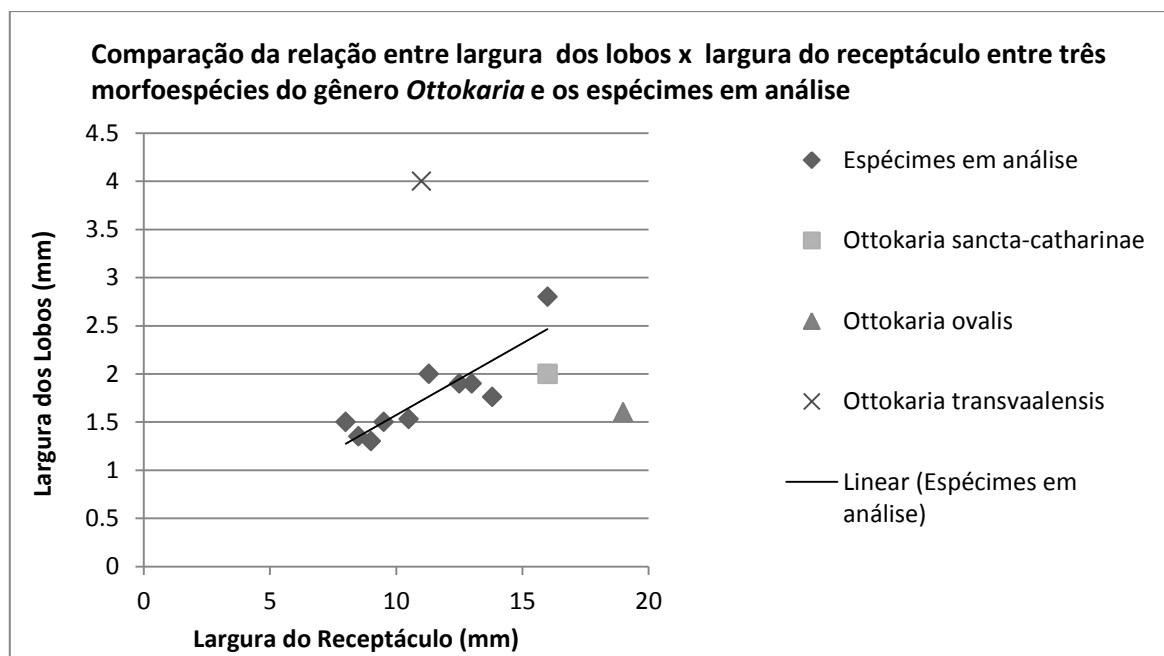


GRÁFICO 01: Comparação entre os dados morfométricos dos espécimes em análise com três morfoespécies de *Ottokaria*, sendo *O. sancta-catharinae* Dolianiti 1971, *O. ovalis* White 1908 e *O. transvaalensis* Plumstead 1956 emend. Anderson & Anderson 1985. Observa-se no gráfico que os espécimes diferem de *O. transvaalensis* na largura média dos lobos e de *O. ovalis* na largura média dos lobos e do receptáculo. Em comparação com *O. sancta-catharinae*, ambas as medidas assemelham-se. O gráfico mostra, também, a linha de tendência, baseada nos dados morfométricos dos espécimes em análise. Salienta-se que não foram incluídos no gráfico os dados morfométricos das contrapartes e para as morfoespécies em comparação foram utilizados somente os dados diagnósticos/descritivos fornecidos pelos autores das morfoespécies.

**Morfografia das sementes associadas:** É possível verificar em dois espécimes (previamente identificados por GP-3E 3589; GP-3E 3458) a presença de sementes associadas às estruturas reprodutivas. Contudo, aquelas que aparentam estar realmente conectadas aparecem de forma encoberta, dificultando uma análise completa. Assim, a medição completa das dimensões das sementes foi possível somente naquelas que já estavam desconectadas da estrutura reprodutiva. As sementes analisadas apresentam testa indiferenciada com uma esclerotesta, quando visível, medindo aproximadamente 0.3 mm de espessura. O ápice é obtuso e a base arredondada, e medem aproximadamente 4.0-5.5 mm de comprimento por 3-3.7 mm de largura. Micrópila é levemente emarginada. A superfície do nucelo é lisa, porém pode se mostrar estriada quando a esclerotesta recobre completamente o nucelo (capítulo 7, FIGURA 38).

Comparando-se este material com as morfoespécies de sementes já descritas na literatura e utilizando-se da chave dicotômica para sementes gondvânicas, proposta anteriormente neste trabalho (percurso dicotômico = 1; 2'; 4'; 5), chega-se a quatro morfoespécies que guardam alguma semelhança com o material em análise, são elas: *Cordaicarpus rocha-camposii* Bernardes-de-Oliveira 1976, *Cordaicarpus emarginatus* Walkom 1935, *Cordaicarpus cerronegreensis* Souza & Iannuzzi 2009 e *Cordaicarpus madagascariensis* Apper 1977.

*Cordaicarpus madagascariensis*, além de já ter sido encontrada em conexão orgânica com *Arberia madagascariensis*, ainda difere das sementes em análise por seu contorno geral em forma de “coração”, com base cordada e ápice agudo. As sementes em análise têm um contorno geral oval.

*C. cerronegreensis* difere consideravelmente por seu eixo longitudinal mais alongado e seu contorno geral em forma de “gota”. *Cordaicarpus rocha-camposii* é ligeiramente maior (6.3 – 9.7 mm de comprimento x 4.5 – 6.5 mm de largura) e possui um ápice mais agudo. *Cordaicarpus emarginatus*, por sua vez, é a morfoespécie que mais se assemelha aos espécimes em análise. Primeiro, por possuir um contorno geral oval, segundo, por possuir uma micrópila emarginada e, terceiro, por apresentar superfície recoberta por finas estriações. Difere, contudo, por suas dimensões maiores (6-8 mm de comprimento x 4-5 mm de largura).

Tendo em vista o fato de tratar-se de sementes com poucas feições diagnósticas e morfografia comum, sugere-se classificá-las como *Cordaicarpus* cf. *Cordaicarpus emarginatus* uma vez que há uma ligeira discrepância em relação às dimensões e o material-tipo de *C. emarginatus* não foi analisado.

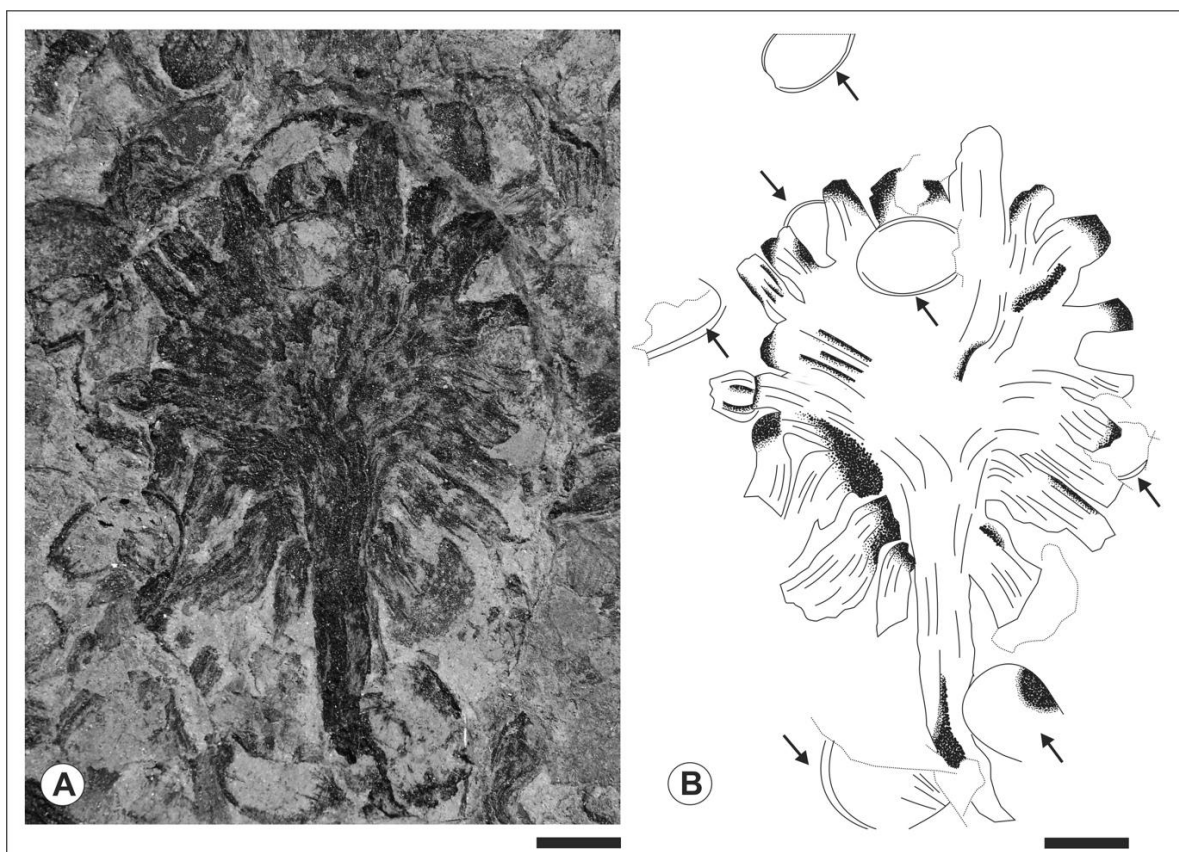


FIGURA 22: Fotografia e ilustração do espécime proveniente do Afloramento Rio da Estiva (Itaiópolis, Santa Catarina) identificado como *O. sancta-catharinae*. A e B – GP-3E 3589; face dorsal da frutificação destacando as nervuras que recobrem a superfície, bem como os lobos que circundam o receptáculo central. Ainda é possível verificar a presença de sementes associadas, indicadas pelas setas em “B”. **Escala: 5 mm.**

**Distribuição estratigráfica e geográfica.** O material-tipo de *O. sancta-catharinae* Dolianiti 1971 foi recuperado do afloramento Bainha, município de Santa Catarina, Bernardes-de-Oliveira & Carvalho (1981) registraram a ocorrência de novos espécimes provenientes da mesma localidade (localidade-tipo). Os espécimes analisados nesta tese provêm do afloramento Rio da Estiva, também estado de Santa Catarina. Todos os afloramentos mencionados estão localizados, litoestratigraficamente, na Formação Rio Bonito, estando o afloramento Rio da Estiva na base do Membro Paraguaçu (Tybusch et al., 2012) e o afloramento Bainha



(Camada Irapuá) no topo do Membro Siderópolis (Iannuzzi, 2010). A presença de *O. sancta-catharinae* no afloramento Rio da Estiva estende o intervalo de ocorrência da morfoespécie até o terço inferior da Formação Rio Bonito, que antes era restrita à porção superior da unidade. Em termos de idade, pode-se dizer que essa morfoespécie existiu dentro do intervalo Sakmariano médio-Artinskiano precoce.

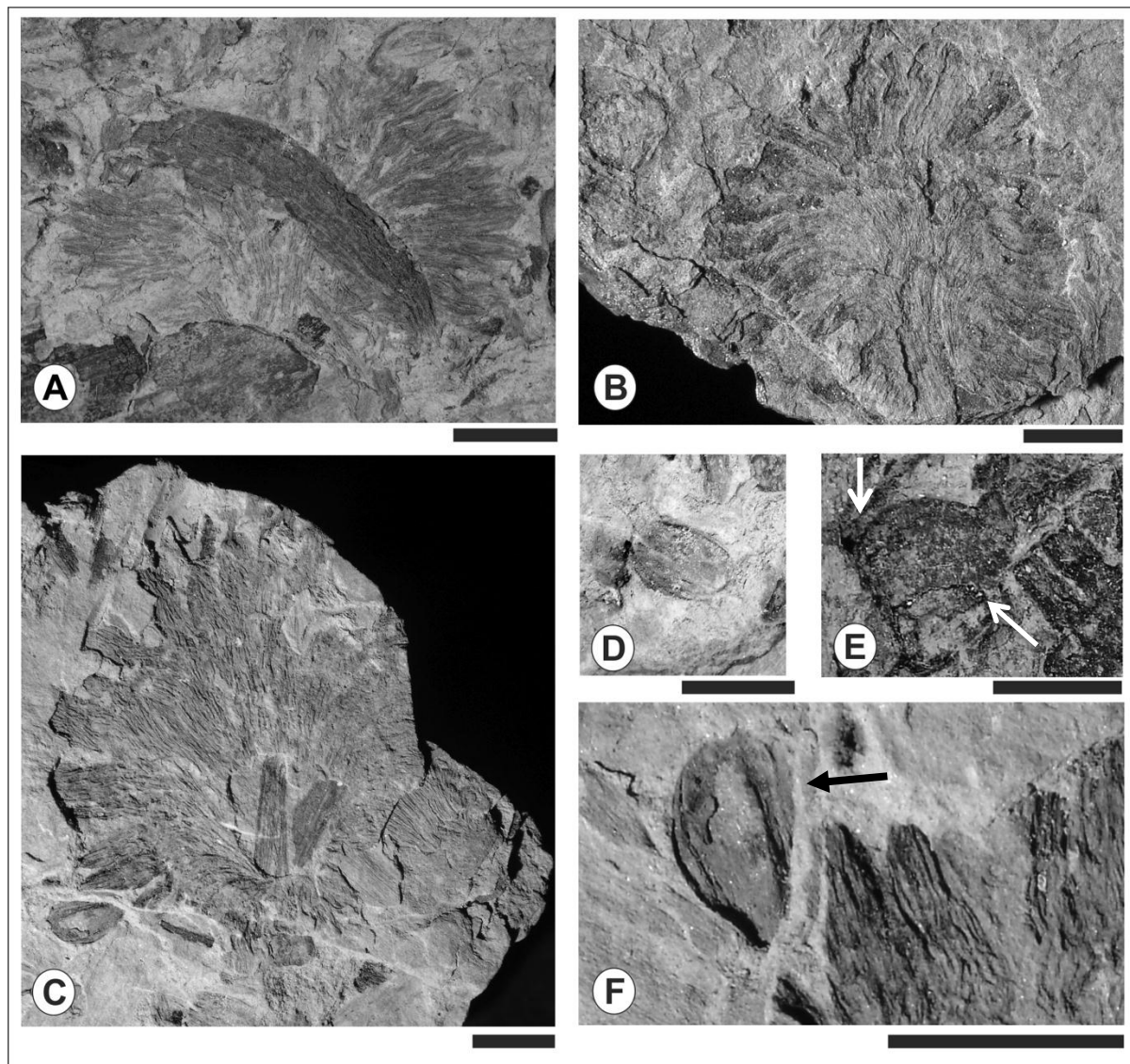


FIGURA 23: Espécimes de *O. sancta-catharinae* e sementes associadas provenientes do Afloramento Rio da Estiva (Itaiópolis, Santa Catarina). A – GP-3E 3458; B – GP-3E 3626; C – GP-3E 323a; face dorsal da frutificação, destacando as nervuras que recobrem a superfície, bem como a presença dos lobos livres, fundidos ao receptáculo pela base, que circundam o receptáculo central. D e E – GP-3E 3589; F – GP-3E 323a; detalhe das sementes encontradas em associação com as estruturas reprodutivas (setas), destacando sua base arredondada e seu ápice agudo/obtusos. Escala: 5 mm.

*Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor* var. nov.

Figuras 24, 25, 26

**Holótipo:** MP-Pb 5075ab

**Parátipo:** MP-Pb 5063; 5064; 5065; 5066; 5067; 5068a; 5076ab

**Localidade:** Afloramento Itanema II, município de Urussanga, estado de Santa Catarina.

**Ocorrência:** topo do Membro Siderópolis, Formação Rio Bonito, Bacia da Paraná.

**Idade:** Sakmariano tardio-Artinskiano precoce.

**Descrição:** Estrutura reprodutiva com simetria isobilateral, dorsiventral. Dimensões gerais da estrutura (considerando-se o pedicelo) de, aproximadamente, 15-25 mm de comprimento e 8-11 mm de largura. Pedicelo, quando presente, longitudinalmente estriado, delgado, longo, com aproximadamente 7-11 mm de comprimento e 1.2-1.8 mm de largura. Receptáculo com margem alada, a qual está dividida em lobos bem definidos com estrias longitudinais, perpendiculares à margem do receptáculo. Lobos com dimensões aproximadas de 1-1.7 mm de comprimento por 0.5-1.2 mm de largura, finamente estriados, separados desde a base, com ápice geralmente truncado, arredondados ou levemente agudos. Receptáculo circular a subcircular, bifacial, com uma face venada e estéril, e outra fértil ou repleta de cicatrizes de inserção das sementes, com diâmetro médio de 7.5 mm. Pedicelo com estriações longitudinais que se prolongam em forma de leque na face dorsal, onde se dicotomizam até atingirem os lobos marginais. Semente do tipo *Cordaicarpus* em conexão, de superfície lisa, base arredondada e ápice agudo, medindo aproximadamente 2.38 mm de comprimento por 1.56 mm de largura. Detalhes como espessura da esclerotesta e micrópila não estão visíveis no material analisado.

**Discussão e comparação:** Dentre as morfoespécies de *Ottokaria* já descritas na literatura, aquelas que guardam maiores semelhanças morfológicas com o material analisado são: *O. transvaalensis* Plumstead 1956 emend. Anderson & Anderson 1985, definida com base em espécimes provenientes da Índia, e *O. ovalis* White

1908 e *O. sancta-catharinae* Dolianiti 1971, ambas provenientes de depósitos permianos brasileiros.

*O. transvaalensis* Plumstead 1956 emend. Anderson & Anderson 1985 guarda semelhanças morfológicas com os espécimes em análise principalmente pelo tamanho equivalente do receptáculo. Difere, contudo, pelas dimensões consideravelmente maiores dos lobos (GRÁFICO 2) e por seu longo pedicelo (4 cm em média). Este último não apresenta ainda um alargamento na sua espessura ao aproximar-se do receptáculo, evidente nos espécimes brasileiros aqui analisados.

Comparando-se o material analisado a *Ottokaria ovalis* White 1908, tendo como base a diagnose da morfoespécie e as recentes fotografias obtidas do material-tipo, observa-se que *O. ovalis*, embora apresente morfologia semelhante, possui dimensões superiores no que se refere ao tamanho total da estrutura reprodutiva e do receptáculo (este último com diâmetro maior que 20 mm) . Os lobos de *O. ovalis*, contudo, apresentam dimensões semelhantes às aquelas encontradas no material em análise, conferindo um aspecto dentado à margem do receptáculo (relação largura do receptáculo / largura dos lobos maior que 1:13. (GRÁFICO 02).

Por fim, os espécimes incluídos em *Ottokaria sancta-catharinae* Dolianiti 1971 são morfológicamente idênticos aos espécimes aqui analisados, uma vez que ambos apresentam lobos fundidos ao receptáculo pela porção basal, contornando toda a margem do receptáculo. Na face dorsal, apresentam venação que parte do pedicelo e se abre no receptáculo em forma de leque, dicotomizando-se diversas vezes até atingir os lobos marginais, os quais se apresentam estriados. Contudo, no que se refere às dimensões (largura dos lobos e largura do receptáculo), ambas medidas do material em análise diferem daquelas de *O. sancta-catharinae* , porém apresentam proporcionalidade linear conforme pode ser verificado no gráfico 2.

Esta diferença de tamanho não pode ser atribuída ao estágio de maturação dos espécimes ora analisados, uma vez que em alguns destes há registro de sementes praticamente maduras do tipo *Cordaicarpus* sp. em associação ou mesmo conectadas junto aos espécimes (Figura 24). Acredita-se, portanto, que se trata de uma variedade de *O. sancta-catharinae*, mas de dimensões reduzidas. Por isso,

sugere-se aqui designar o material estudado como *O. sancta-catharinae* var. *minor* var. nov.

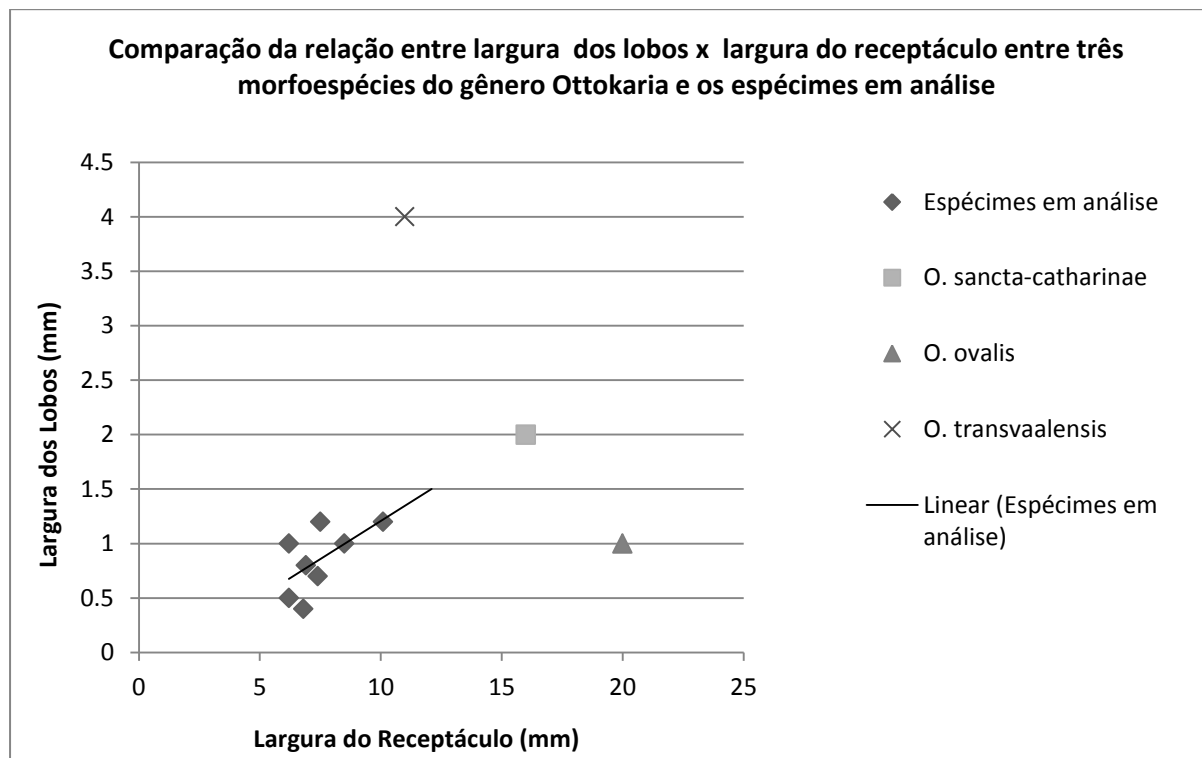


GRÁFICO 02: Comparação entre os dados morfométricos dos espécimes em análise com três morfoespécies de *Ottokaria*, são elas: *O. sancta-catharinae* Dolianiti 1971, *O. ovalis* White 1908 e *O. transvaalensis* Plumstead 1956 emend. Anderson & Anderson 1985. Observa-se no gráfico que os espécimes diferem de *O. transvaalensis* principalmente na largura média dos lobos e de *O. ovalis* na largura média do receptáculo. Em comparação com *O. sancta-catharinae* ambas medidas diferem, porém, elas apresentam proporcionalidade linear em relação às larguras tanto do receptáculo quanto dos lobos. O gráfico mostra, também, a linha de tendência, baseada nos dados morfométricos dos espécimes em análise. Salienta-se que não foram inseridos no gráfico os dados morfométricos das contrapartes e para as morfoespécies em comparação foram utilizados tão somente os dados diagnósticos/descritivos fornecidos pelos autores das morfoespécies.

**Morfografia das sementes associadas:** Embora seja possível verificar mais de uma semente associada e uma conectada (FIGURA 24) às estruturas reprodutivas analisadas, apenas uma está suficientemente visível para permitir uma descrição de sua estrutura (MP-Pb 5064). Assim, a semente encontrada em associação com *O. sancta-catharinae* var. *minor* var. nov. possui testa indiferenciada, comprimento geral de aproximadamente 2.38 mm e largura de aproximadamente 1.56 mm. Possui ápice agudo e base arredondada e superfície lisa. Detalhes da micrópila ou a espessura da esclerotesta, por exemplo, não estão visíveis no material analisado.

Comparando-se este material com as morfoespécies de sementes já descritas na literatura e utilizando-se da chave dicotômica para sementes gondvânicas proposta anteriormente neste trabalho (percurso dicotômico = 1; 2; 4), chega-se ao item 4 que trata da morfologia da região apical da semente. A escassez de espécimes e/ou de detalhes da região apical das sementes impede a verificação do tipo de ápice presente, ou seja, se este é agudo/acuminado ou agudo/obtusos. Acredita-se que com a obtenção de mais espécimes completos essa diferenciação seria possível. Assim, com vistas a uma determinação aproximada, seguiu-se as duas possibilidades oferecidas pela chave dicotômica (passos 4 e 4') e verificou-se que das morfoespécies com ápice agudo/obtusos todas possuem superfície estriada, com exceção de *Cordaicarpus emarginatus* Walkom 1935 que possui estriações marginais. Tanto a superfície completamente estriada quanto as estriações marginais não existe no material ora analisado.

Por outro lado, das morfoespécies com ápice agudo/acuminado e base arredondada apenas *Cordaicarpus brasilianus* Bernardes-de-Oliveira et al. 2007 apresentou-se morfologicamente semelhante ao material em análise. Contudo, sua superfície pode variar, de lisas à contendo finas estriações. Essas últimas não são visíveis nas sementes associadas à *Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor*. Além disso, as dimensões de *C. brasilianus* apresentaram-se ligeiramente maiores.

Por fim, considera-se importante o esforço em buscar uma determinação específica destas sementes, porém julga-se precipitado fazer confirmações a este respeito já que se trata de um material contendo apenas um espécime completo. No entanto, parece definitivo tratar-se de uma morfoespécie do gênero *Cordaicarpus* Geinitz 1862.

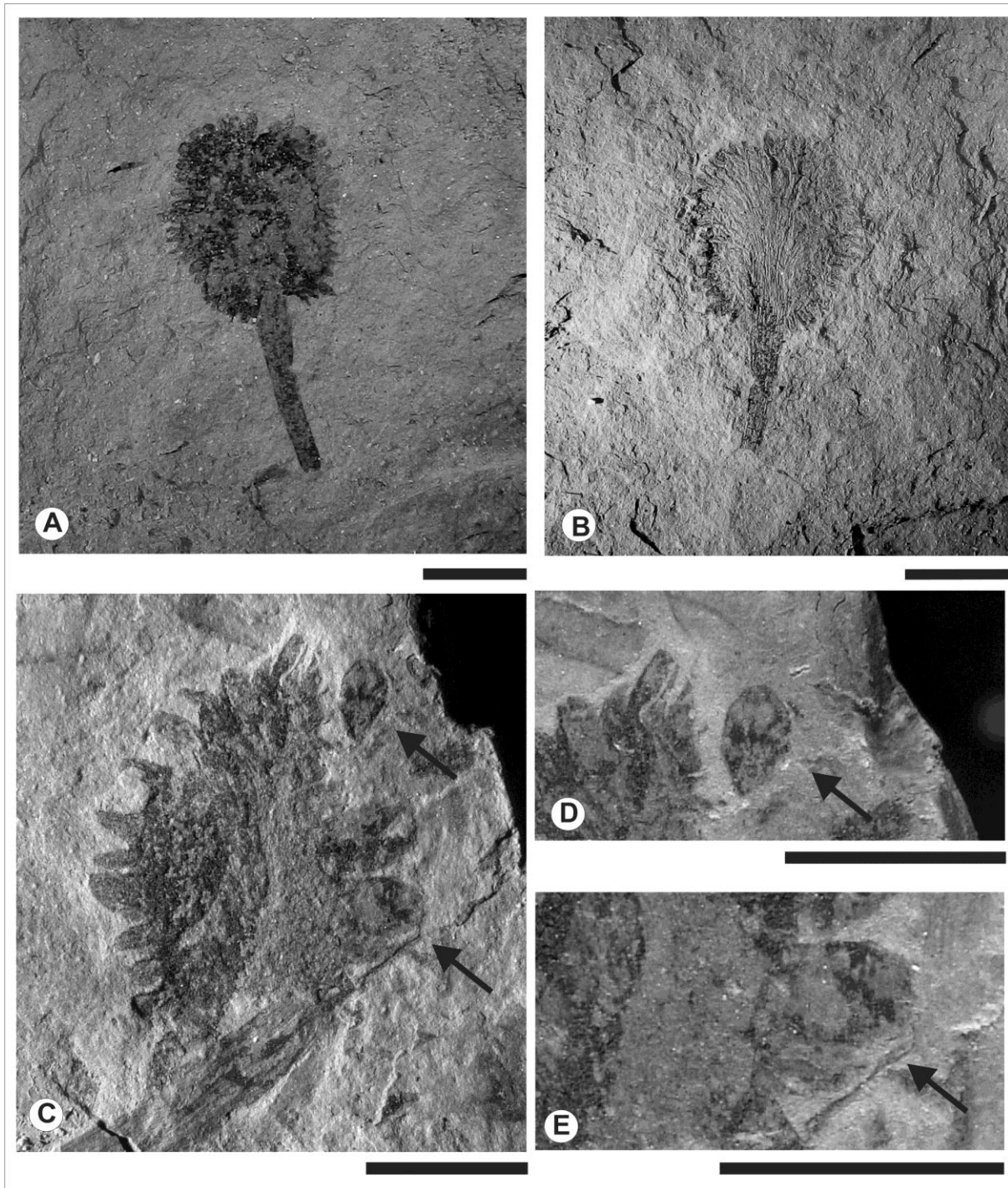


FIGURA 24: **Holótipo** - *Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor*, parte e contraparte. A – MP-Pb 5075a; face ventral do receptáculo com numerosas cicatrizes de inserção de sementes na porção central e margem recoberta por lobos livres, fundidos ao receptáculo pela base. B – MP-Pb 5075b; face dorsal mostrando o receptáculo recoberto por finas estriações que partem do pedicelo e abrem-se e arqueiam-se até atingir os lobos marginais livres. C – MP-Pb 5064; com sementes associadas (seta superior direita; detalhe em D) e semente conectada (seta inferior direita e detalhe em E). **Escala 5mm.**

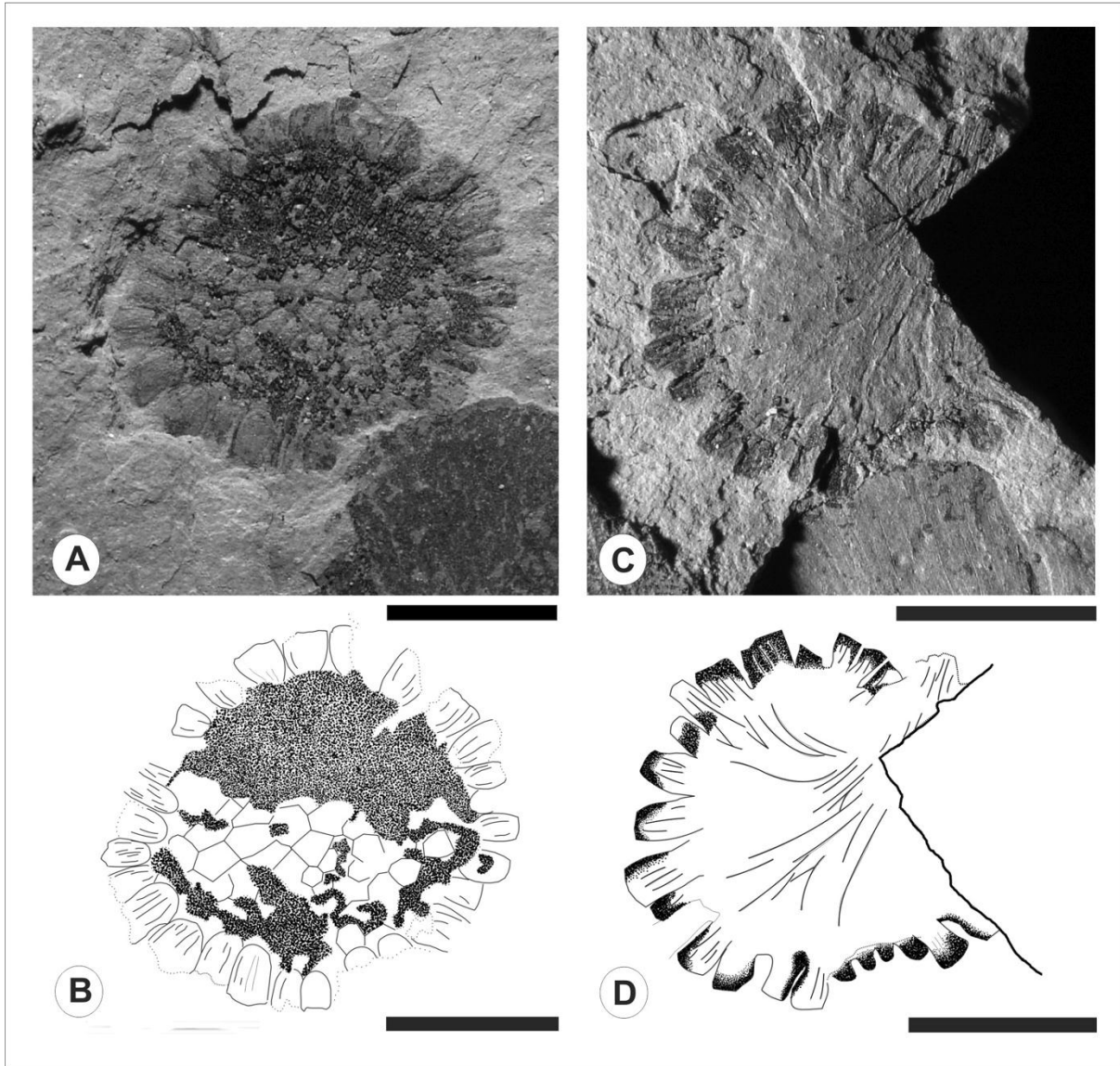


FIGURA 25: *Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor*, parte e contraparte. A e B – MP-Pb 5068a; face ventral do receptáculo com numerosas cicatrizes de inserção de sementes na porção central e margem recoberta por lobos livres, fundidos ao receptáculo pela base. C e D – MP-Pb 5068b; face dorsal mostrando o receptáculo recoberto por finas estriações que partem do pedicelo e abrem-se e arqueiam-se até atingir os lobos marginais livres. **Escala 5mm.**

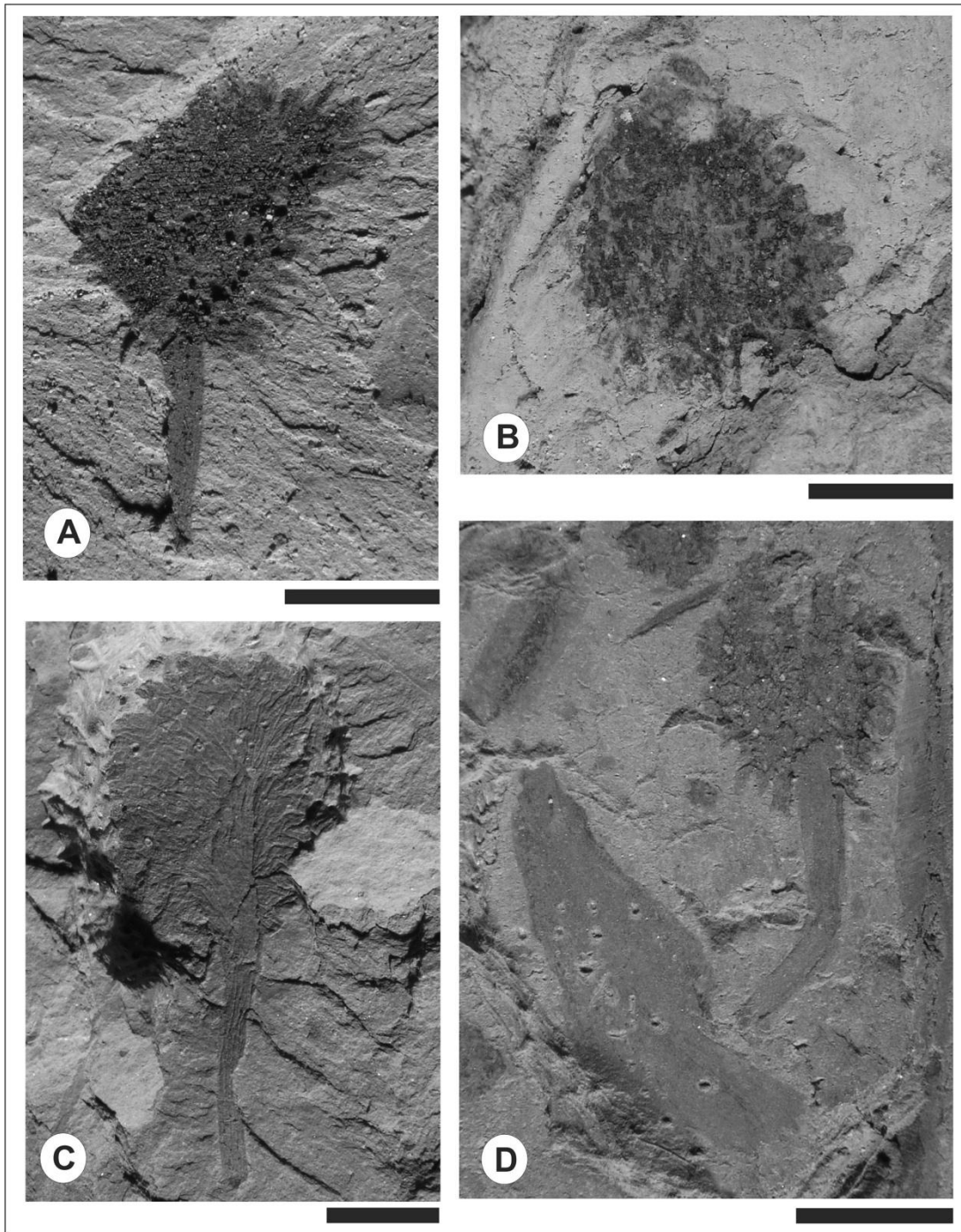


FIGURA 26: *Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor*. A – MP-Pb 5063; estrutura reprodutiva preservada lateralmente mostrando detalhes dos lobos marginais e do pedicelo. B - MP-Pb 5067; face ventral preservada. C – MP-Pb 5065; face dorsal mostrando o receptáculo recoberto por finas estriações que partem do pedicelo e abrem-se e arqueiam-se até atingir os lobos marginais livres. D – MP-Pb 5066; estrutura reprodutiva completa, face ventral repleta de cicatrizes de inserção das sementes, lobos marginais livres, estreitamente associada a uma folha do tipo *Glossopteris*, na qual poderia estar originalmente conectada. **Escala 5mm.**



Estrutura reprodutiva tipo-*Ottokaria*

## Figura 27

**Material:** GP-3E 3462

**Localidade:** Rio da Estiva, município de Itaiópolis, Santa Catarina.

**Ocorrência:** Formação Rio Bonito, Membro Paraguaçu, Bacia da Paraná.

**Idade:** Sakmariano médio.

**Descrição:** Estrutura reprodutiva dorsiventral, composta por uma face estéril e outra fértil recoberta por sementes/óvulos em distintos estágios de maturação. Estrutura incompleta, com receptáculo de comprimento maior que 23 mm e largura em torno de 17 mm (sem considerar as sementes). Pedicelo com aproximadamente 2 mm de espessura próximo ao seu ponto de inserção no receptáculo central. A preservação dorsolateral da estrutura reprodutiva permite a visualização de mais de uma dúzia de sementes/óvulos conectadas em posição ortótropa. Os lobos marginais ao receptáculo não estão em sua maioria com contornos bem definidos, mas parecem medir, em média, 1.5 mm de largura por 1.9 mm de comprimento. As sementes, do tipo *Cordaicarpus* sp., possuem base arredondada e ápice agudo. Tamanho médio de 4 – 5.2 mm de comprimento por 3 mm de largura. Esclerotesta, quando visível, mede 0.3 mm de espessura.

**Discussão e comparação:** A presença de múltiplas sementes/óvulos agregadas em um receptáculo central, bem como a posição ortótropa destas sementes/óvulos em relação à estrutura reprodutiva, são consideradas as principais feições que afastam este espécime da família Arberiaceae. A possível presença de lobos marginais ligados pela região basal ao receptáculo, bem com a presença de uma face dorsal recoberta por estriações que se espalham, a partir do pedicelo, em forma de leque pela superfície estéril do receptáculo, sugerem que o material pertence à Família Dictyopteridiaceae e, particularmente, ao gênero *Ottokaria*.

A posição em que o espécime está preservado, ou seja, dorsolateral, permite a visualização tanto da porção dorsal do receptáculo, como da porção ventral fértil, uma vez que a estrutura reprodutiva está repleta de sementes/óvulo conectados. A preservação deste tipo de estrutura, neste estágio reprodutivo, não é comum no

registro fóssil e para o gênero *Ottokaria* havia sido registrada apenas uma única vez por Pant & Nautyial (1984), para a morfoespécie *Ottokaria zeilleri*. Em comparação, as sementes conectadas à estrutura reprodutiva em análise (dimensões e morfologia) assemelham-se àquelas conectadas à morfoespécie indiana. Contudo, a dimensão dos lobos de *O. zeilleri* (3 mm de largura por 9 mm de comprimento) são consideravelmente superiores às dimensões do material brasileiro. Não obstante, a já mencionada posição dorsolateral de preservação do espécime em análise dificulta a medição precisa das dimensões do receptáculo, impedindo a comparação morfométrica desta porção da estrutura com os de outras morfoespécies.

Assim, a determinação morfoespecífica deste material torna-se uma tarefa bastante complicada, uma vez que algumas das características diagnósticas das morfoespécies já descritas não estão visíveis no espécime. Ademais, por tratar-se de um único exemplar as variações ocasionadas causadas por feições preservacionais podem não estar sendo detectadas. Registra-se, portanto, a presença deste espécime que, ao que tudo indica, trata-se de uma *Ottokaria*. Apenas um maior número amostral poderá elucidar as questões pendentes em relação à determinação morfoespecífica desse tipo de material.

**Morfografia das sementes associadas:** é possível verificar inúmeras sementes associadas à estrutura reprodutiva. O tamanho médio, conforme mencionado anteriormente, varia de 4-5.2 mm de comprimento por 3 mm de largura. O contorno geral é oval, a região apical aguda, em alguns casos emarginada, marcando a região micropilar. A base é arredondada. Superfície é geralmente lisa, mas pode apresentar finas estriações.

Trata-se, mais uma vez, de sementes com poucas feições diagnósticas diferenciadas. Os espécimes ora descritos assemelham-se àqueles encontrados em associação com as estruturas reprodutivas anteriormente identificadas nesta tese como *Ottokaria sancta-catharinae*. As semelhanças referem-se tanto ao tamanho quanto ao contorno geral. Neste sentido, seguindo-se a chave dicotômica para sementes gondvânicas, proposta anteriormente neste trabalho (percurso dicotômico= 1; 2; 4; 5), os espécimes em análise podem ser comparados com: *Cordaicarpus rocha-camposii* Bernardes-de-Oliveira 1976, *Cordaicarpus emarginatus* Walkom 1935, *Cordaicarpus cerronegreensis* Souza & Iannuzzi 2009 e

*Cordaicarpus madagascariensis* Apper 1977, principalmente por seu ápice agudo/obtusos e pela ausência de crista mediana.

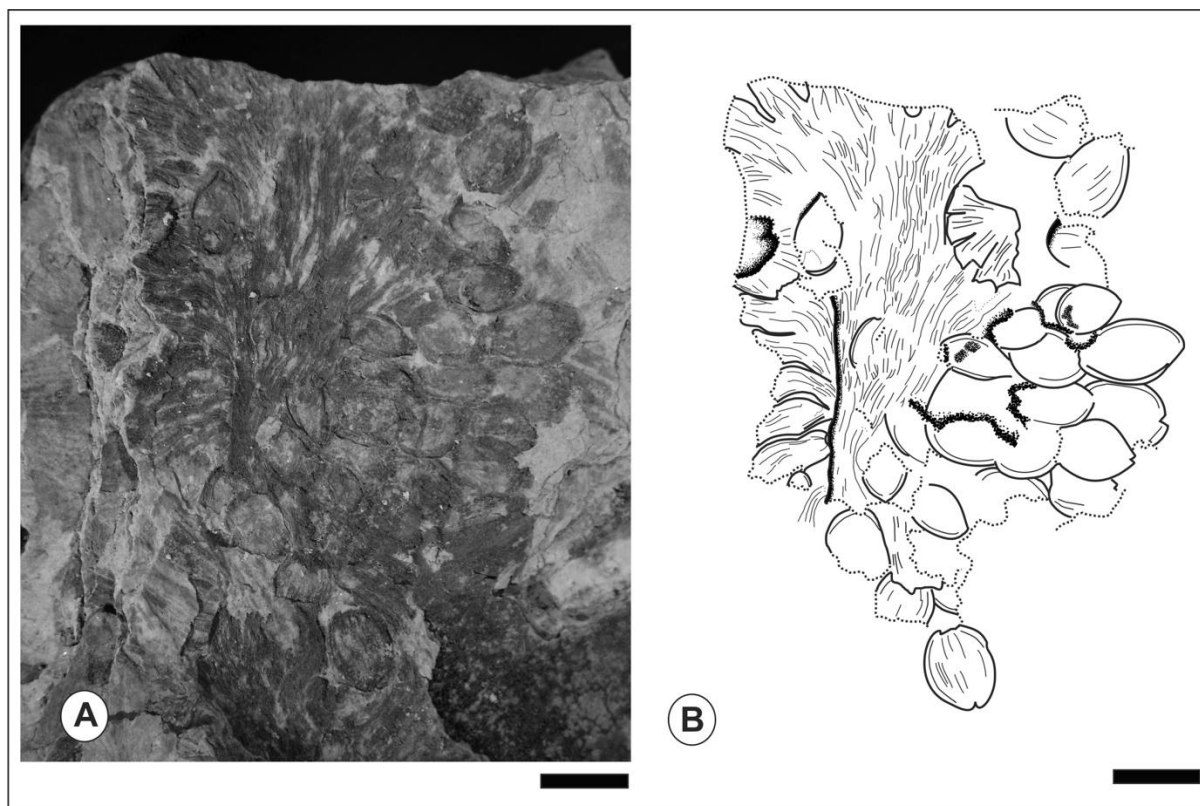


FIGURA 27: Fotografia e ilustração da estrutura reprodutiva tipo-*Ottokaria*. A e B – GP-3E 3462; preservação dorsolateral, mostrando a face estéril de venações dispersas em forma de leque e a face fértil repleta de sementes/óvulos conectados em posição ortótropa em um receptáculo central.

*Cordaicarpus madagascariensis* além de já ter sido encontrada em conexão orgânica com *Arberia madagascariensis*, difere ainda das sementes em análise por seu contorno geral em forma de “coração”, com base cordada e ápice aguçado. *Cordaicarpus cerronegreensis* possui morfologia bastante distinta, com um eixo longitudinal mais alongado e seu contorno geral em forma de “gota”. *Cordaicarpus rocha-camposii*, além de ser maior, possui um ápice mais agudo.

Assim, *Cordaicarpus emarginatus*, por sua vez, é a morfoespécie que mais se assemelha aos espécimes em análise. Primeiro, por possuir um contorno geral oval, segundo, por possuir uma micrópila emarginada e, terceiro, por apresentar sua superfície recoberta por finas estriações. Difere, contudo, por suas dimensões maiores (6-8 mm de comprimento x 4-5 mm de largura). Neste contexto, sugere-se novamente o enquadramento prévio em *Cordaicarpus* cf. *Cordaicarpus emarginatus*

uma vez que há uma ligeira discrepância em relação às dimensões e o material tipo não foi analisado.

### **6.3.2 Chave dicotômica para as morfoespécies do gênero *Ottokaria***

A morfologia peculiar do gênero *Ottokaria* permite ao pesquisador a fácil classificação genérica dos espécimes coletados. O receptáculo central com sua face ventral fértil, caracteristicamente marcada por cicatrizes de inserção das sementes (almofadas ou tubérculos como sugerem alguns autores), e sua face dorsal estéril densamente recoberta por veios, assim como a presença de lobos e longo pedicelo, definem claramente a morfologia dos componentes deste grupo.

Por outro lado, quando a análise taxonômica busca a determinação específica, a tarefa se complica, já que há muitas semelhanças entre as morfoespécies existentes. Por vezes, as diferenças restringem-se à quantidade de lobos, à forma geral do receptáculo ou à quantidade de cicatrizes na face ventral. No entanto, essas feições são facilmente alteradas pelo estado preservacional do material, sendo que, em muitos casos, nem todos os lobos marginais estão bem preservados, ou há um achatamento da frutificação que altera a forma original do receptáculo.

Addendorff (2005) elaborou uma chave dicotômica para as frutificações ovulíferas de glossopterídeas da África do Sul, incluindo todos os gêneros e morfoespécies de estruturas reprodutivas sul-africanas. A autora, ao considerar que as feições preservacionais tradicionalmente dificultam o trabalho comparativo dos paleontólogos, incluiu, ao final da chave, reconstituições das estruturas reprodutivas juntamente com as características mais específicas de cada táxon.

Esse sistema elaborado pela autora (op. cit.), além de exclusivo para material sul-africano, seguiu uma linha comparativa que incluiu duas categorias taxonômicas, são elas: família e espécie. Assim as distinções entre os gêneros não receberam infelizmente destaque na chave dicotômica elaborada por Adendorff (2005). Ademais, as três morfoespécies sul-africanas do gênero *Ottokaria* foram alocadas no mesmo eixo dicotômico ("STEP 12", no trabalho original de Adendorff 2005), ou seja, após percorrer toda a chave o usuário se depara, ao final, com as três

morfoespécies reunidas, cada uma com suas características diagnósticas reproduzidas.

Portanto, para este gênero, conclui-se que a chave proposta por Adendorff (2005) não contribui com a facilitação do processo comparativo em nível específico, uma vez que o usuário deverá analisar separadamente a diagnose de cada uma das três morfoespécies sul-africanas mesmo após o uso da chave. No entanto, o que se pode considerar de mais relevante na proposta de Adendorff (2005) é o esforço empregado na sistematização das informações disponíveis na literatura no que se refere às estruturas reprodutivas de glossopterídeas da África do Sul. Esta sistematização organizou o conhecimento e permitirá que novos estudos aprofundem-se na compreensão desses grupos.

É neste contexto que o presente estudo propõe o desmembramento do gênero *Ottokaria* em uma chave dicotômica própria que contemple todas as morfoespécies já descritas para o Gondwana. Assim, com vistas a facilitar o processo de comparação de novos espécimes coletados com as morfoespécies já descritas na literatura, buscou-se, por meio da elaboração de uma chave dicotômica, destacar as principais características distintivas das morfoespécies descritas para países como Brasil, África do Sul, Índia e Austrália (FIGURA 28). A chave dicotômica em questão teve como eixo analítico a relação dos lobos marginais com o receptáculo central, no que se refere ao seu tamanho proporcional, à sua quantidade, à região e posição de inserção ao receptáculo, entre outras feições presentes. Apenas ao final, são apresentadas as dimensões descritivas das morfoespécies fornecidas pelos autores que originalmente as designaram.

Das morfoespécies de *Ottokaria* encontradas na literatura, três não foram incluídas na chave dicotômica, são elas:

- *Ottokaria leeslii* Thomas 1921, que após a nova combinação feita por Adendorff (2005), passou a pertencer ao gênero *Elatra*;
- *Ottokaria kathwaiensis* Virkki 1938, devido à dificuldade em acessar a publicação original, bem como à ausência de importantes caracteres diagnósticos (ver Pant & Nautyal, 1984);
- *Ottokaria ferrugistratum* Anderson & Anderson 1985, por tratar-se de uma morfoespécie determinada apenas pela folha, uma vez que os próprios

autores informam que não há uma estrutura reprodutiva associada conhecida. Anderson & Anderson (1985) definiram esta espécie com base nas similaridades encontradas entre a folha estéril e outros *fertiliger* conhecidos para *Ottokaria* (McLoughlin 1990a)

- As demais onze morfoespécies já descritas na literatura, bem como a nova variedade apresentada neste estudo como *Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor*, foram analisadas, comparadas e organizadas no sistema dicotômico (FIGURA 28).

Destaca-se que *O. ovalis* White 1908, a qual havia sido colocada em sinonímia com *O. sancta-catharinae* por Bernardes-de-Oliveira & Carvalho (1981), é reconsiderada como uma espécie válida neste estudo por dois motivos principais. Primeiro, após análise de fotografias recentes do material tipo de *O. ovalis* e a realização de novas medições, verificou-se que o espécime descrito por White (1908) difere consideravelmente da diagnose de *O. sancta-catharinae*, principalmente, por possuir lobos mais curtos (2 mm em *O. ovalis* para 5mm em *O. sancta-catharinae*). Segundo, caso a sinonímia fosse considerada válida, deveria prevalecer então o epíteto *O. ovalis*, por este ter sido publicado antes do que *O. sancta-catharinae*, em concordância com o que determina o Código Internacional de Nomenclatura Botânica.

Uma análise detalhada da chave dicotômica gerada mostrou algumas tendências interessantes e que contribuem para a sustentação do potencial apresentado por esta ferramenta. Em primeiro lugar, o que se pôde verificar é que *O. hammanskraalensis* e *O. buriadica* são morfotipos muito próximos, mostrando certa similaridade morfológica entre ambos (ver FIGURA 28). Essa condição também é confirmada por Adendorff (2005), a qual acredita que um maior esforço amostral poderá vir a demonstrar no futuro que se trata de morfoespécies sinônimas.

Em segundo lugar, *O. sancta-catharinae* e *O. sancta-catharinae* var. *minor*, como era de se esperar, mantiveram-se próximas na sistematização da chave dicotômica, confirmando as semelhanças morfológicas discutidas aqui previamente.

Assim, acredita-se que sistemas de organização do tipo chave dicotômica podem contribuir para a sistematização do conhecimento paleontológico, bem como

facilitar a identificação dos espécimes, evitando enganos grosseiros e reduzindo o tempo despedido em comparações. No caso do gênero *Ottokaria*, sua potencialidade se amplia uma vez que os caracteres que definem esse grupo são bem determinados e facilmente identificáveis no material fóssil.

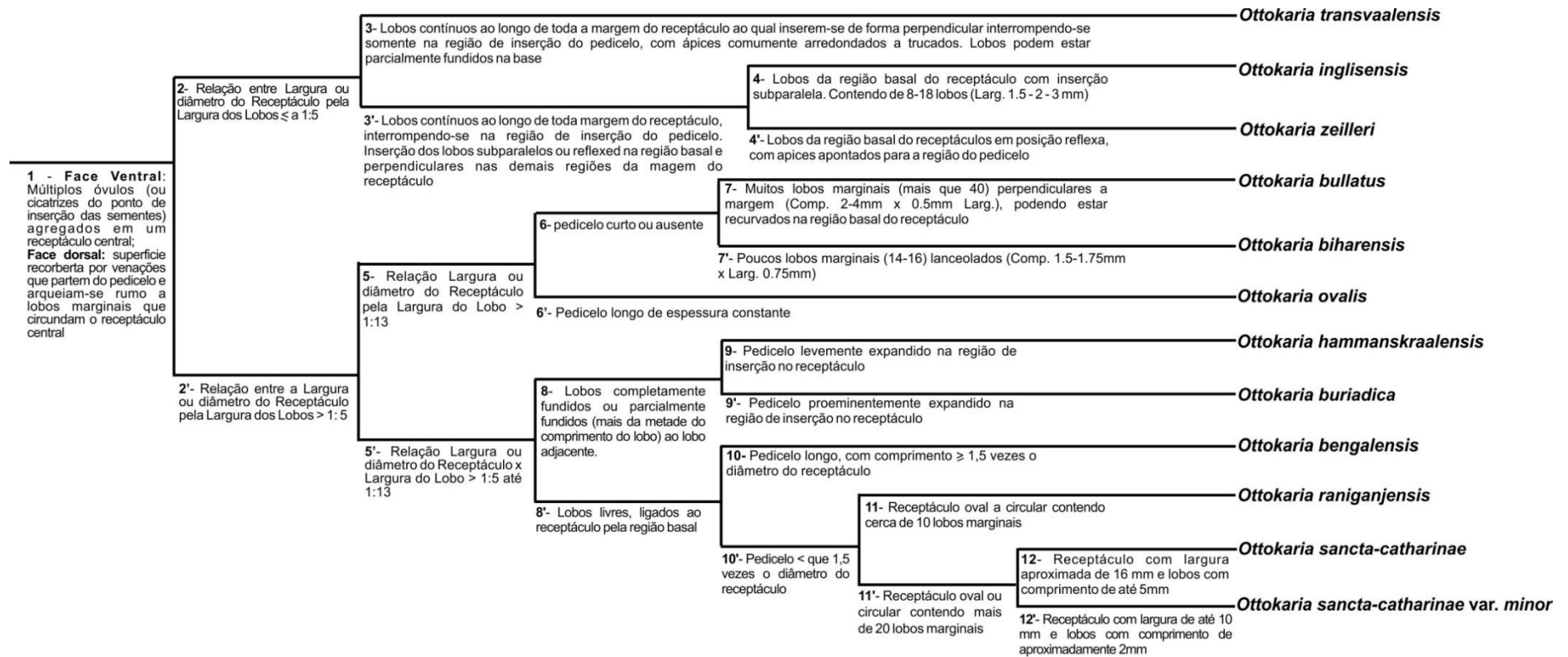


FIGURA 28: Chave dicotômica resumida, apresentando as principais características distintivas entre as morfoespécies do gênero *Ottokaria* descritas no Gondwana.



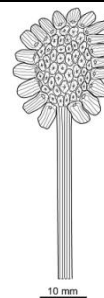
QUADRO 6: Chave dicotômica para determinação de morfoespécies do gênero *Ottokaria* Zeiller 1902. Ilustrações retiradas de trabalhos desenvolvidos pelos autores das morfoespécies ou pelos demais autores que as reavaliaram, sendo baseadas nos morfotipos e suas características diagnósticas. Os textos em itálico referem-se aos parâmetros morfométricos e às características diagnósticas especificadas para cada morfoespécie.

- 
- 1 Face Ventral: Múltiplos óvulos (ou cicatrizes do ponto de inserção das sementes) agregados em um receptáculo central; Face dorsal: superfície recoberta por venações que partem do pedicelo e arqueiam-se rumo a lobos marginais que circundam o receptáculo ..... 2
- 

- 2 Relação entre Largura ou diâmetro do Receptáculo X Largura dos Lobos  $\leq$  1:5 ..... 3
- 

- 2' Relação entre a Largura ou diâmetro do Receptáculo X Largura dos Lobos  $>$  1:5 ..... 5
- 

- 3 Lobos contínuos ao longo de toda a margem do receptáculo ao qual se inserem de forma perpendicular interrompendo-se somente na região de inserção do pedicelo, com ápices comumente arredondados a truncados. Lobos podem estar parcialmente fundidos na base .....

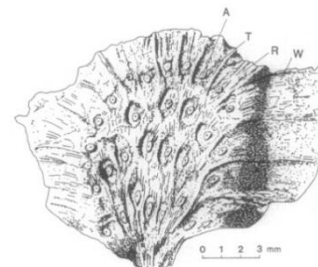


*Ottokaria transvaalensis* Plumstead emend. Anderson & Anderson 1985

- 3' Lobos contínuos ao longo de toda margem do receptáculo, interrompendo-se na região de inserção do pedicelo. Inserção dos lobos subparalelos ou em posição reflexa na região basal e perpendiculares nas demais regiões da margem do receptáculo ..... 4
- 

- 4 Lobos da região basal do receptáculo com inserção subparalela. Contendo de 8- 18 lobos (Larg. 1.5-2-3 mm)

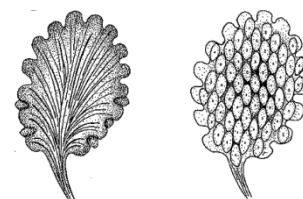
*Possui de 9-37 cicatrizes de inserção de semente as quais possuem uma marca central característica. Pedicelo curto (1-4.5 mm) e estreito (menor que 1.5 mm). Receptáculo circular a flabeliforme (Comp. 5-8.5-12.5 mm x 4-7.6-14 mm Larg)*



*Ottokaria inglisensis* McLoughlin 1990

- 4' Lobos da região basal dos receptáculos em posição reflexa, com ápices apontados para a região do pedicelo

*Com estrutura cuticular preservada, sementes ortótropas. Face estéril da estrutura reprodutiva densamente estriada, com veios que partem do pedicelo, adentrado no receptáculo, onde se bifurcam e se curvam até atingirem os lobos marginais* .....



*Ottokaria zeilleri* Pant & Nautyial 1984

- 5 Relação Largura ou diâmetro do Receptáculo X Largura do Lobo > que 1:13 .....

6

- 5' Relação Largura ou diâmetro do Receptáculo X Largura do Lobo > 1:5 até 1:13 .....

8

- 6 Pedicelo curto ou ausente .....

7

- 6' Pedicelo longo de espessura constante

*Densamente estriado, cuja venação irradia-se da região apical do pedicelo, adentrando-se ao receptáculo, onde se dicotomiza até que as últimas estrias penetram nos lobos marginais. Receptáculo oval (comp. 20-50mm x 20mm larg.) Lobos curtos e eretos, arredondados* .....

*Ottokaria ovalis* White 1908

- 7 Muitos lobos marginais (mais que 40) perpendiculares a margem (comp. 2-4mm x 0.5mm larg.), podendo estar recurvados na região basal do receptáculo

*Receptáculo circular a flabeliforme (Comp. 11-18mm x 15-29 mm Larg.). Contendo de 50 a 300 cicatrizes de inserção de sementes* .....

*Ottokaria bullatus* Mcloughlin 2011

- 7' Poucos lobos marginais (14-16) lanceolados (Comp. 1.5-1.75mm x Larg. 0.75mm)

*Receptáculo circular a oval com aproximadamente 12 mm de diâmetro* .....



*Ottokaria biharensis* Srivastava 1976

- 8 Lobos completamente fundidos ou parcialmente fundidos (mais da metade do comprimento do lobo) ao lobo adjacente .....

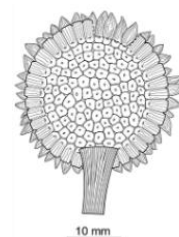
9

- 8' Lobos livres, ligados ao receptáculo pela região basal .....

10

- 9 Pedicelo levemente expandido na região de inserção no receptáculo

*lobos curtos e grossos, fundidos uns aos outros na maior parte do comprimento.....*



*Ottokaria hammanskraalensis*  
Anderson & Anderson emend.  
Adendorff 2005

- 9' Pedicelo proeminentemente expandido na região de inserção no receptáculo

*Lobos fracamente definidos, fundidos dando aspecto contínuo a ala marginal. Pedicelo longitudinalmente estriado.....*



*Ottokaria buriadica* Plumstead 1956

- 10 Pedicelo longo, com comprimento maior ou igual que 1,5 vezes o diâmetro do receptáculo

*Receptáculo circular com diâmetro de 30 mm, pedicelo longo com aproximadamente 55 mm. Lobos marginais afilados (cerca de 30) com comp. 10-11mm x 2-3 mm larg. ....*



*Ottokaria bengalensis* Zeiller 1902

- 10' Pedicelo menor que 1,5 vezes o diâmetro do receptáculo ..... 11

- 11 Receptáculo oval a circular contendo cerca de 10 lobos marginais

*Lobos com 3-6 mm de comp. x 1.7-1.9 mm de larg ..... Ottokaria raniganjensis* Banerjee 1975

- 11' Receptáculo oval ou circular contendo mais de 20 lobos marginais ..... 12

- 12 Receptáculo com largura aproximada de 16 mm e lobos com comprimento de até 5mm

*Contém cerca de 28 lobos, receptáculo oval a circular, pedicelo alarga-se em direção ao receptáculo ..... Ottokaria sancta-catharinae* Dolianiti 1972

---

12' Receptáculo com largura de até 10 mm e lobos com comprimento de aproximadamente 2mm

*Receptáculo circular a oval, contendo aproximadamente 26 lobos. Pedicelo alarga-se em direção ao receptáculo* ..... *Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor* var. nov.

---

### 6.3.3 Distribuição estratigráfica de *Ottokaria* spp. no Brasil

Conforme visto neste capítulo, no Brasil, esta família é representada pelos gêneros *Ottokaria* e *Plumsteadia*, sendo a presença de *Scutum* ainda duvidosa. No entanto, apenas *Ottokaria* tem ocorrência amplamente registrada em depósitos brasileiros. Este gênero possui doze morfoespécies distribuídas por quatro países do Gondwana, sendo *Ottokaria bengalensis* Zeiller 1902, *O. biharensis* Srivastava 1978 e *O. raniganjensis* Banerjee 1978 provenientes da Índia. *Ottokaria buriadica* Plumstead 1956, *O. transvaalensis* Plumstead 1956 emend. Anderson & Anderson 1985 e *O. hammanskraalensis* Anderson & Anderson 1985 são provenientes da África do Sul enquanto *O. ovalis* White 1908 e *O. sancta-catharinae* Dolianiti 1971 são oriundas do Brasil e *O. inglisensis* McLoughlin 1990 e *O. bullatus* McLoughlin 2011 provenientes da Austrália.

Avaliando-se o Quadro 7 de distribuição estratigráfica de *Ottokaria*, é possível verificar a predominância deste gênero no Permiano Inferior do Gondwana, tendo apenas duas espécies registradas em depósitos do Permiano Superior, sendo elas *O. raniganjensis* e *O. inglisensis*. Salienta-se que a confirmação de que os espécimes provenientes do afloramento Morro do Papaléo-Seção Faxinal preliminarmente identificados como *Scutum* sp., pertencem, de fato ao gênero *Ottokaria*, ampliam a ocorrência deste gênero antes restrito à Formação Rio Bonito, à depósitos do Grupo Itararé.

Por fim, destaca-se que no Quadro 7 já foi incluída a distribuição estratigráfica de *Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor*, proposta neste estudo, bem como do material descrito em localidades distintas das localidades-tipo das morfoespécies, oferecendo assim uma visão ampla da distribuição das morfoespécies no Gondwana. Vale salientar que muitos dos estudos que realizaram a identificação de estruturas reprodutivas apontaram dúvidas na identificação do

material, sendo ideal uma reavaliação dos espécimes para conferir sua determinação taxonômica.

QUADRO 7: Distribuição estratigráfica das morfoespécies gondvânicas de *Ottokaria*. **IN**: Índia; **BR**: Brasil; **AF**: África do Sul; **AR**: Argentina; **AU**: Austrália; **RH**: Rodésia (Zimbábue); **SRW**: South Rewa; **MPA**: Morro do Papaléo-Seção Faxinal; **RST**: Afloramento Rio da Estiva; **IRP**: Camada Irupá (Afloramentos Bainha, Bairro 20, São Marcos); **ITN**: Afloramento Itanema II; **CGR**: Carvão Giridih; **HMK**: Hammanskraal; **VRE**: Vereeniging; **WKI**: Wankie; **BNT**: Formação Bonete; **CAR**: Carvão Aruanga; **IRC**: Carvão Irwin River; **BAS**: Folhelho Black Alley; **CRG**: Carvão Raniganj. Unidades Permiano Inferior = Cisuraliano; Permiano Superior = Guadalupiano ao Lopingiano.

Morfoespécies	Permiano Inferior														Perm. Superior	Referências
	IN	BR					IN	AF	RH	AR	IN	AU	IN			
	SRW	MPA	RST	IRP	ITN	CGR	HMK	VRE	WKI	BNT	CAR	IRC	BAS	CRG		
<i>Ottokaria biharensis</i>																Srivastava (1976)
<i>Ottokaria bengalensis</i>																Zeiller (1902)
<i>Ottokaria</i> cf. <i>O. bengalensis</i>																Menendez (1982)
<i>Ottokaria</i> cf. <i>O. bengalensis</i>																Pant & Nautiyal (1984)
<i>Ottokaria</i> aff. <i>O. bengalensis</i>																Bernardes-de-Oliveira e Carvalho (1981)
<i>Ottokaria bullatus</i>																McLoughlin (2011)
<i>Ottokaria buriadica</i>																Plumstead (1956)
<i>Ottokaria hammanskraalensis</i>																Anderson & Anderson (1985); Adendorff (2005)
<i>Ottokaria inglisensis</i>																McLoughlin (1990)
<i>Ottokaria kathwaiensis</i>																Pant & Nautiyal (1984)
<i>Ottokaria ovalis</i>																White (1908)
<i>Ottokaria raniganjensis</i>																Pant & Nautiyal (1984)
<i>Ottokaria sancta-catharinae</i>																Dolianiti (1971); Bernardes-de-Oliveira & Carvalho (1981); Nova ocorrência;
<i>Ottokaria sancta-catharinae</i> var. <i>minor</i>																Presente estudo
<i>Ottokaria transvaalensis</i>																Plumstead (1956)
<i>Ottokaria</i> cf. <i>O. transvaalensis</i>																Bernardes-de-Oliveira & Carvalho (1981)
<i>Ottokaria zeilleri</i>																Pant & Nautiyal (1984)
<i>Ottokaria</i> sp.																ex. <i>Scutum</i> in Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993)

## 7. A FAMÍLIA ARBERIACEAE NO BRASIL, REAVALIAÇÃO, ANÁLISE CRÍTICA E NOVAS OCORRÊNCIAS

Divisão **Pinophyta** Meyen 1984

Classe **Glossopteridopsida** Maheshwari 1976

Ordem **Dictyopteridiales** Rigbyi 1978 (nom. corr. McLoughlin, 1990)

Família **Arberiaceae** Rigbyi 1972 emend. Adendorff 2005

Esta família, que é possivelmente polifilética (Adendorff, 2005), foi determinada por Rigby, em 1972a, após o autor analisar o material proveniente de afloramentos brasileiros e australianos. As características diagnósticas da família foram apresentadas pelo autor como sendo “estruturas reprodutivas femininas, com uma raque ramificada ou não, sustentando pinas inseridas lateralmente, as quais podem ser simples, bífidas ou fendidas em muitas partes com um óvulo solitário terminal ou inserido lateralmente. Pínulas com uma lâmina, cúpulas ou outras estruturas estéreis ausentes”.

female fructifications of branched or unbranched rachis bearing laterally inserted pinnae which are simple, bifid or multifid with terminal or laterally placed solitary ovules. Pinnules with a lamina, cupules and other sterile structure absent (Rigby, 1972a, p. 116).

Porém, Adendorff (2005) emendou posteriormente a diagnose de Rigby por considerar que alguns termos utilizados pelo autor eram inadequados, uma vez que estavam associados às frondes de samambaias. Esta associação refletiu, de acordo com Adendorff (2005), a compreensão de Rigby a respeito destas estruturas reprodutivas na época em que determinou a família, quando as considerava estruturas de pteridospermas, ou seja, um megasporófilo (folha contendo óvulos) que se ramifica de maneira pinada (Bernardes-de-Oliveira & Pontes, 1976).

A emenda à diagnose proposta por Adendorff (2005) determinou a família como sendo composta por “estruturas reprodutivas ovulíferas, composta por um eixo primário que pode ser dicotomicamente ramificado e que pode conter uma ou mais ordens de ramificações; a porção terminal dos últimos ramos suporta um óvulo solitário e pode ter uma estrutura estéril tipo bráctea em posição distal à cicatriz de

inserção da semente; as estruturas reprodutivas não possuem um arranjo dos ramos em forma de leque”.

ovuliferous fructifications comprising a primary axis which may be dichotomously branched, and which may bear a single order or multiple orders of branches; termini of ultimate branches bear a solitary ovule, and may have a sterile scale-like structure distal to seed attachment scar; fructifications do not have a fan-shaped arrangement of branches (Adendorff, 2005, p. 126).

No Brasil, esta família é composta até o momento pelos gêneros *Arberia* (White) emend. Rigby 1972 e *Arberiosis* Bernardes-de-Oliveira 1976, ambos restritos à Formação Rio Bonito, com idade entre o Sakmariano tardio e o Artinskiano precoce (QUADRO 8). Dentre os pesquisadores que estudaram essas estruturas, Rigby (1972a) foi, sem dúvida, um dos que mais contribuiu para a consolidação e a compreensão do gênero *Arberia* por meio da análise de dezenas de espécimes provenientes de distintos afloramentos do estado de Santa Catarina. Adendorff (2005) chamou a atenção para a variedade morfológica que compunha a espécie *Arberia minasica* (White) emend. Rigby 1972 e mencionou, em seu estudo, a necessidade de uma revisão dos espécimes estudados por Rigby (1972a). Essa revisão é apresentada no decorrer deste capítulo.

### 7.1. O gênero *Arberia*

*Arberia*, assim como *Plumsteadia*, é um dos gêneros de maior ocorrência no Gondwana, com uma diagnose bem definida, de fácil reconhecimento e foi registrado na Índia, Brasil, Antártica, Austrália, África do Sul e Madagascar, assumindo, portanto, grande importância em estudos biogeográficos (Adendorff, 2005) (QUADRO 8). De acordo com a autora, *Arberia* seria a forma mais basal dentre as estruturas reprodutivas das Glossopterídeas.

Descrito pela primeira vez por White (1908), *Arberia* foi criado para acomodar espécimes brasileiros encontrados na Coluna White, no estado de Santa Catarina, Brasil, bem como os espécimes estudados por Feistmantel (1879), na Índia. Este gênero, até o presente momento, embora facilmente reconhecido por paleobotânicos que estudam a flora gondvânica, mostra-se confuso no que se refere à delimitação das suas morfoespécies, em decorrência da grande variabilidade morfológica apresentada pelas formas e das descrições pouco detalhadas feitas nos estudos pioneiros.

Em 1972a, Rigby, ao estudar e descrever mais de uma dezena de espécimes de *Arberia*, propôs a primeira emenda à diagnose do gênero. Adendorff (2005), julgando inadequada a terminologia utilizada por Rigby ao emendar a diagnose de *Arberia*, propôs mais uma emenda, alterando, principalmente, esta terminologia. De acordo com Adendorff (2005), não se pode ter certeza de que as estruturas reprodutivas descritas correspondem de fato a megasporófilos, conforme havia sido sugerido na emenda feita por Rigby (1972a). Ainda, Adendorff (op. cit.) incluiu na sua emenda a presença de uma estrutura escamiforme situada na porção terminal dos ramos portadores de sementes (ou com cicatrizes de inserção das sementes), por considerar essa uma importante característica para reconhecer a natureza bifacial do ramo terminal. Ainda, a autora destacou a possibilidade dos ramos estarem inseridos no eixo principal em diversos planos, excluindo a organização exclusivamente planar das estruturas designadas como *Arberia*.

As emendas realizadas contribuíram significativamente para o reconhecimento de espécimes pertencentes ao gênero. Contudo, a dificuldade de se distinguir uma morfoespécie da outra permanece como uma das maiores barreiras para a real compreensão da morfologia destas estruturas reprodutivas.

De acordo com Rigby (1972a), as variações em forma, tamanho, presença e ausência de óvulos/sementes podem, por vezes, ser considerados estágios ontogenéticos diferenciados de uma mesma morfoespécie. Aceitando-se esta linha de pensamento, morfologias distintas podem pertencer à mesma morfoespécie, enquanto outras, com grande semelhança morfológica e estrutural podem corresponder a morfoespécies distintas.

Para ilustrar esta situação, tem-se como exemplo o espécime DGP 1065 descrito por Rigby (1972a) como um estágio juvenil de *Arberia minasica*. Dentre os espécimes estudados, Rigby considerou que aqueles com ramos mais espessos, mais curtos e pouco ramificados representariam estágios iniciais de maturação de *Arberia*, enquanto que os de ramos mais longos e delgados corresponderiam aos estágios maduros (p. ex. DGP 1070). Estes estágios juvenis seriam evidenciados, na maioria das vezes, pela ausência de óvulos/sementes conectadas. Em contraposição, foi possível encontrar espécimes com as características ditas “juvenis” por Rigby (i. é, ramos curtos e largos, pouco ou nada ramificados), porém



em estágios de maturação avançados dos óvulos. Este foi o caso do espécime GP-3T 247, descrito por Bernardes-de-Oliveira (1977) e aqui analisado. Este espécime possui um óvulo/sememente conectado, bem como ramos curtos e o eixo principal alargado (FIGURA 29).

Detalhes como este, principalmente, quando se tratam de fósseis provenientes de uma mesma camada, como é o caso dos espécimes acima mencionados, acabam gerando uma dificuldade para estudos descritivos e comparativos. Embora Rigby (1972a) estivesse provavelmente certo a respeito da complexidade de formas em distintos estágios de maturação do material que analisou, é visível que alguns espécimes não deveriam estar incluídos em *Arberia minasica*.

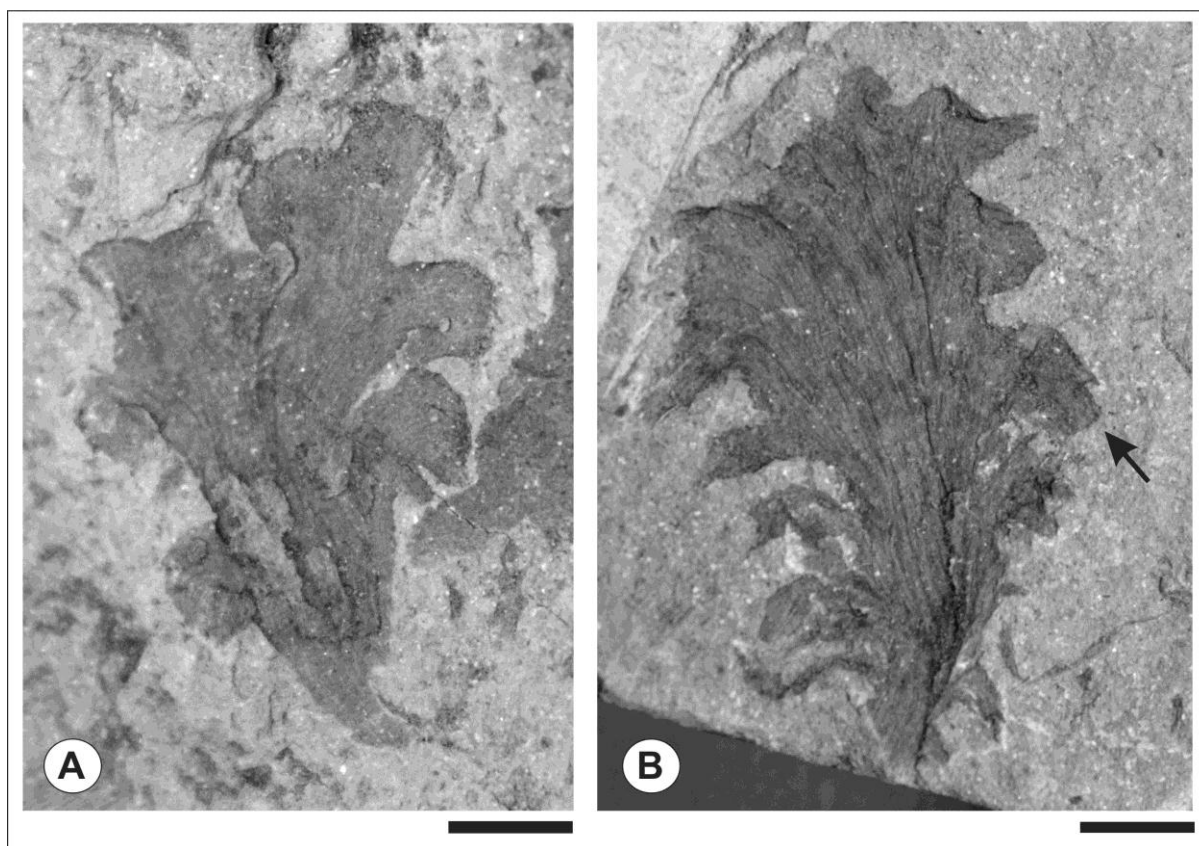


FIGURA 29: A - DGP 1065; morfotipo considerado por Rigby (1972) como um estágio imaturo de *Arberia minasica*, tendo em vista a maior espessura e o menor comprimento dos ramos que partem do eixo principal, o qual mostra-se também mais largo do que em espécimes considerados maduros pelo autor. B – GP-3T 247; *Arberia minasica* espécime com óvulo/sememente conectada, com ramos curtos e largos (indicado pela seta) **Escala: 5 mm.**

Neste contexto, o que fica evidente é a necessidade de se reorganizar o gênero e, principalmente, as morfoespécies com ocorrência na Bacia do Paraná, com vistas a conferir maior precisão ao processo de determinação taxonômica e posterior uso das morfoespécies em estudos de correlação.

Inicialmente, parece nítido que as morfoespécies de *Arberia* já descritas para o Gondwana podem ser separadas em dois grandes grupos. O primeiro grupo composto por aqueles morfotipos que possuem uma incisão dicotômica profunda na região apical do eixo principal. O segundo, por morfoespécies que não possuem essa dicotomia visível (FIGURA 30).

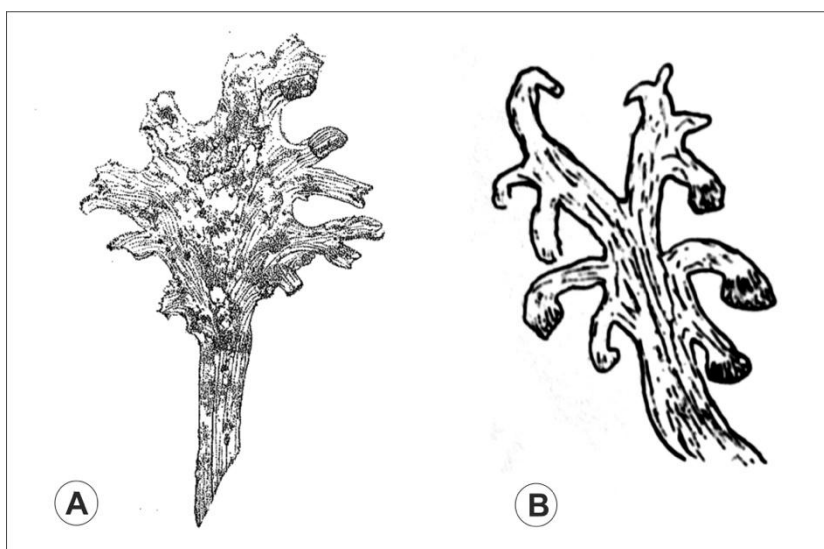


FIGURA 30: A- ilustração de *Arberia surangei* Chandra & Srivastava 1981, evidenciando a ausência de uma incisão dicotômica apical na estrutura reprodutiva, bem como seu eixo principal consideravelmente alargado (ilustração retirada de Chandra & Srivastava, 1981). B – ilustração de *Arberia opposita* (Millan) Rigby 1972, evidenciando a profunda incisão dicotômica apical, bem como o aspecto mais alongado do eixo principal (ilustração retirada de Millan, 1967).

Outras características, tais como, a forma da bráctea dos ramos terminais, a forma da semente, o contorno geral da estrutura reprodutiva e o tamanho geral das estruturas, são facilmente alteradas por feições preservacionais. Novamente, para ilustrar essa situação pode-se citar o material-tipo de *Arberia minasica* descrito por White (1908) (FIGURA 31), cujas supostas estruturas escamiformes dos ramos terminais encontram-se imersas no sedimento, causando o aspecto truncado à terminação desses ramos. Apenas no espécime NMNH 31982 é possível visualizar as estruturas escamiformes preservadas na posição lateral, bem como uma última, em posição dorsal (ver FIGURA 31, imagens E e F). Ainda, de acordo com Rigby

(1972a), o material descrito por White correspondeu a apenas fragmentos das estruturas reprodutivas, dificultando a compreensão da estrutura completa.

Outro exemplo que pode ser citado é o da morfoespécie australiana *Arberia woolagaensis* McLoughlin 2011, erigida com base em um único espécime preservado lateralmente e com sementes associadas. O fato de tratar-se de um único espécime impede que sejam compreendidas as demais faces e feições dessa estrutura reprodutiva em particular.

Estes exemplos contribuem para enfatizar a já mencionada necessidade de se redefinir o gênero. Primeiro, é preciso realizar a revisão das morfoespécies de *Arberia*, acessando os materiais-tipo e acrescentando novos espécimes capazes de delinear melhor as feições diagnósticas de cada morfoespécie proposta. Segundo, dever-se-ia assumir o cuidado em erigir novas morfoespécies apenas quando o número de espécimes disponível seja suficiente para compreender a maioria das feições da estrutura reprodutiva, facilitando *a posteriori* trabalhos comparativos de cunho taxonômico, o que conseqüentemente facilitaria a aplicação bioestratigráfica destas estruturas. Neste sentido, é apresentada a seguir uma revisão dos materiais descritos por Rigby (1972a) e Bernardes-de-Oliveira (1977), pertencentes ao gênero *Arberia* e recuperados de depósitos fossilíferos da Bacia do Paraná, Brasil, bem como a descrição e identificação de novos espécimes recuperados de outros afloramentos localizados na mesma bacia sedimentar.

**Espécie-tipo:** *Arberia minasica* White 1908 emend. Rigby 1972

**Diagnose original do gênero** White 1908

“folhas escamiformes pequenas, ovóides, largamente pedunculadas, divergentes, ou redondas, profundamente incisadas, coriáceas, ou estriadas de nervuras espessas, cujos lobos distantes, recurvados e truncados, parecem dever as suas terminações abruptas ou mesmo levemente carcomidas ao destacamento de alguma espécie de corpos que se presumem da natureza dos reprodutivos” (FIGURA 31)

Small, broadly pedicellate, spreading, ovate, oval, or rounded, deeply incised, coriaceous or striate and thicknerved scale leaves whose distant recurvate and truncate lobes appear to owe their abrupt or even slightly ragged terminations to the detachment of some sort of bodies, presumably reproductive in nature (White, 1908, p. 537).

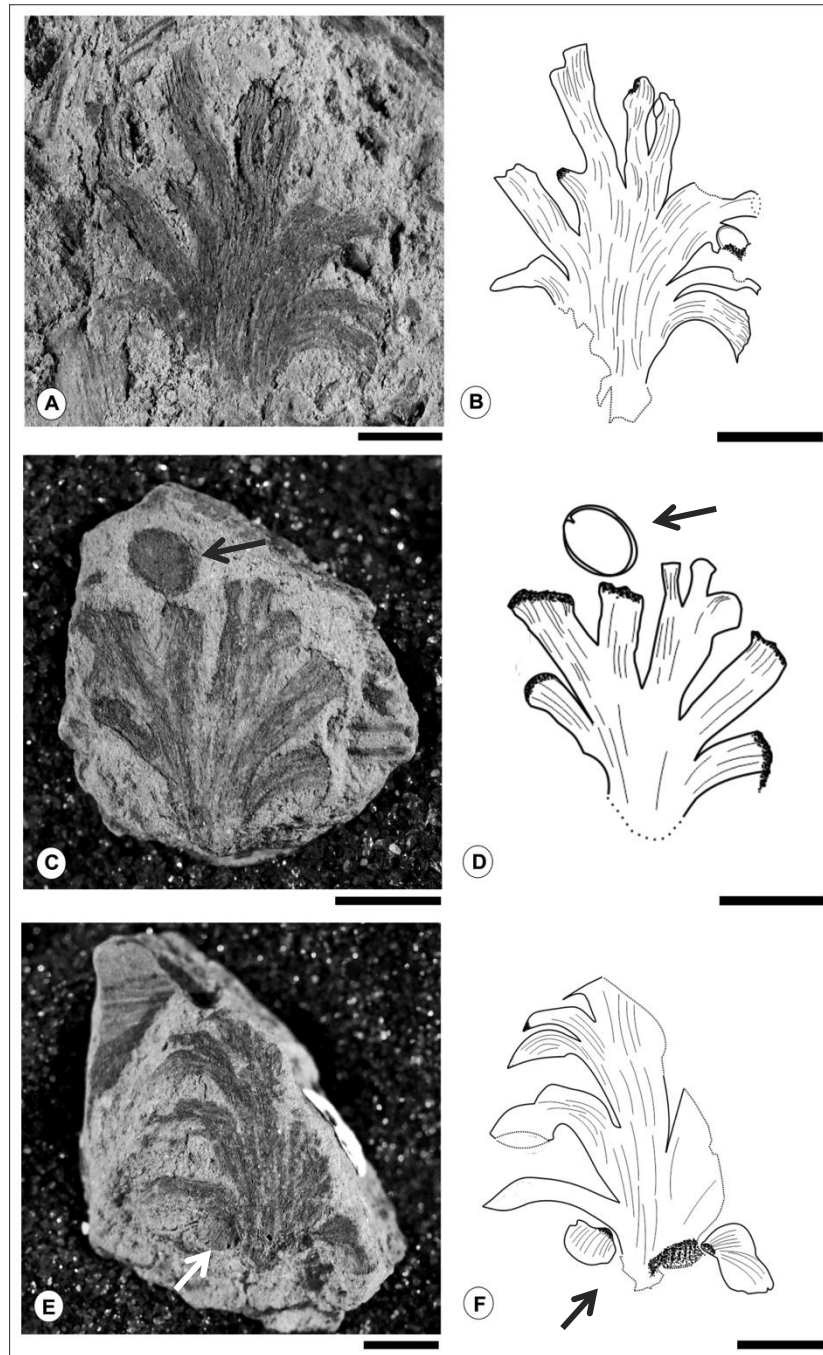


FIGURA 31: Ilustrações e fotografias do material-tipo de *Arberia minasica* descrito por White em 1908. A e B – NMNH 31985; estrutura reprodutiva com eixo principal laminar, estriado subdividindo-se em ramos mais curtos de terminação aparentemente truncada. C e D – NMNH 31893; estrutura reprodutiva estriada com ramos secundários com terminação abrupta a truncada, encontrada em associação com uma semente do tipo *Cordaicarpus* Geintz (seta) de superfície lisa e ápice emarginado. E e F – NMNH 31982; estrutura reprodutiva de superfície estriada, apresentando um alargamento na porção distal dos ramos terminais que podem ser interpretados como estruturas tipo-escama protetoras das sementes, conforme sugerido por Adendorff (2005), na emenda proposta para o gênero *Arberia*; seta indicando esta estrutura preservada na posição dorsal. **Escala: 5 mm** (Ilustrações da autora e fotografias de Roberto Iannuzzi).

### **Diagnose emendada do gênero Rigby 1972**

“Megasporófilo pequeno com uma ráquis relativamente larga e longitudinalmente estriada, geralmente bifurcando-se em direção à região apical. Ráquis pinada; pinas geralmente bifurcadas sustentando ramos terminais ao longo de sua margem sendo que as mais basais geralmente projetam-se das laterais do ramo principal, mas terminalmente forma-se um grupo pela frequente bifurcação apical. Ramificações da pina simples, podendo ser estéril, formando varas curtas, ou fértil terminando em um óvulo arredondado”.

Small megasporophyll having a relatively broad, longitudinally striated rachis, usually forkings towards apex. Rachis pinnate; pinnae commonly forked, and bearing ultimate branchlets along their margins, the lowest being lateral to the pinna, but terminally forming a group by frequent apical forking. Pinnae branchlets simple, either sterile and forming short rods, or fertile and ending in a rounded ovule situated on its surface either terminally or just below its apex. Ovule with a hard layer but no wing or outer flesh, micropyle not observed. No lamina developed at all. (No microscopic details of sporophyll or ovule known) (Rigby, 1972a, p.116).

### **Diagnose emendada do gênero Adendorff 2005**

“Estrutura polispérmica dicotomicamente ramificada ou irregularmente paniculosa com ramos em múltiplos planos. Eixo primário laminar, comumente com uma bifurcação no ápice e uma base afilada; ramos secundários surgem de uma série de dicotomias do eixo principal, ou a partir das margens e da superfície do eixo principal planar. Eixo principal estriado longitudinalmente cujas estriações seguem contínuas nos ramos laterais. Ramos terminais contendo uma estrutura tipo-escama em sua porção distal contendo um único ponto de conexão de semente/óvulo na base desta estrutura. Terminação do ramo bifacial, com superfície estéril lisa, longitudinalmente estriada e superfície fértil portadora de sementes. Estriações dos ramos laterais contínuas na superfície estéril das estruturas tipo-escama terminais. Eixo primário planar também bifacial em alguns casos, com ramos laterais partindo da face correspondente à superfície fértil. Sementes platispérmicas, arredondadas à ovais, com um entalhe micropilar agudo e asas laterais estreitas.

Dichotomously branched to irregularly paniculose polysperm with branches in multiple planes. Primary axis laminar, commonly with a bifurcation in the apex, and with tapered base; subsidiary branchlets arise through series of dichotomies of primary axis, or along margins

and on surface of planated primary axis. Primary axis longitudinally striated, striations continuing into lateral branches. Ultimate branchlets terminate in simple scale-like extension with single ovule attachment point at base of scale. Branch termini bifacial, with smooth, longitudinally striated sterile surface and seed-bearing fertile surface. Striations on lateral branches continuous on sterile surface of scale-like features. Planated primary axis also bifacial in some cases, with lateral branches arising from the axis face corresponding to fertile surfaces of marginal branch termini. Seeds platyspermic, round to ovate, with an acute micropylar notch and narrow lateral wings (Adendorff, 2005, p. 168).

### 7.1.1. Revisão e análise crítica de *Arberia minasica*

Foi consultado e revisado todo o material utilizado por Rigby (1972a) na sua emenda à diagnose de *Arberia minasica*, todos os espécimes incluídos nesta morfoespécie por Bernardes-de-Oliveira (1977) e alguns espécimes do material-tipo de *Dolianitia opposita* (Millan) Rigby 1972. De maneira geral, observou-se a existência de uma variabilidade morfológica entre os espécimes, mencionada anteriormente neste capítulo, a qual Rigby atribuiu à preservação dos distintos estágios ontogenéticos de *A. minasica*. De fato, boa parte das estruturas reprodutivas estudadas por Rigby apresentava-se em distintos estágios de desenvolvimento, com alguns ramos estéreis e outros férteis, com óvulos em fase inicial de desenvolvimento e outros aparentemente maduros.

No entanto, a revisão a ser apresentada neste capítulo baseou-se em uma abordagem analítica que considerou dados morfométricos, os quais não foram avaliados por Rigby (1972a), são eles: (i) o ângulo de abertura da incisão dicotômica apical e (ii) a relação largura do eixo principal / comprimento dos ramos. A reavaliação realizada aqui incluiu ainda novas medidas do material-tipo de *A. minasica* descrito por White (1908). Os resultados obtidos evidenciaram que grande parte dos espécimes descritos por Rigby (1972a) e por Bernardes-de-Oliveira (1977), não guarda correspondência com os dados morfométricos obtidos para os espécimes do material-tipo de *A. minasica* (ver GRÁFICO 3).

Salienta-se que o material-tipo de *A. minasica* esteve por muitos anos com o seu paradeiro desconhecido, sem que se soubesse em qual coleção estavam depositados os espécimes e evitando, assim, estudos comparativos que contemplassem os tipos. Ademais, as fotografias e ilustrações disponibilizadas por

White (1908) na publicação original de I.C. White (1908) em nada contribuíam para a compreensão das feições diagnósticas da morfoespécie. Assim, o acesso às fotografias em alta resolução do material-tipo de *A. minasica* trouxe nova compreensão a respeito desta morfoespécie, bem como a possibilidade real de se redefinir este gênero brasileiro.

Analisando o Gráfico 3, verificou-se que o material identificado como “espécimes descritos por Rigby (1972a) e Bernardes-de-Oliveira (1977)” possui uma variabilidade no que se refere, especificamente, à relação largura do eixo principal / comprimento dos ramos. Verificou-se que a maioria dos espécimes possui um eixo principal mais estreito que o do material-tipo de *A. minasica*, bem como ramos mais longos, geralmente, maiores que a largura total do eixo principal da estrutura reprodutiva. Ainda, no que se refere ao ângulo de abertura da incisão dicotômica apical dos espécimes reavaliados, foi possível verificar que estes possuíam, em sua maioria, ângulos maiores que 50°.

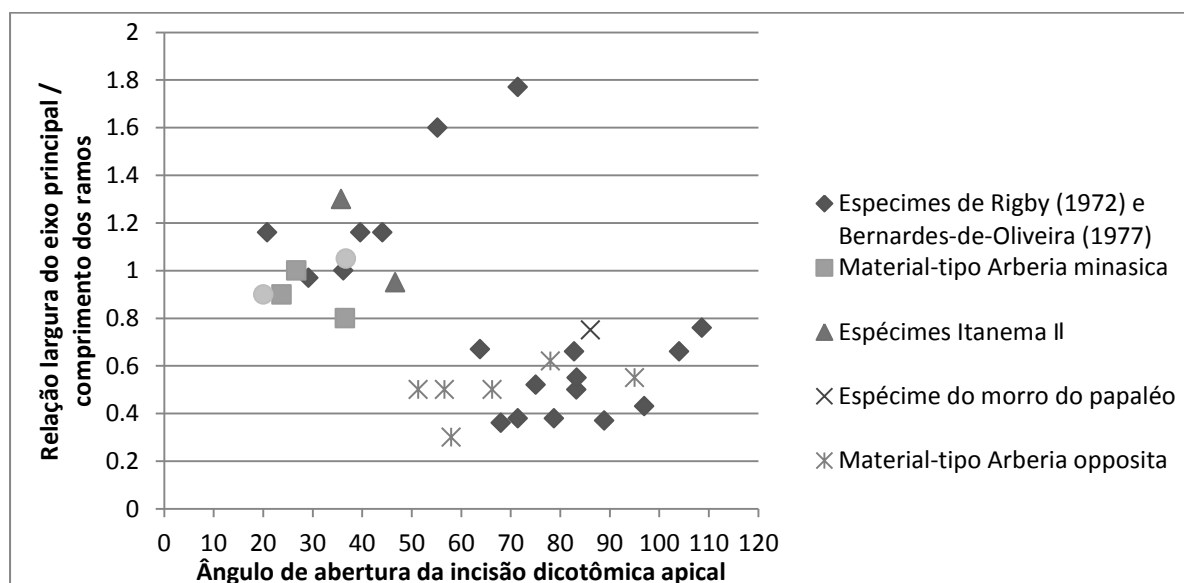


GRÁFICO 3: Gráfico comparativo dos dados morfométricos dos espécimes considerados como *Arberia minasica*, recuperados em afloramentos da Bacia do Paraná, Brasil. Estão incluídos os dados dos espécimes dos quais foi possível obter as medidas completas da largura do eixo principal, o comprimento médio dos ramos, bem como o ângulo de abertura da incisão dicotômica apical. Estão disponibilizados dados dos espécimes descritos por Rigby (1972), Bernardes-de-Oliveira (1977), o material-tipo de *Arberia minasica* (White, 1908), o material-tipo de *Arberia opposita* (Millan) Rigby 1972, e novos espécimes recuperados dos afloramentos Morro do Papaléo, no estado do Rio Grande do Sul, e Itanema II e Rio da Estiva, no estado de Santa Catarina, Brasil.

O material-tipo de *Arberia minasica* possui, por outro lado, ramos com comprimento igual ou menor que a largura de seu eixo principal. Além disso, a abertura da incisão dicotômica apical dos espécimes descritos por White (1908) não ultrapassam o ângulo de 40°. Assim, as novas informações obtidas a partir dos dados analisados permitiram uma reorganização dos espécimes brasileiros do gênero *Arberia*. Esta reorganização é apresentada, em detalhes, a seguir.

### 7.1.1 Novo material de *A. minasica*

*Arberia minasica* (White) emend. Rigby 1972

Figura 32

**Material:** GP-3E 322, 743.

**Localidade:** Afloramento Rio da Estiva, Santa Catarina.

**Ocorrência:** Formação Rio Bonito, base do Membro Paraguaçu.

**Idade:** Sakmario Tardio - Artinkiano Precoce.

#### **Diagnose original da espécie** White 1908

“Fronde escamosas férteis, pequenas, de contorno redondo a oval, de pedúnculo estreito e curto mais ou menos côncavo-convexo, profundamente fendido em muitas numerosas divisões oblíquas, lineares, divergentes, muitas vezes recurvas ao longo de um eixo e rapidamente difusas, que perto do ápice podem bifurcar-se de novo em subdivisões curtas, estreitas, divaricadas e, tanto quanto foi observado, abruptamente truncadas. Lâmina espessa, chata e grosseiramente estriada, rugosa, nas partes distais. Nervação derivada de várias nervuras primárias, verticais, paralelas, que bifurcam-se para prover de uma nervura secundária cada divisão da folha, bifurcando-se a nervura divisória para fornecer um ramo a cada subdivisão, espraiando-se ao mesmo tempo em um largo fascículo ao aproximar-se dos ápices truncados em que os fascículos terminam abruptamente. A frutificação é provavelmente uma semente que nasce no ápice de cada divisão ou lóbulo”.

Fertile scale-fronds, small, round to oval in contour, briefly and rather narrowly pedicellate, more or less concave-convex, very deeply dissected along a narrow, rapidly diffuse axis in numerous oblique,



linear, divergent, often recurved divisions which, near the apex, may fork again into short, narrow, divaricate, and so far as observed, abruptly truncate subdivisions; lamina thick, flat, and coarsely striate, rugose in the distal portions; nervation derived from several vertical parallel, coarse primary nerves which fork to provide a secondary nerve for each division of the leaf, the divisional nerve bifurcating to supply a branch for each subdivision, and at the same time spreading in a broad fascicle on approaching the truncate apices in which the fascicles abruptly abut; fructification probably a seed borne at the apex of each subdivision or lobe (White, 1908, p. 541).

### **Diagnose emendada da espécie Rigby 1972**

Estrutura reprodutiva feminina com aproximadamente 6 cm de comprimento, eixo principal com cerca de 6 mm de largura na porção central, porém mais estreita abaixo. Dividida uma única vez na porção apical. Pinas (ramos) laterais espaçados 5mm ou mais uns dos outros. Pinas (ramos), particularmente na porção apical da estrutura reprodutiva subdividido em uma ou mais vezes em dois ou mais ramos terminais. Cada segmento com mais de 10 mm de comprimento e 2 mm de largura, sustentando um óvulo arredondado em sua porção apical, ou estéreis. Óvulo 5-6 mm de largura, 6-7mm de comprimento marcados por um sulco; ovulo estriado (sem outros detalhes conhecidos).

Mature female fructification about 6cm long, main rachis about 6 mm wide in the middle but narrower below, divides once in the upper half. Lateral pinnae spaced 5 mm or more apart. Pinnae, particularly in the upper part of the fructification subdivided one or more times into two or many ultimate branchlets; each segment up to 10mm long and 2 mm wide, these bearing a rounded ovule just below the apex or being sterile. Ovule 5-6 mm wide, 6-7mm long, marked off from branchlets by a groove; ovule striated (but other details unknown) (Rigby, 1972a, p.117).

### **Diagnose emendada da espécie Bernardes-de-Oliveira 1977**

“Frutificação feminina em diferentes estágios de desenvolvimento, que na fase jovem tem aspecto de fronde escamosa fértil, profundamente estriada ou coriácea, pequena, com mais ou menos 20 mm de comprimento, de contorno redondo a oval, pedúncul estreito e curto, emitindo lateral e apicalmente entumescências, que são prenúncios de pinas. Madura, atinge 60 a 80 mm de comprimento. Neste estágio, seu raquis principal mede cerca de 6 mm de largura na porção média, sendo mais estreito inferiormente. Dicotomiza-se uma vez na parte superior. Pinas laterais

espaçadas, medindo 5mm ou mais. As pinas, principalmente, na parte superior da frutificação, subdividem-se, uma ou mais vezes, em dois ou mais ramúsculos de última ordem. Cada ramúsculo mede até 10 mm de comprimento e 2 mm de largura, contém um óvulo redondo, justo abaixo do ápice, ou é estéril. O óvulo tem 5-6 mm de largura por 6-7 mm de comprimento, separado dos ramúsculos por um sulco estriado e sem asa de compressão (outros detalhes desconhecidos)”.

**Descrição do material estudado:** Estrutura reprodutiva ramificada, com aproximadamente 22 mm de comprimento, quando completa, e até 20 mm de largura. Eixo principal com aproximadamente 3 mm de largura na região do pedicelo, alargando-se até atingir 5,8 mm antes da primeira ramificação. Incisão dicotômica apical presente, cujos ramos bifurcam-se em um ângulo sempre inferior a 40°. Superfície longitudinalmente estriada. As estriações continuam nas ramificações. Os ramos projetam-se em posição subparalela ao eixo do qual partem e estão levemente recurvados na sua porção distal; medem em torno de 5 mm de comprimento e 1 mm de largura, contendo, algumas vezes, em sua porção terminal, um óvulo/semente anexado ou cicatrizes de inserção dos óvulos/sementes. Outros ramos terminais contendo em sua porção distal um alargamento que forma uma estrutura, espatulada, de superfície densamente estriada, contorno geral oval, medindo aproximadamente 3 mm de largura, em sua porção mais larga, por 3 - 4 mm de comprimento. Semente oval, com 3-3.5 mm de largura por 5-5.5 mm de comprimento, ápice de contorno agudo/obtusos e base arredondada, superfície levemente estriada e esclerotesta medindo 0.5- 0.7mm de espessura.

**Discussão e comparação:** Os espécimes estudados possuem um eixo primário laminar, ramificado, com uma estrutura espatulada localizada na porção distal dos ramos terminais. Estas características os diferenciam dos gêneros *Arberiospis* e *Vereenia*, bem como os enquadram no morfogênero *Arberia* (segundo Bernardes-de-Oliveira, 1977; Adendorff, 2005).

Morfologicamente, o material analisado, embora assemelhe-se à morfoespécie *A. hlobanensis* Anderson & Anderson emend. Adendorff 2005, pela angulosidade da incisão dicotômica apical que apresenta, também, menos de 40°, difere da referida morfoespécie principalmente, pelo formato cupuliforme da estrutura presente na porção distal dos ramos terminais das referidas morfoespécies.

Já a angulosidade da incisão dicotômica presente na porção apical da estrutura reprodutiva, a posição subparalela dos ramos em relação ao eixo do qual se projetam e a predominância de ramos de comprimento igual à largura do eixo principal sugerem uma similaridade com *Arberia minasica* (White) emend. Rigby 1972 (FIGURA 32). No gráfico 4 é possível verificar as semelhanças morfométricas entre os espécimes do Rio da Estiva e o material-tipo de *A. minasica*. Destaca-se, contudo que mesmo que o material-tipo corresponda a fragmentos da estrutura reprodutiva, conforme sugeriu Rigby (1972a) ao mencionar os espécimes utilizados por White (1908) na designação da morfoespécie, o acesso ao material-tipo permitiu a verificação de caracteres, facilitando a compreensão do que é *Arberia minasica* em sua concepção original de White.

Assim, considera-se o material recuperado do afloramento Rio da Estiva, Santa Catarina, como pertencente à morfoespécie *A. minasica*. Por fim, o espécime GP-3E 743 parece representar uma estrutura reprodutiva completa e fértil (FIGURA 32, D e E).

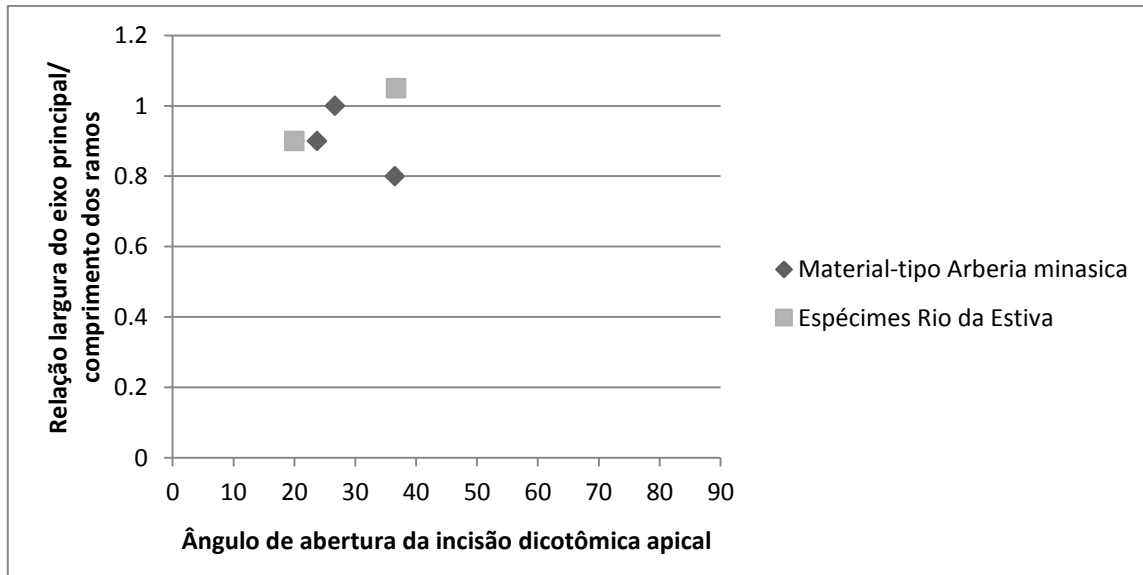


GRÁFICO 4: Gráfico comparativo dos dados morfométricos dos espécimes considerados como *Arberia minasica*, recuperados do afloramento Rio da Estiva, Bacia do Paraná, SC, Brasil. Estão incluídos os dados dos espécimes dos quais foi possível obter as medidas completas da largura do eixo principal, o comprimento médio dos ramos, bem como o ângulo de abertura da incisão dicotômica apical. Estão disponibilizados dados do material-tipo de *Arberia minasica* (White, 1908) para comparação.

**Morfografia das sementes/óvulos conectadas:** O espécime GP/3E 743 possui duas sementes conectadas que, aparentemente, estão em estágio avançado de maturação. Esses dois exemplares tem dimensões aproximadas de 5-5.5 mm de comprimento por 3-3.5 mm de largura. A esclerotesta, quando preservada, confere à superfície da semente um aspecto estriado. No entanto, as estriações podem, também, ser resultado da presença da estrutura tipo-escama, presente na porção distal dos ramos terminais dos membros do gênero *Arberia* (espécime GP/3E 743 FIGURA 32, figura E) conforme emenda realizada por Adendorff (2005). Outras sementes conectadas (GP/3E 322) apresentam superfície lisa e esclerotesta com espessura aproximada de 0.5- 0.7 mm. O contorno geral das sementes é oval, com ápice obtuso/aguçado e base arredondada.

Aplicando-se a chave dicotômica sugerida para determinação das morfoespécies de sementes fósseis (1, 2', 4', 5'), chega-se as à comparação com *Cordaicarpus cerronegrensis* Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009, *C. emarginatus* Walkom 1935, *C. madagascariensis* Appert 1977 e *C. rocha-camposii* Bernardes-de-Oliveira 1976.

Em consequência da simplicidade estrutural desse tipo de semente têm-se, frequentemente, dificuldades em se comparar novos espécimes com o material disponível na literatura. De maneira geral, é possível verificar que *C. cerronegrensis* difere por possuir um contorno geral em forma de “gota” e *C. madagascariensis* por possuir um ápice nitidamente mais agudo e um espessamento da testa na região apical, enquanto que as sementes aqui analisadas têm ápice obtuso a levemente agudo e a espessura da testa é constante.

*C. emarginatus*, por sua vez, como sugere seu epíteto, possui ápice emarginado e agudo. Porém, essa emarginação não pode ser confirmada nos espécimes ora analisados. Assim, devido à simplicidade estrutural já mencionada, às diferenças apontadas em relação as demais morfoespécies e ao número reduzido de sementes em estágio de maturação avançado, considera-se que, embora pareça tratar-se de um morfotipo inédito no Gondwana, seria preciso aumentar o número amostral de espécimes para só então confirmar, se preciso for, a existência de uma nova morfoespécie.

**Distribuição estratigráfica:** O material-tipo de *A. minasica* é proveniente do Horizonte I (1) de Mendes (1952) [Lotes 3586 e 3921 de White, 1908], o que indica que foi coletado no terço basal da Formação Rio Bonito, nos arredores de Lauro Müller, Santa Catarina. As novas ocorrências registradas no presente estudo, por sua vez, provêm do afloramento Rio da Estiva, também estado de Santa Catarina, que igualmente foi situado no terço basal da Formação Rio Bonito (base do Membro Paraguaçu; Tybusch *et al.*, 2012).

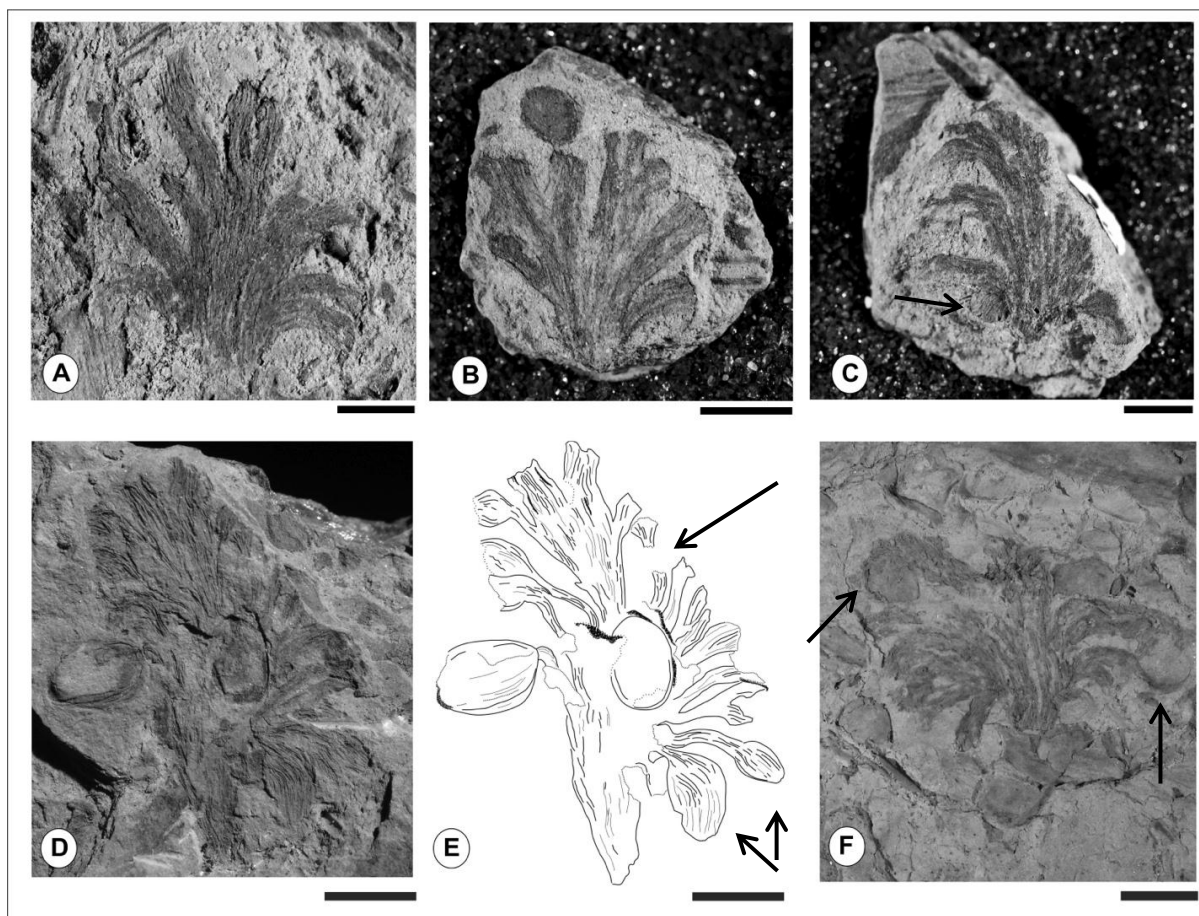


FIGURA 32: *Arberia minasica* (White) emend. Rigby 1972. A – NHNM 31985; material-tipo mostrando estriações ao longo da estrutura; B – NHNM 31893; material-tipo, mostrando a posição subparalela dos ramos; C – NHNM 31982, material-tipo mostrando uma estrutura tipo-bráctea na posição dorsal indicada pela seta; D e E – GP/3E 743, fotografia de ilustração de novo espécime, a seta superior indica a incisão dicotômica apical e setas abaixo indicam as estruturas escamiformes, espatuladas na porção terminal dos ramos; F – GP/3E 322, novo espécime com sementes imaturas conectadas em posição anátropa (indicadas pela seta).

### 7.1.2 Novo material de *Arberia opposita*

*Arberia opposita* (Millan) nov. comb.

Figura 33, 34

1967 – *Dolianitia opposita* (Estampa I, Figs. 1, 1a, 2, 3, 4, 5 in Millan 1967a);

1972 – *Arberia minasica* (text-fig 1 A, C, D, I; plate 25, Figs. 1; 2; 7 ; plate 26, fig. 2, 1972 in Rigby, 1972a);

1977- *Arberia minasica* (Fig. 35; Fig. 39; Fig. 41; Estampa 27, fig 1; Estampa 30, fig. 2, in Bernardes-de-Oliveira, 1977)

**Holótipo:** 1 198-P-DGM-DNPM (in Millan 1967a)

**Parátipos:** 1 225-P-DGM-DNPM; 1 208-P-DGM-DNPM; 222-Pb-DG-MN; 279-Pb-DG-MN; 1 212-P-DGM-DNPM (in Millan 1967a)

**Material analisado:** DGP 1069; 1070; 1071; 1074; 1076 1077 (in Rigby, 1972); GP/3T 228; GP/3T 242; GP/3T 268 (in Bernardes-de-Oliveira, 1977)

**Novo material:** MP-PB 3746.

**Nova ocorrência:** Afloramento Morro do Papaléo em Mariana Pimentel, RS, Nível fossilífero N7, Formação Rio Bonito (conforme Iannuzzi *et al.*, 2003, 2006).

**Diagnose original da espécie** Millan 1967

“Eixo principal com 1.2 a 2.5 cm de comprimento e 3 mm a 0.5 cm de largura, dicotômico na região superior, percorrido por estrias iguais, paralelas, que acompanham o sentido do eixo e curvam-se em direção aos pedicelos, onde conservam as mesmas características e, cada uma delas, próximo aos bordos truncados dos pedicelos, dicotomiza-se em estrias secundárias, quase simétricas, terminadas nesse bordo. Eixos secundários presentes, de largura menor que o eixo principal, percorridos por nervuras idênticas. Pedicelos pareados, estreitos, alongados, opostos, unidos diretamente ao eixo principal em toda sua extensão, desde a região inferior, e aos eixos secundários. Provavelmente uma semente existiria no ápice de cada um dos bordos truncados dos pedicelos”.

**Diagnose emendada:**

Eixo principal dicotômico na região superior, onde os ramos distam um do outro em ângulo sempre maior que  $50^\circ$ , percorrido por estrias iguais, paralelas, que acompanham o sentido do eixo e curvam-se em direção aos ramos secundários, onde conservam as mesmas características. Ramos secundários presentes, de largura menor que o eixo principal, percorridos por nervuras idênticas as do ramo principal. Ramos secundários podem bifurcar-se em ramos terminais, os quais projetam-se perpendicularmente ao ramo ao qual estão conectados e terminam, na maioria das vezes, arqueados para baixo. Estes últimos nem sempre se projetam no mesmo plano do eixo principal e do ramo secundário. Contêm em sua porção distal uma semente/óvulo conectada ou um visível alargamento em um estrutura tipo-escama contendo a cicatriz do ponto de inserção da semente/óvulo.

***Emended diagnosis:***

*Main axis dichotomous in the upper region, where the branches are distant from each other at an angle always greater than  $50^\circ$ . Surface with striations equal, parallel, accompanying the axis and curving toward the secondary branches, which retain the same characteristics. Secondary branches present, width less than the principal axis, surface covered by nervures as the main branch. Secondary branches may branch in the terminal branches which emerge perpendiculars to the axis to which they are inserted curving up down. The latter does not always emerge in the same plane of the major axis and of the secondary branches. The terminal branches contain, in its distal portion, one seed/ovule attached or a visible enlargement in a scale-like structure containing the scar from the insertion point of the seed/ovule.*

**Descrição:** Estruturas reprodutivas que, quando completas, chegam a medir 57 mm de comprimento e até 6 mm de largura no eixo principal, logo abaixo da bifurcação apical. Eixo principal longitudinalmente estriado contendo uma bifurcação apical, cujos os ramos separam-se em um ângulo maior que  $50^\circ$ . As estriações do eixo principal são contínuas aos ramos secundários, os quais podem bifurcar-se novamente em ramos terminais. Os ramos terminais projetam-se perpendicularmente ao ramo ao qual estão conectados e terminam, na maioria das vezes, arqueados para baixo. Estes ramos nem sempre se projetam no mesmo plano do eixo principal e do ramo secundário. Contêm em sua porção distal uma

semente/óvulo conectada ou uma estrutura tipo-escama com a cicatriz do ponto de inserção da semente/óvulo. Esta estrutura mostra-se, geralmente, por meio do alargamento da porção distal dos ramos terminais estéreis e medem, aproximadamente, 2-3 mm de comprimento por 3 mm de largura. Os óvulos/sementes são quase sempre anátropos.

**Discussão e comparação:** Rigby (1972a) já havia chamado a atenção para as diferenças existentes entre *Dolianitia opposita* e *Arberia minasica* e que se caso se confirmassem as diferenças entre ambas, a morfoespécie de Millan (1967a) deveria permanecer. Esta, contudo, deveria ser incluída no morfogênero *Arberia*, uma vez que as características que diferenciariam o gênero *Dolianitia* de *Arberia* não estavam bem delineadas segundo Rigby (1972a). Esta mesma opinião foi compartilhada mais tarde por Adendorff (2005). Contudo, nenhum dos autores formalizaram a nova combinação proposta.

Nesse sentido, considerando-se o acesso às fotos de alta resolução do material tipo de *A. minasica*, publicado por White (1908), verificou-se que os espécimes de *D. opposita* diferem dos de *A. minasica* em três aspectos fundamentais. Primeiro, a bifurcação apical de *A. minasica* é menos proeminente, assumindo um ângulo de até 40°, enquanto que em *D. opposita* os ângulos dessa bifurcação são iguais ou maiores que 50°. Segundo, as ramificações de 1ª e 2ª ordem de *A. minasica* projetam-se de forma subparalela ao eixo do qual se originam, enquanto que no material de *D. opposita* e no material aqui reavaliado esses ramos são, na maioria dos casos, perpendiculares. E, por fim, a relação entre a largura do eixo principal e o comprimento dos ramos secundários revela que *A. minasica* possui ramos cujo comprimento é igual ou menor que a largura do eixo principal. Por outro lado, *D. opposita* e os espécimes reavaliados possuem ramos secundários com comprimentos sempre maiores que a largura do eixo principal, chegando, em alguns casos, ao dobro desse valor (GRÁFICO 5).



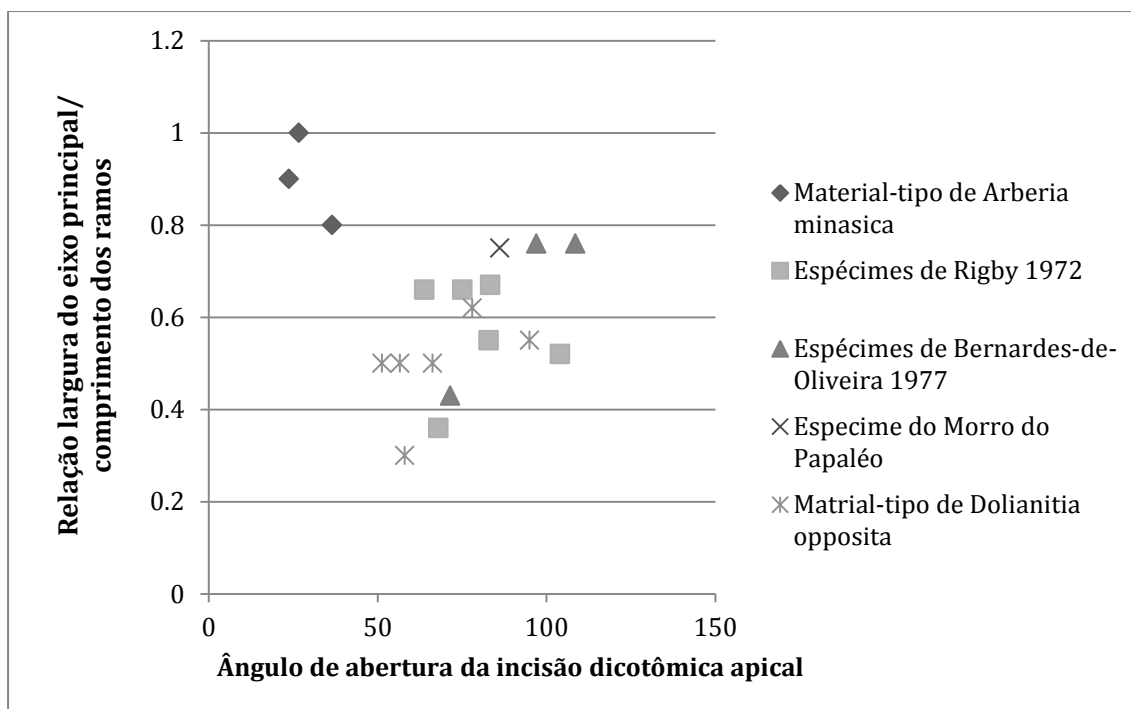


GRÁFICO 5: Gráfico comparativo dos dados morfométricos dos espécimes considerados neste estudo como *Arberia opposita* (espécies reavaliados de Rigby 1972a, espécimes reavaliados de Bernardes-de-Oliveira 1977, material-tipo de *Dolianitia opposita* Millan 1067a e novo material proveniente do afloramento Morro do Papaléo, RS) comparados com o material-tipo de *Arberia minasica* White 1908. Estão incluídos os dados dos espécimes dos quais foi possível obter as medidas completas da largura do eixo principal, o comprimento médio dos ramos, bem como o ângulo de abertura da incisão dicotômica apical.

Neste contexto, opta-se por validar a espécie erigida por Millan (1967a). Porém, aceita-se a inclusão desta morfoespécie no gênero *Arberia* como sugerido por Rigby (1972a), uma vez que se constatou que os ramos terminais (pedicelos nas palavras de Millan, 1967a) não são truncados como sugere a diagnose da espécie. Esta foi a principal feição utilizada por Millan (1967a) para incluir este material em um novo gênero, i.e. *Dolianitia*. Deste modo, realizou-se aqui uma emenda à diagnose de *D. opposita* para corrigir a descrição desta feição e justificar a inclusão destes espécimes em *Arberia*, propondo-se a nova combinação *Arberia opposita* (Millan) nov. comb.

Por fim, a revisão do material descrito por Millan (1967a), Rigby (1972a) e por Bernardes-de-Oliveira (1977) mostrou semelhança entre os espécimes designados como *Dolianitia opposita* Millan (1967a) e alguns espécimes determinados por aqueles autores como *Arberia minasica*. Desta forma, resolveu-se aqui reclassificar alguns dos espécimes descritos por aqueles autores, anteriormente considerados como pertencentes a *A. minasica*, incluindo-os em *Arberia opposita* (Millan) nov.

comb. Os espécies reavaliados foram incluídos em *A. opposita* por compartilharem com esta morfoespécie os caracteres acima mencionados e, por conseguinte, diferirem de *A. minasica* também naqueles aspectos.

**Morfografia das sementes/óvulos conectadas:** Sementes sem testa diferenciada, têm contorno geral arredondado à oval e superfície lisa ou levemente estriada. Quando imaturas, possuem base e ápice arredondados, largura de 2.5 - 3.5 mm e comprimento de 4.5 - 5 mm em média. Quando maduras, possuem base arredondada e ápice agudo/obtusos, medindo 5 mm de largura e 7.5 mm de comprimento.

Aplicando-se a chave dicotômica sugerida para determinação das morfoespécies de sementes fósseis (1, 2', 4', 5), chega-se a quatro morfoespécies que assemelham-se às sementes em estágio de maturação avançada conectadas à *A. opposita* (Millan) nov. comb., são elas: *Cordaicarpus cerronegreensis* Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009, *C. emarginatus* Walkom 1935, *C. madagascariensis* Appert 1977, *C. rocha-camposii* Bernardes-de-Oliveira 1976.

Assim como no caso das sementes conectadas à *A. minasica*, a simplicidade estrutural desse tipo de semente dificulta sua comparação com as morfoespécies disponíveis na literatura. Contudo, é possível verificar que o contorno geral de *C. cerronegreensis*, a forma mais aguda e a maior espessura da testa na região apical de *C. madagascariensis* e o ápice agudo e emarginado de *C. emarginatus* tornam todas essas três morfoespécies diferentes do material analisado.

*C. rocha-camposii*, por sua vez, guarda muitas semelhanças com as sementes em estágio de maturação avançada ainda conectadas a *A. opposita* (Millan) nov. comb. A consulta ao holótipo de *C. rocha-camposii* permitiu uma comparação morfométrica precisa. Assim, verificou-se que, além do contorno geral semelhante (ver FIGURA 33), as dimensões também são as mesmas. Em 2009, Marques-de-Souza & Iannuzzi haviam sugerido que a semente presente no espécime MP-Pb 3746 guardava muitas semelhanças com *Cordaicarpus brasilianus* (Bernardes-de-Oliveira et al. 2007), porém, para os autores, não parecia ser, de fato a mesma morfoespécie. Na ocasião, o material foi determinado como *Cordaicarpus* aff. *C. brasilianus*.

Neste momento, a partir da nova determinação taxonômica dessa estrutura reprodutiva (i.é, *Arberia opposita*), bem como do conhecimento sobre as distintas formas assumidas pelas sementes durante os variados estágios ontogenéticos que se encontram no registro, foi possível verificar que o espécime de semente da amostra MP-Pb 3746 representa, na realidade, uma semente ainda imatura, tal qual pode ser observado em DGP 7/1070 (parte). Deste modo, as diferenças apontadas por Marques-de-Souza & Iannuzzi (2009) referentes à semente da amostra MP-Pb 3746 morfoespécie em relação à *C. rocha-camposii* (i.é, o tamanho menor e a superfície lisa), nada mais seriam do que variações decorrentes desse processo de amadurecimento mencionado.

Ademais, após a análise do registro das sementes em distintos estágios de maturação foi possível perceber que, quando a esclerotesta é preservada recobrando completamente o nucelo a superfície da semente tende a ser estriada. A esclerotesta é interpretada como uma capa protetora do nucelo (Taylor et al., 2009) e, por isso, normalmente fibrosa, conferindo um aspecto estriado à superfície da semente. Assim, quando parte da esclerotesta se perde no processo de preservação, a superfície do corpo central da semente tende a se apresentar lisa (FIGURA 33).

Em relação à forma geral da região apical, percebeu-se também pelo excelente registro existente que em um estágio de maturação inicial a região micropilar tende a ser mais obtusa, tornando-se aguda à medida que a semente se desenvolve. Neste sentido, considera-se que, pelos motivos acima expostos, esses espécimes de sementes pertenceriam a *C. rocha-camposii*. Muda-se assim a determinação proposta por Marques-de-Souza & Iannuzzi (2009) para semente da amostra MP-Pb 3746 de *Cordiaicarpus* aff. *C. brasilianus* para *C. rocha-camposii* (FIGURA 33).

Por fim, vale salientar que essa nova proposição contribui para os debates acerca de determinação morfoespecífica de sementes, já que aquelas de morfologia muito simples podem representar, como visto, apenas estágios ontogenéticos iniciais ou feições preservacionais. Por isso, estas podem, inclusive, possuir a mesma morfologia em plantas de espécies diferentes. Assim, fica clara a necessidade de revisão constante das morfoespécies de sementes e, ainda, a

descoberta de estruturas reprodutivas com sementes conectadas e em distintos estágios de maturação. Acredita-se, portanto, que este seja o único caminho para chegar com segurança às classificações taxonômicas precisas e ao futuro reconhecimento das respectivas plantas-mãe dessas sementes fósseis.

**Distribuição estratigráfica:** Tanto o material-tipo de *D. opposita* descrito por Millan (1967a) quanto os descritos por Rigby (1972a) e por Bernardes-de-Oliveira (1997), reavaliados neste estudo e incluídos em *A. opposita* (Millan) nov. comb., foram recuperados do afloramento Bainha, no estado de Santa Catarina. O novo espécime figurado foi recuperado do afloramento Morro do Papaléo, estado do Rio Grande do Sul. Litoestratigraficamente, a morfoespécie encontra-se restrita à Formação Rio Bonito, aparentemente na sua porção mais superior, equivalente ao Membro Siderópolis (Artinskiano precoce), Grupo Guatá da Bacia do Paraná, no Brasil. Em relação à semente *Cordaicarpus rocha-camposii*, a mesma já foi registrada também no afloramento Bairro 20, estado de Santa Catarina. Contudo, a ocorrência no Morro do Papaléo não altera a distribuição estratigráfica já mencionada.

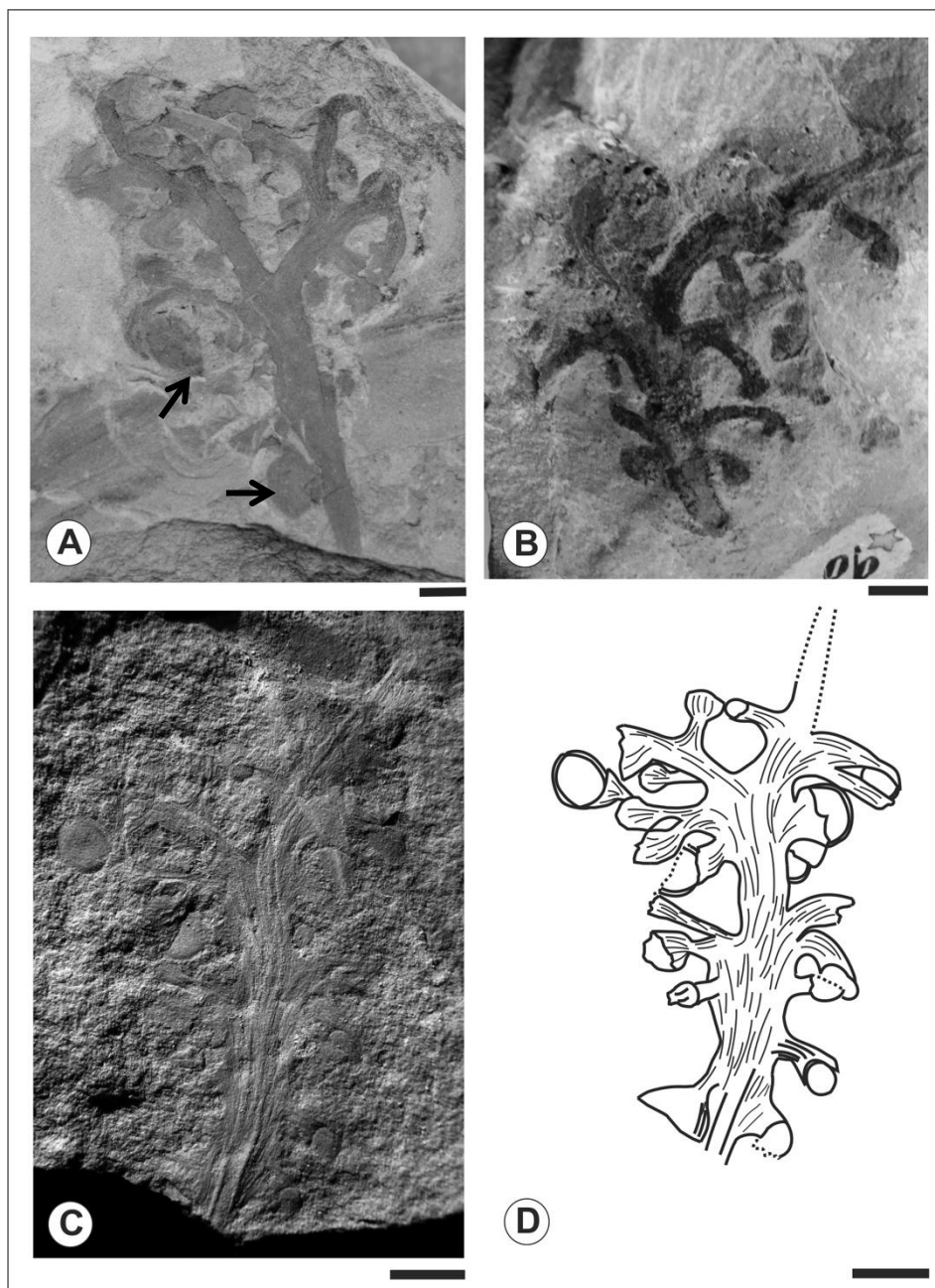


FIGURA 33: *Arberia opposita* (Millan) nov. comb.; A - DGP 7/1070; espécime mostrando uma incisão dicotômica profunda na região apical e óvulos/sementes em distintos estágios de maturação, sendo os mais maduros indicados pela seta (estas sementes são apresentadas em destaque na FIGURA 34). B - 279-Pb-DG-MN; parátipo mostrando também a incisão dicotômica apical proeminente característica da morfoespécie. C e D – MP-Pb 3746; fotografia e ilustração de novo espécime recuperado do afloramento Morro do Papaléo, Rio Grande do Sul, mostrando ramos férteis contendo sementes/óvulos em distintos estágios de desenvolvimento.

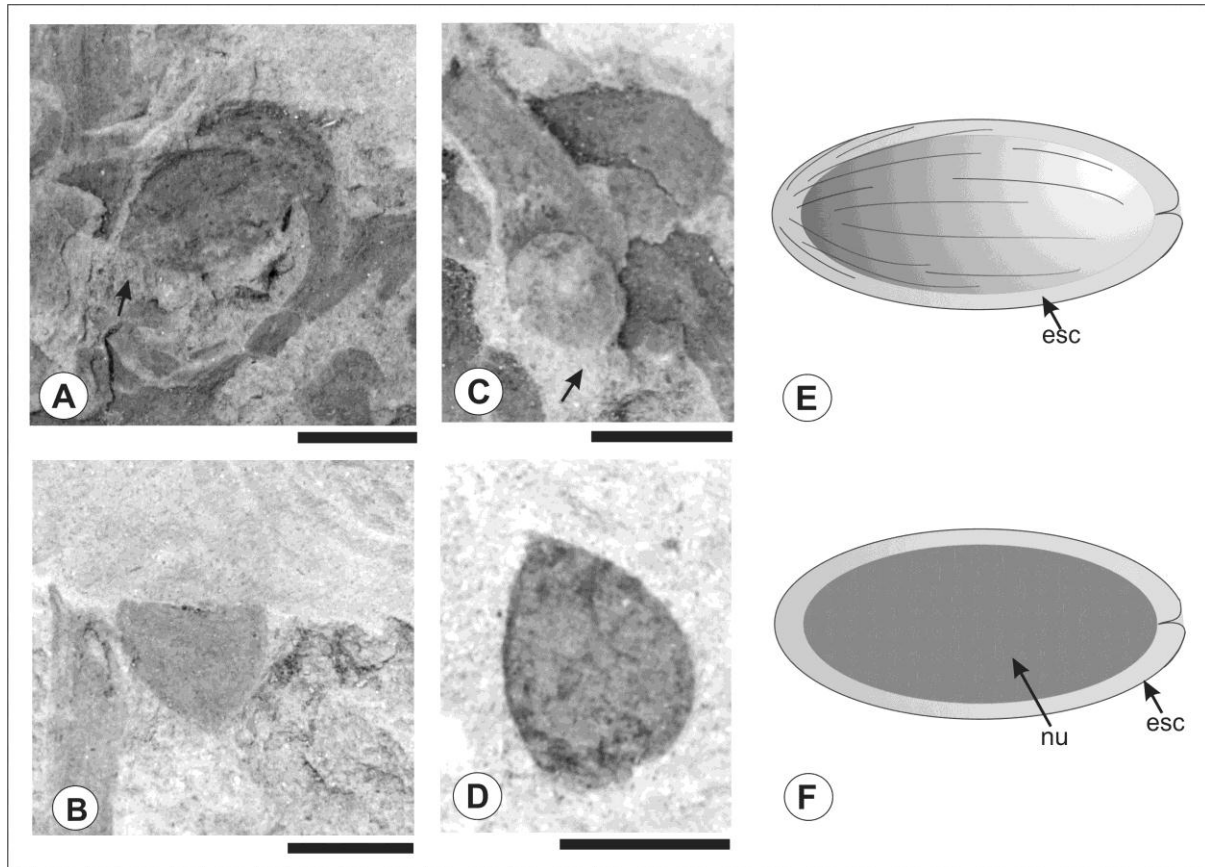


FIGURA 34: *Cordaicarpus rocha-camposii* Bernardes-de-Oliveira 1976, em diferentes estágios de maturação e desenho esquemático mostrando as diferentes formas de preservação da esclerotesta nos espécimes analisados. A – DGP 7/1070 (parte); espécime em estágio de maturação avançado, com ápice agudo (indicado pela seta) e base arredondada, ainda em conexão orgânica com a estrutura reprodutiva, apresenta superfície levemente estriada, mostrando a preservação da esclerotesta sobre o corpo central da semente. B – DGP 7/1070 (contraparte); mesmo espécime de A, porém preservado sem a esclerotesta cobrindo o corpo central da semente, nesta preservação a esclerotesta aparece como uma testa que contorna o nucelo. C - DGP 7/1070 (parte); espécime imaturo, com contorno geral arredondado e tamanho diminuto. D – GP/3T 234 – Holótipo; E – esquema representativo da morfologia geral da semente quando a esclerotesta é preservada recobrando o nucelo completamente o que, geralmente, dá à superfície da semente um aspecto estriado; F – esquema representativo da morfologia geral da semente quando a esclerotesta não está recobrando o nucelo completamente, neste caso, ela aparece pouco espessa e contornando o nucelo. **Abreviações:** nu- nucelo; esc- esclerotesta. **Escala: 5 mm.**

### 7.1.3 Novo material de *Arberia hlobanensis*

*Arberia* cf. *A. hlobanensis* Anderson & Anderson emend. Adendorff 2005

Figura 35

1972 - Estrutura reprodutiva tipo-*Arberia* (pg 111, plate 24, fig. 5 in Rigby, 1972a)

**Material:** DGP 7/1066 (parte e contraparte)

**Localidade:** Afloramento Bainha, Criciúma, Santa Catarina, Brasil

**Ocorrência:** Formação Rio Bonito (Membro Siderópolis), Bacia do Paraná, Brasil

**Idade:** Artinskiano precoce

**Diagnose original da espécie** Anderson & Anderson 1985

Estrutura reprodutiva feminina. Polispérmica, eixo com uma única dicotomia, liso, com 6 a 7 ramificações ovulíferas, irregularmente dispostas, eretas, com sua porção distal expandida em uma cabeça esférica, pedicelo primário bem desenvolvido (20 mm). Sementes destacadas, relativamente grandes, quase circulares (15x 14 mm), com ápice contendo uma projeção bífida pontiaguda.

Female fruit. Polysperm, axis with single dichotomy, smooth, ovuliferous branchlets 6 or 7 in number, irregularly arranged, abrupt erect, ends much expanded into spherical head, primary stalk well developed (20 mm). Detached seeds relatively large, almost circular (15 x 14 mm), apex pair of short pointed horns (Anderson & Anderson, 1985, p.130).

**Diagnose emendada da espécie** Adendorff 2005

Eixo fértil irregularmente ramificado com uma única dicotomia maior; eixo primário afila-se gradualmente em direção à base, ramos possuem estriações longitudinais e projetam-se em múltiplos planos. Os ramos terminais são curtos; cada um expandindo-se em sua porção distal para formar uma estrutura cupuliforme, tipo-escama, transversalmente elíptica, bifacial, com uma superfície estriada estéril e uma superfície fértil com uma ou duas cicatrizes de inserção de semente na base e uma pouco diferenciada asa/ala conectada na base.

Irregularly branched fertile axis with single major dichotomy; primary axis is gradually tapered towards the base; branches bear longitudinal striations, and arise in multiple planes. Ultimate branches are short; each expands distally to form a slightly cup-shaped, transversely elliptical scale-like structure; scales are bifacial, with a striate sterile surface, and a fertile surface with one or two indistinct seed scars at the base and a weakly differentiated, distal wing that is contracted at the base (Adendorff, 2005, p.174).

**Descrição:** Estrutura reprodutiva ramificada, com 41,3 mm de comprimento e 16,6 mm de largura. Eixo principal com aproximadamente 8 mm de largura na porção imediatamente anterior a primeira ramificação, afinando-se em direção a base onde passa a medir 3 mm de largura. Sem incisão dicotômica aparente na região apical. Ramos de 2 mm largura em média, projetam-se em posição subparalela ao eixo principal rumo à região apical da estrutura reprodutiva, alargando-se em uma estrutura cupuliforme, medindo 5 mm de largura por 3 mm de comprimento, onde, provavelmente estariam conectadas as sementes/óvulos.

**Discussão e comparação:** O material analisado é comparável apenas com *Arberia hlobanensis* Anderson & Anderson emend. Adendorff 2005. Além disso, o espécime DGP 7/1066 confere em tamanho e forma geral com a morfoespécie sul africana. Difere aparentemente por não apresentar uma incisão dicotômica evidente e por suas ramificações partirem, aparentemente, de uma única face do eixo principal (FIGURA 35). Contudo, essas características distintivas podem ser devido à incompletude do espécime e/ou à deformação do espécime (feições preservacionais).

De fato, a ausência de um eixo principal bifacial em *A. hlobanensis* é discutida por Adendorff (2005) que sugere a possibilidade do holótipo da referida morfoespécie estar comprimido lateralmente. Esta feição preservacional seria a responsável por “esconder” a estrutura dorsiventral do morfotipo (Adendorff, 2005). Assim, considerando-se a incerteza em relação ao eixo de projeção dos ramos no material em análise, o fato de a incisão dicotômica apical não ser feição diagnóstica da morfoespécie, bem como as similaridades apresentadas pelo espécime ora analisado, acredita-se que este último pode tratar-se de um espécime da morfoespécie *Arberia hlobanensis*. Contudo, seria necessário coletar um número maior de espécimes para certificar-se desta determinação. Opta-se aqui, portanto,



em manter o espécime DGP 7/1066 designado apenas como *Arberia* cf. *A. hlobanensis*.

**Distribuição estratigráfica:** *Arberia hlobanensis* encontra-se restrita à Formação Vryheid, Permiano Inferior (Artinskiano), África do Sul. O afloramento do qual foi recuperado o espécime brasileiro (Afloramento Bainha), corresponde litoestratigraficamente ao terço superior da Formação Rio Bonito, Membro Siderópolis, no estado de Santa Catarina. Se confirmada a sua determinação como *A. hlobanensis*, a distribuição estratigráfica desta morfoespécie se estenderia até o intervalo Sakmariiano tardio - Artinskiano precoce.

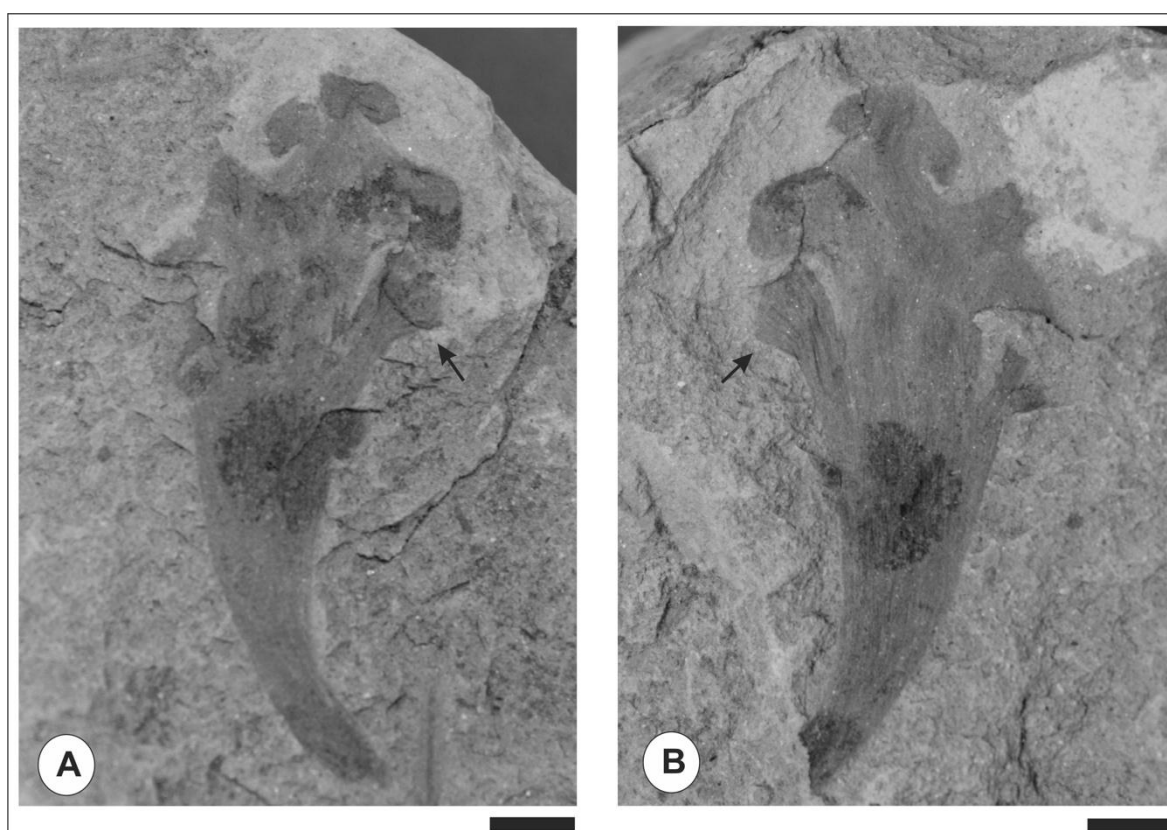


FIGURA 35: *Arberia* cf. *A. hlobanensis*. A – DGP 7/1066 (parte); vista ventral da estrutura reprodutiva, evidenciando a projeção dos ramos a partir de distintos pontos do eixo principal, em posição subparalela a este mesmo eixo, a seta indica a face ventral da região terminal do ramo, onde provavelmente estaria conectada uma semente/óvulo. B – DGP 7/1066 (contraparte); vista dorsal da estrutura reprodutiva, a seta indica a vista dorsal da região de inserção da semente, com um prolongamento do ramo em uma estrutura tipo-escama, cuja superfície está recoberta pelas estriações que partem do eixo principal da semente.

#### 7.1.4 Nova espécie de *Arberia*

*Arberia curvata* nov. sp.

Figura 36

1972- *Arberia minasica*, (pg. 114, plate 24, fig. 8, pg. 116, plate 25, fig.6 in Rigby, 1972a)

**Holótipo:** MP-Pb 5074.

**Parátipo:** MP-Pb 5072.

**Material adicional:** DGP 7/ 1068; DGP 7/ 1073.

**Localidade:** Itanema II, município de Urussanga, Santa Catarina, Brasil.

**Ocorrência:** Formação Rio Bonito (Membro Siderópolis), Bacia do Paraná, Brasil.

**Idade:** Sakmariiano tardio – Artinskiano precoce.

**Etimologia:** Em referência aos ramos caracteristicamente recurvados.

**Diagnose:** Estrutura reprodutiva composta por um eixo principal planar, contendo uma incisão dicotômica profunda em sua porção apical. Tanto da margem quanto da superfície do eixo principal partem ramificações. Estas ramificações projetam-se em sentido perpendicular ao eixo ao qual estão inseridas recurvando-se, em seguida, para baixo. A porção terminal dos últimos ramos possui um alargamento proeminente, formando uma estrutura cupuliforme que sustenta a semente/óvulo. Esta estrutura, em sua porção mais distal, assume contorno circular ou transversalmente elíptico, marcando o ponto de inserção da semente/óvulo.

**Diagnosis:** *Fructification composed of a planar main axis containing a deep dichotomous incision in their apical portion. Both the edge surface as the main axis arise branches. These branches emerge perpendiculars to the axis to which they are inserted curving up down. The last terminal portion of the branches has a prominent extension forming a cup-shaped structure which supports the seed/ovule. This structure, in its distal portion, assumes transversely elliptical or circular contour, marking the insertion point of the seed /ovule.*

**Descrição:** Estrutura reprodutiva ramificada, com aproximadamente 40 mm de comprimento quando completa. Eixo principal planar, com superfície estriada, que se expande em direção ao ápice onde atinge uma largura de até 5,5 – 7 mm, contendo uma incisão dicotômica profunda na região apical originando dois ramos que se separam em um ângulo menor que 50°. As estriações do eixo principal são contínuas aos ramos secundários, os quais podem bifurcar-se novamente em ramos terminais. Estes ramos, com largura aproximada de 2 mm e comprimento variável, projetam-se perpendicularmente ao ramo ao qual estão conectados e terminam, na maioria das vezes, arqueados para baixo. Eles nem sempre se projetam no mesmo plano do eixo principal e contêm, em sua porção distal, um alargamento cupuliforme proeminente, caracterizando uma estrutura que mede, aproximadamente, 5 mm de largura por 3,5 - 4 mm de comprimento.

**Discussão e comparação:** O espécime DGP 7/1068, recuperado do afloramento Bainha, no estado de Santa Catarina, havia sido determinado por Rigby (1972a) como pertencente à morfoespécie *Arberia minasica* (White) emend. Rigby 1972. Para o autor, os ramos terminais da morfoespécie DGP 7/1068 estariam ainda enrolados, pois se trataria de uma forma imatura, o que justificaria a diferença encontrada na porção distal destes ramos em relação aos demais espécimes estudados por Rigby e incluídos em *A. minasica* (FIGURA 36).

A reavaliação deste material mostrou que, na realidade, os ramos terminais já estão completamente desenvolvidos, apresentando, inclusive, a estrutura tipo-escama que, segundo Adendorff (2005), é característica diagnóstica do gênero. Já o espécime DGP 7/1073, também recuperado do afloramento Bainha, de acordo com a descrição feita por Rigby (1972a) estaria incompleto e teria apenas uma das ramificações apicais preservadas. Contudo, uma reavaliação do espécime indicou que o mesmo encontra-se preservado na posição lateral, mostrando apenas parcialmente a superfície fértil da estrutura reprodutiva da qual se projetam ramos. Estes terminam em uma expansão cupuliforme que mede 4.5 mm de largura por 3 mm de comprimento. Esta estrutura assemelha-se àquela visualizada em *Arberia hlobanensis* Anderson & Anderson 1985 emend. Adendorff 2005, cuja porção distal dos ramos está expandida em uma estrutura cupuliforme com ponto de inserção da semente esférico e, por vezes, transversalmente elíptico.

No entanto, os espécimes em análise diferem de *A. hlobanensis*, principalmente, por possuírem ramos longos que se curvam proeminentemente em direção à base da estrutura reprodutiva, enquanto que na morfoespécie sul-africana os ramos direcionam-se para a região apical, permanecendo eretos.

Dentre as demais morfoespécies de *Arberia* do Gondwana, apenas *A. karharbariensis* (Maithy) Anderson & Anderson 1985, *A. madagascariensis* (Appert 1977) Anderson & Anderson 1985 e *A. minasica* White emend. Rigby 1972 são comparáveis aos espécimes ora analisados. Todas estas morfoespécies possuem uma incisão dicotômica visível na região apical da estrutura reprodutiva. Porém, *A. karharbariensis* difere do material em análise por ter uma forma geral mais expandida lateralmente, conferindo um contorno geral arredondado à estrutura reprodutiva com ramos curtos e de terminações truncadas.

Já em *Arberia madagascariensis*, a incisão dicotômica na região apical do eixo principal não é tão profunda como nos espécimes brasileiros, tanto que, segundo Adendorff (2005), em alguns espécimes não está presente. Além disso, as projeções nos ramos terminais (estrutura tipo-escama) da morfoespécie sul-africana têm dimensões consideravelmente menores (4.5 mm de comprimento por 2.5 mm de largura) e não são cupuliformes como nos espécimes brasileiros.

Por fim, a morfoespécie *Arberia minasica* possui um ângulo de abertura da bifurcação apical e a relação largura do eixo principal x comprimento dos ramos laterais compatíveis com aquelas dimensões verificadas no material em análise (GRÁFICO 3- espécimes Itanema II). Porém, assim como em *A. madagascariensis*, as estruturas tipo-escama da porção terminal dos ramos de *A. minasica* são comparativamente menores do que a do material em análise e assumem uma forma geral espatuliforme, enquanto que no material em análise são cupuliformes. Ademais, os ramos secundários de *A. curvata* curvam-se consideravelmente em direção ao eixo principal, dando um aspecto de ramos pendentes à estrutura reprodutiva. Essa feição não é visível em *A. minasica*.

Portanto, considerando-se a morfografia peculiar e as diferentes dimensões dos espécimes ora analisados, quando comparados com as morfoespécies disponíveis na literatura, opta-se por erigir uma nova morfoespécie denominada de *Arberia curvata* nov. sp.

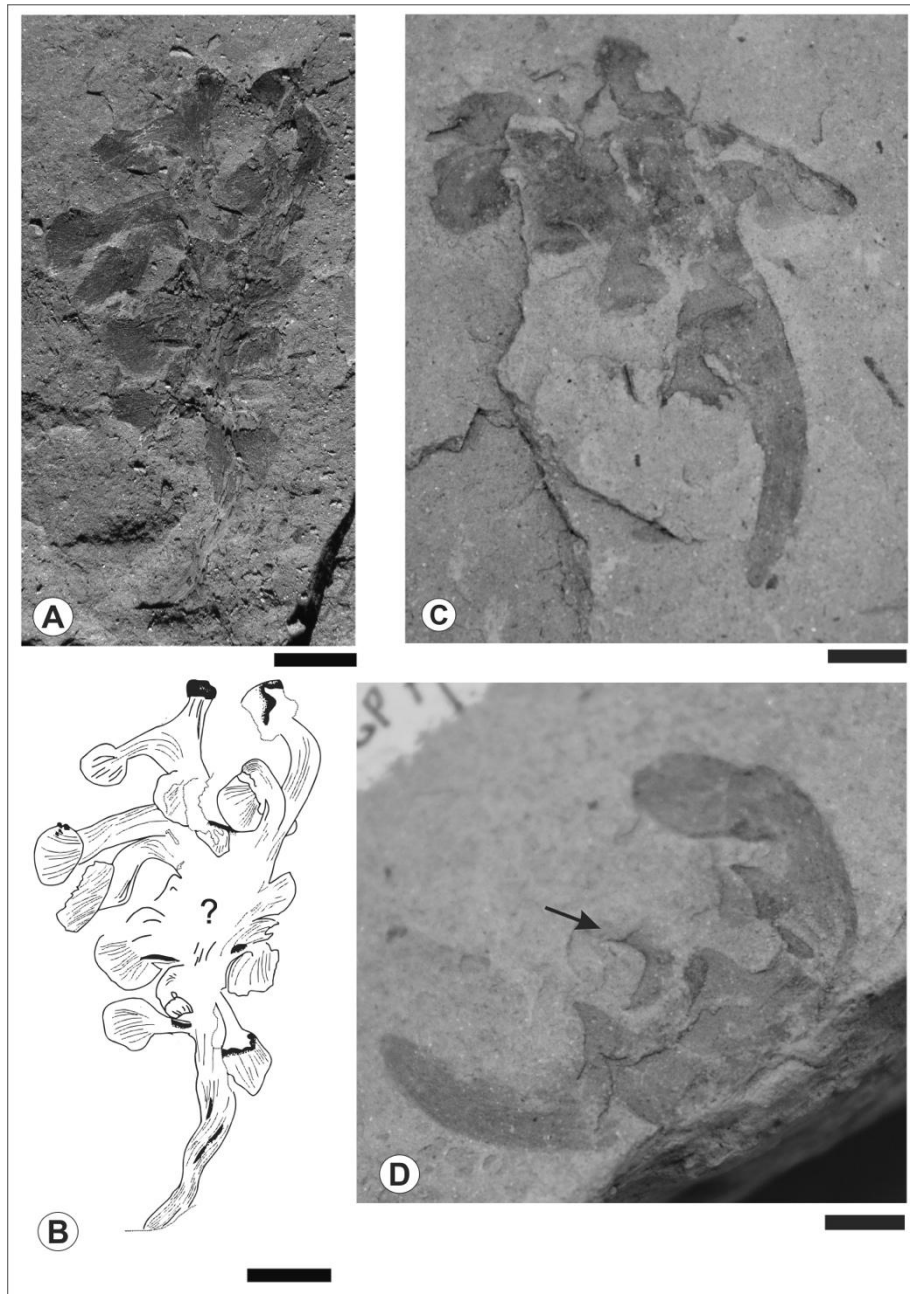


FIGURA 36: *Arberia curvata* nov. sp. A e B – MP-Pb 5074; fotografia e ilustração do holótipo de *Arberia curvata*, mostrando seu longo pedicelo mais fino que o eixo principal da estrutura reprodutiva, bem como seus longos ramos recurvados que apresentam um alargamento na porção distal, demarcando o ponto de inserção da semente/óvulo. C – DGP 7/1068; espécime descrito por Rigby (1972a) e reavaliado neste estudo, evidenciando os ramos que partem de diferentes planos do eixo principal e que se alargam em sua porção distal, formando espessamentos cupuliformes. D – DGP 7/1073; espécime descrito por Rigby (1972a) como preservado lateralmente, possuindo na porção distal dos ramos um espessamento cupuliforme, a seta indica a preservação da porção distal de um ramo terminal mais afastado do eixo principal da estrutura reprodutiva, sustentando a hipótese de que este espécime esteja preservado lateralmente. **Escala: 5mm.**

**Distribuição estratigráfica:** Os espécimes DGP 7/1068 e DGP 7/1073, inicialmente identificados como *Arberia minasica* por Rigby (1972a), foram recuperados,

conforme já mencionado, do afloramento Bainha, no estado de Santa Catarina. Os demais espécimes são provenientes do afloramento Itanema II, também estado de Santa Catarina. Ambos os afloramentos estão litoestratigraficamente posicionados no terço superior da Formação Rio Bonito, Membro Siderópolis, com idade estimada entre Sakmariiano tardio- Artinskiano precoce (ver Iannuzzi, 2010).

### **7.1.5 Chave dicotômica para as espécies de *Arberia* no Gondwana**

Embora, dentre os membros da família Arberiaceae, o gênero *Arberia* seja o mais frequente no Gondwana, um estudo detalhado das publicações originais das morfoespécies deste gênero revelaram a falta de estruturas diagnósticas conclusivas capazes de separar estes morfotipos de modo mais definitivo, garantindo maior confiabilidade nas determinações taxonômicas obtidas.

Esta dificuldade deve-se, em parte, ao fato de que muitos paleobotânicos determinaram novas morfoespécies de *Arberia* com base em um único espécime, como é o caso de Surange & Lele (1956) e McLoughlin (2011), por exemplo. Estes estudos, embora importantes para informar a ocorrência do gênero em diferentes depósitos gondvânicos, acabam dificultando os estudos comparativos entre os morfotipos.

Para ilustrar, podem-se citar casos em que os espécimes estão preservados expondo apenas sua face dorsal, com as estruturas escamiformes dos ramos terminais adentrando-se no sedimento, sendo, portanto, impossível visualizá-las. Ou, em outros casos, quando a estrutura reprodutiva preservada contém óvulos/sementes e sua forma sem estas estruturas permanece desconhecida. Por fim, têm-se casos em que a estrutura reprodutiva encontra-se preservada lateralmente, impedindo a visualização das faces ventral e dorsal. Entende-se que estas feições preservacionais, comuns no registro paleobotânico, só podem ser compreendidas quando se tem um maior número amostral analisado.

Diante do exposto, considerou-se interessante elaborar uma chave dicotômica para as morfoespécies do gênero *Arberia*, com vistas a facilitar o processo comparativo e orientar as futuras descrições das estruturas reprodutivas registradas para o Gondwana (FIGURA 37). Dentre as morfoespécies de *Arberia*

encontradas na literatura, algumas não foram incluídas na chave dicotômica pelos motivos expostos a seguir:

- *Arberia allweyensis* Anderson & Anderson 1985 foi determinada com base em um único espécime descrito inicialmente por Rayner & Coventry (1985) como “frutificação desconhecida”. Adendorff (2005) questionou os critérios utilizados por Anderson & Anderson (1985) ao determinar essa morfoespécie como pertencente ao gênero *Arberia* e enfatizou que a diagnose do gênero exclui espécimes como um eixo primário curto, simples e flabeliforme, como é o caso do espécime analisado por Anderson & Anderson (1985). Assim sendo, Adendorff (2005) retirou *A. allweyensis* do gênero e o colocou como “*incertae sedis*” dentro da família Rigbyaceae;

- *Arberia cedaraensis* Anderson & Anderson 1985 foi determinada tendo-se como base uma associação de sementes e folhas sem, contudo, apresentar o registro da estrutura reprodutiva;

- *Arberia leeuuilensis* Anderson & Anderson 1985 foi reavaliada por Adendorff (2005) que a excluiu de *Arberia* devido à falta de uma estrutura tipo-escama nos ramos terminais portadores de óvulos/sementes), a partir da emenda realizada à diagnose do gênero. Segundo a autora, os espécimes de *A. leeuuilensis* não poderiam mais pertencer ao gênero *Arberia*, passando a compor um grupo constituído pelo novo gênero proposto por Adendorff (2005), chamado *Vereenia*;

- *Arberia brasiliensis* Ludquist 1919 não foi incluída neste estudo uma vez que a publicação original do autor não foi localizada, dificultando, com isso a compreensão das características diagnósticas desta morfoespécie. Ademais, de acordo com McLoughlin (2011), esse espécime já foi incluído em *Arberia minasica*. Acredita-se, contudo que uma revisão seja necessária;

Dentre as inclusões destaca-se *Arberia curvata* nov. sp. e *Arberia opposita* nov. comb. discutidas previamente neste capítulo, e a morfoespécie *Arberia madagascariensis* Appert 1977 emend. Adendorff 2005 que foi incluída no grupo de morfoespécies com bifurcação apical, em decorrência da emenda à diagnose realizada por Adendorff (2005). A feição, contudo, não é evidente em nenhum dos

espécimes figurados no trabalho original de Appert (1977). Optou-se, contudo, em confiar nas diagnoses e emendas realizadas já que o material-tipo de *A. madagascariensis* que não foi consultado neste estudo.



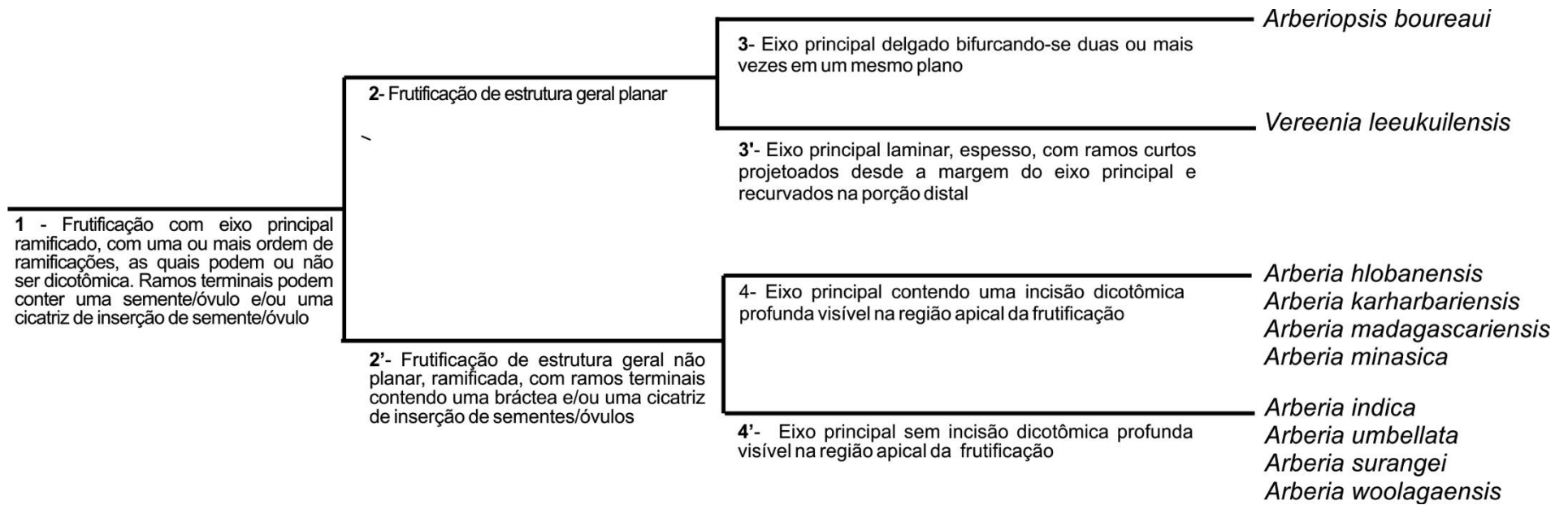


FIGURA 37: Chave dicotômica resumida apresentando as principais características distintivas entre as morfoespécies do gênero *Arberia* distribuídas pelo Gondwana e reconhecidas em afloramentos de países como o Brasil, África do Sul, Índia e Austrália.

QUADRO 8: Chave dicotômica para determinação de morfoespécies do gênero *Arberia* (White) Rigby 1972. Ilustrações retiradas de trabalhos desenvolvidos pelos autores das morfoespécies, ou pelos demais autores que as reavaliaram, e estão baseadas nos morfotipos e suas características diagnósticas. O texto em itálico refere-se aos parâmetros morfométricos e às características diagnósticas específicas de cada morfoespécie.

1 Estrutura reprodutiva com eixo principal ramificado, com uma ou mais ordens de ramificações. Ramos terminais contendo em sua porção distal um espessamento que forma uma estrutura diferenciada “tipo-escama”. Ou, porção distal dos ramos terminais contendo uma semente/óvulo conectadas ou a cicatriz deste ponto de inserção ..... 2

2 Eixo principal contendo uma incisão dicotômica profunda visível na região apical da estrutura reprodutiva ..... 3

2' Eixo principal sem incisão dicotômica profunda visível na região apical da estrutura reprodutiva ..... 8

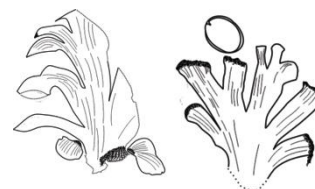
3 Ramos, em sua maioria, projetam-se em posição subparalela ao eixo do qual se originam, podendo permanecer eretos ou recurvados em direção à base..... 4

3' Ramos, em sua maioria, projetam-se em posição perpendicular ao eixo do qual se originam, podendo permanecer eretos ou recurvados em direção à base ..... 6

4 Porção distal dos ramos terminais diferenciadas em estruturas cupuliformes cuja concavidade representa o ponto de inserção da semente/óvulo ..... 5

4' Porção distal dos ramos terminais, alargadas, diferenciadas em estruturas espatuladas

*Ramos da incisão dicotômica apical separados em um ângulo de até 40°. Comprimento dos ramos igual ou pouco maior que a largura do eixo principal .....*



*Arberia minasica* (White) emend. Rigby 1972

5 Ramos longos recurvando-se na sua porção distal em direção a base da estrutura reprodutiva

*Ramos da incisão dicotômica apical separados em um ângulo de até 50°. Comprimento dos ramos igual ou pouco menor que a largura do eixo principal .....*



*Arberia curvata* nova espécie

- 5' Ramos longos e, em sua maioria, eretos

*Eixo primário não planar, com padrão de ramificação tridimensional e dicotômico. Eixo primário afinando-se em direção à base. ....*



*Arberia hlobanensis* Anderson & Anderson 1985 emend Adendorff 2005

- 6 Estrutura reprodutiva alargada devido ao curto eixo principal

*Ramos secundários irregulares com terminação truncada; eixo principal com 10 mm de comprimento por 5 mm de largura .....*



*Arberia karharbarensis* (Maithy) Anderson & Anderson 1985

- 6' Eixo principal longo ..... 7

- 7 Ramos com comprimento atingindo quase o dobro da largura do eixo principal

*Ramos da incisão dicotômica apical separados em um ângulo maior que 50° .....*



*Arberia opposita* (Millan) nov. comb.

- 7' Ramos com comprimento geralmente inferior a largura do eixo principal

*Estrutura reprodutiva achatada dorsiventralmente com 5 – 7.5 mm de comprimento por 5 mm de largura. Sementes de contorno geral ovalado com base arredondada e ápice aguçado .....*



*Arberia madagascariensis* (Appert) Anderson & Anderson 1985 emend. Adendorff 2005

- 8 Ramos recurvados ..... 9

- 8' Ramos eretos ..... 10

- 9 Eixo principal curto e ramos longos fortemente recurvados sobrepondo os ramos que estão abaixo

*15 cm de comprimento por 12 cm de largura na porção mais larga. Pedicelo delgado (1mm) alargando-se na porção apical da estrutura reprodutiva de onde projetam-se ramos fortemente recurvados.....*

*Arberia umbelata* Surange & Lele 1956

- 9' Ramos enrolados em forma de lobos com terminação truncada ..... *Arberia indica* (Feistmantel) White 1908

Ramos laterais com divisão dicotômica .

- 10 *Eixo principal achatado. Distância entre os ramos laterais de aproximadamente 2-3 mm. Da divisão dicotômica dos ramos laterais originam-se ramos curtos com, aproximadamente 2-3mm de comprimento .....*



*Arberia surangei* Chandra & Srivastava  
1981

Ramos laterais simples sem divisão dicotômica

- 10' *Eixo principal achatado, afinando-se em direção à base da formando um pedicelo delgado. Sementes conectadas a margem do eixo principal, contendo uma sarcotesta estreita alada .....*



*Arberia woolagaensis* McLoughlin 2011

## 7.2. O gênero *Arberiopsis*

Criado por Bernardes-de-Oliveira (1977), o gênero *Arberiopsis* distingue-se do gênero *Arberia* por: i) ramificar-se exclusivamente por dicotomia em um mesmo plano; ii) conter óvulos apenas no últimos ramos dessa série de dicotomias; iii) possuir ramos terminais, por vezes, curtos ao ponto de tornarem-se quase imperceptíveis dando a falsa impressão da presença de dois óvulos no mesmo ramo terminal e iv) possuírem as ráquis e demais ramos bem mais delgados que os óvulos que os comportam (Bernardes-de-Oliveira, 1977). Como semelhança, *Arberiopsis* possui a inserção anátropa dos óvulos, assim como no gênero *Arberia*.

Este gênero, embora bem definido e de fácil reconhecimento, não possui o registro de novas ocorrências em depósitos fossilíferos brasileiros, bem como em outros depósitos do Gondwana, permanecendo, portanto, como um gênero monoespecífico.

**Espécie-tipo:**

*Arberiosis boureaui* Bernardes-de-Oliveira 1977

**Diagnose original da espécie** Bernardes-de-Oliveira 1977

“Frutificação feminina de tamanho total 20-27 mm de comprimento por 18-26 mm de largura. Apresenta ráquis bastante delgado e finamente estriado, medindo de 10-17 mm de comprimento por 1-2 mm de largura na base. Alarga-se até a altura da primeira dicotomia, onde atinge de 1.6-4 mm. Essa dicotomia tem um ângulo de 45°-50°. Origina dois ramos ligeiramente desiguais, que podem ainda, se dicotomizarem 2 ou 3 vezes mais. Esses ramos terminam estéreis ou prendendo um óvulo anátropo, protegido em sua parte superior e no seu lado externo pela superfície adaxial desses últimos ramos. Óvulo, de ápice ligeiramente agudo, parece não apresentar asa de compressão e, geralmente, tem superfície algo convexa e estriada. É, no sentido longitudinal, finamente estriado como o ráquis e os ramos. Mede 5 mm de comprimento por 3,5 mm de largura”.

**Distribuição estratigráfica e geográfica:** Afloramentos Bainha e São Marcos, Camada Irapuá, Criciúma, Santa Catarina. Formação Rio Bonito (Membro Siderópolis, Artinskiano precoce).

### 7.3. Distribuição Estratigráfica de Arberiaceae no Brasil

No quadro 9, é possível observar que os gêneros *Arberia* e *Arberiosis* estão restritos ao Permiano Inferior, Formação Rio Bonito (Bacia do Paraná). A descrição de novos espécimes, provenientes de distintos afloramentos da Bacia do Paraná, não alterou a distribuição estratigráfica inicial do gênero *Arberia* no Brasil. O gênero *Arberiosis*, por sua vez, permanece monoespecífico e tem sua ocorrência restrita aos afloramentos da Camada Irapuá (Membro Siderópolis) da Bacia do Paraná. Acredita-se que estudos descritivos bem detalhados podem contribuir com a utilização bioestratigráfica desses gêneros, favorecendo correlações com outras bacias gondvânicas.

QUADRO 9: Distribuição estratigráfica das morfoespécies gondvânicas de Arberiaceae cujos gêneros têm ocorrência na Bacia do Paraná, Brasil. **IN:** Índia; **BR:** Brasil; **AF:** África do Sul; **AU:** Austrália; **SRW:** South Rewa; **RST:** Afloramento Rio da Estiva; **MPA:** Afloramento Morro do Papaléo; **IRP:** Camada Irapuá (Afloramentos Bainha, Bairro 20); **ITN:** Afloramento Itanema II; **DVB:** Damodar Valley Basins; **MHC:** Mohopani Coalfield; **HMK:** Hammanskraal; **HLB:** Hlobane; **VRE:** Vereeniging; **IRC:** Irwin River Coal. Idade entre Sakmariano tardio e Artinskiano. O posicionamento das localidades fossilíferas da Índia seguiu o trabalho desenvolvido por Mukhopadhyay (2010), o dos afloramentos brasileiros se baseou no trabalho de Iannuzzi (2010).

Morfoespécies	Permiano Inferior										Referências
	IN	BR					IN	AF		AU	
	SRW	RST	MPA	IRP	ITN	DVB	MHC	HMK	HLB	IRC	
<i>Arberia curvata</i> nov. sp.											Nova espécie
<i>Arberia hlobanensis</i>											Anderson & Anderson 1985; Adendorff 2005
<i>Arberia</i> cf. <i>A. hlobanensis</i>											Nova ocorrência
<i>Arberia indica</i>											(Feistmantel) White 1908
<i>Arberia karharbariensis</i>											(Maithy) Anderson & Anderson 1985
<i>Arberia madagascariensis</i>											Appert (1977); Adendorff (2005)
<i>Arberia minasica</i>											White (1908); Rigby (1972a); Bernardes-de-Oliveira (1077); Nova ocorrência
<i>Arberia opposita</i>											Millan (1967a); Rigby (1972a); Nova ocorrência
<i>Arberia surangei</i>											Chandra & Srivastava (1981)
<i>Arberia woolagaensis</i>											McLoughlin (2011)
<i>Arberia umbellata</i>											Surange & Lele (1956)
<i>Arberia</i> cf. <i>A. umbellata</i>											Maithy (1965)
<i>Arberiosis boueraui</i>											Bernardes-de-Oliveira (1977)

## 8. ECOLOGIA E DISPERSÃO DE SEMENTES: UMA ANÁLISE DA FLORA GONDVÂNICA DA BACIA DO PARANÁ, BRASIL

O surgimento da semente iniciou-se ao final do Devoniano, primeiramente, pela manutenção de um único megásporo funcional retido no megasporângio e, em seguida, pelo desenvolvimento do tegumento (Willis & McElwain, 2002; Taylor et al., 2009). Este tegumento, responsável por proteger o óvulo da dissecação e do ataque de insetos, teria se desenvolvido, conforme preconiza a Teoria do Teloma proposta na década de 1930 por Zimmermann, pelo envelopamento do megasporângio por uma treliça de telomas estéreis (Willis & McElwain, 2002; Taylor et al., 2009). Portanto, morfologicamente, uma semente consiste em um megasporângio, chamado nucelo, composto por um único megásporo funcional, indeiscente, e envolto por uma ou duas capas tegumentares, chamadas de testa (Andrews, 1963; Taylor et al., 2009).

Para Algeo et al. (1996) o rápido avanço e a diversificação das gimnospermas ao final do Devoniano e início do Carbonífero está relacionado ao surgimento do óvulo/semente. Isso porque esta estrutura permitiu a ocupação de ambientes previamente desocupados (p. ex., áreas secas de terras altas), e ainda, reduziu o risco de dissecação do gametófito e aumentou as possibilidades de sucesso das polinizações (Thomas et al., 1996; Thomas & Spicer, 1987; Edwards & Berry, 1991).

Ainda neste contexto, a reserva nutritiva das sementes, presente no nucelo, contribuiu para o suporte do embrião no intervalo entre a germinação e o completo estabelecimento da plântula, até que esta se tornasse independente e fotossintetizante (Harper et al. 1970). Não obstante, a este sucesso pode-se relacionar ainda o surgimento de diversificadas estratégias de dispersão associadas às variadas estruturas dispersoras e às diferentes condições ambientais (Harper et al., 1970; Hughes et al., 1994) como, por exemplo, dispersão pelo vento em áreas de vegetação menos densa, dispersão por animais (ex., aves e mamíferos) em áreas de vegetação mais densa (Lorts et al., 2008).

Esta dispersão, por sua vez, também conferiu vantagens para as plantas, dentre as quais se destacam (i) a fuga de predadores, (ii) a ocupação de locais mais favoráveis ao desenvolvimento do novo indivíduo (Howe & Smallwood, 1982; Tiffney, 2004), (iii) aumento na possibilidade do surgimento de uma nova linhagem em novas localidades, e (iv) a redução da mortalidade relacionada à alta densidade de indivíduos próximos à planta-mãe (Howe & Smallwood, 1982; Hughes et al. 1994, Lorts et. al., 2008).

Para Chaloner & Sheerin (1980), muito embora o registro fóssil não contribua com a compreensão da interação das plantas no contexto da dinâmica de populações, tem-se abundantemente preservado ao menos uma parte do ciclo de vida das plantas, representada, segundo os autores, pelos esporos, megásporos e pelas sementes. Estes estão diretamente relacionados à colonização de novas áreas, à manutenção da comunidade e ao estabelecimento de novos indivíduos (Chaloner & Sheerin, 1980). Neste contexto, acredita-se que a análise paleobiológica das sementes fósseis traz dados que desempenham um importante papel na compreensão sobre a ecologia das floras pretéritas, especialmente, as paleozoicas que contém uma série de grupos já extintos. De acordo com Hughes et al. (1994), os diásporos de muitas espécies de plantas possuem estruturas morfológicas características que ampliam sua possibilidade de ser dispersa para além da planta-mãe. Assim, a interpretação destes atributos morfológicos específicos, comparados a dados do ambiente de deposição dos restos vegetais, pode vir a contribuir na compreensão mais acurada da estratégia reprodutiva desses grupos.

Deste modo, neste capítulo, as sementes com ocorrência registrada em depósitos do Permiano Inferior da Bacia do Paraná, no Brasil, são interpretadas na busca (i) da determinação das síndromes de dispersão presentes naquelas comunidades e (ii) e de inferências quanto ao hábito e habitat das plantas-mãe das sementes. Portanto, para as análises sugeridas consideraram-se as seguintes feições: i) o tamanho da semente (Tiffney, 1984, 1986, 2004; Jakobsson & Eriksson, 2000; Eriksson et al., 2000; Moles et al., 2005ab); ii) a presença ou ausência de estruturas morfológicas dispersoras, (Tiffney, 1986, 2004; Van der Pijl, 1969) que favoreçam a ação de agentes dispersores específicos; iii) a relação entre o tamanho da semente e a síndrome de dispersão, que traz informações adicionais a respeito



destes possíveis agentes dispersores, limitando ou favorecendo sua ação, independentemente da morfologia apresentada pelo diásporo (Hughes et al., 1994). Todas estas feições são discutidas nos itens subsequentes.

### 8.1 Tamanho da semente

O tamanho das sementes sempre foi objeto de investigação botânica tanto de plantas atuais como fósseis. Pesquisadores entendem que a mudança no tamanho geral padrão das sementes pode elucidar questões relativas às estratégias reprodutivas que conduziram ao sucesso de determinados grupos durante certos intervalos de tempo (Tiffney, 1984; Moles et al., 2005b; Rees & Venable, 2007). Conforme mencionado anteriormente, diferentes autores (Tiffney, 1986; Taylor et al., 2009; Leishman et al., 2000) afirmam que a reserva nutritiva da semente é responsável pela alimentação do embrião nos primeiros estágios de estabelecimento desde a germinação ao crescimento da plântula. Assim, quanto mais reserva a semente possuir, maior será seu tamanho e, por conseguinte, maior será a autonomia da plântula até que ela passe a realizar fotossíntese e produzir seu próprio alimento (Kidston & Westoby, 2000; Leishman et al., 2000).

O tamanho da semente, neste contexto, suscitou muito interesse dos ecólogos e paleontólogos que buscam determinar o tamanho médio que predominou nas floras, desde o Devoniano até os dias atuais (Harper et al., 1970, Tiffney, 1984, 1985, 2005; Eriksson et al., 2000; Sims, 2012). Essa visualização, segundo Tiffney (1986), contribui para a compreensão das mudanças nos padrões predominantes de dispersão, tendo em conta, além do tamanho geral do diásporo, a sua morfologia e a existência de potenciais agentes dispersores.

Nesta mesma linha de pensamento, buscando inferências paleoecológicas para a flora paleozoica, fornecidas por meio da análise dos diásporos e das estruturas reprodutivas recuperadas em depósitos da Bacia do Paraná, realizou-se a análise do tamanho médio das morfoespécies de sementes fósseis dispersas no sedimento e/ou conectadas a estruturas reprodutivas. Para tanto, a análise baseou-se na fórmula já utilizada por Tiffney (1984), Eriksson et al. (2000) e Sims (2012) para cálculo de volume ( $V$ ) de estruturas elipsoides, definida por  $V = 4/3\pi ab^2$  onde:  $a = C/2$ ;  $b = (L + E)/4$ . Sendo “C” a medida do comprimento da semente, “L” a medida da largura da semente e “E” a medida da espessura da semente.

Nos casos em que a espessura da semente não é evidente, como é o caso das morfoespécies brasileiras (impressões e compressões), adotou-se a proposição de Tiffney (1984) onde se assume que  $E = 0.66 L$  (para maiores detalhes consultar o capítulo “Área de Estudo, Material e Métodos”, subitem “métodos”).

Neste estudo, assumiu-se o cálculo proposto por Tiffney (1994), utilizado também por Eriksson et al. (2000), Eriksson (2008), Sims (2010) e Sims (2012). As medidas utilizadas foram aquelas apresentadas nas diagnoses das morfoespécies disponíveis na literatura. As morfoespécies com ocorrência na Bacia do Paraná, cujas dimensões não foram apresentadas nos trabalhos originais, foram excluídas da análise (i. é. *Samaropsis* cf. *S. cuerdoi* em Mune e Bernardes-de-Oliveira, 2007; *Cordaicarpus cezarii* em Mune e Bernardes-de-Oliveira, 2007; *Samaropsis thomasi* em Rigby, 1972b; e *Cordaicarpus oliveiranus* White 1908). Ademais, para evitar interpretações errôneas em relação ao tamanho real das sementes (no que se refere às vantagens evolutivas decorrentes da maior reserva nutritiva), os dados apresentados mais adiante contemplam tanto o volume total da semente quanto o volume referente ao nucelo (reserva nutritiva) (TABELA 7).

É importante esclarecer que este estudo não apresenta a análise quantitativa das sementes com determinado volume, ou seja, não representa a abundância dos diásporos no registro, mas sim a variedade de formas já descritas, bem como intervalo volumétrico em que estas se encontram. Assim, o que se tem é uma visão geral da composição da flora, uma vez que se fossem consideradas as dimensões por diásporo individual e não por morfoespécie, haveria uma tendência ao destaque daqueles morfotipos mais recorrentes no registro. Tem-se que levar em consideração que a fossilização é um processo que atua de forma desigual, fazendo com que alguns grupos sejam favorecidos, como, por exemplo, aqueles que vivem nas proximidades do corpo d'água e/ou aqueles que produzem um número maior de sementes. Ainda, no caso de corpos d'água onde há atuação de corrente há uma tendência à seleção por tamanho que também pode influenciar no resultado quantitativo de determinado morfotipo.

Tiffney (1986) apresentou o volume médio das sementes de distintas floras desde o Devoniano até o Neogeno. De acordo com o autor, no Devoniano, quando as sementes começam a aparecer no registro fóssil, seu volume que variava de 10

mm<sup>3</sup> a 20 mm<sup>3</sup> (média de 7.7 mm<sup>3</sup>). No Mississipiano, estas estruturas assumiram um volume maior (15 mm<sup>3</sup>) e, no Pensilvaniano, tanto nas floras tropicais dos pântanos e terras altas da Euro-américa, quanto nas temperadas de médio-altas latitudes de Angara, esse volume atingiu patamares de até 12.000 mm<sup>3</sup>. As menores sementes, nesta época, mediam de 35 a 106 mm<sup>3</sup>.

Estes dados diferem dos dados mais recentes publicados por Sims (2012), onde o volume médio das sementes no Devoniano estava entre 30 e 100 mm<sup>3</sup>, atingindo o máximo de 150 mm<sup>3</sup> no Mississipiano, e mais de 800 mm<sup>3</sup> no Pensilvaniano. No Permiano e, especificamente, nas floras do Gondwana, os dados de Tiffney (1986) mostraram uma redução no volume geral das sementes, sugerindo que a maior, registrada até aquele momento, teria 560 mm<sup>3</sup>, porém a média geral nas floras seria de apenas 19 mm<sup>3</sup>. A análise do gráfico 6 mostra que, na Bacia do Paraná, há registro de sementes com um volume bastante superior ao sugerido originalmente por Tiffney (1986). *Samaropsis mendesii* (= *S. gigas*), por exemplo, possui um volume total de aproximadamente 26.363,4 mm<sup>3</sup> (incluindo todas as testas: endotesta, esclerotesta e sarcotesta). Seu nucelo (que estruturalmente representa a reserva nutritiva da semente) possui um volume de, aproximadamente, 7.210,49 mm<sup>3</sup>.

Dentre as morfoespécies de menor volume, destaca-se o morfotipo *Cordaicarpus* sp. 1, encontrado conectado a estruturas reprodutivas de *Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor* var. nov. O referido morfotipo tem volume aproximado de 2.09 mm<sup>3</sup>, sendo a menor semente registrada até o momento em depósitos da Bacia do Paraná no Brasil. A morfoespécie com menor reserva nutritiva, no entanto, é *Samaropsis dolianitii*, com um volume de apenas 2.03 mm<sup>3</sup> (Tabela 7).

Se considerarmos separadamente os morfogêneros *Samaropsis* e *Cordaicarpus*, verificamos que as morfoespécies de *Cordaicarpus* estão, predominantemente, no intervalo de 10 a 100 mm<sup>3</sup>. As morfoespécies de *Samaropsis*, por sua vez, avançam neste intervalo, atingindo valores superiores a 1.000 mm<sup>3</sup>. Essa diferença é claramente definida não somente pelo maior volume do nucelo, como também pela presença de uma sarcotesta bem mais desenvolvida que aumenta consideravelmente o volume das morfoespécies de *Samaropsis* (Gráfico 6).

TABELA 7: Lista de morfoespécies gondvânicas recuperadas de afloramentos do Permiano Inferior da Bacia do Paraná no Brasil. As medidas utilizadas no cálculo do volume das sementes encontram-se separadas em medidas totais (considerando todas as estruturas da semente, inclusive a sarcotesta) e medidas do nucelo que contemplam apenas a reserva nutritiva das sementes. Todas as medidas foram retiradas dos trabalhos descritivos originais de cada morfoespécie/morfotipo.

Morfoespécie	Com testa				Somente do nucelo			
	Comprimento	Largura	Espessura	Volum e	Comprimento	Largura	Espessura	Volum e
<i>Cordaicarpus</i> sp.	2.38	1.56	1.0296	2.09	2.38	1.56	1.0296	2.08815
<i>Cordaicarpus brasilianus</i>	3.8	2.7	1.782	9.99	3.8	2.7	1.782	9.99
<i>Samaropsis dolianitii</i>	4	2.8	1.848	11.31	2.5	1.5	0.99	2.03
<i>Cordaicarpus</i> aff. <i>C. brasilianus</i>	4	3	1.98	12.98	3.3	2.5	1.65	7.44
<i>Cordaicarpus cernonegrensensis</i>	6	3	1.98	19.47	5	2.5	1.65	11.27
<i>Cordaicarpus</i> aff. <i>C. famatinensis</i>	5	3.5	2.31	22.08	4.5	3	1.98	14.60
<i>Cordaicarpus</i> aff. <i>C. emarginatus</i>	5	3.5	2.31	22.08	4.7	3.2	2.112	17.3513
<i>Cordaicarpus zeilleri</i>	5.5	4	2.64	31.73	3.5	2.5	1.65	7.89
<i>Samaropsis itapevensis</i>	6	4.2	2.772	38.16	4.5	2.5	1.65	10.14
<i>Cordaicarpus truncata</i>	8.3	5	3.3	74.81	7.3	3.6	2.376	34.11
<i>Cordaicarpus rocha-camposii</i>	8	5.5	3.63	87.25	8	5.5	3.63	87.25
<i>Samaropsis moreirana</i>	7.25	6	3.96	94.10	5	3.5	2.31	22.08
<i>Samaropsis</i> aff. <i>S. millaniana</i>	7.5	6	3.96	97.34	6	4	2.64	34.61
<i>Cordaicarpus irapuensis</i>	7.5	6	3.96	97.34	7.5	6	3.96	97.34
<i>Samaropsis millaniana</i>	8	7	4.62	141.33	6.6	5.6	3.696	74.6199
<i>Samaropsis tietensis</i>	11	7	4.62	194.32	5	3	1.98	16.22
<i>Eucerospermum nitens</i>	7	9	5.94	204.42	não informado			
<i>Samaropsis goraiensis</i>	10	8	5.28	230.74	4	7	4.62	70.6628
<i>Samaropsis rohnii</i>	12.5	8	5.28	288.42	8.75	5	3.3	78.86
<i>Paranospermum cambuiense</i>	9.5	9.5	6.27	309.10	5.25	4.5	2.97	38.3282
<i>Cordaicarpus barbosanus</i>	13	9	5.94	379.63	10	9	5.94	292.02
<i>Samaropsis rugata</i>	11	10	6.6	396.58	7.75	5.25	3.465	77.01
<i>Samaropsis rigbyi</i>	11.5	10	6.6	414.60	8	5.5	3.63	87.25
<i>Samaropsis sancti-marci</i>	13	10	6.6	468.68	10	7	4.62	176.657
<i>Samaropsis seixasii</i>	15.2	10.2	6.732	570.14	8.5	4.7	3.102	67.69
<i>Samaropsis barcellosa</i>	13	12	7.92	674.90	5	6	3.96	64.89
<i>Samaropsis bainhensis</i>	17	11	7.26	741.60	10	6	3.96	129.79
<i>Samaropsis criciumensis</i>	16	12	7.92	830.65	12	7	4.62	211.99
<i>Samaropsis tasacunensis</i>	14.25	15.5	10.23	1234.28	8.1	7.5	4.95	164.264
<i>Samaropsis cerquilhensis</i>	20.5	13	8.58	1249.04	19	10	6.6	685.00
<i>Samaropsis yoshidae</i>	23	17	11.22	2396.41	22	16.5	10.89	2159.36
<i>Samaropsis kurtzii</i>	23.5	22	14.52	4100.60	14	11	7.26	610.73
<i>Samaropsis millerii</i>	34	25	16.5	7661.14	23	25	16.5	5182.54
<i>Samaropsis mendesii</i>	52	37.5	24.75	26363.3	32	25	16.5	7210.49

Assim, seguindo-se a análise dos dados expostos no Gráfico 6 e a restringindo, nesse momento, exclusivamente ao tamanho do diásporo (sem considerar *a priori* a existência de estruturas adaptadas a determinados dispersores) algumas inferências podem ser feitas por meio da comparação com dados disponíveis na literatura (Harper et al., 1970; Tiffney, 1984, Hughes et al., 1994; Eriksson et al., 2000; Leishman et al., 2000; Moles et al 2005b; Sims 2012). Para uma melhor compreensão dos resultados, a análise a seguir é dividida em quatro **Categorias** que representam intervalos de volume, seguindo-se para isso a tabela de correlação proposta por Tiffney (1984).

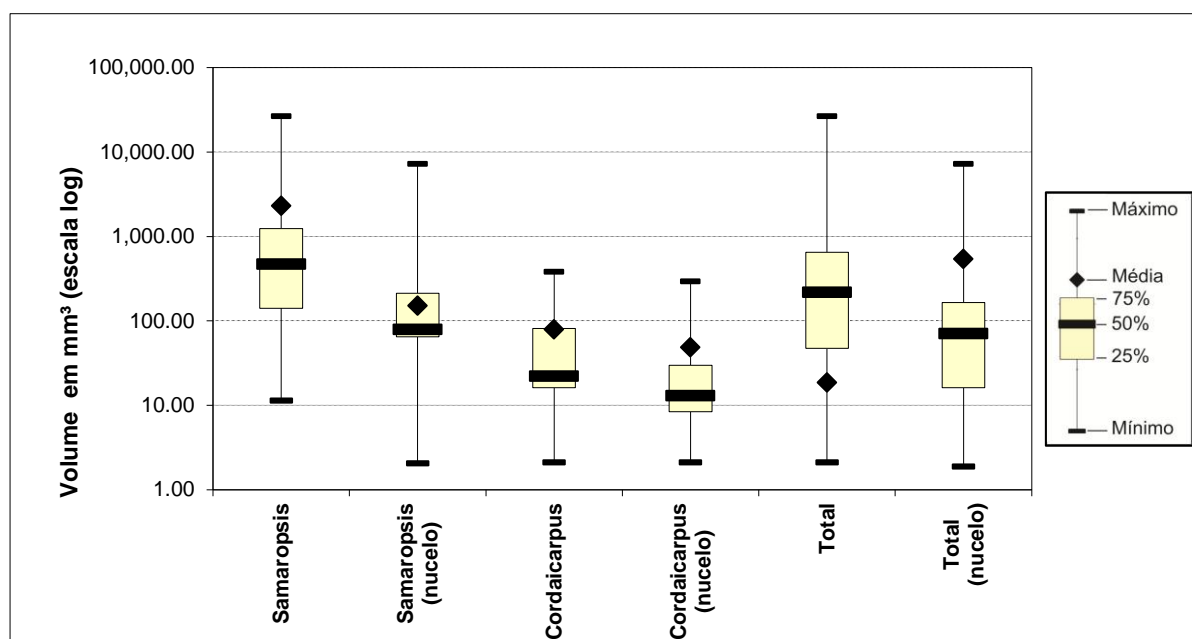


GRÁFICO 6: Intervalo de volume das sementes recuperadas em distintos afloramentos do Permiano Inferior da Bacia do Paraná, Brasil. Os dados utilizados para o cálculo do volume foram retirados da diagnose e da descrição disponibilizadas nas publicações originais de cada morfoespécie. As linhas horizontais superiores e inferiores indicam o volume máximo e mínimo para cada categoria de análise, e.g. *Samaropsis*, *Samaropsis* (nucelo), *Cordaicarpus*, *Cordaicarpus* (nucelo), Total e Total (nucelo). As caixas sumarizam a distribuição de 25, 50 (barras horizontais no interior da caixa) e 75% do volume das morfoespécies em cada categoria de análise.

- **Categoria 1** – *Sementes com volume inferior à 10 mm³*: neste intervalo de volume têm-se com maior frequência a anemocoria (= dispersão pelo vento) ou a dispersão desassistida (Hughes et al., 1984; Moles et al., 2005b). Nestes casos, a ausência de estruturas adaptadas à dispersão pelo vento não podem ser consideradas conclusivas, uma vez que o tamanho diminuto dos diásporos facilita a ação do vento. Dentre as morfoespécies da Bacia do Paraná contempladas neste intervalo tem-se *Cordaicarpus brasilianus* e *Cordaicarpus* sp. 1, encontrada em conexão com

*Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor* (TABELA 7). Por fim, cabe salientar o caso de *Samaropsis dolianitii* que embora possua um nucelo com volume reduzido (2,03 mm<sup>3</sup>), seu volume total chega a 11,31 mm<sup>3</sup>, ou seja, a testa desta morfoespécie é bastante espessa e, segundo Millan (1977), bastante estriada.

- **Categoria 2** – *Sementes com volume entre 10 e 100 mm<sup>3</sup>*: de acordo com Sims (2012), as sementes produzidas pelas primeiras plantas produtoras de sementes (Devoniano) encontravam-se neste intervalo (30 mm<sup>3</sup> a 100 mm<sup>3</sup>). Dentre as sementes recuperadas dos afloramentos da Bacia do Paraná, cerca de 13 morfoespécies (38%) estão situadas nesta categoria (TABELA 7) e, se considerado apenas o volume do nucelo, este número eleva-se para 18 morfoespécies (52%). Neste intervalo, de acordo com Hughes et al. (1994), “todos os modos de dispersão são possíveis”, uma vez que tratam-se de sementes relativamente pequenas (Sims, 2012). No entanto, estudos apontam uma redução da ocorrência de dispersão desassistida dentre os diásporos com este volume (Hughes et al., 1994; Leishman et al., 2000; Moles et al., 2005b).

A ação de vertebrados, como agentes dispersores, também se inicia neste intervalo. As aves, os répteis e os peixes são os principais responsáveis por dispersar diásporos deste tamanho (Moles et al., 2005b). Como as aves só surgirão no Mesozoico, elas não podem ser consideradas como um agente possível na presente análise. A total ausência de registro de répteis tanto no Grupo Itararé como na Formação Rio Bonito descarta a possibilidade deste grupo de tetrápodes ter atuado como agente dispersor nas associações florísticas analisadas. Segundo Tiffney (1984), a dispersão biótica aparece inicialmente no Pensilvaniano, provavelmente pelo consumo de sementes de cordaitaleanas por parte de peixes e anfíbios. O autor destaca (Tiffney, 2004), contudo, que durante o Pensilvaniano e o Eopermiano, animais herbívoros (e neste caso potenciais agentes dispersores de sementes) existiam apenas no paleoequador, entre as latitudes de 10° N e 10° S, dispersando-se para além deste cinturão apenas no Neopermiano. Os mesossauros, comuns nos registros da Formação Irati, têm ocorrência registrada a partir final do Eopermiano, aprox. Artinskiano precoce (Santos et al., 2006), alguns milhões de anos após os registros aqui analisados, sendo por isso também descartados como possíveis agentes de dispersão das sementes estudadas. Assim, dentre os vertebrados, os peixes, que têm abundante e constante registro desde a

porção superior do Grupo Itararé, passam a figurar como o único grupo que poderia ter atuado como agente de dispersão na Bacia do Paraná durante o intervalo Eopermiano (Richter, 2000).

Por fim, de acordo com a literatura (Hughes et al., 1984; Moles et al., 2005b) não há um intervalo definido de volume para ocorrência de hidrocoria (= dispersão pela água), sendo assim esta é outra possibilidade de mecanismo de dispersão para estes diásporos. Contudo, é consenso que, normalmente, sementes dispersas pela água apresentam alguma modificação estrutural ou algum tipo de substância (óleo) capaz de promover a flutuação por mais tempo e/ou impedir o encharcamento imediato da semente (van der Pijl, 1969), principalmente, quando se tratam de diásporos grandes. A presença destas estruturas é discutida mais adiante no item **“Estruturas facilitadoras da dispersão”**.

- **Categoria 3** – *Sementes com volume entre 100 mm<sup>3</sup> e 1.000 mm<sup>3</sup>*: quatorze morfoespécies (i.é, aproximadamente 41%) estão localizadas neste intervalo, sendo que destas, apenas quatro (todas do gênero *Samaropsis*) têm volume entre 500 e 1.000 mm<sup>3</sup> (Tabela 7). De acordo com Sims (2012), as primeiras ocorrências de sementes com esse volume estão no Mississippiano, quando as maiores atingiram um volume de aproximadamente 150 mm<sup>3</sup>. No Pensilvaniano, segue Sims (2012), o volume máximo chegava a aproximadamente 870 mm<sup>3</sup>, permanecendo constante para as espermatófitas basais até o final do Fanerozóico.

Por outro lado, o que se observa nos resultados em análise é que essa categoria corresponde a um elevado número de morfoespécies apenas quando se considera a semente completa (= nucelo + testas). Assim, somente seis morfoespécies permanecem neste intervalo quando considerados apenas o volume do nucelo (Tabela 7). Estes dados sugerem a hipótese de que embora sementes realmente grandes comecem a aparecer no registro desde o Carbonífero (Sims, 2012), em muitos casos, esse aumento dá-se pela diferenciação da testa em estruturas capazes de favorecer determinadas estratégias de dispersão e não necessariamente pelo aumento da reserva nutritiva que, para alguns autores, tem assumida importância ecológica (ver item **“Inferências Paleoecológicas”**).

Dentre as síndromes de dispersão possíveis (Hughes et al., 1994; Moles et al., 2005b), predominam, neste intervalo, a dispersão por água (= hidrocoria) e a

dispersão por vertebrados (= zoocoria). O reconhecimento da atuação da água enquanto agente dispersor depende, conforme mencionado anteriormente, da presença de estruturas capazes de evitar tanto o encharcamento quanto o afundamento da semente. Já a dispersão por vertebrados, apenas os peixes estavam presentes no registro e, portanto, apresentavam algum potencial para dispersão. Porém, esta possibilidade tende a ser reduzida com o aumento do tamanho das sementes. Por outro lado, avaliando-se apenas o volume do nucelo, o vento volta a figurar como um potencial agente dispersor dessas morfoespécies.

- **Categoria 4** – *Sementes com volume superior a 1.000 mm<sup>3</sup>*: apenas sementes do morfogênero *Samaropsis* são encontradas neste intervalo de volume nos depósitos da Bacia do Paraná. Seis morfoespécies possuem um volume total superior a 1.000 mm<sup>3</sup>, sendo que apenas uma, i.é *Samaropsis mendesii*, supera os 20.000 mm<sup>3</sup> em volume. Considerando-se somente o volume do nucelo, três delas (*Samaropsis mendesii*, *Samaropsis milleri* e *Samaropsis yoshidae*) ainda permanecem com volume superior a 1.000 mm<sup>3</sup>., mas outras três (*Samaropsis kurtzii*, *Samaropsis tasacunensis* e *Samaropsis cerquilhensis*) passam ao intervalo 100 mm<sup>3</sup> a 1.000 mm<sup>3</sup>, evidenciando o grande desenvolvimento da sarcotesta como característica dessas últimas três morfoespécies. Segundo Willson & Traveset (2000), sementes muito grandes têm mais dificuldades de serem dispersas do que as pequenas, uma vez que precisam de agentes mais eficientes, tais como animais maiores, ventos mais fortes ou, se for o caso, de uma poderosa propulsão (nos casos de autodispersão). Assim, para sementes com volume entre 100 e 1.000 mm<sup>3</sup>, predominam duas possibilidades de agentes de dispersão, são elas: dispersão pela água e por vertebrados. Estas duas possibilidades são discutidas detalhadamente no item “**Estruturas Facilitadoras de Dispersão**”.

Em suma, com base na análise feita exclusivamente com o tamanho das sementes pode-se inferir que a dispersão desassistida atua nas sementes de volume bastante reduzido. Já o vento atua frequentemente sobre sementes pequenas sem que elas, necessariamente, possuam adaptações. Nas sementes de maior volume, contudo, espera-se sempre a existência de estruturas capazes de denunciar quando a água ou o vento atuam como agentes dispersores. Por fim, no que se refere à dispersão promovida por animais, os peixes figuram como única



possibilidade dentre as sementes de volume mediano analisadas, pelos motivos já expostos anteriormente.

Finalmente, destaca-se que a análise da síndrome de dispersão de determinada morfoespécie deve sempre estar aliada a uma análise morfológica criteriosa, uma vez que alguns indícios sobre as estratégias adotadas pelas plantas-mãe podem ser revelados pela morfologia geral do diásporo. Essa análise é apresentada no item a seguir.

## **8.2. Estruturas Facilitadoras de Dispersão**

Frutos e sementes frequentemente apresentam alterações em sua morfologia que facilitam a compreensão da estratégia de dispersão adotada pela espécie (van der Pijl, 1969; Howe & Smallwood, 1982). Essas estruturas dispersoras, embora possuam diferentes origens (convergência adaptativa) como, por exemplo, as estruturas aladas que em alguns casos originam-se do tegumento da semente e, em outros, da parede do ovário ou do tubo do cálice (Howe & Smallwood, 1982), têm relação direta com a estratégia reprodutiva adotada pelas diferentes espécies e, por isso, em estudos paleoecológicos, sua análise e interpretação é considerada fundamental (Tiffney, 1984, 1986, 2004).

O sistema de classificação das síndromes de dispersão de sementes mais utilizado está baseado nos agentes ou vetores de dispersão, os quais podem ser bióticos ou abióticos (Levin et al., 2003). Na Tabela 8, Howe & Smallwood (1982) sumarizaram as principais estratégias de dispersão utilizadas pelos grupos vegetais, bem como as modificações estruturais que contribuem para a elucidação do provável agente dispersor do diásporo. Os autores salientaram, contudo, que as modificações estruturais servem de indicativo para a estratégia de dispersão adotada pela espécie analisada e que essas interpretações não podem ser consideradas exclusivas e definitivas (Howe & Smallwood, 1982; Tiffney, 1984). De acordo com Levin et al. (2003), um ponto fundamental a ser considerado é que a dispersão raramente é mediada por um único agente de dispersão, caracterizando-se como um processo complexo, compreendido de diversas fases, sendo a primeira

fase o destacamento da planta geradora e as fases subsequentes podendo ser mediadas por outros agentes dispersores.

Ainda, nem sempre no registro fóssil é possível identificar determinados indicadores, tais como óleos, pêlos ou coloração, o que acaba por dificultar a determinação. De acordo com Tiffney (1986), as morfologias relacionadas à dispersão abiótica são mais fáceis de reconhecer no registro fóssil do que aquelas referentes à dispersão biótica, isso porque normalmente a dispersão abiótica está associada a presença de expansões aladas, pelos ou tecidos de flutuação. Nesse sentido, acrescentou-se à Tabela 8 uma última coluna onde são apresentadas as possibilidades de se encontrar determinadas estruturas no registro fóssil. Das variações estruturais apresentadas na Tabela 8, poucas estão de fato presentes nas sementes gondvânicas recuperadas da Bacia do Paraná.

Não obstante, apenas uma modificação estrutural não pode ser considerada uma informação indubitável sobre a identidade do agente de dispersão. Para ser ter maior confiança nas inferências é preciso relacionar a modificação estrutural ao tamanho do diásporo para verificar se há compatibilidade entre ambos. Para tanto, analisar-se-á a seguir as modificações estruturais presentes nas sementes conforme as categorias de tamanho abordadas no item “**Tamanho da semente**”.

- **Categoria 1** – *Sementes com volume inferior a 10 mm<sup>3</sup>*: nestas morfoespécies o volume reduzido é, certamente, a principal feição a se destacar. Ademais a testa, além de pouco espessa, também não se mostra diferenciada.

*Cordaicarpus* sp. 1 foi, conforme já mencionado no item prévio, registrada em conexão com *Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor* nov. var. A face fértil do receptáculo desta estrutura parece suportar mais de 50 sementes (número estimado com base nas cicatrizes de inserção das sementes no receptáculo) que se desprendiam quando maduras. Não há indicativo da atuação da estrutura reprodutiva na projeção destas sementes a uma distância maior (o que indicaria a autodispersão). No entanto, a simplicidade morfológica das sementes impede que se tenha uma resposta conclusiva em relação ao real agente dispersor desse morfotipo, já que seu tamanho diminuto favorece a ação do vento, ou mesmo, possibilita a predominância da dispersão desassistida.

TABELA 8: Sumário das principais síndromes de dispersão de frutos e sementes elaboradas por Howe & Smallwood (1982), modificado e traduzido. A última coluna, acrescentada neste estudo, apresenta a possibilidade de reconhecer as feições diagnósticas em material fóssil.

<b>Agente de dispersão e adaptações</b>	<b>Modificações</b>	<b>Derivações</b>	<b>Comentários</b>	<b>Preservação no registro fóssil</b>
<b>Animal</b>				
Nutriente carnoso (suculento)	Arilo; pericarpo, polpa	Capa/testa da semente ou partes florais	Dispersão por vertebrados	Difícil
Atrativo químico	Elaiosoma	Tegumento da semente	Dispersão por formigas	Não
Estruturas aderentes	Ganchos; materiais viscosos	Geralmente partes florais	Agarras para pêlos ou pele	Difícil
Mimetismo	Tegumento colorido das sementes	Tegumento das sementes	Ingeridos por pássaros	Não
<b>Vento</b>				
Redução do tamanho	Sementes diminutas ("dustlike")	Sementes	Mais de milhões por planta	Sim
Alta razão superfície/volume	Asas, plumas, balões	Capa/testa da semente ou fruto	Balões incomuns	Sim
Queda de ramos	Ramos quebradiços	Ramos inteiros	Sementes espalhadas	Sim
<b>Água</b>				
Resistência ao afundamento	Pêlos ou óleos	Capa/testa da semente	Transporte sumerso	Difícil
Tensão superficial	Pequenas; não encharcam	Capa/testa da sementes	Flutua até encharcar	Sim
Baixa gravidade específica	Espaços aerados; cortiça, óleos	Semente ou fruto	Flutuam longas distâncias	Sim
<b>Autodispersão</b>				
Frutos explosivos	Variados	frutos	Transporte secundário comum	Sim
Diasporos rastejadores	Cerdas hidrosópicas	frutos	Ocorrem com a variação da umidade	Não

TABELA 9: Lista de morfoespécies gondvânicas recuperadas de afloramentos do Permiano Inferior da Bacia do Paraná no Brasil. A primeira coluna apresenta as categorias discutidas neste estudo. As medidas utilizadas no cálculo do volume das sementes encontram-se separadas em medidas totais (considerando todas as estruturas da semente, inclusive a sarcotesta) e medidas do nucelo que contemplam apenas a reserva nutritiva das sementes. A coluna diferenciação da testa apresenta a feição geral da testa, a penúltima coluna a razão superfície/volume das morfoespécies e a última coluna apresenta as publicações das quais as medidas foram retiradas.

Cat	Morfoespécie	Com testa	Somente do nucelo	Diferenciação da testa	Razão Superfície/Volume	Autores
		Volume	Volume			
1	<i>Cordaicarpus</i> sp.	2.09	2.08815	-	5.6	Nova ocorrência
	<i>Cordaicarpus brasilianus</i>	9.99	9.99	-	3.2	Bernardes-de-Oliveira et al. 2007
	<i>Samaropsis dolianitii</i>	11.31	2.03	fibrosa	17.3	Millan 1977
	<i>Cordaicarpus</i> aff. <i>C. brasilianus</i>	12.98	7.44	-	5.1	Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009
	<i>Cordaicarpus cerronegrensis</i>	19.47	11.27	fibrosa	5.0	Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009
	<i>Cordaicarpus</i> aff. <i>C. famatinensis</i>	22.08	14.60	-	3.8	Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009
	<i>Cordaicarpus</i> aff. <i>C. emarginatus</i>	22.08	17.3513	-	3.2	Neste estudo
2	<i>Cordaicarpus zeilleri</i>	31.73	7.89	-	8.8	Millan 1995
	<i>Samaropsis itapevensis</i>	38.16	10.14	fibrosa	7.8	Millan 1995
	<i>Cordaicarpus truncata</i>	74.81	34.11	fibrosa	3.8	Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009
	<i>Cordaicarpus rocha-camposii</i>	87.25	87.25	-	1.6	Bernardes-de-Oliveira & Pontes 1976
	<i>Samaropsis moreirana</i>	94.10	22.08	fibrosa	6.2	(White) Millan 1967
	<i>Samaropsis</i> aff. <i>S. millaniana</i>	97.34	34.61	fibrosa	4.1	Marques-de-Souza & Iannuzzi 2007
	<i>Cordaicarpus irapuensis</i>	97.34	97.34	fibrosa?	1.5	Bernardes-de-Oliveira & Pontes 1976
	<i>Samaropsis millaniana</i>	141.33	74.6199	fibrosa	2.4	Bernardes-de-Oliveira & Pontes 1976
3	<i>Samaropsis tietensis</i> *	194.32	16.22	alada	14.9	Millan 1995
	<i>Cordaicarpus nitens</i>	204.42		alada		Millan 1977
	<i>Samaropsis goraiensis</i>	230.74	70.6628	alada	3.6	Surange & Lele 1956 (in Bernardes-de-Oliveira et al. 2007)
	<i>Samaropsis rohnii</i> *	288.42	78.86	alada	4.0	Bernardes-de-Oliveira et al. 2007
3	<i>Paranospermum cambuiense</i> *	309.10	38.3282	alada	7.4	Ricardi-Branco 1997
	<i>Cordaicarpus barbosanus</i>	379.63	292.02	?	1.3	Millan 1977
	<i>Samaropsis rugata</i> *	396.58	77.01	alada	4.5	Bernardes-de-Oliveira et al. 2007
	<i>Samaropsis rigbyi</i> *	414.60	87.25	alada	4.1	Millan 1977

Cat	Morfoespécie	Com testa	Somente do nucelo	Diferenciação da testa	Razão Superfície/Volume	Autores
		Volume	Volume			
	<i>Samaropsis sancti-marci</i>	468.68	176.657	fibrosa?	2.3	Bernardes-de-Oliveira & Pontes 1976
	<i>Samaropsis seixasii</i> *	570.14	67.69	alada	7.2	(White) Seward 1917
	<i>Samaropsis barcellosa</i>	674.90	64.89	alada	7.5	(White) Millan 1967
	<i>Samaropsis bainhensis</i> *	741.60	129.79	alada	4.5	Millan 1967
	<i>Samaropsis cricumensis</i>	830.65	211.99	alada	2.8	Millan 1967
	<i>Samaropsis tasacunensis</i> *	1234.28	164.264	alada	4.2	Archangelsky 2000
	<i>Samaropsis cerquilhensis</i> *	1249.04	685.00	alada	1.2	(Millan) Bernardes-de-Oliveira et al. 2007
4	<i>Samaropsis yoshidae</i>	2396.41	2159.36	carnosa	0.6	Rigby 1972
	<i>Samaropsis kurtzii</i> *	4100.60	610.73	alada	2.7	Marques-de-Souza & Iannuzzi 2007
	<i>Samaropsis millerii</i>	7661.14	5182.54	carnosa	0.5	(Feistm) Seward 1917
	<i>Samaropsis mendesii</i>	26363.3	7210.49	carnosa	0.8	Rigby 1972

Em relação à flutuação em um corpo d'água, considera-se esta uma estratégia pouco provável tanto para *Cordaicarpus* sp. 1 quanto para *Cordaicarpus brasiliensis*, já que a pouca espessura da testa permitiria um rápido encharcamento do nucelo nessas sementes, a menos que substâncias hidrofóbicas recobrissem sua superfície. Esta última feição não é facilmente detectável no registro fóssil e não pode ser inferida neste caso.

- **Categoria 2** – *Sementes com volume entre 10 e 100 mm<sup>3</sup>*: dentre as morfoespécies em análise todas com este volume apresentam ou uma testa indiferenciada e pouco espessa ou uma testa relativamente espessa e fibrosa. É interessante notar que neste intervalo de volume não há projeções aladas ou outras feições que facilitem a ação da dispersão por vento. Essa inexistência de feições justifica-se pelo fato de que sementes de tamanho reduzido podem ser dispersas pelo vento mesmo sem conter estruturas facilitadoras (Howe & Smallwood, 1982).

A maior espessura da testa, contudo, sugere um maior investimento na proteção ao embrião. Nesse sentido, duas linhas de raciocínio se estabelecem. Na primeira, caso a dispersão ocorra por peixes, uma testa mais espessa e fibrosa permite que a semente passe pelo trato digestivo dos animais sem que o embrião seja, de fato, afetado. Para certificar-se dessa hipótese seria necessário encontrar peixes com sementes preservadas no seu trato digestivo (Tiffney, 2004). Este registro, até o momento não foi relatado para a Bacia do Paraná.

A segunda linha de raciocínio sugere a atuação da água e a presença de uma testa mais espessa como estratégia para evitar o encharcamento das sementes. Considerando-se o volume não muito elevado dessas sementes a tensão superficial seria responsável por mantê-las flutuando por mais tempo.

Neste sentido, o que parece acontecer é um favorecimento de, pelo menos, duas estratégias de dispersão, sendo o vento o responsável por conduzir essas sementes até um corpo d'água e este último (sendo pela própria ação da água ou pela ingestão por peixes) responsável por conduzir essas sementes a sítios mais distantes da planta geradora. Destaca-se, mais uma vez, que este é o intervalo de volume em que a maioria das sementes recuperadas da Bacia do Paraná estão situadas.

- **Categoria 3** – *Sementes com volume entre 100 mm<sup>3</sup> e 1.000 mm<sup>3</sup>*: das 14 morfoespécies deste intervalo, onze possuem uma testa diferenciada em uma estrutura alada. A análise da razão superfície/volume mostra que pelo menos nove destas morfoespécies possuem essa relação elevada (acima de 3), indicando que a superfície da semente chega a ser três vezes superior ao volume de seu nucelo (TABELA 9). No caso de *Samaropsis tietensis* essa razão atingiu 14.9 (TABELA 9), evidenciando a principal feição desta morfoespécie que é possuir um nucelo bastante reduzido e uma estrutura alada muito desenvolvida.

*Cordaicarpus barbosanus*, *Samaropsis millaniana* e *Samaropsis sancti-marci* apresentaram baixa razão superfície/volume (TABELA 9), o que corroborou com descrição da testa fibrosa e/ou pouco desenvolvida destas morfoespécies.

Diante do exposto, a alta razão superfície/volume da maioria das morfoespécies desta categoria, associada a testa alada sugere a anemocoria (= dispersão pelo vento) como síndrome de dispersão predominante para estas morfoespécies.

- **Categoria 4** – *Sementes maiores que 1.000 mm<sup>3</sup>*: neste intervalo apenas *Samaropsis tasacunensis* e *Samaropsis kurtzii* apresentam a testa diferenciada em uma estrutura alada e razão superfície/volume relativamente elevadas, aproximadamente 4 e 3, respectivamente (TABELA 9). *Samaropsis milleri*, *Samaropsis mendesii* e *Samaropsis yoshidae*, estão entre as maiores sementes analisadas e, embora possuam uma testa bem desenvolvida, esta não é grande o suficiente para dispersar essas sementes por anemocoria. Essa evidencia é percebida pela baixa razão superfície/volume (todas inferiores a 1 – TABELA 9) e pelo aspecto carnoso da testa.

Segundo Willson & Travesset (2000), sementes muito grandes não podem ir muito longe por meio da autodispersão (propulsão), aderidas à superfície de algum animal (epizoocoria) e, tão pouco, serem transportadas por pequenos animais (p. ex. formigas). Os autores afirmam ainda que para essas sementes possam ser dispersas pelo vento, seriam necessárias grandes estruturas aladas e que, quando estas não estão presentes, a dispersão biótica seria a síndrome mais provável.

Conforme discutido anteriormente nesse capítulo, no Permiano Inferior da Bacia do Paraná inexisteriam tetrápodes capazes de atuarem como agentes dispersores de sementes. Peixes seriam os únicos agentes em potencial, porém, possivelmente, não para sementes de elevado volume, como é o caso das sementes ora analisadas.

Em estudo anterior, Marques-de-Souza & Iannuzzi (2012) fizeram a análise das síndromes de dispersão de seis morfoespécies recuperadas de afloramentos da Bacia do Paraná, no Rio Grande do Sul. Para a morfoespécie de maior volume *Samaropsis gigas* (= *Samaropsis mendesii*) os autores sugeriram a hidrocoria como provável síndrome de dispersão. Para tal inferência, os autores conduziram uma análise morfográfica que apontava para a presença de uma testa (= endotesta) cujo aspecto esponjoso do tecido poderia contribuir na flutuação do diásporo, associada à já mencionada inexistência no registro fóssil de animais capazes de transportar uma semente tão grande. *Samaropsis kurtzii* foi interpretada pelos autores como dispersas pelo vento, tendo em vista a projeção alada da testa, a qual parece ser também a síndrome de *Samaropsis tasacunensis*.

*Samaropsis milleri* e *Samaropsis yoshidae*, por terem sido ambas designadas com base em um único espécime, não oferecem maiores detalhes analíticos. Contudo, parece claro que devido às limitações impostas pelas dimensões exageradas dessas morfoespécies, aliadas à ausência de estrutura alada e animais capazes de transportá-las, a dispersão pela água parece ser mais viável.

### **8.3. Inferências paleoecológicas**

Harper et al. (1970) foram os primeiros pesquisadores a sugerir uma relação direta entre o tamanho médio das sementes e as características da vegetação. O autor organizou cinco categorias de plantas baseadas no tamanho da semente (em mg). Tiffney (1984) fez a correlação do cálculo de volume das sementes com o peso utilizado na análise conduzida por Harper et al. (1970). A comparação de Tiffney está sumarizada na Figura 38.



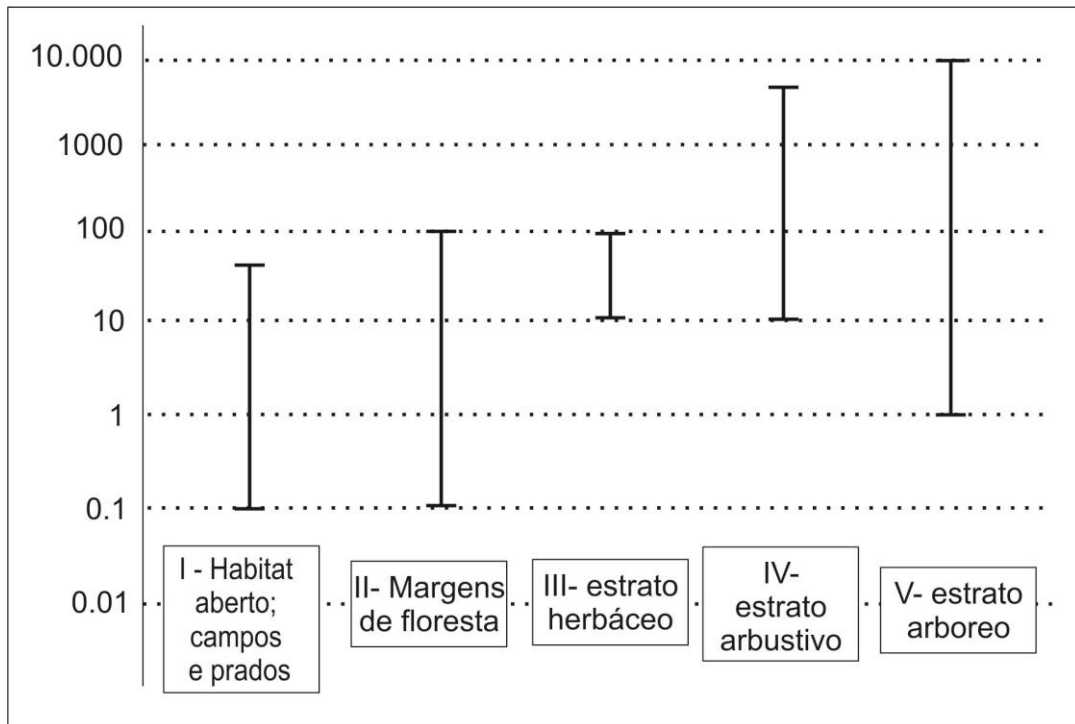


FIGURA 38: Diagrama demonstrativo do intervalo de volume das sementes enquadradas nas cinco categorias de Haper et al. (1970) e convertidas para volume por Tiffney (1984). Observa-se que no intervalo de 10 a 100 mm<sup>3</sup> todas as categorias são possíveis.

De maneira geral, estudos têm mostrado que pequenas sementes tendem a sobreviver e germinar em ambientes abertos e ensolarados (Haper et al., 1970; Tiffney, 1984), pois devido sua pouca reserva nutritiva é fundamental que a plântula torne-se rapidamente fotossintetizante, garantindo sua sobrevivência após o consumo total da reserva (Harper et al. 1970; Coomes & Grubb, 2003). Por outro lado, as sementes grandes, com grandes reservas nutritivas, seriam capazes de se estabelecer no sub-bosque de uma floresta fechada, com menor incidência solar direta (Tiffney, 1984), e sua reserva nutritiva permitiria o desenvolvimento de folhas maiores, com maior capacidade fotossintética em ambientes sombrios (Harper et al. 1970). De acordo com Tiffney (1984), esse padrão não pode ser interpretado como invariável, mesmo que apareça com muita frequência nas floras analisadas, e deve-se ter em mente ainda que entre esses dois extremos, todas as possibilidades são viáveis (FIGURA 38).

O Gráfico 7 mostra o intervalo volumétrico das sementes do paleozóico da Bacia do Paraná, separadas por Estado e por unidade litoestratigráfica. Embora o gráfico apresente tanto o volume das morfoespécies completas quando somente o volume dos respectivos nucelos, entende-se que para este tipo de análise

apenas o volume do nucelo deveria ser considerado, uma vez que é o nucelo que representa efetivamente a reserva nutritiva do embrião.

Percebe-se, neste sentido, que o volume do nucelo da maioria das sementes do Grupo Itararé encontra-se entre 10 mm<sup>3</sup> e 100 mm<sup>3</sup>, onde todas as categorias de plantas de Harper et al. (1970) são possíveis (GRÁFICO 7). Já na Formação Rio Bonito, há um aumento considerável no volume do nucelo, onde pelo menos metade das sementes analisadas estão entre 100 e 1.000 mm<sup>3</sup>, o que as incluem nas categorias IV (estrato arbustivo) e V (estrato arbóreo) de Harper et al. (1970).

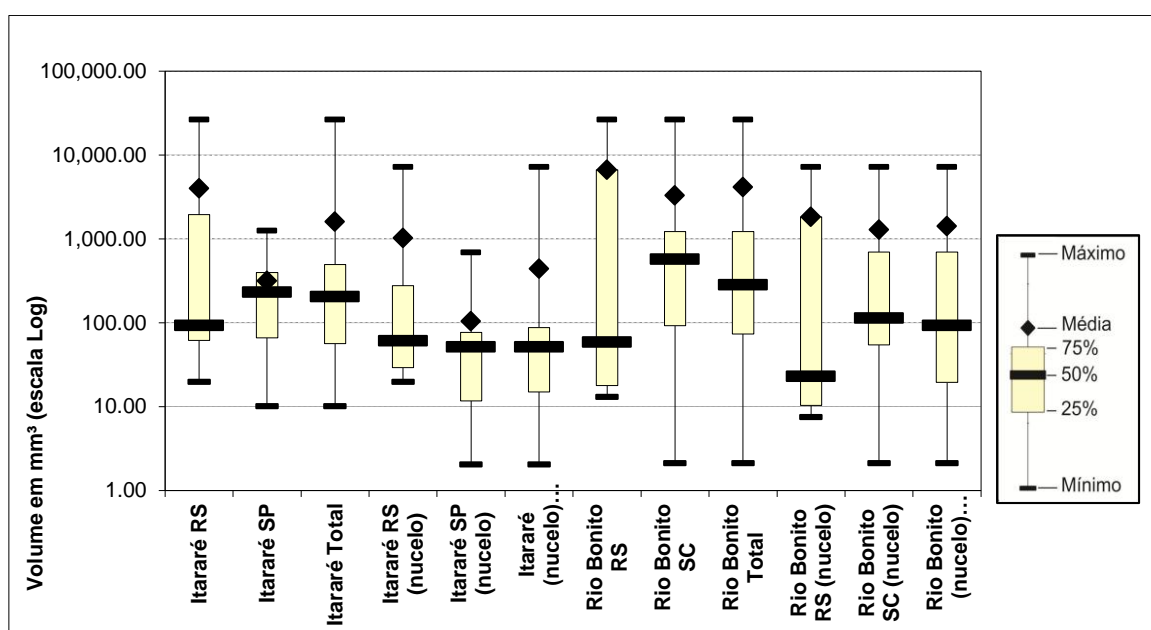


GRÁFICO 7: Intervalo de volume das sementes recuperadas em distintos afloramentos do Paleozóico da Bacia do Paraná, categorizadas de acordo com o estado (Rio Grande do Sul – RS; São Paulo – SP) e a unidade litoestratigráfica (Grupo Itararé; Formação Rio Bonito). Os dados utilizados para o cálculo do volume foram retirados das diagnoses e das descrições disponibilizadas nas publicações originais de cada morfoespécie. As linhas horizontais superiores e inferiores indicam o volume máximo e o mínimo para cada categoria de análise. As caixas resumem a distribuição de 25, 50 (indicado pelas barras horizontais) e 75% do volume das morfoespécies em cada categoria de análise.

Um estudo desenvolvido por Moles et al. (2005b), que utilizou 12.699 angiospermas e 318 gimnospermas atuais, apontou forte relação entre o tamanho da semente e o tamanho da planta geradora quando adulta. Para os autores, aquelas sementes com peso entre 10 e 100 mg (volume de aproximadamente 60 a 300 mm<sup>3</sup>, segundo Tiffney (1984), seriam prioritariamente produzidas por

espécies de porte arbóreo, enquanto aquelas com peso de 1 a 10 mg (volume de 3 a 60 mm<sup>3</sup>, conforme Tiffney, 1984) seriam produzidas por espécies arbustivas.

Eriksson et al. (2000) verificaram também essa correlação quando analisaram dados sementes fósseis provenientes de 25 floras de angiospermas registradas do Cretáceo ao Plioceno. Os autores identificaram uma mudança no tamanho padrão das sementes no início do Terciário, evidenciado pelo relativo aumento dessas estruturas, e sugeriram que a mudança climática ocorrida no limite meso-cenozóico teria favorecido as plantas produtoras de grandes sementes devido ao adensamento da vegetação e o fechamento do dossel das florestas. Para Moles et al. (2005b), contudo, embora o clima contribua para a alteração no padrão geral do tamanho das sementes, o que de fato conduziu a essa mudança foi o tamanho da planta na fase adulta, já que uma planta de grande porte necessitaria de mais tempo de desenvolvimento na fase juvenil e, conseqüentemente, mais tempo para o estabelecimento das plântulas sendo, neste contexto, necessária uma maior reserva nutritiva. Para Rens & Venable (2007), os fatores que conduziram a correlação existente entre o tamanho da semente e o tamanho da planta geradora não estão suficientemente esclarecidos, sendo ainda um desafio à compreensão da Ciência.

Estes estudos mostram, contudo, que a dispersão (disponibilidade de agentes dispersores, principalmente, bióticos), o tamanho da planta geradora na fase adulta, e as mudanças no clima que promoveram mudanças na estrutura vegetacional são importantes fatores a serem analisados, uma vez que sua correlação com o tamanho da semente (em maior ou menor grau) já foi constatada (Tiffney, 1984, 1986, 2004; Eriksson et al. 2000; Moles et al. 2005b; Rens & Venable, 2007; Sims 2012).

Neste contexto, o que parece acontecer com as floras do paleozóico da Bacia do Paraná é aquilo que DiMichele et al. (2001) consideraram como respostas de curto prazo, uma vez que o aumento do número de espécies produtoras de sementes com grande reserva nutritiva nos depósitos da Formação Rio Bonito pode ser resultado de uma nova estrutura vegetacional que se estabeleceu após o ciclo glacial encerrado pelas rochas do topo do Grupo Itararé. Iannuzzi & Souza (2005) afirmaram que as associações florísticas registradas nos

depósitos da Formação Rio Bonito desenvolveram-se, provavelmente, após o surgimento de vastas planícies costeiras provenientes do preenchimento do espaço de acomodação deixado pelo aumento do nível do mar após a última deglaciação (ocorrida durante a deposição da Formação Taciba, topo do Grupo Itararé) da Bacia do Paraná.

Estudos sedimentológicos e palinológicos sugerem que a amenização do clima deu-se desde a base da Formação Taciba (topo do Grupo Itararé), enquanto que estudos com microfósseis vegetais sugerem que a amenização decorrente da deglaciação está diretamente associada a grande diversidade das floras registradas na Formação Rio Bonito (para ver detalhes consultar Iannuzzi & Souza, 2005; Iannuzzi, 2010).

Para Gastaldo et al. (1996), o Sakmario corresponde ao intervalo relativo à amenização do clima e ao domínio das glossopterídeas as quais aparecem, primeiramente, na Formação Taciba onde predominaram as folhas do tipo *Gangamopteris* (Iannuzzi & Souza, 2005). Mais tarde, durante a deposição da Formação Rio Bonito, o gênero *Glossopteris* passou a dominar (chegando a constituir 50% do registro de restos vegetais nos afloramentos da “Camada Irapuá”, Santa Catarina, segundo Bernardes-de-Oliveira, 1980).

Na literatura (Taylor & Taylor, 1993), as grandes sementes são sempre relacionadas às cordaitaleanas embora nunca se tenha encontrado uma semente em conexão orgânica com as estruturas foliares capazes de esclarecer a afinidade botânica dessas estruturas. Por outro lado, as sementes pequenas são frequentemente relacionadas às coníferas e às glossopterídeas. Neste último caso, o registro de estruturas reprodutivas férteis, algumas delas ainda portando sementes, é comum assim como a conexão destas com folhas de glossopterídeas, deixando a afinidade botânica deste grupo de sementes mais clara. Como exemplo pode-se citar *Cordaicarpus* sp. encontrada em conexão com *Ottokaria sancta-catharinae* var. *minor* nov. var. As estruturas reprodutivas do gênero *Ottokaria* já foram amplamente reconhecidas como pertencentes a folhas de glossopterídeas (McLoughlin 1990b). Já no que se refere às coníferas, pode-se citar como exemplo de uma possível estrutura reprodutiva o ramo contendo

sementes do tipo *Cordaicarpus cerronegreensis* (Marques-de-Souza & Iannuzzi, 2009; 2012).

Por outro lado, o recente trabalho de Césari & Hünicken (2013) registrou o encontro de estrutura reprodutiva do tipo *Cordaitanthus*, referente às plantas cordaitaleanas, no Permiano Inferior da Argentina, na qual sementes pequenas do tipo *Cordaicarpus*, similares à *C. famatinensis*, foram encontradas ainda conectadas. Deste modo, percebe-se que a associação entre tamanho/volume e grupo botânico não pode ser facilmente estabelecida para os registros gondvânicos. Ademais, em grupos botânicos atuais como, por exemplo no gênero *Spergularia* da família Caryophyllaceae, é possível verificar um heteromorfismo entre as sementes produzida sendo comuns no gênero tanto as sementes grandes aladas quanto as pequenas sem asa (Telenius & Torstensson, 1991). O mesmo pode ser verificado entre os membros do gênero *Pinus* (Willson & Traveset, 2000)

Por fim, a maior parte das sementes grandes analisadas possui uma testa diferenciada em estruturas aladas, indicando uma propensão à dispersão pelo vento. Em florestas densas, a ação do vento é limitada pelas árvores que criam obstáculos naturais à sua ação (Hughes et al., 1994; Lorts et al., 2008). Associando-se esses elementos com os dados obtidos no Gráfico 7, parece provável que a amenização climática registrada no Sakmario (e/ou na Formação Rio Bonito) conduziu ao desenvolvimento das floras nas quais houve favorecimento das espécies produtoras de sementes grandes que, possivelmente, possuíam hábitos arbustivo/arboreo (compunham os estratos arbustivos e arbóreos). A existência, contudo, de um elevado número de morfoespécies de tamanho reduzido indicam, ao mesmo tempo, que essa diversificação não levou ao domínio completo das plantas geradoras de grandes sementes. Em outras palavras, a estrutura vegetacional neste intervalo teria sido heterogênea, com elementos de grande porte associadas a espécies menores, formando comunidades não muito densas, nas quais a dispersão pelo vento se manteve viável.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise taxonômica e ecológica das sementes e estruturas reprodutivas, recuperadas de afloramentos do Permiano Inferior da Bacia do Paraná, Brasil, trouxe alguns avanços importantes. Primeiro, no que se refere à sistematização do conhecimento disponível acerca das morfoespécies de sementes fósseis gondvânicas e, segundo, no que se refere à sistematização do conhecimento acerca dos morfogêneros das estruturas reprodutivas pertencentes às famílias Dictyopteridiaceae e Arberiaceae, com ocorrência no Permiano Inferior da Bacia do Paraná.

Neste contexto, a primeira parte desta tese apresentou uma discussão da terminologia descritiva das sementes, buscando padronizar os termos e as feições consideradas importantes na comparação e distinção das formas. No tocante ao registro de novas ocorrências de sementes, este estudo apresentou algumas novidades.

Assim, *Samaropsis gigas* Souza & Iannuzzi 2007, que havia sido erigida com base em dezenas de espécimes provenientes de rochas do afloramento Morro do Papaléo, RS, foi considerada uma sinonímia de *Samaropsis mendesii* Rigby 1972, a qual havia sido erigida com base em um único espécime proveniente do estado de Santa Catarina. Junto com esta sinonímia, sugeriu-se uma emenda à diagnose original de *S. mendesii* com vistas a fornecer maior refinamento taxonômico, acrescentando os caracteres diagnósticos visíveis no material sul-riograndense. Além disso, a vinculação morfológica de *S. gigas* à *S. mendesii* ampliou a distribuição estratigráfica desta morfoespécie que, inicialmente, estava restrita à Formação Rio Bonito (Camada Irapuá, SC), e passou a ocorrer desde o topo do Grupo Itararé (Morro do Papaléo, RS).

A consulta ao material-tipo de *Samaropsis seixasii* (White) Seward 1917, proveniente de depósitos do Carvão Barro Branco (Formação Rio Bonito – Membro Siderópolis, SC), permitiu a confirmação da ocorrência desta morfoespécie no afloramento Morro do Papaléo-Seção Faxinal e Morro do Papaléo-Cocuruto, Rio Grande do Sul, ampliando a distribuição estratigráfica de *S. seixasii* para depósitos mais antigos, correspondentes ao topo do Grupo Itararé.

A morfoespécie argentina *Samaropsis tasacunensis* Archangelsky 2000, recuperada de rochas da Formação Tasa Cuna, Permiano Inferior da Argentina, foi descrita pela primeira vez em depósitos brasileiros (topo do Grupo Itararé, afloramento Morro do Papaléo, RS), em intervalo estratigráfico considerado correlato aquele de onde provém o material argentino, mantendo a distribuição cronoestratigráfica da morfoespécie inalterada.

Já *Samaropsis moreirana* (White) Millan 1965, que havia sido recuperada da Camada Irapuá, SC, e em Cerquilha, SP, foi também registrada no afloramento Morro do Papaléo, RS. Todavia, a distribuição estratigráfica da morfoespécie não foi alterada, permanecendo sua ocorrência se estendendo desde o Grupo Itararé até a Formação Rio Bonito.

Por fim, foi descrito mais um espécime de *Samaropsis* sp. 1 in Marques-de-Souza & Iannuzzi 2007, com o intuito de contribuir com a compreensão da morfografia deste morfotipo bastante singular, cujo registro, embora frequente no afloramento Morro do Papaléo, é sempre incompleto. Assim, o novo espécime contribuiu para a compreensão da porção apical da semente que não possui, porém, a região basal preservação, impedindo sua determinação em nível específico.

Em seguida, todas espécies descritas para o Gondwana, cuja diagnose inclui apenas as feições morfológicas, foram organizadas em uma chave dicotômica. Esta chave, embora presente-se como uma ferramenta em potencial para as análises comparativas em estudos taxonômicos, não apresentou um resultado conclusivo acerca das diferenças morfológicas que definem as morfoespécies. Essa limitação parece decorrente das descrições simplificadas das morfoespécies disponíveis na literatura ou mesmo pela falta de feições diagnósticas suficientemente diferenciadas em alguns morfotipos. Assim, seu uso implicará, ao final, na consulta às publicações originais contendo as diagnoses das sementes que apresentarem grande semelhança morfológica e estejam incluídas em um mesmo grupo morfológico.

Ainda, em se tratando das análises referente às sementes fósseis, a sistematização das informações disponíveis na literatura mostraram que mais de 60% das sementes gondvânicas conhecidas são encontradas na Índia (41,41%) e no Brasil (33,3%). Por outro lado, a Índia possui representantes em 25 dos 28 gêneros descritos, enquanto que o Brasil conta com apenas 5 gêneros

registrados, sendo dois deles com caracteres anatômicos incluídos na diagnose. Destes dois, os espécimes de *Platycardia*, recuperados no sul do Brasil, não foram determinadas em nível de espécie na ocasião de sua descrição.

No que se refere à distribuição estratigráfica, verificou-se que das 99 morfoespécies conhecidas, 85 ocorrem no Permiano Inferior, sendo 46 exclusivas deste intervalo. O Carbonífero Superior, o Permiano Superior e o Triássico contam com um número menor de morfoespecies exclusivas, contabilizando oito, cinco e duas, respectivamente. No Brasil, todas as morfoespécies estão restritas às rochas representantes da porção superior do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito, sendo que nove delas ocorrem em ambas unidades litoestratigráficas.

Em relação às estruturas reprodutivas, a presente tese abordou os gêneros da Família Dictyopteridiaceae com ocorrência em depósitos brasileiros da Bacia do Paraná. Dentre estes, destacou o registro de representantes de *Plumsteadia* e descartou, *a priori*, a ocorrência de *Scutum*.

Dentre as morfoespécies do gênero *Ottokaria* no Brasil, registrou a nova ocorrência de *Ottokaria sancta-catharinae* Dolianiti 1971 no afloramento Rio da Estiva, SC (Formação Rio Bonito, base do Membro Paraguaçu). Originalmente esta morfoespécie havia sido erigida com base em espécimes recuperados do afloramento Bainha, SC (Formação Rio Bonito, Membro Siderópolis) e sua nova ocorrência estendeu sua amplitude estratigráfica até o terço inferior da Formação Rio Bonito. Em conexão com *O. sancta-catharinae* foi identificada a presença de uma semente determinada como *Cordaicarpus* cf. *C. emarginatus* Walkom 1935.

Ainda, verificou-se a existência de uma nova variedade da morfoespécie *Ottokaria sancta-catharinae* no afloramento Itanema II, SC (Formação Rio Bonito, Membro Siderópolis). Esta, denominada como *O. sancta-catharinae* var. *minor*, foi encontrada em conexão com um morfotipo de semente do tipo *Cordaicarpus*. Encerrando-se a família Dictyopteridiaceae, foi descrito um espécime proveniente do afloramento Rio da Estiva, SC (Formação Rio Bonito, Membro Paraguaçu) com sementes conectadas identificadas como *Cordaicarpus* cf. *Cordaicarpus emarginatus* Walkom 1935. A estrutura reprodutiva foi identificada como *Ottokaria* sp. 1.

Dentre os demais avanços desta pesquisa em relação à Família Dictyopteridiaceae, pode-se considerar a proposição de uma chave dicotômica bem definida para as morfoespécies do gênero *Ottokaria*, destacando-se as



principais feições diagnósticas, o que facilitará os estudos comparativos com as espécies do gênero. Em termos estratiográficos, verificou-se que o gênero *Ottokaria* encontra-se distribuído no Permiano Inferior e no Permiano Superior do Gondwana, e, no Brasil, sua ocorrência encontra-se deste o Grupo Itararé até a Formação Rio Bonito (Permiano Inferior da Bacia do Paraná).

No que se refere à Família Arberiaceae, foi confirmada a presença de dois gêneros na Bacia do Paraná, sendo eles: *Arberioopsis* e *Arberia*. Este último, era representado apenas pela morfoespécie *Arberia minasica* (White) Rigby 1972. A consulta ao material-tipo de *A. minasica* permitiu a reavaliação dos espécimes incluídos por Rigby (1972a) e Bernardes-de-Oliveira (1977) nesta morfoespécie. Essa reavaliação resultou na manutenção de alguns espécimes em *Arberia minasica* e a reclassificação de outros em *Arberia opposita* (Millan) nov. comb., *Arberia curvata* nov. sp. e *Arberia* cf. *A. hlobanensis* Anderson & Anderson emend. Adendorff 2005.

*Arberia minasica*, proveniente de Lauro Müller, SC, estava restrita ao terço basal da Formação Rio Bonito. As novas ocorrências registradas no presente estudo, provenientes do afloramento Rio da Estiva- SC, mantiveram sua distribuição estratiográfica restrita à Formação Rio Bonito (base do Membro Paraguaçu). *Arberia opposita* (Millan) nov. comb., por sua vez, que havia sido erigida com base em espécimes provenientes do Afloramento Bainha, SC, teve nova ocorrência registrada no topo do Afloramento Morro do Papaléo, RS, ambos correspondem à Formação Rio Bonito, Membro Siderópolis da Bacia do Paraná. A determinação de *Cordaicarpus rocha-camposii* Bernardes-de-Oliveira 1976 como semente conectada à *A. opposita* não alterou a distribuição estratiográfica já mencionada.

No que se refere à morfoespécie sul-africana *A. hlobanensis*, esta é proveniente de depósitos da Formação Vryheid (Artinskiano), enquanto que o espécime brasileiro *Arberia* cf. *A. hlobanensis* é proveniente do afloramento Bainha, SC (Formação Rio Bonito, Membro Siderópolis). Se confirmada a ocorrência de *A. hlobanensis* no Brasil a idade da morfoespécie passará a ser Sakmiano tardio-Artinskiano precoce. Finalmente, encerrando a Família Arberiaceae foi descrita a nova espécie *Arberia curvata* nov. sp. com base em espécimes provenientes dos afloramentos Bainha e Itanema II, ambos de Santa Catarina. Os afloramentos estão litoestratigraficamente posicionados no terço

superior da Formação Rio Bonito, Membro Siderópolis, com idade estimada entre Sakmariano tardio-Artinskiano precoce.

Por fim, no que se refere ao estudo paleoecológico das sementes fósseis, esta tese apresentou uma análise das possíveis estratégias de dispersão tendo como base o tamanho e a morfologia destas estruturas. Assim, verificou a predominância da anemocoria e, em alguns casos, da hidrocoria. No tocante à análise do tamanho médio das sementes foi possível verificar um aumento do tamanho dentre as morfoespécies na Formação Rio Bonito, em relação às registradas no Grupo Itararé

A análise da literatura permitiu inferir, mesmo que preliminarmente, que este aumento deve-se, provavelmente, à amenização climática registrada a partir do Sakmariano (correspondente ao intervalo da Formação Rio Bonito), que teria conduzido ao desenvolvimento das floras nas quais houve favorecimento das espécies produtoras de sementes grandes as quais, possivelmente, possuíam hábitos arbustivo/arbóreo (compondo os estratos arbustivos e arbóreos). Ainda, a predominância de estruturas aladas nestas sementes sugeriu uma propensão à dispersão pelo vento. Considerando-se que florestas são obstáculos naturais à ação do vento, sugeriu-se que a estrutura vegetacional no intervalo estudado teria sido heterogênea, com elementos de grande porte associadas a espécies menores, formando comunidades não muito densas, nas quais a dispersão pelo vento se manteria uma estratégia viável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDENDORFF, R. **A Revision of the ovuliferous fructifications of *Glossopteris* from the Permian of South Africa.** Tese de doutorado (Faculty of Science) – University of the Witwatersrand, Johannesburg, 2005
- ANDERSON, J.M. & ANDERSON, H.M. Paleoflora of southern Africa. **Prodomus of southern African megaflores Devonian to Lower Cretaceous.** A.A. Balkema, Rotterdam. 423 p. 1985.
- ANDREIS, R.R.; CAZZULO-KLEPZIG, M.; GUERRA-SOMMER, M. & MARQUES-TOIGO, M. Interpretação paleoambiental e estudo paleobotânico e palinológico do Grupo Itararé, na área de Faxinal, Município de Guaíba, RS. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, IX. **Atas**, Natal, p. 65- 77, 1979.
- ANDREWS, H. N. Early Seed Plants Recent fossil discoveries shed light on the evolution of the seed and on seed-plant progenitors. **Science**. Vol. 142. no. 3594, 925 – 931, 1963.
- APPERT, O. Die Glossopterisflora der Sakoa in südwest-Madagaskar. **Palaeontographica** 162B:1-50, 1977.
- ARBER, E.A.N. On the Clarke collection of fossil plants from New South Wales. **Quart. J. Geol. Soc.**, **58**: 1-26, 1902.
- ARBER, E.A.N. A revision of the seed impressions of the British Coal Measures. **Annals of Botany**, **28**:81-108, Pls. VI-VIII, 1914.
- ARCHANGELSKY, A. Nota tipologica sobre el genero *Eucerospermum* Feruglio (semilla permica de coníferas). **Ameghiniana**, Buenos Aires, **26**(3-4): 233-235, 1989.
- ARCHANGELSKY, A. Semillas del Paleozoico Superior de Argentina: su utilización bioestratigráfica. **Ameghiniana**, Buenos Aires, **36** (4): 465-476, 1999.
- ARCHANGELSKY, A. *Patagosperma lubeckense*, nueva semilla de gimnosperma del permico inferior de La provincia de Chubut. Implicancias paleobiologicas. **Revista da Associação de Paleotologia Argentina**. 32(4): 351 – 357, 1995.
- ARCHANGELSKY, A. Estudio sobre semillas neopaleozoicas de Argentina. **Boletin de la Academia Nacional de Ciencias**, **64**:79-115, 2000.
- ARCHANGELSKY, S. & CÚNEO, R. *Ferugliocladaeae*, a new conifer family from the Permian of Gondwana. **Rev. Paleobot. Palynol.**, **51**:3-30, 1987.
- BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C. Taoflora eogondwanica da camada Irapuá, Formação Rio Bonito (Grupo Tubarão), SC. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, V.I., 301 p., V.II, 1977, 32 p.

BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. C. & PONTES, C. E. S. Algumas observações sobre cordaitófitas da Formação Rio Bonito. Grupo Tubarão Bacia do Paraná Brasil. In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO I. **Actas...** Santiago do Chile, v. 3, p. L22-L81, 1976.

BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C. Taoflora eogondvânica da Formação Rio Bonito ("Camada Irapuá"), Bacia do Paraná, Brasil. In: APA, 2º Congr. Arg. de Paleontol. y Biostratigr. Y 1º Congr. Latinoamer. de Paleontol., Buenos Aires, 1978, **Actas**, tomo IV:69-88, 1980

BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C., CARVALHO, R.G. Frutificações femininas de glossopteridófitas da Formação Rio Bonito, Grupo Tubarão, estado de Santa Catarina, Brasil. **Anais do II Congresso Latino-Americano de Paleontologia**, Porto Alegre, 182-189, 1981.

BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. C.; RICARDI-BRANCO, F.; RÖSLER, O. As estruturas reprodutivas de Glossopterídeas na sucessão das taofloras Permianas da Bacia do Paraná, Brasil. **Geociências**, v(nº especial): 62-68, dez 2000.

BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C.; CASTRO-FERNANDES, M.C.; TEWARI, R. & RICARDI-BRANCO, F. Platyspermic seeds from the Early Permian of Paraná Basin, Brazil. **The Palaeobotanist**, 56:1-19, 2007.

BOARDMAN , D. R. Paleobotânica e Palinologia dos depósitos Eopermianos do paleovale Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul, Brasil (Formação Rio Bonito, Bacia do Paraná): análise taxonômica e bioestratigráfica. Porto Alegre, 2011, 220p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, UFRGS)

CARIGLINO, B., GUTIÉRREZ, P. R., MANASSERO, M. *Plumsteadia pedicellata* sp. nov.: a new glossopterid fructification from La Golondrina Formation (Guadalupian-Lopingian), Santa Cruz Province, Argentina. **Review of Palaeobotany and Palynology** 156: 329-336, 2009.

CEZARI, S.N. & HÜNICKEN, M. Heterophylly in *Cordaites*-like foliage from western Gondwana. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 196: 9-18, 2013

CHALONER, W. G. & SHERIN, A. The evolution of reproductive strategies in early land plants. In: SCUDDER, G. & REVEAL, J. (eds.) **Evolution Today**, Proceedings of the Second International Congress of Systematic and Evolutionary Biology, Pittsburg, PA, 93 – 100, 1981.

CHANDRA, A. & SRIVASTAVA, K. A new species of *Arberia* from the Lower Gondwana of South Rewa Gondwana Basin, India. **The Palaeobotanist**, 28-29: 40-45, 1981.

CHANDRA, S. & SURANGE, K.R. Revision of the Indian species of Glossopteris. India, 301 p. Monografia n. 2, Birbal Sahni Institute of Palaeobotany, 1979.

COOMES, D.A. & GRUBB, P.J. Colonization, tolerance, competition and seed-size variation within functional groups. **Trends in Ecology and Evolution**, 18(6):283-291, 2003.

CORRÊA DA SILVA, Z.C. Observações sobre o Grupo Tubarão no Rio Grande do Sul com especial destaque à estratigrafia da Formação Itararé. **Pesquisas**, 9:9-61, 1978

CORRÊA DA SILVA, Z.C. & ARRONDO, O.G. Tafoflora Permiana de Mariana Pimentel, Município de Guaíba, Rio Grande do Sul. **Pesquisas**, 7:27-44, 1977.

CRIDLAND, A.A. A glossopteris flora from the Ohio Range, Antarctica. **Am. Journ. of Botany**. 50: 186-195, 1963.

DEHGAN, B.; YUEN, C. K. K. H. Seed morphology in relation to dispersal, evolution, and propagation of *cycas l.* **Bot. Gaz.** 144(3): 412 – 418, 1983.

DIMICHELE, W.A., PFEFFERKORN, H.W., GASTALDO, R. A. Response of Late Carboniferous and Early Permian Plant Communities to climate change. **Annu. Rev. Earth Planet. Sci.** 29:461- 487, 2001.

DOLIANITI, E. A flora do Gondwana Inferior em Santa Catarina VII- O gênero *Ottokaria*. *Ottokaria santa-catarina* n. sp. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 43(suplemento): 337-342, 1971.

DU-TOIT, A.L. Some fossil plants from the Gondwana beds of Uganda. **Ann. S. Afr. Mus.** 28: 395-407, 1927.

EDWARDS, D., & C. M. BERRY, C.M. Silurian and Devonian. In C. J. Cleal, ed. **Plant Fossils in Geological Investigations: The Palaeozoic**, Chichester: Ellis Horwood Series in Applied Geology, pp. 117–153. 1991.

ERIKSSON, O.; FRIIS, E. M.; LÖFGREN, P. Seed Size, Fruit Size, and Dispersal Systems in Angiosperms from the Early Cretaceous to the Late Tertiary. **The American Naturalist**. 156(1): 47 – 58, 2000.

ERIKSSON, O. Evolution of seed size and biotic seed dispersal in angiosperms: paleoecological and neoecological evidence. **Int. J. Plant Sci.**, 169:863-870, 2008.

FEISTMANTEL, O. The fossil flora of the Lower Gondwana. I - The flora of the Talchir-Karharbari beds. **Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica**, series 12, 3:1-64, 1879.

FEISTMANTEL, O. The fossil flora of the Lower Gondwana. The flora of the Damuda and Panchet Divisions. **Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica**, series 12, 3:1-149, 1881.

FEISTMANTEL, O. The fossil flora of the Lower Gondwana. Pt. 1. The fossil flora of the South Rewah Gondwana Basin. **Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica**, series 12, 4:1-52. 1882.

FERRI, M.G.; MENEZES, N.L. & MONTEIRO-SCANAVACA, W.R. **Glossário Ilustrado de Botânica**. Livraria Nobel S.A., São Paulo, 2005

FERUGLIO, E. La flora liásica del Valle del Rio Genoa (Patagonia). *Semina incertae sedis*. *Asoc. Geol. Arg. Rev.* 1(3): 209-218, 1946.

GARCIA, G.B. Cordaitales y semillas platispermicas de la Formación El Imperial (Paleozoico Superior), Cuenca San Rafael, Argentina. **Ameghiniana**, 27 (3-4):239-249, 1990.

GASTALDO, R.A., DIMICHELE, W.A., PFEFFERKORN, H.W. Out of the icehouse into the greenhouse: a Late Paleozoic analog for modern global vegetation change. **GSA Today** 6 (10), 1–7, 1996.

GONÇALVES, E.G.; LORENZI, H. **Morfologia vegetal: organografía e dicionário ilustrado de morfología de plantas vasculares**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2007, 416 p.

GUERRA-SOMMER, M. Padrões epidérmicos da Flora Glossopteris na jazida do Faxinal (Formação Rio Bonito, Kunguriano, RS): implicações taxonômicas, bioestratigráficas e paleogeográficas. Porto Alegre, 1988, 751p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, UFRGS)

GUERRA-SOMMER, M. & CAZZULO-KLEPZIG, M. Biostratigraphy of the Southern Brazilian Neo Paleozoic Gondwana Sequence: A preliminary palaeobotanical approach. In: INTERNATIONAL CONGRÉS DE LA STRATIGRAPHIE ET GÉOLOGIE DU CARBONIFÉRE ET PERMIEN, 12. **Comptes rendus...** Buenos Aires, v.2, p.61-72, 1993.

GUERRA-SOMMER, M., CAZZULO-KLEPZIG, M., SANTOS, J.O.S., HARTMANN, L.A., KETZER, J.M.M. & FORMOSO, M.L.L. 2008. Radiometric age determination of tonsteins and stratigraphic constrains for the Lower Permian coal succession in southern Paraná Basin, Brazil. **International Journal of Coal Geology**, 74: 13-27, 2008

GUTIERREZ, P.R.; GANUZA, D.G.; MOREL, E. & ARRONDO, O.G. Los Generos *Cordaicarpus* Arber y *Samaropsis* Goeppert (Semillas Platispérmicas) en el Neopaleozoico Argentino. **Ameghiniana**, 29(1):49-68, 1992.

GUTIERREZ, P.R. & PAZOS, P. Acerca de la presenta de semillas platispermicas en la Formación Guadacol, Carbonifero, Argentina. **Ameghiniana**, 31(4):375-377, 1994.

HARPER JL, LOVELL PH AND MOORE KG,. The shapes and sizes of seeds. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** 1: 327 – 356, 1970.

HØEG, O.V. & BOSE, M.N. The *Glossopteris* Flora of the Belgian Congo, with a note on some fossil plants from the Zambesi Basin (Mozambique). **Annales du Musée du Congo Belge**, Sciences Géologiques, **32**:1-107, Pls. I-XXXV, 1960.

HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of Seed Dispersal. **Ann Rev. Ecol. Syst.** 13: 201 – 228, 1982.

HUGHES, L.; DUNLOP, M.; FRENCH, K.; LEISHMAN, M. R.; RICE, B.; RODGERSON, L.; WESTOBY, M. Predicting dispersal spectra: a minimal set of hypotheses based on plant attributes. **Journal of Ecology.** 82: 933 – 950, 1994.

IANNUZZI, R. The flora of Early Permian coal measures from the Paraná Basin in Brazil: A review. **International Journal of Coal Geology**, 83: 229-247, 2010.

IANNUZZI, R.; MARQUES-TOIGO, M.; SCHERER, C.M.S.; CARAVACA, G; VIEIRA, C.E.L. & PEREIRA, L.S. Reavaliação da Fitobioestratigrafia da Seqüência Gondwanica Sul-Riograndense: Estudo de Caso do Afloramento Morro do Papaléo (Bacia do Paraná, Permiano Inferior).: **Anais do Encontro sobre Estratigrafia do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, UFRGS, p. 182-185, 2003a.

IANNUZZI, R.; MARQUES-TOIGO, M.; SCHERER, C.M.S.; CARAVACA, G; VIEIRA, C.E.L. & PEREIRA, L.S. Phytobiostratigraphical revaluation of the southern Brazilian Gondwana sequence (Paraná Basin, Lower Permian). **Abstracts do International Congress on Carboniferous and Permian Stratigraphy**, 15, Utrecht, Netherlands, p. 240-242, 2003b.

IANNUZZI, R.; SCHERER, C. M. S.; SOUZA, P. A.; HOLZ, M.; CARAVACA, G.; ADAMI-RODRIGUES,K.; TYBUSCH, G. P.; SOUZA, J. M.; SMANIOTTO, L. P.; FISCHER, T. V.; SILVEIRA, A. S.; LYKAWKA, R.; BOARDMAN, D. R.; BARBOZA, E. G. Afloramento Morro do Papaléo, Mariana Pimentel, RS - Registro ímpar da sucessão sedimentar e florística pós-glacial do Paleozóico da Bacia do Paraná. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; BEBERT-BORN,M. L. C.; QUEIROZ, E. T.; CAMPOS, D. A.; SOUZA,C. R. G.; FERNANDES, A. C. S. (edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, volume III, 2006. Disponível em <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio101/sitio101.pdf>>

IANNUZZI, R.; SOUZA, P. A. Floral succession in the Lower Permian deposits of the Brazilian Paraná Basin: an up-to-date overview. **New Mexico Museum of the Natural History and Science**, 30: 144-149, 2005.

JAKOBSSON, A.; ERIKSSON, O. A comparative study of seed number, seed size, seedling size and recruitment in grassland plants. **OIKOS.** 88: 494–502, 2000.

KIDSON, R. & WESTOBY, M. Seed mass and seedling dimensions in relation to seedling establishment. **Oecologia**, 125: 11-17, 2000.

KURZAWA, F. Análise das paleoxilofloras permianas do Gondwana: ênfase nos lenhos gimnospermóides. Porto Alegre, 2010, 50p. (Exame de Qualificação, Instituto de Geociências, UFRGS).

LEGUIZAMÓN, R.R. Paleophytologia Kurtziana III. 6. Revision de las semillas platispermicas de Bajo de Los Velez (San Luis), ilustradas en el "Atlas de Plantas Fósiles de La Republica Argentina", (F.Kurtz, 1921). **Ameghiniana**, 8 (3-4):259-264, 1971.

LEGUIZAMÓN, R.R. Estudio paleobotánico de la Formación Tasa Cuna, Permiano Inferior de la Provincia de Córdoba. **Ameghiniana**, (9) 4:305-342, 1972.

LEISHMAN, M. R.; WHIGHT, I. J.; MOLES, A. T.; WESTOBY, M. The evolutionary ecology of seed size. In: FENNER, M. (ed.) **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. 2.ed. 2000. p.31-57.

LELE, K.M. Studies in the Indian Middle Gondwana Flora: 3. Platispermic seeds and megaspore impressions from the South Rewa Gondwana Basin. **The Palaeobotanist**, 11 (1-2):13-18. 1962.

LELE, K.M. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 39. *Alantocarpus* gen. nov.: a new platispermic seed from the Singrauli coalfield. **The Palaeobotanist**, 17:52-58. 1968.

LEVIN, S.A., MULLER-LANDAU, H.C., NATHAN, R. & CHAVE, J. The ecology and evolution of seed dispersal: a theoretical perspective. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** 34: 575-604, 2003.

LORTS, C. M.; BRIGGERMAN, T.; SANG, T. Evolution of fruits types and seed dispersal: a phylogenetic and ecological snapshot. **Journal of Systematics and Evolution**. 46 (3): 396–404, 2008.

MAHESHWARI, H.K. The glossopterid fructifications: an overview. In: Douglas, J.G. & Christophel, D.C. (eds). **Proceedings of the 3rd International Organization of Palaeobotany Conference** (Melbourne). pp. 11-15, 1990

MAHESHWARI, H.K. & TIWARI, R. *Maheshwariella spinicornuta*, a new gymnosperm seed from the Karharbari Formation. **Palaeobotanist**, 35:69-72, 1986.

MAITHY, P.K. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 18. Gymnospermic seeds and seed-bearing organs from the Karharbari beds of the Giridih coalfield, Bihar. **The Palaeobotanist**, 13 (1):45-56, 1965.



MARQUES-DE-SOUZA, J.M. Sementes do Permiano Inferior da Bacia do Paraná, Rio Grande do Sul, Brasil: análise taxonômica e paleoecologia. Porto Alegre, 2009, 120p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, UFRGS)

MARQUES-DE-SOUZA, J.M. & IANNUZZI, R. Sementes do gênero *Samaropsis* Goeppert no Permiano Inferior da Bacia do Paraná, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, **10** (2): 93-106. 2007.

MARQUES-DE-SOUZA, J.M. & IANUZZI, R. The genus *Cordaicarpus* Geinitz in the Lower Permian of the Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia** 12(1): 5 – 16. 2009.

MARQUES-DE-SOUZA, J.M. & IANUZZI, R. Dispersal syndromes of fossil seeds from Lower Permian f Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. **Anais da Academia brasileira de Ciências**. 2012

McLOUGHLIN, S. Late Permian Glossopterid fructifications from the Bowen and Sydney Basins, Eastern Australia. **Geobios**, 23 (3): 283-297, 1990a

McLOUGHLIN, S. Some Permian Glossopterid fructifications and leaves from the Bowen Basim, Queensland, Australia. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 62: 11-40, 1990b.

McLOUGHLIN, S. New records of *Bergiopteris* and glossopterid fructifications from the Permian of Western Australia and Queensland. **Alcheringa**, p:175-192, 2011.

MEDEIROS, R.A., THOMAZ Filho, A., 1973. Fácies e ambientes deposicionais da formação Rio Bonito. Anais do Congresso Brasileiro de Geologia, 27, Aracajú, 3, pp. 3–12, 1973.

MENDES-PICCOLI, A. E., MENEGAT, R., GUERRA-SOMMER, M., MARQUES-TOIGO, C.P. Faciologia da Sequência Sedimentar nas folhas de Quitéria e Várzea do Capivarita, Rio Grande do Sul. **Pesquisas em Geociências**, 18(1):31-43, 1991.

MILANI, E.J. Evolução tectono-estratigráfica da bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-oriental. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (Tese de doutoramento),1997, 255 pp.

MILLAN, J.H. Considerações sobre as sementes do Carbonífero do Brasil. Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Nacional, Divisão de Geologia e Mineralogia (**Boletim** 123), 1965, 18 p.

MILLAN, J.H. Novas frutificações na Flora Glossopteris do Gondwana Inferior do Brasil. Departamento Nacional da Produção Nacional, Divisão de Geologia e Mineralogia (**Boletim** 140), 1967a, 27 p.

MILLAN, J.H. O gênero *Samaropsis* na flora do Gondwana do Brasil e de outros países. **Boletim do Museu Nacional**. Rio de Janeiro, Brasil, 1967b, 11 p. (Boletim 32), 1967b.

MILLAN, J.H. The gymnospermic and platyspermic seeds of the *Glossopteris* flora from Brazil and correlated foreign regions. *In*: AMOS, A.J. (ed.) – IUGS-Symposium, **Gondwana Stratigraphy**, Buenos Aires 2:107 – 122, 1969.

MILLAN, J.H. As sementes platispérmicas do Gondwana face ao Esquema Maithy. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **46** (3/4):538-547, 1974.

MILLAN, J.H. Sementes platispérmicas da florula gondwanica de Monte Mor, Estado de São Paulo, Brasil. **Ameghiniana**, **14** (1-4):33-44, 1977a.

MILLAN, J.H. Sementes platispérmicas do eogondwana de Cerquilha, São Paulo, (Bacia do Paraná). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **49** (4):581-595, 1977b.

MILLAN, J. H. O esquema de identificação e classificação das sementes gondvânicas: reatualização e análise crítica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **66** (4): 475-488, 1994.

MILLAN, J. H. Novas ocorrências de sementes platispérmicas em taofloras associadas a camadas carbonosas do Grupo Tubarão, eogondwana da Bacia do Paraná, no Estado de São Paulo. **Anais da Academias Brasileira de Ciências**, **67** (1):117-128, 1995.

MOLES A.T, ACKERLY D.D, WEBB O.C, TWEDDLE J.C, DICKIE J.B & WESTOBY M. A brief history of seed size. **Science** 307: 576–580, 2005a.

MOLES, A.T., ACKERLY, D.D., WEBB, C.O., TWEDDLE, J.C., DICKIE, J.B., PITMAN, A.J. & WESTOBY, M. Factors that shape seed mass evolution. **PNAS**, 102(30):10540-10544, 2005b

MUKHOPADHYAY, G.. MUKHOPADHYAY, S.K., ROYCHOWDHURY, M. & PARUI, P.K. Stratigraphic correlation between different Gondwana Basins of India. **Journal Geological Society of India**, 76:251-266, 2010.

MUNE, S.E. & BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C. Revisão da taoflora interglacial neocarbonífera de Monte Mor, SP (Subgrupo Itararé, nordeste da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, **37** (3): 427-444, 2007

PASQUALINI, M., CUNHA, A.A.S., GUERRA-SOMMER, M. & PICCOLI, A.E.M. Análise paleoecológica de sequências paleoflorísticas na área de Mariana Pimentel, Guaíba, RS. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 33, **Anais...**, 1986, p: 556-569.

- PANT, D.D. The plant of Glossopteris. **Journal of the Indian Botanical Society** 56:1-23, 1977.
- PANT, D.D. & NAUTIYAL, D.D. 1960. Some seeds and sporangia of the Glossopteris flora from Raniganj Coalfield, India. **Palaeontographica** 107B:41-64.
- PANT, D.D. & NAUTIYAL, D.D. 1984. On the morphology and structure of *Ottokaria zeilleri* sp. nov. - a female fructification of Glossopteris. **Palaeontographica** 193B:127-152.
- PANT, D.D.; NAUTIYAL, D.D. & TIWARI, S,P. On some Indian Lower Gondwana compressions of seeds. **Paleontographica Abt. B.** 196:31-78, 1985.
- PLUMSTEAD, E.P. Description of two new genera and six new species of fructifications borne on Glossopteris leaves. **Transactions of the Geological Society of South Africa** 55:281-328, 1952
- PLUMSTEAD, E.P. Bisexual fructifications borne on Glossopteris leaves from South Africa. **Palaeontographica** 100B:1-25, 1956a
- PLUMSTEAD, E.P. On *Ottokaria*, the fructification of Gangamopteris. **Transactions of the Geological Society of South Africa** 59:211-236, 1956b
- PLUMSTEAD, E.P. Further fructifications of the Glossopteridae and a provisional classification based on them. *Transactions of the Geological Society of South Africa* 61:1-58, 1958a
- PLUMSTEAD, E.P. The habit of growth of Glossopteridae. *Transactions of the Geological Society of South Africa* 61:81-96, 1958b
- PLUMSTEAD, E.P. Fossil floras of Antarctica. *Trans- Antarctic Exped., 1955-1958 Scientific Report 9 Geology* published by the Trans-Antartic Expedition **Committee**, 22 Gayfere, London, 1962.
- PREVEC, R. A structural re-interpretation and revision of the type material fo the glossopterid ovuliferous fructification *Scutum* from South Africa. **Palaeont. Afr.** 46: 1-10, (dez) 2011.
- RAVEN, P.H., EVERT, R.F. & EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal.** 7<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2007
- RAYNER, R.J. & COVENTRY, M.K. A Glossopteris flora from the Permian of South Africa. *South African Journal of Science* 81(1):21-32, 1985.
- REES, M. & VENABLE, D.L. Why do big plants make big seeds? **Journal of Ecology**, 95: 926 – 936, 2007.

- RICARDI-BRANCO, F.S.R.T. Taoflora Gondvânica de Membro Triunfo, Formação Rio Bonito (Eopermiano), no Município de Figueira. São Paulo, 1997, 182 p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP)
- RICHTER, M. Peixes fósseis do Rio Grande do Sul. In: HOLZ, M.; DE ROS, L.F. (Ed.) **Paleontologia do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000. p. 162 – 175.
- RIGBY, J.F. On a collection of plants of Permian age from Baralaba Queensland. *Proceedings of the Linnaean Society of New South Wales* 87:341-351, 1962.
- RIGBY, J.F. On *Arberia* White, and some related Lower Gondwana Female fructifications. **Palaeontology** 15: 108-120, 1972a.
- RIGBY, J.F. The Upper Palaeozoic Flora at Lauro Müller, Santa Catarina, southern Brazil. **Anais da Academias Brasileira de Ciências**, 44 (suplemento): 279-293, 1972b.
- RIGBY, J.F. Permian Glossopterid and other Cycadopsid fructifications from Queensland. **Geol. Surv. Qd.** 367. Paleontological paper, 41: 3-41, 1978.
- RÖSLER, O. Taoflórulas eogondwânicas do Brasil II: ocorrência de Rio da Estiva (Permiano – Formação Rio Bonito – Santa Catarina). **Boletim do Instituto de Geociências – USP**, 6: 1-11, 1975.
- RÖSLER, O. The Brazilian eogondwanic floral succession. **Boletim do Instituto de Geociências – USP**, 9: 85-90, 1978.
- SANTOS, R.V.; SOUZA, P.A.; ALVARENGA, C.J.S.; DANTAS, E.L.; PIMENTEL, M.M.; OLIVEIRA, C.G.; ARAÚJO, L.M. Shrimp U Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. **Gondwana Research**, 9: 456-463, 2006
- SAKSENA, S. On two new species of *Samaropsis* from the South Rewa Gondwana Basin, Central India. **Palaeobotanist**, 4: 73-76, 1956.
- SCHNEIDER, R.L., MÜHLMANN, H., TOMMASI, E., MEDEIROS, R.A., DAEMON, R.F., NOGUEIRA, A.A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia**, 28, Porto Alegre, 1, pp. 41–65, 1974.
- SCHOPF, J.M. A preliminary report on plant remains and coal of the sedimentary section in the central range of the Horlick Mountain, Antarctica. Institute of Polar Studies, **Report 2**, Ohio:1 61, 1962.
- SCHOPF, J. M. Morphologic interpretation of fertile structures in glossopterid gymnosperms. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 21: 25-64, 1976.
- SEWARD, A.C. **Fóssil Plants**. V.III. Cambridge Biology Series, London, 1917, 656 p.

- SEWARD, A.C & SAHNI, B. Indian Gondwana Plants. A revision. Memoirs of the Geological Survey of India, **Palaeontologia Indica**, new series, **7** (1):1- 54, Pls. 1-7. 1920.
- SIMS, H. J. Paleolatitudinal gradients in the seed size during the Cretaceous-Tertiary radiation angiosperms. **Int. J. Plant Sci**, 171:216-220, 2010.
- SIMS, H.J. The evolutionary diversification of seed size: using the past to understand the present. **Evolution**, 66 (5): 1636-1649, 2012.
- SOUZA, P. A. & MARQUES-TOIGO, M. An overview in the Palynostratigraphy of the Upper Paleozoic strata of the Brazilian Paraná Basin. **Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales**, 5:205-214, 2005.
- SRIVASTAVA, A. K. Studies in the Glossopteris flora of India – 43. Some new plant fossils from the Lower Gondwana sediments of Aruanga coalfield, Bihar. **The Palaeobotanist**, 25: 486-495, 1978.
- SURANGE, K.R. & CHANDRA, S. Fructifications of Glossopteridae from India. **Palaeobotanist**, **21** (1):1-17, 1975.
- SURANGE, K.R. & LELE, K.M. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 6. Plant fossils from Talchir beds of South Rewa Gondwana Basin. **The Palaeobotanist**, **5** (2) 82-90, 1956.
- TAYLOR, T.N. & TAYLOR, E.L. **The Biology and Evolution of Fossil Plants**. 1<sup>a</sup> ed. Nova Jersey, Prentice Hall, 1993, 982 p.
- TAYLOR, T.N.; TAYLOR, E.L. & KRINGS, M. **Paleobotany: the biology and evolution of fossil plants**. 2 ed. Editora Elsevier, 2009, 1253 p.
- TELENIUS, A. & TORSTENSSON, P. Seed wings in relations to seed size in the genus *Spergularia*. **Oikos**, 61: 2160-222, 1991.
- THOMAS, J.A, SCHECKLER, S. E., MAYNARD, J. B. Effects of the Middle to Late Devonian Spread of Vascular Land Plants on Weathering Regimes, Marine Biotas, and Global Climate, 1996 p:2013-236. In: GENSEL, P. G. & EDWARDS, D. (Eds.) **Plants invade the land: evolutionary and environmental perspectives**. Nova York: Columbia Press, 2001.
- THOMAS, B. A., & SPICER, R. A. **The Evolution and Palaeobiology of Land Plants**. London: Croom Helm, 1987.
- TIFFNEY B. H. Seed size, dispersal syndromes and the rise of the angiosperms: evidence and hypothesis. **Annals of the Missouri Botanical Garden**. 71: 551-576, 1984.

TIFFNEY B. H. Evolution of seed dispersal syndromes according to the fossil record. In: MURRAY D. R. (org.) **Seed dispersal**. San Diego: Academic Press, 1986, 322p.

TIFFNEY B. H. Vertebrate dispersal of seed plants through time. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.** 35:1–29, 2004. Disponível em <http://arjournals.annualreviews.org>. Acesso em janeiro de 2009.

TYBUSCH, G.P., IANNUZZI, R. *Glossopteris occidentalis* White emended: geographic and biostratigraphic implications. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 13 (1): 33-40, 2010.

TYBUSCH, G.P., IANNUZZI, R. & RÖSLER, O. Estudo das glossopterídeas do afloramento de Rio da Estiva, estado de Santa Catarina (Permiano Inferior da Bacia do Paraná). **Pesquisas em Geociências** 39 (1): 23-33 jan/abr 2012.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in Higher plants**. Springer-Verlag, New York, 1969, 153 p.

VIEIRA, C.E.L., IANNUZZI, R., GUERRA-SOMMER, M. Revisão de Pecopterídeas Polimórficas do Neopaleozóico da América do Sul. **Revista Brasileira de Paleontologia** 10 (2), 107–116, 2007.

WALKOM, A.B. On *Nummulospermum* the probable megasporangium of *Glossopteris*. **Quart. J. Geol. Soc. London**, 77 (4): 289-29, 1921.

WALKOM, A.B. Paleozoic flora of Queensland, Pt.1. The flora of the Lower and the Upper Bowen Series. – **Geol. Surv. Queensland Publication Nº 270**: 1-45, 1922.

WALKOM, A.B. Notes on some additions to the *Glossopteris* flora in New South Wales. **Proc. Linn. Soc. of New South Wales**, 53: 555-564, 1928.

WALKOM, A.B. Some fossil seeds from the upper Paleozoic rocks of the Werrie Basin, N.S.W. **Proceedings of the Linnean Society of New South Wales**, 60:459-463, 1935.

WILLIS, K.J. & McELWAIN. **The evolution of plants**. Nova York: Oxford, 2002. 378 p.

WILLSON, M. F. & TRAVESSET, A. The ecology of seed dispersal. In: FENNER, M. (ed.) **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. 2.ed. 85-110. 2000.

WHITE, D. Fossil Flora of the Coal Measures of Brazil. In: WHITE I.C., Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, **Relatório Final**, p. 558-568, 1908.

ZEILLER, R. Observation sur Quelques plants fossiles des Lower Gondwanas. Memoirs of the Geological Survey of India, **Palaeontologia Indica**, new series, **2**: 1-40, 1902.

ANEXO I

Título da Dissertação/Tese:

"ANÁLISE TAXONÔMICA, ESTRATIGRÁFICA E ECOLÓGICA DE SEMENTES E ESTRUTURAS REPRODUTIVAS DO PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ"

Área de Concentração: Paleontologia

Autora: JULIANE MARQUES DE SOUZA

Orientador: Prof. Dr. Roberto Iannuzzi

Examinador: Profa. Dra. Mary Elizabeth Bernardes de Oliveira

Data: 29/08/2013

Conceito: EXCELENTE

PARECER:

Trata-se de documento muito bem estruturado que realizou: 1) uma importante sistematização do conhecimento disponível sobre sementes fósseis gondvânicas do ponto de vista taxonômico e de sua análise ecológica; 2) uma importante sistematização do conhecimento sobre a morfologia de estruturas reprodutivas das Dictyopteridaceae e Arberiaceae; 3) com um estudo de caso sobre várias tafelfloras eogondvânicas brasileiras da bacia do Paraná. Trata-se de um trabalho muito bem estruturado com título correspondente ao conteúdo tratado, com organização e sequência de assuntos bem estabelecidas. Texto bem escrito, em linguagem clara, precisa, direta, sem muitos erros gramaticais. As ilustrações ao longo do texto evidenciam o que o texto descreve. O assunto vem atender a demanda crescente por reavaliações do conhecimento das sementes neo-paleozóicas gondvânicas e das estruturas reprodutivas portadoras - para o estabelecimento de uma taxonomia mais segura e natural, levando a melhor entendimento das plantas-mães das floras gondvânicas como um todo e da evolução e fitoestratigrafia das mesmas, visando compor melhor a sucessão de eventos na história geológica das bacias gondvânicas. Torna excelente debruçar-se sobre esse assunto, que com plene e complemento com novas e ricas observações sob técnicas e equipamentos melhores e com uma grande capacidade de síntese de assuntos antigos. Excelente contribuição ao aperfeiçoamento das classificações taxonômicas de órgãos reprodutivos isolados ou em conexão, contribuindo para o fim último da Paleobotânica na reconstituição de plantas-mães, da florística



e das reconstituições paleoecológicas e paleoclimáticas para correlações bioestratigráficas mais seguras, culminando com o preenchimento de lacunas da História Evolutiva do Reino Vegetal. A apresentação da tese foi feita de maneira magistral e a defesa permitiu revelar a maturidade científica e o domínio do assunto pelo doutorando.

Assinatura: *Mary Elizabeth Cabral de Almeida*

Data: 29/08/2013

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:

ANEXO I

Título da Dissertação/Tese:

"ANÁLISE TAXONÔMICA, ESTRATIGRÁFICA E ECOLÓGICA DE SEMENTES E ESTRUTURAS REPRODUTIVAS DO PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ"

Área de Concentração: Paleontologia

Autora: JULIANE MARQUES DE SOUZA

Orientador: Prof. Dr. Roberto Iannuzzi

Examinador: Dra. Ana Archangelsky

Data: 27/08/2013

Conceito: A

En la presente Tesis, la autora presenta un panorama muy completo sobre el estado actual del conocimiento de los semillas fósiles durante el Permiano Superior de Gondwana, con especial énfasis en el Permiano Temprano de la Cuenca de Paraná (Bacia do Paraná), Brasil.

Todos los capítulos tratados son necesarios y están muy bien enfocados. Así, se presenta un desarrollo muy claro sobre los aspectos taxonómicos, bioestratigráficos y paleoecológicos de distintos morfotipos de semillas y estructuras reproductivas de varias familias de las Dictyopharales, sobre la base de datos preexistentes, a los que la autora aportó numerosa información inédita.

En todos los casos, luego de las descripciones

taxonómicas, se adjuntaron sendos claves dicotómicas que permitirán facilitar las determinaciones de nuevas formas en una forma mucho más rápida y sencilla. Se presentan también varios cuadros con las distribuciones geográficas y estratigráficas de los diferentes géneros de semillas descriptos en Gondwana y también más específicamente en la Bacia do Paraná, que sintetizan toda la información existente.

Finalmente, se presenta un análisis paleoecológico detallado de las semillas encontradas en la Bacia do Paraná, del cual se infieren los distintos estadios de dispersión que desarrollaron los mismos, tanto sobre la base de su tamaño como la de su morfología. Es importante, además, señalar la conclusión a la que arribó el autor, sobre la base del aumento del tamaño medio de las semillas, registrado a partir del Sekmeriano, debido a un mejoramiento en las condiciones climáticas, para esa región del Gondwana.

La bibliografía está actualizada y es muy completa. La calidad de las figuras es óptima.

En síntesis, es un trabajo observatorio de todos los aspectos sobresalientes vinculados a las semillas del Paleozoico Superior Gondwánico, que representaron un órgano crítico en el ciclo de vida de las gimnospermas, grupo de plantas superiores que fue dominante en esa época.

Assinatura:

Data:

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:

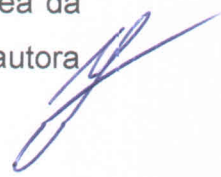
## ANEXO I

### PARECER INDIVIDUAL DE MEMBRO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TESE DE DOUTORAMENTO PPGGEO/IG/UFRGS

- 1) **Título da tese:** Análise taxonômica, estratigráfica e ecológica de sementes e estruturas reprodutivas do Permiano Inferior da Bacia do Paraná.
- 2) **Autora:** Juliane Marques de Souza.
- 3) **Orientador:** Prof. Dr. Roberto Iannuzzi.
- 4) **Examinador:** Prof. Dr. André Jasper.
- 5) **Data:** 29 de agosto de 2013.
- 6) **Conceito:** A

### PARECER

A Tese apresentada está bem estruturada e atende às exigências necessárias à aprovação da autora. O problema e os objetivos estão bem redigidos e, com base na análise do documento apresentado, foram alcançados. O material e os métodos empregados são adequados à solução do problema de pesquisa, permitindo uma adequada análise taxonômica de sementes e de estruturas reprodutivas do Permiano Inferior da Bacia do Paraná, com apropriado posicionamento estratigráfico. Por motivos alheios à vontade da autora (restrições de qualidade de preservação e quantidade de material), as inferências paleoecológicas, destacadas no título e objetivos, não são profundamente exploradas, o que, de maneira alguma, depõe negativamente acerca do trabalho apresentado. O estudo aprofundado da taxonomia e das características morfo-anatômicas de sementes e estruturas reprodutivas do Permiano Inferior da Bacia do Paraná, além da sistematização dos dados já publicados acerca do tema em nível de Gondwana, são de relevada importância para a consolidação de conhecimentos de vanguarda na área da Paleobotânica. Além disso, pelo que se pôde observar no documento, a autora



dedicou-se ao desenvolvimento da metodologia, produzindo resultados consistentes que permitiram a construção de uma tese de doutoramento de excelente nível. Assim, acredita-se que, somadas as demais exigências do PPGGeo/IG/UFRGS, a autora tem plenas condições de obtenção do seu título de Doutor em Ciências (Geociências).

A seguir são descritos alguns elementos que têm a finalidade de enriquecer o trabalho apresentado e pretendem contribuir com a discussão abordada na tese, não prejudicando a sua avaliação final:

*Questões de forma:*

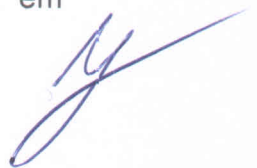
- Página 2 do RESUMO e na página 144 → verificar a forma correta de indicar cf. na nomenclatura científica. A abreviatura deve ficar entre o epíteto genérico e o específico, não havendo necessidade de repetir o primeiro;
- Página 1 do ABSTRACT → verificar a forma correta de indicar cf. na nomenclatura científica. A abreviatura deve ficar entre o epíteto genérico e o específico, não havendo necessidade de repetir o primeiro;
- Página 23 → evitar repetir o termo “glossopterídeas” no 3º parágrafo;
- Página 28 e demais → corrigir grafia de “paleozoico”, que deve ser sem acento;
- Página 28 → verificar grafia de “Dictyopteridaceae” no 4º parágrafo;
- Página 29 → substituir a expressão “alguns poucos” no 3º parágrafo, tendo em vista que é um juízo de valor inócuo;
- Página 31 → Figura 1 → apesar de ser uma simples reprodução da figura original, melhorar a sua resolução;
- Página 32 → Figura 2 → apesar de ser uma simples reprodução da figura original, melhorar a sua resolução;



- Página 35 → substituir o termo “contém” por “possui” (ou outro) no 5º parágrafo;
- Ao longo do texto → por vezes é utilizado o termo “táxons” e por outras o termo “taxa”. Uniformizar.
- Página 77 → rever questões de grafia no 3º parágrafo;
- Página 130, 142 e outras → colocar a nomenclatura científica em itálico em todas as ocorrências;
- Página 211 → o pessoal é utilizado somente no 4º parágrafo desta página ao longo da tese, de forma que é melhor não usá-lo.

*Questões de conteúdo:*

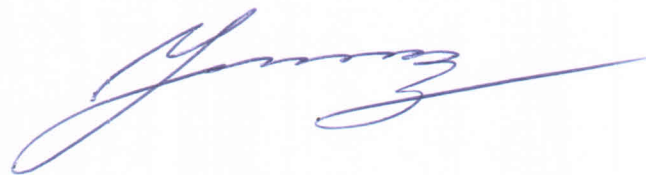
- Página 33 → incluir a ocorrência de carvões vegetais macroscópicos no nível N6 (Iannuzzi et al., 2006) do Afloramento Morro Papaléo, descritos por Jasper et al. (2011 – artigo impresso entregue em mãos à autora);
- Página 63, 110 e outras → são utilizadas expressões como “alguns autores” ou “certos autores”, devendo os mesmos ser devidamente referenciados quando isto acontece;
- Página 99 → a chave dicotômica apresentada não está adequada. Como é dicotômica, deve sempre apresentar duas características distintivas claras em cada item, o que não acontece neste caso. Assim, sugere-se sua reestruturação.
- Página 131 → no 3º parágrafo cita-se que o *Scutum* sp. foi identificada preliminarmente por Guerra-Sommer. Trata-se de uma publicação ou de uma identificação de material de coleção simplesmente? Deixar isso claro e, em sendo uma publicação, colocar referência completa.



- Página 161 → Integrar a característica 1 em 2 e 2' por se tratar de chave dicotômica. Outra solução seria deixar esta informação como descrição geral, evitando criar item;

- Página 202 → Integrar a característica 1 em 2 e 2' por se tratar de chave dicotômica. Outra solução seria deixar esta informação como descrição geral, evitando criar item;

- Página 210 → apesar de ser de conhecimento geral, o que é exposto no 3º parágrafo é um argumento fundamental para exclusão de dados/amostras da análise da variável "tamanho da semente". Assim, é imprescindível que seja sustentado com referencial teórico (bibliografias utilizadas).

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. Cruz', is centered on the page. The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke extending to the right.