



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

RAUL SANTOS DO PRADO

Novas ocorrências de sementes paleozoicas no Rio Grande do Sul e suas
síndromes de dispersão

Orientador

Roberto Iannuzzi

Porto Alegre

2019

RAUL SANTOS DO PRADO

Novas ocorrências de sementes paleozoicas no Rio Grande do Sul e suas síndromes de dispersão

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Roberto Iannuzzi

Porto Alegre

2019

RESUMO

Sementes têm um importante papel para o entendimento das estratégias reprodutivas e afinidades botânicas das plantas. Porém, são poucos os estudos sobre esses órgãos para o Paleozoico. O Morro Papaléo, em Mariana Pimentel, no Rio Grande do Sul, é um importante sítio do Permiano Inferior com vasta fonte de sementes fósseis das mais variadas formas e tamanhos. O material deste estudo foi coletado no afloramento Cocuruto, que representa depósitos do Grupo Itararé, e as sementes deste material se encontram preservadas na forma de impressões/compressões. Analisou-se e descreveram-se sementes incluídas principalmente nos gêneros *Samaropsis* e *Cordaicarpus*, além de um exemplar relacionado ao gênero *Cornucarpus*. Como resultados foram identificadas as morfoespécies: *Cordaicarpus brasilianus*, *Cordaicarpus cerronegrensis*, *Cordaicarpus truncata*, *Samaropsis kurtzii*, *Samaropsis seixasii* e *Samaropsis moreirana*, além de algumas formas que não puderam ser classificadas em nível específico. Do ponto de vista das síndromes de dispersão, as sementes estudadas apresentaram pelo menos três tipos prováveis: a *Barocoria*, dispersão por gravidade *Anemocoria*, pelo vento, a *Hidrocoria*, pela água. Porém, uma possível dispersão auxiliada por animais não pode ser descartada. Elas incluem desde sementes de plantas pioneiras até aquelas de sucessão inicial, dadas as diferenças significativas nos tamanho das diferentes sementes. Quanto às afinidades botânicas, há sementes que podem ser vinculadas às glossopterídeas (grupo dominante), às Cordaitales e às coníferas, mas também às Ginkgophyta. Por último, com base na associação estudada foi possível estabelecer uma correlação com estratos do topo do Grupo Itararé que afloram na região de Cerquilho, em São Paulo. Desta correlação, sugeriu-se *Cordaicarpus cerronegrensis* e *Samaropsis kurtzii* como espécies-guia úteis na Bioestratigrafia, sendo essa última típica de depósitos correlatos da Argentina, considerados do Permiano mais basal.

SUMÁRIO

I. Introdução	1
II. Objetivos	4
III. Material e Métodos	5
IV. Sistemática Paleontológica	8
V. Análise de Dispersão	23
VI. Afinidades Botânicas	27
VII. Correlação	30
VIII. Considerações Finais	34
IX. Agradecimentos	34
X. Referências Bibliográficas	35

I. INTRODUÇÃO

Geralmente, em estudos paleobotânicos, os órgãos mais bem representados e estudados são as folhas, seguidos de caules e raízes, sendo as sementes incomuns e as estruturas reprodutivas raras (Iannuzzi & Vieira, 2005). Porém, as sementes contribuem muito para o entendimento do ciclo de vida dos vegetais, auxiliando na elucidação das estratégias reprodutivas dos mesmos, bem como expandindo o conhecimento sobre a ecologia das comunidades das floras pretéritas. Nos afloramentos do Permiano Inferior do Rio Grande do Sul são encontrados diversos tipos de sementes (Souza & Iannuzzi 2007, 2009), no entanto, como era de se esperar, o registro é um tanto escasso. Este estudo foi realizado com material inédito, previamente coletado no afloramento Cocuruto, situado na localidade do Morro Papaléo, município de Mariana Pimentel, cerca de 100 km a sudoeste de Porto Alegre (Figura 1). A análise taxonômica das sementes baseou-se grandemente nos trabalhos de Rigby (1972a, 1972b), Millan (1967, 1974, 1977a,b, 1980, 1994, 1995), Archangelsky (2000), Bernardes-de-Oliveira et al. (2007) e Souza & Iannuzzi (2007, 2009).

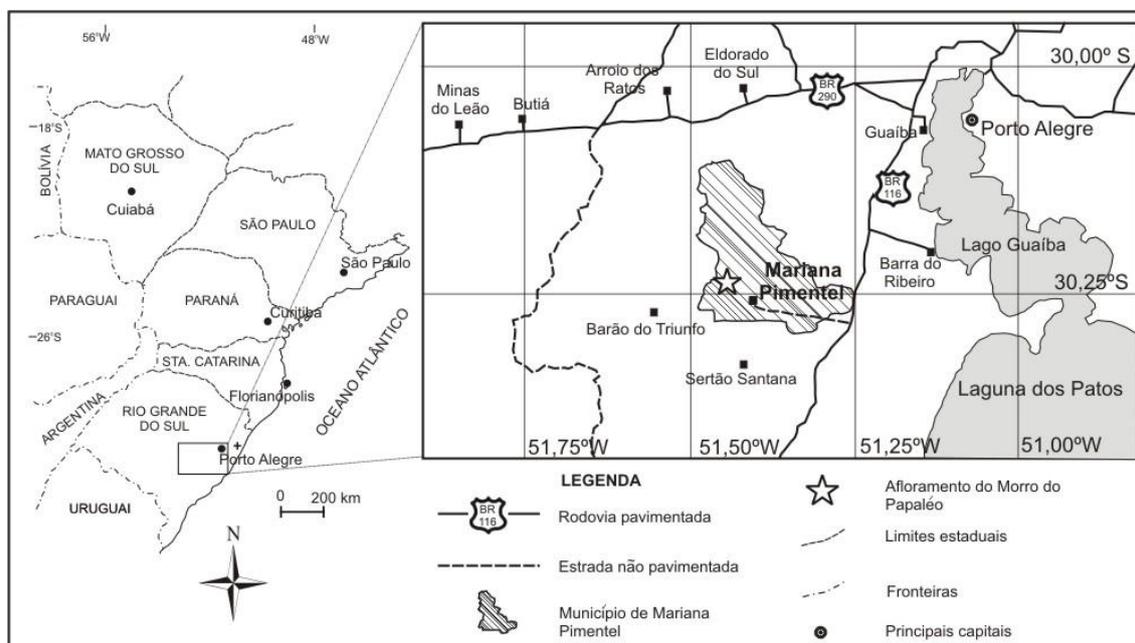


Figura 1 - Mapa de localização da localidade (afloramento) Morro do Papaléo, município de Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul (Iannuzzi et al. 2006).

Este trabalho abordará espécies dos gêneros *Samaropsis*, *Cordaicarpus* e *Cornucarpus*. O gênero *Samaropsis* foi criado por Goeppert (1864) e são caracterizadas, principalmente, pela testa diferenciada e bem desenvolvida, sendo chamadas até de sementes aladas. *Cordaicarpus* não possuem a testa diferenciada, este gênero foi criado por Geinitz (1862) e são identificadas por seu formato ovalado e borda (testa) fina. Anteriormente algumas espécies de *Samaropsis* e *Cordaicarpus* eram erroneamente colocadas nesses dois gêneros, o gênero *Cornucarpus*, criado por Arber (1914) tratou de corrigir isso. Este gênero se caracteriza pelo ápice bifurcado em duas projeções, semelhantes a espinhos ou cornos, esta característica fez com que algumas espécies dos outros gêneros passassem a ser consideradas como *Cornucarpus*.

Também foram analisados os tipos de síndromes de dispersão utilizadas pelas plantas para poderem se proliferar. Alguns autores (Howe & Smallwood 1982, Hughes et al. 1994, Willson & Traveset 2000, Tiffney 2004) enumeraram as funções ecológicas principais da dispersão, que são: i) fuga de mortalidade excessiva devido a competição com uma planta próxima, ii) colonizar locais adequados para proliferação, e iii) para permitir o movimento das sementes para locais apropriados a ecologia da planta-mãe. As diferentes estratégias que as plantas utilizam para conquistar um terreno novo podem ser vistas, em algumas ocasiões, na morfologia do diásporo (Harper et al. 1970). Segundo Hughes et al. (1994, p.933) “os diásporos de muitas espécies de plantas têm estruturas morfológicas que aumentam a probabilidade de serem dispersas para longe da planta-mãe”. O diásporo é a unidade reprodutiva da planta-mãe, que é dispersa e pode ser tanto o fruto e a semente (Van der Pijl 1969, Wilson & Traveset 2000).

Plumas, asas, materiais viscosos e ganchos são algumas das estruturas que podem nos revelar a estratégia de dispersão utilizada pela planta (Harper et al. 1970, Howe & Smallwood 1982). Muito também é revelado sobre a planta-mãe a partir do tamanho e quantidade de diásporos, indicando hábito e habitat (Tiffney 1984). A planta-mãe pode ser, principalmente, indicada a partir de outros órgãos presentes nas amostras, tal como folhas, caules, frutificações que se conectariam com a semente.

Estudos sobre síndromes de dispersão são comuns na área da ecologia de plantas modernas, porém na paleontologia estes estudos são escassos, e isso se deve muito a limitação de análise por tafonomia (bidimensionais e sem estruturas anatômicas preservadas) que tornam este assunto desinteressante para alguns. Através da análise taxonômica feita com sementes do Permiano Inferior da Bacia do Paraná, foi visto que

tais estruturas de dispersão poderiam ser usadas como ferramentas para a análise paleoecológica devido à abundância e qualidade do material. Sabendo que as características morfológicas das sementes podem nos revelar suas estratégias reprodutivas, elas se tornam essenciais para a reconstrução paleoecológica e paleoambiental, dessa forma a análise das sementes pode nos revelar os grupos ecológicos dos quais as plantas fazem parte (pioneira, sucessões) (Gandolfi et al. 1995).

Levando em consideração todos esses dados e a importância da identificação e análise da dispersão das sementes para a reconstrução paleoecológica e paleoambiental, o presente estudo configura-se parte de um projeto maior que tem por intuito entender a evolução climática e florística ocorrida na Bacia do Paraná durante o Permiano inicial (Cisuraliano). Deste modo, esta monografia é uma contribuição ao Projeto “A SUCESSÃO MEGAFLORÍSTICA NEOCARBONÍFERA-EOPERMIANA DA BACIA DO PARANÁ E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS” (CNPQ 430096/2016-0), coordenado pelo orientador, Prof. Roberto Iannuzzi.

II. OBJETIVOS

Podem-se citar como principais objetivos:

- Analisar e identificar os diferentes morfotipos de sementes fósseis coletadas no afloramento Cocuruto, a fim de estabelecer as morfoespécies presentes;
- Analisar sobre o tipo de síndrome de dispersão das sementes estudadas e relacionar os resultados dessa análise com os dados presentes na literatura;
- Traçar considerações sobre o papel ecológico das plantas (gimnospermas) registradas em associação às sementes, a partir da análise das estratégias reprodutivas indicadas no registro fóssil para cada grupo gimnospérmico;
- Especular sobre as afinidades das sementes estudadas;
- Comparar e correlacionar a associação de sementes fósseis (morfoespécies) obtida com outras registradas para a Bacia do Paraná, no Permiano Inferior.

III. MATERIAL E MÉTODOS

Coleta do material:

O material foi previamente coletado em diferentes horizontes muito próximos uns dos outros do afloramento Cocuruto, de modo que o conjunto será tratado como uma única associação proveniente de plantas que coexistiram nas mesmas comunidades (Figura 2). O material de sementes se encontra preservado na forma de impressões e compressões, assim como outras estruturas diversas que podem auxiliar na análise de espécie e dispersão. O material estudado se encontra na coleção de Paleobotânica, do Museu de Paleontologia (MP-Pb), do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

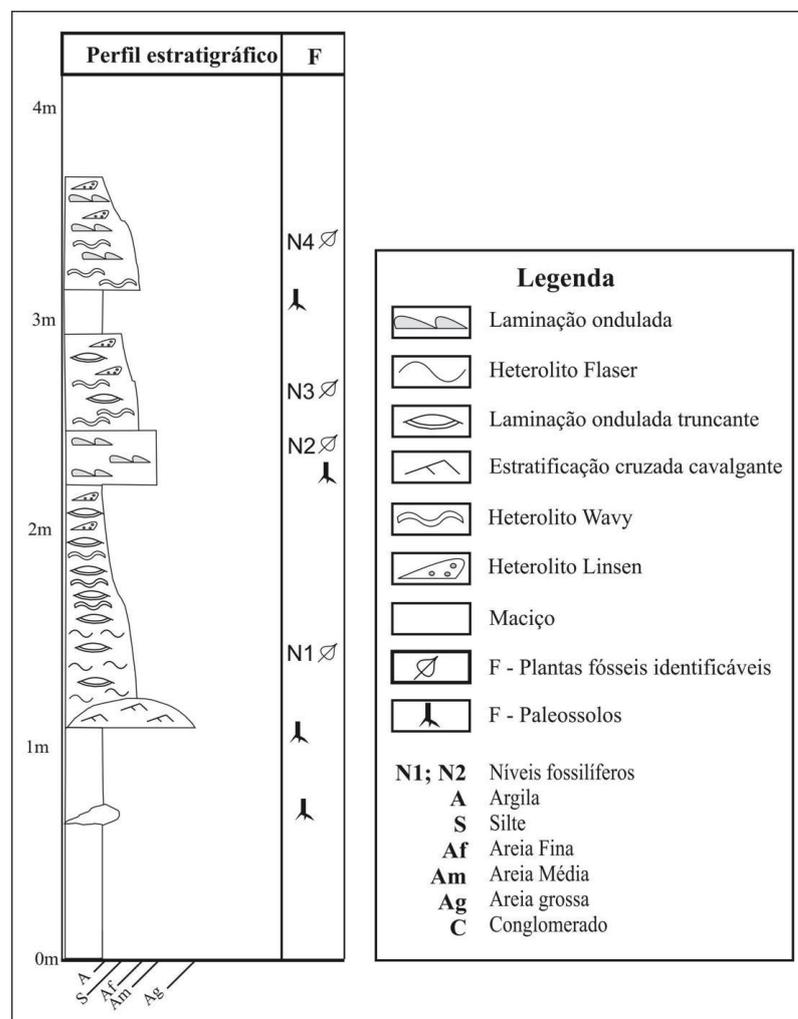


Figura 2 – Perfil geológico do afloramento Cocuruto, situado na localidade do Morro do Papaléo, município de Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul. Note os níveis fossilíferos (N1 a N4) muito próximos entre si (Marques-Souza 2013).

Métodos de análise do material:

Para este estudo foram utilizadas as propostas metodológicas de Taylor & Taylor (1993), Millan (1994) e Archangelsky (2000), onde foram estabelecidos os critérios de análise para sementes paleozóicas. As estruturas e características morfológicas analisadas são: (I) eixo de simetria: platispérmica, radiospérmica; (II) forma e diferenciação da testa (sarcotesta, esclerotesta e endotesta); (III) forma e superfície do núcleo; (IV) relação entre a espessura da testa e a largura do nucelo (conforme Oliveira e Pontes, 1976); (V) presença ou não de uma crista mediana ao longo do nucelo; (VI) superfície da sarcotesta (lisa, estriada, ornamentada), (VII) forma da micrópila.

Para a análise de medidas se utilizou os termos *comprimento*, *largura* e *espessura*, sendo que este último caracteriza diretamente a extensão máxima da testa observada. Considerando-se que as amostras analisadas neste trabalho são impressões, as sementes estudadas apresentam-se como fósseis achatados, tendendo a serem bidimensionais. Para uma comparação mais acurada entre morfotipos próximos, foi feita em relação a duas sementes, uma análise de dispersão entre as relações comprimento / largura da semente versus largura da testa / largura do nucelo, conforme já utilizado na literatura (ver Marques-Souza, 2013).

A principal característica para definir se a semente é do gênero *Samaropsis* ou *Cordaicarpus* é a diferenciação da testa, onde o gênero *Samaropsis* possui uma testa espessa e diferenciada, enquanto que *Cordaicarpus* consiste de sementes com testa mais fina. Para determinar isso de forma mais segura se usa a relação da espessura da testa com a largura do nucelo, assim como estabelecida por Oliveira e Pontes (1976), as sementes que tiverem a relação espessura da testa / largura do nucelo maior ou igual a 0,22 mm (1/4,5) são designadas como *Samaropsis* e as que possuem relação com valor menor a este serão consideradas como *Cordaicarpus*.

Como o material aqui estudado inclui, por vezes, espécimes muito pequenos, fotografias de alta qualidade são de grande importância, não só para tirar as dimensões da semente, como também para observar com clareza estruturas diagnósticas para a determinação das espécies. Estas foram obtidas pelo fotógrafo Luiz Flávio Lopes do DPE. Depois de feitas as fotografias do material coletado, se usou o programa *ImageJ* para tirar as dimensões das amostras (em mm). Os gráficos de dispersão (Gráficos 1 e 2) foram feitos usando o *Excel*, já a análise de agrupamento foi feita usando o programa *Past* (Hammer & Harper 2006). A análise de agrupamento foi feita com o intuito de se

ter uma análise com um cunho mais quantitativo, e não simplesmente qualitativo. O índice utilizado para essa análise foi o índice de *Jaccard* que mede a similaridade entre conjuntos, não necessitando de uma base de dados muito robusta para fornecer dados satisfatórios para esse tipo de estudo.

Análise das síndromes de dispersão:

A dispersão de uma semente é um elemento fundamental para o entendimento dos hábitos e habitat de um vegetal. Para este estudo foram utilizados os seguintes critérios biológicos: (I) tamanho da semente; (II) presença ou não de estruturas dispersoras e suas funções; (III) relação entre o método da dispersão e o tamanho da semente. Neste sentido, as características biológicas são aquelas identificadas a partir da morfologia, sem interferência do processo de fossilização, essas características serão explicadas a seguir.

O *tamanho* da semente pode trazer informações sobre o grupo ecológico aparentado dessa espécie, assim como sua distribuição local. A semente é composta pelo embrião, pela reserva nutritiva e a testa envolvendo tudo e protegendo contra danos, assim a partir da análise da reserva nutritiva pode-se inferir sobre qual hábito a planta tem. É dito que sementes com maior reserva nutritiva possuem mais autonomia até que ocorra a germinação (Harper et al. 1970, Leishman et al. 2000). De acordo com alguns autores, sementes pequenas estão associadas a plantas pioneiras que vivem em locais bem iluminados e dessa forma podem se tornar independentes mais rapidamente (Harper et al. 1970, Coomes & Grubb 2003, Tiffney 1986, 2004). Por outro lado, as grandes sementes podem cobrir uma maior área de deslocamento, germinando tipicamente em locais com menos iluminação e bastante matéria orgânica no solo (Harper et al. 1970, Tiffney 1984).

As *formas de dispersão* estão separadas em dois tipos básicos: bióticas e abióticas. A dispersão *biótica* envolve outros organismos, como peixes, pássaros, insetos, etc. Já a forma *abiótica* envolve agentes não vivos, como o vento e água. Essas formas de dispersão das sementes foram separadas em várias categorias (Van der Pijl 1969), as mais importantes formas abióticas são a *Anemocoria*, dispersão pelo vento, a *Hidrocoria*, pela água, a *Barocoria*, se dá somente pela gravidade e a *Autocoria*, dispersão pela própria planta via frutificação. Entre as formas bióticas encontramos as seguintes: *Epizocoria*, onde ocorre o transporte dos propágulos aderidos ao corpo dos animais, seja esse auxiliado por uma substância grudenta ou por um gancho (mecânico);

Dispersão por peixes, sem uma estrutura específica para dispersão, mas muitas vezes, as sementes apresentam superfície fibrosa; *Saurocoria*, feita por répteis, com sementes coloridas; *Ornitocoria*, realizada por aves, onde as sementes são coloridas e sem cheiro; *Dispersão por mamíferos*: morfologia diversa. Por vezes estas “síndromes” de dispersão estão associadas, acarretando num transporte mais complexo da semente.

De acordo com estudos prévios, sementes grandes e aladas geralmente estão associadas com hidrocoria, já que o peso não permite que a semente se disperse tanto por outros meios (Tiffney 1986, Lorts et al. 2008). Por outro lado, sementes pequenas possuem um tamanho suficientemente pequeno para serem transportadas pelo vento (Hughes et al. 1994).

Considerando que se trata de um material fóssil, também se leva em consideração critérios tafonômicos, a saber: (I) a condição de preservação do material; (II) o tipo de ambiente sedimentar no qual foi coletado o material; (III) o nível de transporte. Características tafonômicas levam em consideração o que aconteceu e o que levou à fossilização da semente, isso é muito importante para entender o processo pelo qual ela passou, desde a sua dispersão até a deposição e fossilização em dado local. A preservação do material depende de vários fatores, como a velocidade do transporte, o meio pelo qual a semente passa na sua dispersão, se ela possui estruturas para auxiliar ou não o transporte e o quanto de informação (feições morfo-anatômicas) foi perdida durante a sua fossilização.

O *local de deposição* (sítio deposicional) da semente nos diz muito sobre o transporte dela, como possibilidade da existência de uma corrente no local, e se os materiais ali preservados podem ter sofrido um desgaste variável nesse transporte.

O *grau de dispersão* é a análise do quão longe a estrutura foi do seu local de vida, para isso, utilizamos os seguintes termos determinados por Bateman (1991): *Autóctone*, refere-se à semente que permaneceu no exato local onde caiu; *Parautóctone*: corresponde à semente que sofreu uma pequena dispersão, mas não deixou os limites do habitat da sua planta-mãe; *Alóctone*: indica que a semente saiu do habitat da planta-mãe, sendo depositada em local diverso do sítio de vida da planta.

IV. SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

O gênero *Samaropsis* foi criado por Goepert (1864) que o definiu como “Fructus samaroideus membraneaceus, compressus, marfine alatus, monospermus”. Por outro lado, Seward (1917) afirmou que este gênero referia-se a sementes com características superficiais, relacionadas à sâmara, como a presença de uma asa bem desenvolvida.

Segundo Millan (1994), o gênero *Samaropsis* é caracterizado pela diferenciação da testa, sendo evidente o contraste entre a externa sarcotesta e uma inflexível e interna esclerotesta. Entretanto, a presença ou não de uma testa diferenciada depende diretamente do estado de preservação dos espécimes. A testa é uma estrutura muito delicada, sendo assim ela pode, muitas vezes, estar mal preservada. Dessa forma, a visualização de caracteres chave é dificultada, acarretando uma divergência no momento da classificação dessa semente. Posteriormente, a diagnose de *Samaropsis* foi ampliada por Archangelsky (2000), sendo definida como: “semillas bilateralmente simétricas com uma sarcotesta ancha que envuelve total o casi totalmente la esclerotesta”.

O gênero *Cordaicarpus* foi originalmente descrito por Geinitz (1862), mas mais tarde foi redefinido por Seward (1917) para evitar confusões com o outro gênero já descrito. Segundo ele, o gênero *Cordaicarpus* é delimitado como: “sementes platispérmicas preservadas como impressões e moldes, tendo uma borda mais fina que engloba um nucelo ovalado”. Ele também estabeleceu diferenças entre *Samaropsis* e *Cordaicarpus*, indicando que *Samaropsis* é caracterizada pela testa diferenciada, tendo uma testa interna mais resistente e uma testa externa mais fina e delicada. Mais tarde, caracteres diagnósticos foram propostos por Maithy (1965) e Millan (1974), permitindo a inclusão no gênero *Cordaicarpus* espécimes que possuem uma sarcotesta fina e a presença ou não de uma linha média, e um ápice acuminado ou obtuso.

Segundo Millan (1994), o primeiro passo para se definir o gênero de uma semente do Paleozóico é verificar a presença, ou não, de uma testa diferenciada. Levando-se em conta que, na maioria das vezes, o material se encontra num estado onde inferências sobre sua testa e demais caracteres chave são dificultados pela preservação, pode-se também utilizar o método proposto por Oliveira & Pontes (1976), reavaliado por Millan (1994), onde espécimes com uma relação espessura máxima da testa/largura

do nucelo menor que 0,22 mm são consideradas *Cordaicarpus*, e aquelas com um resultado igual ou maior a 0,22 mm são definidas como *Samaropsis*.

Neste estudo se utilizou a diferenciação da testa como a característica principal para determinação dos gêneros, também se utilizou do método proposto por Oliveira & Pontes (1976) para justificar a inclusão de certos espécimes não tão bem preservados em *Samaropsis* ou *Cordaicarpus*. De 48 amostras analisadas no total, houve 12 amostras que não puderam ser determinadas por conta da precária preservação de alguma estrutura diagnóstica, ou por conta da má preservação geral do espécime. As amostras não determinadas são: MP-Pb 2949, 3971, 4944, 5015, 5454, 5455, 5456, 5468, 5471, 5474, 5478, 5479.

GYMNOSPERMAE

Semina Incertae Sedis

Cordaicarpus Geinitz 1862

Cordaicarpus brasilianus Bernardes-de-Oliveira, Castro-Fernandes, Tewari & Ricardi-Branco, 2007

Figura 3A-C

Material estudado: MP-Pb 3970, 4462, 4467, 4482, 5456, 5473, 5477, 5487, 5488.

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

Ocorrência: Afloramento Cocuruto, topo do Grupo Itararé.

Idade: Permiano inicial.

Descrição: Sementes pequenas de simetria bilateral, forma ovalada quase circular. Possui base arredondada e ápice obtuso. O comprimento varia entre 3-4,5 mm e largura entre 2-3,7 mm. As sementes possuem testa indiferenciada que contorna o nucelo com praticamente a mesma espessura. O nucelo segue o mesmo padrão de formato da semente, possui linha média incipiente, seu comprimento varia de 3-4 mm e sua largura varia entre 2,5-3 mm. Micrópila visível em alguns exemplares, em formato de “V”. A relação entre espessura máxima da testa e largura do nucelo fica entre 0,08-0,12 [N = 9].

Discussão e comparação: De acordo com o método proposto por Oliveira & Pontes (1976) e reavaliado por Millan (1994), o material estudado é classificado como do gênero *Cordaicarpus*, considerando os baixos valores, que ficam em torno de 0,08 – 0,12, da relação LT/LN (largura máxima da testa pela largura do nucelo). Essas sementes se caracterizam pelo seu formato circular ou oval, superfície lisa e falta de uma linha mediana proeminente e, por isso, apresentam uma identidade com *C. brasilianus* Bernardes-de-Oliveira et al., 2007. Uma das amostras possui sementes associadas e até mesmo conectadas a uma frutificação do tipo *Arberia* (Figura 2C).

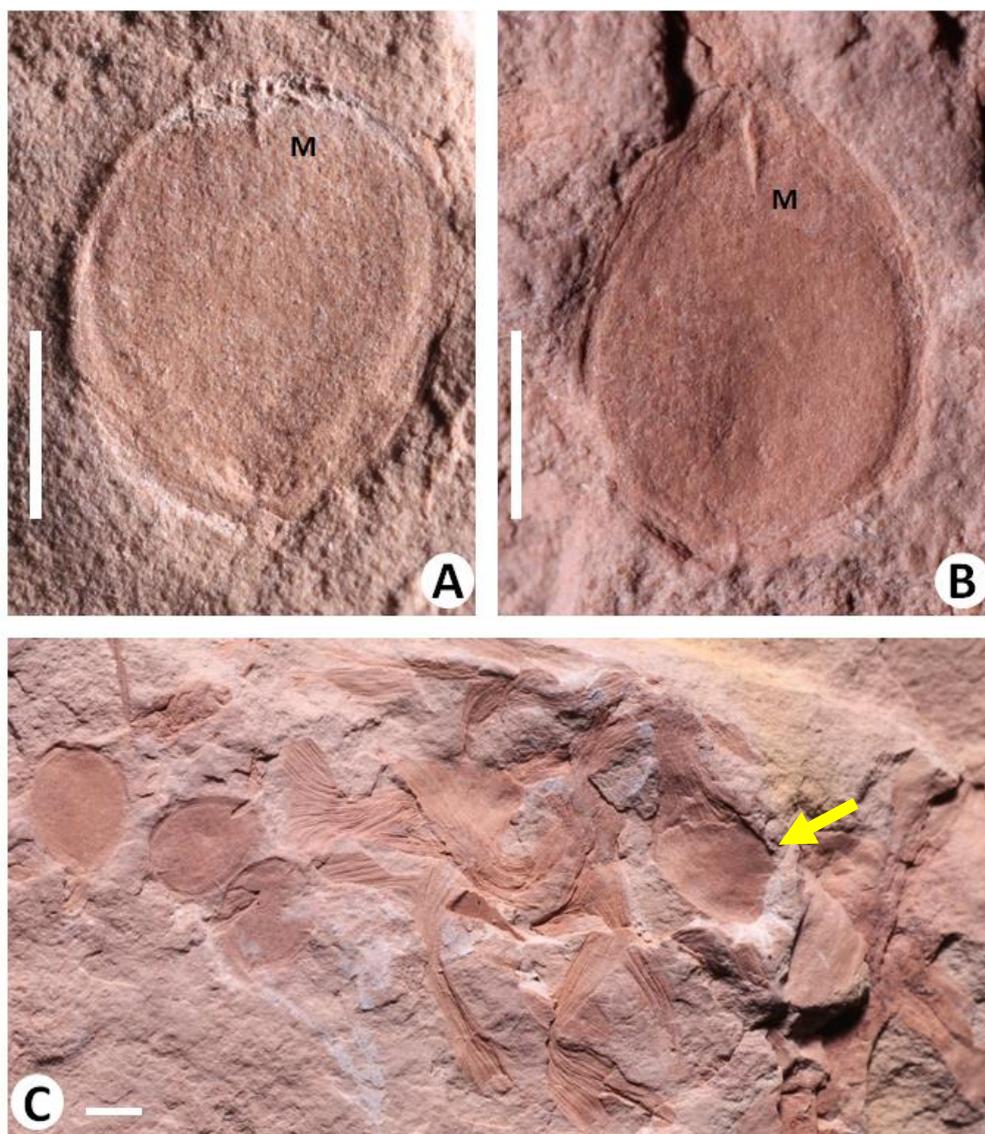


Figura 3. *Cordaicarpus brasilianus*, **A.** MP-Pb 4467, micrópila (M) visível na amostra; **B e C.** MP-Pb 4462, **B.** semente em detalhe, é possível visualizar a micrópila (M) no ápice. **C.** essa foto mostra, em detalhe, frutificação do tipo *Arberia* encontrada em íntima associação, incluindo uma semente aparentemente ainda conectada (seta amarela). Escalas: 2 mm.

Cordaicarpus cerronegrensis Souza et Iannuzzi, 2009

Figura 4A-B

Material estudado: MP-Pb 5059, 5475.

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

Ocorrência: Afloramento Cocuruto, topo do Grupo Itararé.

Idade: Permiano inicial.

Descrição: Semente platispérmica oval com superfície estriada. Seu comprimento fica em torno de 6-7 mm e sua largura entre 3-4 mm. Forma alongada, ápice agudo e base arredondada contendo um ponto de inserção evidenciado por uma “cicatriz”. A testa é indiferenciada e também possui estriações que seguem a direção apical, sua espessura é variável, sendo mais fina nas laterais e base e mais espessa na região apical (0,43 mm). O nucelo segue o formato da semente, com exceção do ápice aonde não segue a testa até o fim, terminando de forma mais aguda do que o ápice da semente. O nucelo possui 6 mm de comprimento e entre 2,5-3,5 mm de largura. A relação entre a espessura máxima da testa e a largura do nucelo é de 0,17.

Discussão e comparação: De acordo com o método proposto por Oliveira & Pontes (1976) e reavaliado por Millan (1994), o material estudado é classificado como do gênero *Cordaicarpus*, considerando os baixos valores (0,14 – 0,17) da relação LT/LN. Ambos os espécimes analisados se caracterizam por possuir ápice agudo e base arredondada, essa base possuindo uma marca de inserção, além de, uma superfície estriada. Deste modo, apresentam grande similaridade com as sementes da espécie *C. cerronegrensis* Souza et Iannuzzi, 2009, na qual são inseridos aqui.

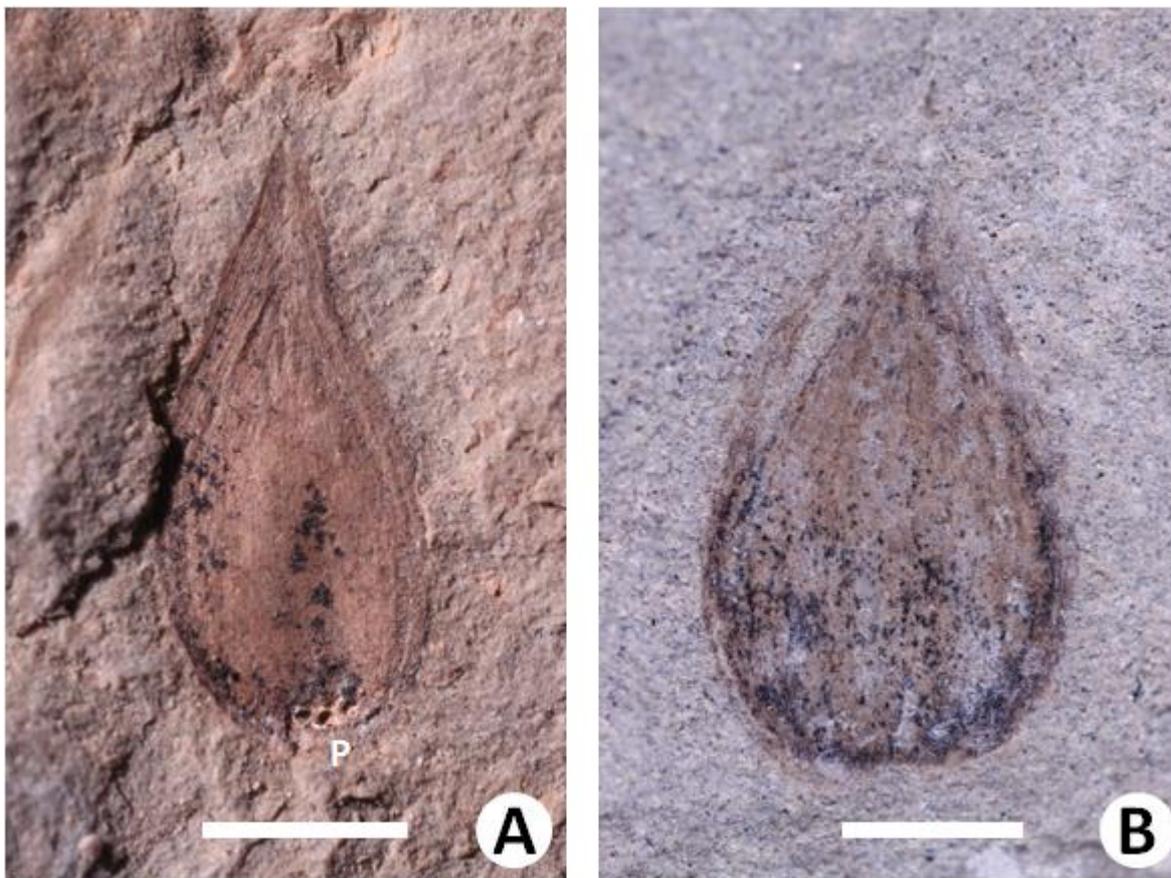


Figura 4. *Cordaicarpus cerronegreensis*, **A.** MP-Pb 5475, estriação da testa bem visível, base com cicatriz de conexão com o pedúnculo (P); **B.** MP-Pb 5059. Escalas: 3 mm.

Cordaicarpus truncata Souza et Iannuzzi, 2009

Figura 5A-B

Material estudado: MP-Pb 3970, 5473.

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

Ocorrência: Afloramento Cocuruto, topo do Grupo Itararé.

Idade: Permiano inicial.

Descrição: Sementes com simetria bilateral, superfície estriada, possuem ápice acuminado e base truncada. No espécime melhor preservado o comprimento é de 9,5 mm e sua largura é de 4,7 mm. A porção basal do nucelo acompanha o formato da semente, mas a porção apical se apresenta de forma mais obtusa, a superfície do nucelo apresenta uma estriação marcante e, no caso deste espécime, a micrópila não fica muito

evidente; linha média pouco preservada. A testa é fina nas laterais e mais grossa nas extremidades, se forma uma margem irregular na base que possivelmente indica o ponto de conexão com a planta-mãe.

Discussão e comparação: Através do método proposto por Oliveira & Pontes (1976), os espécimes analisados foram classificados no gênero *Cordaicarpus*, pois as relações LT/LN exibiram resultados baixos (0,11 – 0,14). O ápice acuminado e a base truncada, além das dimensões, são compatíveis com as sementes classificadas em *C. truncata* Souza et Iannuzzi, 2009, espécie na qual estamos inserindo nossos espécimes.

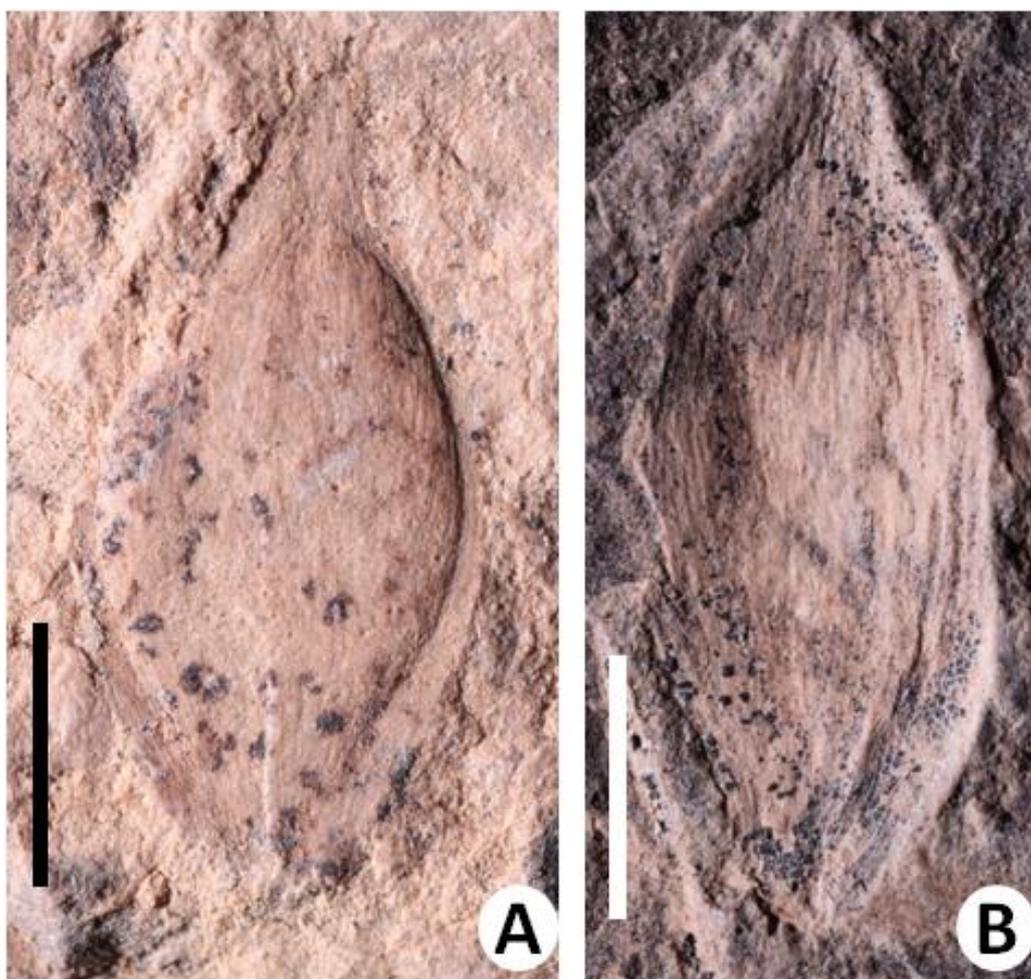


Figura 5. *Cordaicarpus truncata*, A. MP-Pb 5473; B. MP-Pb 3970. Escalas: 3 mm.

Cornucarpus Arber, 1914

Cornucarpus sp.

Figura 6

Material estudado: MP-Pb 4892a, 4892b.

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

Ocorrência: Afloramento Cocuruto, topo do Grupo Itararé.

Idade: Permiano inicial.

Descrição: Sementes pequenas, platispérmicas, com contorno ovalado. Ápice acuminado e bifurcado, terminando em duas projeções espiniformes que formam entre si um ângulo de 90°. Base arredondada e levemente aguda, que apresenta uma marca de conexão com o pedúnculo. Seu comprimento fica em torno de 6 mm e sua largura entre 2,5 mm. Esclerotesta finamente estriada no sentido longitudinal e sarcotesta com largura uniforme. As projeções apicais medem cerca 0,6 mm. O nucelo segue o contorno ovalado da semente, mede cerca de 5 mm de comprimento e 2 mm de largura.

Discussão e comparação: Os valores da relação LT/LN, proposto por Oliveira & Pontes (1976), nos permitiria designar essa semente como *Cordaicarpus* (0,1 – 0,20), porém seu ápice bifurcado em duas projeções é uma característica diferenciada que coloca essa semente como sendo do gênero *Cornucarpus*. Muitas sementes antes descritas como *Samaropsis* e *Cordaicarpus* foram realocadas para o gênero *Cornucarpus*. Foi feita a comparação com *Cornucarpus patagonicus* Feruglio, 1951, espécie próxima, porém esta espécie apresenta dimensões menores, tanto no comprimento e largura, como também na dimensão das projeções apicais.

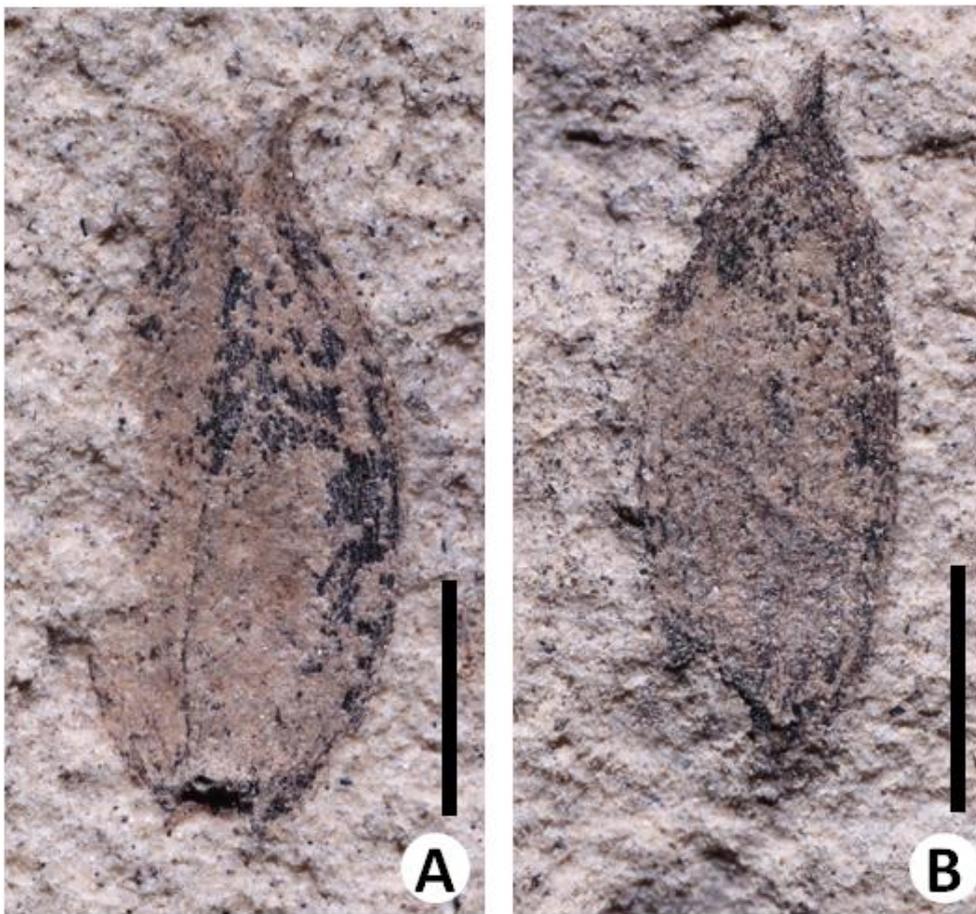


Figura 6. *Cornucarpus* sp., A e B. MP-Pb 4982a e 4982b, o exemplar “a” possui “cornos” mais bem preservados. Escala: 2 mm.

Samaropsis Goeppert 1864

Samaropsis moreirana (White) Millan, 1965

Figura 7A

Material estudado: MP-Pb 2498, 2572.

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

Ocorrência: Afloramento Cocuruto, topo do Grupo Itararé.

Idade: Permiano inicial.

Descrição: Semente pequena de contorno geral arredondado/ovalado, comprimento total de aproximadamente 5,5 mm e largura de 5 mm em média. Testa estreita e indiferenciada, assumindo maior espessura na porção médio-superior, quando atinge até

0,9 mm, encerrando-se na região micropilar de forma agudo/acuminada, marcando uma abertura na região em forma de “V”. Nucelo de base arredondada, levemente truncada, e ápice agudo/acuminado, medindo cerca 3,8 mm de largura por 4,5 mm de comprimento (incluindo a projeção agudo/acuminada). Relação largura máxima da testa / largura máxima do nucelo igual a 0,21.

Discussão e comparação: A relação LT/LN maior que 1/4,5 conduz (0,2 – 0,23), segundo o Método Oliveira & Pontes (1976), à inclusão dos espécimes dentre os membros do gênero *Samaropsis* Goepfert 1864. Comparações foram feitas com *S. golondrinensis* Archangelsky, 2000, por conta do maior espessamento da testa na região apical, porém as dimensões gerais não condizem com essa espécie. Já o espessamento maior da testa na porção médio-superior, a base levemente truncada e as dimensões são compatíveis com *Samaropsis moreirana* (White) Millan, 1965.

Samaropsis seixasii (White) Seward, 1917

Figura 7B, C

Material estudado: 4470, 4944, 5015, 5455, 5486, 5489, 5490.

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

Ocorrência: Afloramento Cocuruto, topo do Grupo Itararé.

Idade: Permiano inicial.

Descrição: Semente platispérmica, com testa diferenciada e superfície finamente estriada, medindo em torno de 10 mm de comprimento por 7,5 mm de largura. Sarcotesta bem desenvolvida na região lateral-inferior da semente, medindo no máximo 2 mm de espessura, formando *sinus* nas regiões apical e basal. Nucelo estriado, de ápice levemente emarginado e base arredondada/aguda, medindo aproximadamente 8 mm de largura por 4,5 mm de comprimento.

Discussão e comparação: A relação LT/LN indica (0,3 – 0,47), segundo o Método Oliveira & Pontes (1976), à inclusão dos espécimes dentre os membros do gênero *Samaropsis* Goepfert 1864. A testa diferenciada, a ausência de crista mediana e a presença de *sinus* em ambas as extremidades (basal e apical), sugerem semelhança morfológica com algumas espécies conhecidas, tal como *Samaropsis cerquilhensis*

(Millan) Bernardes-de-Oliveira et al., 2007. *Samaropsis cerquilhensis* possui nucelo com base proeminentemente acuminada, diferindo da base arredondada e levemente aguda do nucelo dos espécimes em análise. Já *Samaropsis rugata* Bernardes-de-Oliveira et al., 2007 possui a base do nucelo arredondada, porém, não possui a projeção aguda do nucelo na região basal, além disso, apresenta a sarcotesta densamente estriada, dando um aspecto rugoso a sua superfície, da onde se deriva o epíteto específico. Deste modo, nossos espécimes se aproximam de *Samaropsis seixasii* (White) Seward, 1917, pela presença de uma sarcotesta finamente estriada e bem pronunciada na porção lateral-inferior da semente.

Samaropsis kurtzii Leguizamón, 1971

Figura 7D

Material estudado: 4437, 5454, 5466, 5476, 5480.

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

Ocorrência: Afloramento Cocuruto, topo do Grupo Itararé.

Idade: Permiano inicial (final do Sakmariano e início do Artinskiano).

Descrição: Sementes estriadas, com simetria bilateral e contorno geral subcircular. O comprimento varia entre 10-15 mm e a largura fica em torno de 11 mm. O núcelo possui ápice e base agudos, seu comprimento varia entre 8-10 mm e a largura entre 5-10 mm. Não há evidências de crista mediana no material analisado. A sarcotesta das sementes é estriada e forma duas asas bem desenvolvidas na região lateral das sementes, as estrias que recorrem a sarcotesta das sementes são conectadas, formando um tênue retículo.

Discussão e comparação: A relação LT/LN que tem valores entre 0,3 – 0,74 nos permite classificar os espécimes como sendo do gênero *Samaropsis* Goeppert 1864. Esses espécimes se caracterizam pelo seu formato bastante circular, pelos prolongamentos presentes nas regiões apicais e basais e pelo grande desenvolvimento da sarcotesta. O material estudado se assemelha mais aos espécimes de *Samaropsis kurtzii* Leguizamón, 1971 (Leguizamón, 1971, 1972), provenientes do Permiano Inferior da Argentina, por conta do seu contorno subcircular e sarcotesta alada. O nucelo com prolongações nas

extremidades, tal qual a sarcotesta recorrida de estrias que formam retículos é característico da espécie. Os espécimes ainda apresentam um grande sinus apical e basal, corroborando sua identificação com o material argentino. Os espécimes deste estudo apresentam dimensões menores quando comparadas ao material da Argentina, porém, como já foi descrito por Leguizamón (1971) e Archangelsky (2000), uma das características de *S. kurtzii* é o seu tamanho bastante variável. Para analisar a variabilidade nas dimensões das formas incluídas em *S. kurtzii*, foi feita uma análise de dispersão abarcando os espécimes descritos na literatura (Leguizamón, 1971; Archangelsky, 2000; Souza, 2013 – inédito) e os estudados aqui (Gráfico 1). A partir desta análise verificou-se que há realmente certa variabilidade nas dimensões dos espécimes classificados nessa espécie, entretanto: (a) o resultado gráfico mostra um único agrupamento que apresenta uma continuidade morfométrica entre os extremos da distribuição, sugerindo que o conjunto corresponderia a um mesmo táxon, (b) os espécimes aqui estudados inserem-se dentro do agrupamento formado pelos espécimes já descritos anteriormente, sem destoarem, sugerindo que, pelo menos morfometricamente, eles pertenceriam ao mesmo táxon estabelecido a partir dos espécimes argentinos (Gráfico 1).

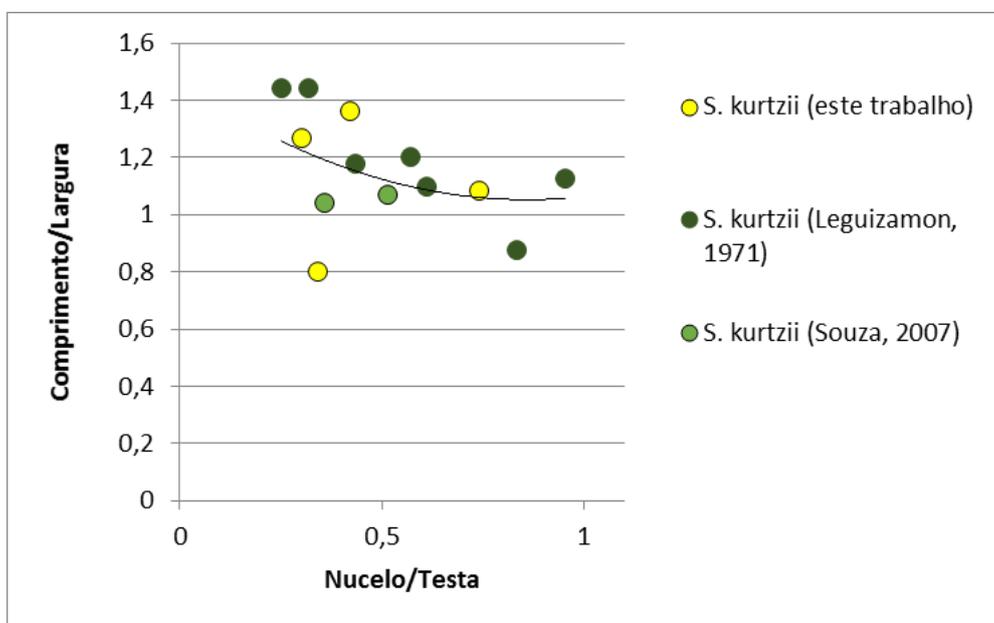


Gráfico 1. Análise de dispersão envolvendo espécimes de *Samaropsis kurtzii* deste trabalho, de Leguizamón 1971 e Souza 2007.

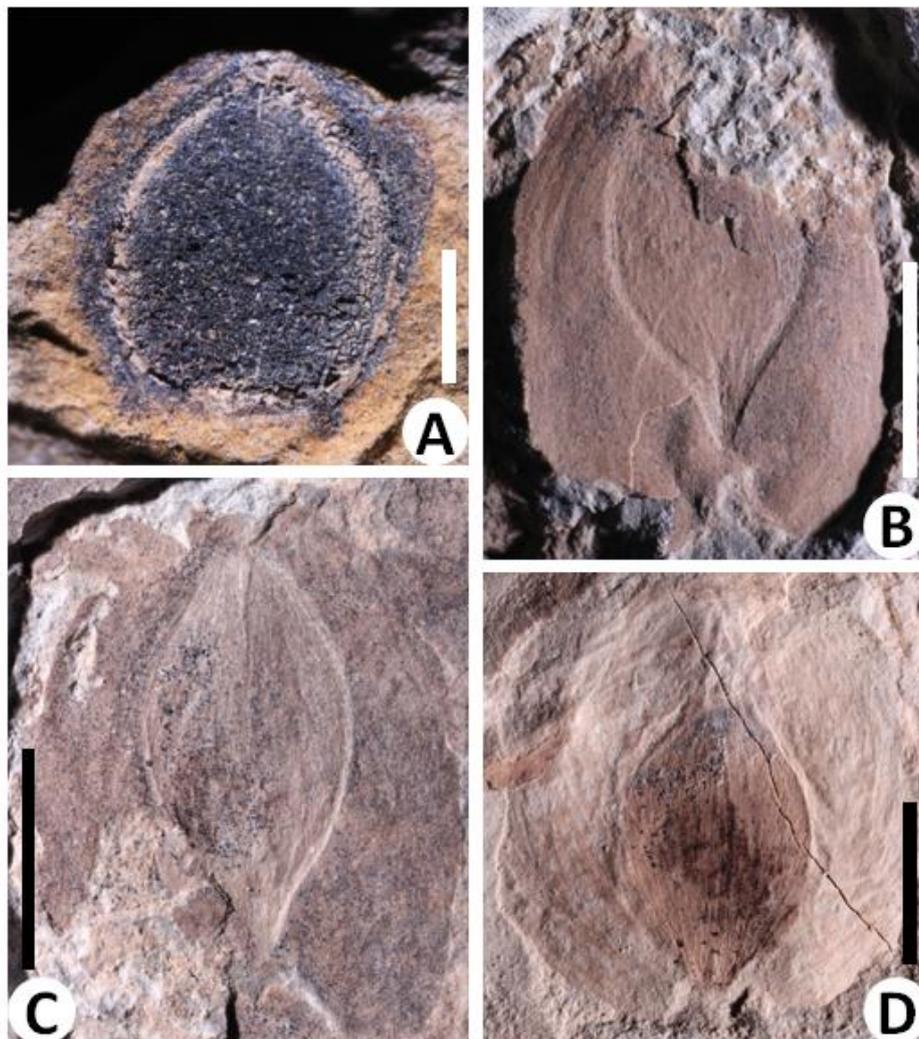


Figura 7. A. *Samaropsis moreirana*, MP-Pb 2572; B e C. *Samaropsis seixasii*, MP-Pb 4470; D. *Samaropsis kurtzii*, MP-Pb 5480. Escalas: A: 2 mm. B, C e D: 5 mm.

Samaropsis sp. 1

Figura 8 A, B e D

Material estudado: 2586, 5058a, 5060, 5464, 5469, 5472, 5485.

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

Ocorrência: Afloramento Cocuruto, topo do Grupo Itararé.

Idade: Permiano inicial.

Descrição: Semente grande, assimétrica bilateralmente, praticamente equilátera em relação a comprimento e largura total e do nucelo. O comprimento médio fica em torno de 14 mm e a largura 15 mm. A testa é bem desenvolvida, de tal forma que podem ser

chamadas de “asas” devido ao seu tamanho, a espessura dessa testa fica em torno de 2,5 mm. Na região apical, a testa se encontra mais unida, porém na base da semente a mesma forma aurículas, deixando parte do nucelo exposto nessa extremidade, o que indica um possível local de conexão com um pedúnculo. O nucelo segue o padrão geral da semente, possui forma ovalada e é basicamente equilátero em suas dimensões, seu comprimento e largura ficam em torno de 11 mm.

Discussão e comparação: A relação LT/LN possui valores entre 0,3 – 0,6, permitindo classificar essa semente como pertencente ao gênero *Samaropsis* Goepfert 1864. Essa espécie foi comparada com *S. kurtzii* devido às características similares entre elas, que são: testa bem desenvolvida e tamanho avantajado. O grande diferencial em relação à *S. kurtzii* é o formato do nucelo, enquanto *S. kurtzii* possui um nucelo mais agudo em ambas as extremidades, os espécimes analisados possuem uma base mais arredondada, dando ao nucelo um formato de “coração” invertido. Com intuito de aprofundar a comparação com *S. kurtzii*, fez uma análise de dispersão incluindo os nossos espécimes. Ao que parece, as duas formas, de fato, se distinguem quanto as duas dimensões, uma vez que nosso material apresenta uma tendência de dispersão distinta (Gráfico 2). É possível que o material estudado represente uma nova espécie, mas por hora, será classificado apenas como *Samaropsis* sp. 1.

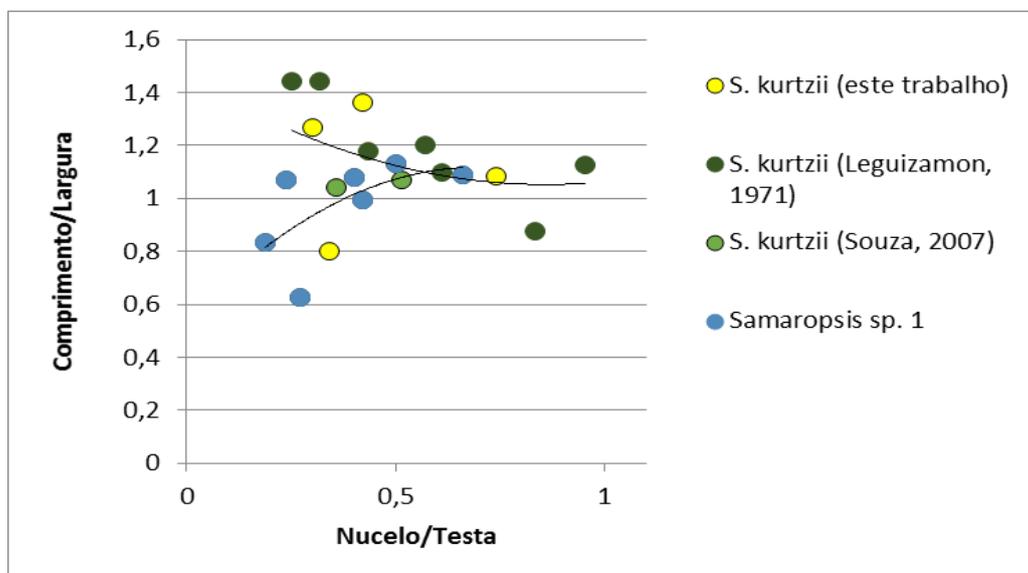


Gráfico 2. Análise de dispersão que compara espécimes de *S. kurtzii* deste trabalho e da literatura com *Samaropsis* sp. 1. Note que apesar de uma certa sobreposição nas relações de dimensões com *S. kurtzii*, o material analisado apresenta uma tendência de dispersão distinta (curva inferior – veja Gráfico 1).

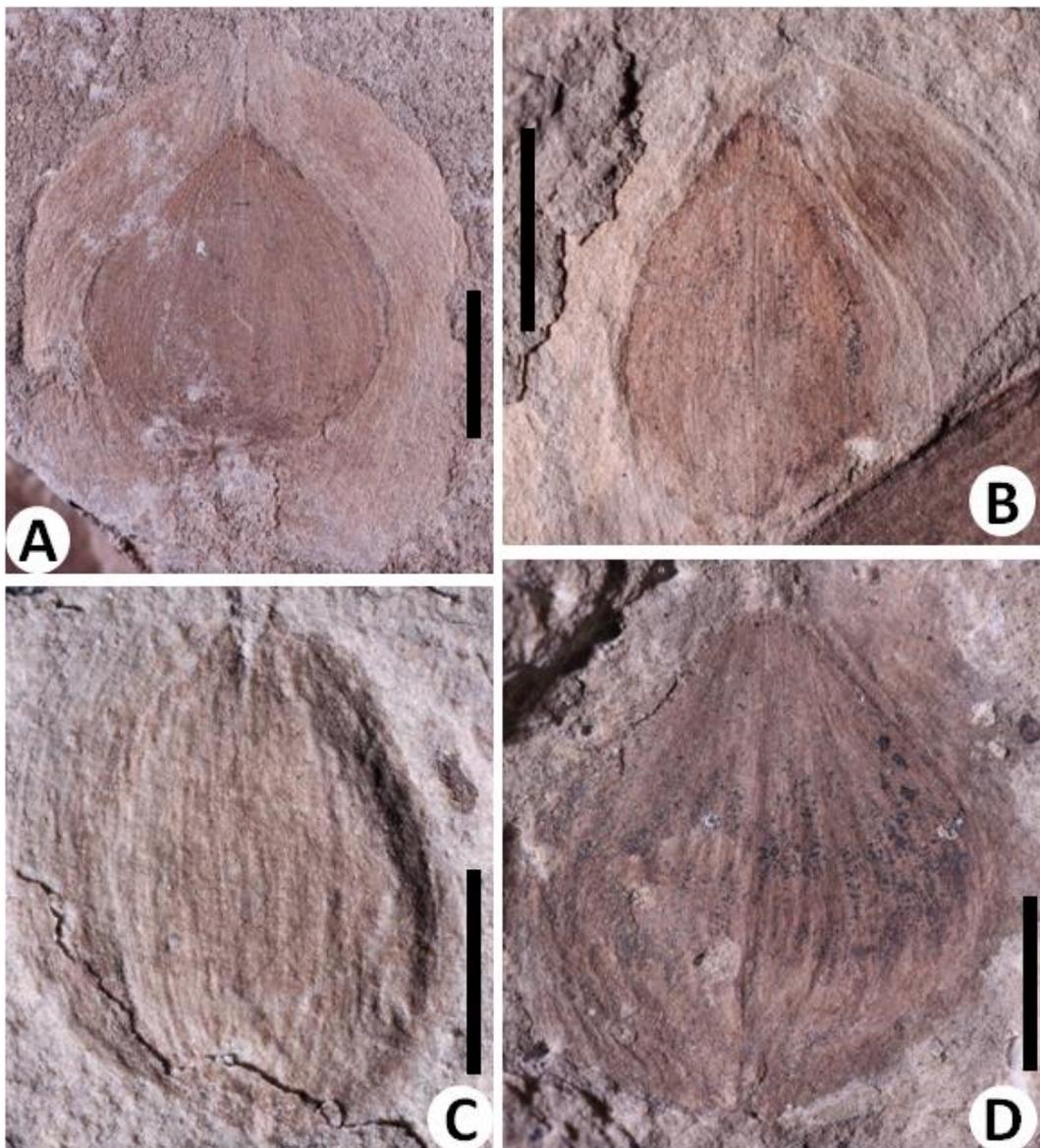


Figura 8. **A.** *Samaropsis* sp. 1, MP-Pb 5464; **B.** *Samaropsis* sp. 1, MP-Pb 5469; **C.** *Samaropsis* sp. 2, MP-Pb 5471; **D.** *Samaropsis* sp. 1, MP-Pb 2586. Escalas: A, B e D: 5mm. C: 3mm.

Samaropsis sp. 2

Figura 8 C

Material: 5471.

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

Ocorrência: Afloramento Cocuruto, topo do Grupo Itararé.

Idade: Permiano inicial.

Descrição: Semente arredondada/ovalada com comprimento medindo 7,5mm e largura medindo 6 mm. A preservação da testa é precária neste espécime, apenas uma região contém restos da testa, medindo em torno de 1 mm (região próxima ao ápice). Possui micrópila na região apical é bem visível, em forma de “V”. Tanto a sarcotesta como o nucelo são claramente estriados.

Discussão e comparação: Pelo pouco que se conseguiu obter em relação à testa a relação LT/LN ficou em torno de 0,25, isso classificaria o espécime como *Samaropsis* Goeppert 1864. Porém, as condições para uma melhor análise desta relação não foi possível devido ao estado de preservação da testa da semente. O formato ovalado, as dimensões intermediárias (7,5 x 6 mm) e as estriações na testa e nucelo fazem desta forma única e incompatível com outras próximas (p.ex., *S. kurtzii*). Como se trata de um único espécime incompleto, o material é classificado apenas como *Samaropsis* sp. 2, aguardando pelo encontro de espécimes mais completos no futuro.

V. ANÁLISE DE DISPERSÃO

A partir da divisão proposta por Marques-de-Souza (2013), as sementes podem ser categorizadas de acordo com seu tamanho e a existência ou não de “estruturas facilitadoras” para a dispersão. A seguir se tem uma breve descrição de cada uma dessas categorias e a análise de dispersão de cada semente individualmente.

Categoria 1: formada por sementes com volume inferior a 10 mm³, neste intervalo de volume têm-se com maior frequência a anemocoria (= dispersão pelo vento) ou a dispersão desassistida (Hughes et al. 1994, Moles et al. 2005b). 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. Um exemplo dessa categoria seria a *Cordaicarpus brasilianus*, semente diminuta sem testa diferenciada, sendo a ação do vento a forma de dispersão mais provável.

Categoria 2: Sementes com volume entre 10 e 100 mm³, 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).

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. A segunda linha sugere a atuação da água e a presença de uma testa mais espessa como estratégia para

evitar o encharcamento das sementes. *Cordaicarpus cerronegrensis*, *C. truncata* e *Samaropsis moreirana* se encaixam nessa categoria de sementes.

Categoria 3: Sementes com volume entre 100 mm³ e 1.000 mm³, nessa categoria começam a surgir estruturas capazes de favorecer determinadas estratégias de dispersão que, para alguns autores, tem assumida importância ecológica. 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), seguindo a lógica da categoria anterior, porém com a presença de uma testa mais bem diferenciada. O único exemplo deste estudo que se encaixa nessa categoria é a *Samaropsis seixasii*, semente alada de tamanho relativamente médio.

Categoria 4: Sementes com volume superior a 1.000 mm³, apenas sementes do morfogênero *Samaropsis* são encontradas neste intervalo no afloramento Cocuruto. 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 ou correntes mais fortes ou, se for o caso, de uma poderosa propulsão (nos casos de autodispersão). 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. *Samaropsis kurtzii* e *Samaropsis* sp.1 são as duas espécies mais apropriadas para esta categoria, duas grandes sementes aladas que necessitariam de uma maior força de dispersão para se deslocarem.

1) *Cordaicarpus brasilianus* Bernardes-de-Oliveira Castro-Fernandes, Tewari et Ricardi-Branco, 2007: Essas sementes são caracterizadas por serem pequenas e não apresentarem nenhuma estrutura de dispersão aparente, geralmente se encontram espalhadas. Em algumas ocasiões aparecem ligadas a uma frutificação do tipo *Arberia* (Iannuzzi et al. 2007), nas terminações da mesma, formando algo como um pedicelo. Provavelmente, a semente se desconecte dessa frutificação com ajuda da gravidade, isso deixaria uma marca de inserção na semente. Levando em consideração o tamanho diminuto desta espécie, podemos inferir que o transporte por vento (anemocoria) seja a possível dispersão dessas sementes (Chaloner & Sheerin 1981, Hughes et al. 1994), a abundância de material desta espécie ajuda a corroborar isso. A ausência de estruturas

especializadas elimina alguns tipos de transporte, por exemplo, as sementes facilmente se degradariam caso fossem transportadas por água (hidrocoria).

2) *Cordaicarpus cerronegrensis* Souza et Iannuzzi, 2009: Semente pequena com superfície fibrosa, isso parece proporcionar alta resistência a essa semente. Pelo tamanho diminuto já se infere que uma possível síndrome de dispersão seja a anemocoria, porém, o tipo de dispersão proposto deve ser melhor analisado, pois o tamanho dos espécimes fica no limite de tamanho proposto por Chaloner & Sheerin (1981). A frutificação observada para esta espécie não possui uma morfologia especializada para auxiliar na dispersão da semente (Souza & Iannuzzi 2009), isso leva a crer que o principal meio de dispersão da *C. cerronegrensis* seja a barocoria (ação da gravidade). Ainda foi sugerida a dispersão por peixes por conta da superfície fibrosa que seria uma adaptação para suportar a passagem pelo trato-digestivo animal (Souza & Iannuzzi 2012), porém isso é de difícil confirmação.

3) *Cordaicarpus truncata* Souza et Iannuzzi, 2009: Semente pequena, fibrosa e com base truncada que sugere uma conexão com frutificação, da mesma forma que *C. cerronegrensis*. De acordo com Collinson, citado por Martin (1999), essas semente seriam resistentes a degradação mecânica, e a degradação biológica é o processo de decomposição mais importante agindo nessas estruturas. Similarmente a *C. cerronegrensis*, a barocoria tende a ser a mais provável forma de dispersão dessa espécie, considerando a base truncada. Entretanto, essa espécie pode também ser ligada na frutificação pelo seu ápice, como ocorre com *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Anemocoria é um tipo de dispersão que foi descartado para essa espécie, considerando seu tamanho que é maior do que *C. cerronegrensis*, por exemplo. Só seria possível a dispersão pelo vento caso houvesse estruturas de dispersão como plumas ou asas (Chaloner & Sheerin 1981). Foi levantada a hipótese de transporte biótico (Souza & Iannuzzi 2012), onde peixes fariam essa dispersão e a camada fibrosa da semente protegeria a reserva nutritiva e o embrião durante esse processo digestivo.

4) *Cornucarpus* sp.: Semente pequena, com marca de conexão com uma frutificação. Essas características poderiam nos indicar que barocoria e anemocoria são as possíveis síndromes de dispersão desta espécie. A partir das estratégias de dispersão e estruturas que auxiliadoras categorizadas por Howe & Smallwood (1982), supõe-se que as

projeções apicais, os “cornos”, ajam como ganchos no transporte da semente, se agarrando em pêlos ou pele de animais. Porém, não há registro de tetrápodes no Permiano inicial da Bacia do Paraná, o que limita a utilização desses cornos em animais aquáticos ou invertebrados terrestres (evidenciados pelas várias evidências de interação-inseto planta presentes nas folhas encontradas em associação com as sementes – Adami-Rodrigues et al. 2004, Pinheiro et al. 2012).

5) *Samaropsis kurtzii* Leguizamón, 1971: A presença de um testa grande e bem desenvolvida nos permite inferir algo sobre o tipo de dispersão adotada por esta espécie. Por serem aparentemente finas, essas asas parecem indicar dispersão inicialmente por anemocoria, o que não impede que ela possa ser também transportada (posteriormente) via meio aquoso, por certo tempo (Van der Pijl 1969, Howe & Smallwood 1982). A morfologia aerodinâmica que estas asas proporcionam a semente permite que as mesmas ocupem e se estabeleçam em outros locais para germinação.

6) *Samaropsis seixasii* (White) Seward, 1917: Assume-se que a provável dispersão dessa espécie seja anemocoria, tal como *S. kurtzii*, pois possui testa bem desenvolvida em “asas”.

7) *Samaropsis moreirana* (White) Millan, 1965: Por mais que a testa possua um certo desenvolvimento na região apical, o tamanho tanto da testa como da semente em geral não atingem grandes valores. Tendo isso em mente, é provável que a semente seja transportada por anemocoria, tal como foi sugerido para *C. brasiliensis*.

8) *Samaropsis* sp. 1: Se supõem que o método de transporte dessa semente seja anemocoria, levando em conta sua testa bem desenvolvida tal como *S. kurtzii* e *S. seixasii*.

VI. AFINIDADES BOTÂNICAS

De maneira geral, estudos têm mostrado que pequenas sementes tendem a sobreviver e germinar em ambientes abertos e ensolarados (Harper 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).

Para Gastaldo et al. (1996), o Sakmario corresponde ao intervalo relativo à amenização do clima e domínio das glossopterídeas no Gondwana, as quais aparecem, primeiramente, no topo do Grupo Itararé (Formação Taciba), onde predominaram as folhas do tipo *Gangamopteris* (Iannuzzi & Souza 2005, Iannuzzi 2013). 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 no Gondwana uma semente em conexão orgânica com as estruturas foliares capazes de esclarecer a afinidade botânica das mesmas. Por outro lado, as sementes pequenas são frequentemente relacionadas às coníferas e às glossopterídeas. Neste último caso, há o registro de estruturas reprodutivas férteis, algumas delas ainda portando sementes, assim como a conexão destas com folhas de glossopterídeas, deixando a afinidade botânica mais evidente de alguns tipos de sementes pequenas. Que é o caso aqui de *Cordaicarpus brasilianus* encontrada, pela segunda vez, em conexão com a frutificação do tipo *Arberia* (ver abaixo).

A seguir são discutidas as possíveis afinidades botânicas das espécies estudadas neste trabalho.

1) *Cordaicarpus brasilianus* Bernardes-de-Oliveira Castro-Fernandes, Tewari et Ricardi-Branco, 2007: Este tipo de semente já havia sido reportada em íntima

associação com uma frutificação do tipo *Arberia* por Souza & Iannuzzi (2009), no Nível 8 da seção do Morro do Papaléo, em estratos da Formação Rio Bonito. Agora, neste estudo, encontramos novamente esta mesma espécie em estreita associação com frutificação do tipo *Arberia* no afloramento estudado, em nível inserido no topo do Grupo Itararé (Figura 3). Inclusive, em nossa amostra (MP-Pb 4462), uma das sementes parece ainda estar em conexão orgânica com a estrutura reprodutiva (ver Figura 3). Por isso, indica-se a vinculação entre *C. brasilianus* e esse tipo de frutificação. Frutificações do tipo *Arberia* não possuem uma posição sistemática totalmente definida (Bernardes-de-Oliveira, 1978). De acordo com Andendorff (2005), este tipo de frutificação nunca foi encontrado ligado a uma folha ou outro órgão que pudesse de fato vinculá-lo às glossopterídeas. Porém, na literatura, essas frutificações são comumente associadas com glossopterídeas (Bernardes-de-Oliveira et al., 2000), sendo provavelmente formas basais de estruturas reprodutivas deste grupo (Andendorff, 2005). Desta forma, se assume que *C. brasilianus* tenha afinidade botânica com glossopterídeas, além disso, alguns estudos (Iannuzzi et al. 2003, 2006) registraram folhas de glossopterídeas intimamente associadas às sementes desta espécie. De qualquer forma, é importante que se continue buscando por estruturas em associação ou conexão para que se confirmem os grupos de plantas nos quais se encaixam as espécies de sementes.

2) *Cordaicarpus cerronegrensis* Souza et Iannuzzi, 2009: Há registros de folhas de *Glossopteris communis*, *Gangamopteris* spp., ramos folhosos de esfenófitas e frondes de *Botrychiopsis plantiana* associados ao mesmo nível fossilífero das *C. cerronegrensis* (Souza & Iannuzzi, 2009). A partir das características estruturais da semente e dos dados sobre estruturas reprodutivas, o único grupo que poderia ser a planta-mãe desta espécie dentre os mencionados, seria o das glossopterídeas, levando em conta o tamanho da semente. Porém, essa semente foi encontrada em aparente conexão um fragmento de ramo com por Souza & Iannuzzi (2009), similares aos ramos férteis documentados em coníferas do início do Paleozóico. Neste sentido, não se descarta uma possível afinidade coniferóide para esta semente.

3) *Cordaicarpus truncata* Souza et Iannuzzi, 2009: Frondes de *Botrychiopsis* sp. e folhas de *Glossopteris*, *Gangamopteris* e *Cordaitales* foram encontradas em associação com *C. truncata* nos estudos realizados por Iannuzzi et al. (2007). Porém, não foi encontrado nenhum vestígio de conexão orgânica com algum tipo de estrutura

reprodutiva. Levando em conta a literatura, poderíamos agrupar esta espécie com as glosspterideas, mas os dados são inconclusivos.

4) *Cornucarpus* sp.: Segundo a descrição feita por Archangelsky e Cúneo (1990), as sementes do gênero *Cornucarpus* se assemelham às do gênero *Polyspermophyllum*, inclusas nas *Dicranophyllales*, uma gimnosperma primitiva pertencente à divisão Ginkgophyta.

5) *Samaropsis kurtzii* Leguizamón, 1971: Há registros de folhas de *Glossopteris communis*, *Gangamopteris* spp., ramos folhosos de esfenófitas e frondes de *Botrychiopsis plantiana* associados ao mesmo nível fossilífero das *S. kurtzii* (Souza & Iannuzzi, 2009). No afloramento Cocuruto, os mesmos táxons foram assinalados, exceto por *B. plantiana*. Pelo tamanho da semente, é provável que o grupo das Cordaitales seja a planta-mãe dessa semente. Entretanto, não se podem desconsiderar as coníferas, já que anemocoria é uma síndrome de dispersão comum deste grupo. De qualquer forma, uma possível afinidade coniferóide pode ser aceita.

6) *Samaropsis seixasii* (White) Seward, 1917: Por conta do seu tamanho e pelo fato de possuir uma testa avantajada, tal como *S. kurtzii*, acredita-se que a afinidade botânica dessa espécie seja vinculada às *Cordaitales*. Porém, como no caso de *S. kurtzii*, não se pode descartar um vínculo com as coníferas por causa do tipo de dispersão associado com essa semente (anemocoria).

7) *Samaropsis moreirana* (White) Millan, 1965: Levando em consideração o tamanho diminuto e a testa fina, pode-se relacionar essa espécie com algumas espécies de *Cordaicarpus*, como a *C. cerronegrensis* e *C. truncata*, ambas sementes de tamanho pequeno/médio, de testa menos desenvolvida e que aparentam aguentar um certo atrito na dispersão. Supõe-se, como no caso das sementes supracitadas, que as glossopterideas sejam as prováveis plantas-mãe dessa espécie.

8) *Samaropsis* sp. 1: O caso dessa espécie é semelhante ao de *S. kurtzii* e *S. seixasii*, semente grande com testa bem desenvolvida. Portanto, Cordaitales e coníferas são possíveis plantas-mãe dessa espécie.

VII. CORRELAÇÃO

A partir das identificações feitas acima, pode-se fazer uma comparação entre a associação de sementes do Afloramento Cocuruto e as encontradas em outras localidades e/ou afloramentos do Permiano Inferior da Bacia do Paraná. A Tabela 1 mostra a ocorrência dos gêneros e espécies assinalados aqui e sua distribuição nos demais afloramentos da bacia. Note que o arranjo, da esquerda para direita, dos afloramentos e/ou localidades segue um ordenamento estratigráfico, do mais antigo para o mais jovem, seguindo as propostas feitas por Souza (2013).

Tabela 1. Distribuição estratigráfica das morfoespécies de sementes fósseis da Bacia do Paraná, Brasil. Localidades/Afloramentos/Horizontes fossilíferos (em ordem estratigráfica): **COC = Cocuruto, RS; MPA I = Afloramento Morro do Papaléo, RS (inclui apenas a base do afloramento: Seção Faxinal, e o Cerro Negro); CER = Cerquilho, SP (Toca do Índio - Fazenda Itapema); FIG = Figueira, PR; FAX = Mina do Faxinal, RS; MPA II = Afloramento Morro do Papaléo, RS (inclui apenas o topo do afloramento); IRP = Camada Irapuá, SC (afloramentos Bainha, São Marcos, Bairro 20, Hospital); CBB = Carvão Barro Branco, Lauro Müller, SC.**

Morfoespécies	Permiano Inferior								Referências
	Grupo Itararé			Formação Rio Bonito					
	COC	MPA I	CER	FIG	FAX	MPA II	IRP	CBB	
<i>Cordaicarpus brasilianus</i>									Bernardes-de-Oliveira et al. (2007)
<i>Cordaicarpus aff. C. brasilianus</i>									Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009
<i>Cordaicarpus cerronegrensii</i>									Marques-de-Souza & Iannuzzi 2009
<i>Cordaicarpus irapuensis</i>									Bernardes-de-Oliveira (1977)
<i>Cordaicarpus oliveiranus</i>									White (1908)
<i>Cordaicarpus rocha-camposii</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 cambiense</i>									Mune & Bernardes-de-Oliveira (2007); Iannuzzi (2010)

<i>Platycardia sp.</i>								Guerra-Sommer (1988)
<i>Samaropsis baihensis</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 cricumensis</i>								Millan (1967) ; Bernardes-de-Oliveira (1977)
<i>Samaropsis dolianitii</i>								Millan (1977); Bernardes-de-Oliveira et al. (2007)
<i>Samaropsis gigas</i>								Marques-de-Souza & Iannuzzi 2007
<i>Samaropsis goraiensis</i>								Bernardes-de-Oliveira et al. (2007)
<i>Samaropsis kurtzii</i>								Marques-de-Souza & Iannuzzi 2007
<i>Samaropsis medesii</i>								Rigby (1978)
<i>Samaropsis millaniana</i>								Bernardes-de-Oliveira (1977)
<i>Samaropsis aff. S. millaniana</i>								Marques-de-Souza & Iannuzzi (2007)
<i>Samaropsis millerii</i>								Millan (1967)
<i>Samaropsis moreirana</i>								White (1908) Bernardes-de-Oliveira et al (2007)
<i>Samaropsis rigbyi</i>								Millan (1977); Nova ocorrência; Bernardes-de-Oliveira et al (2007)
<i>Samaropsis aff. S. rigbyi</i>								Marques-de-Souza & Iannuzzi (2007)
<i>Samaropsis rohnii</i>								Bernardes-de-Oliveira et al. (2007)
<i>Samaropsis rugata</i>								Bernardes-de-Oliveira et al. (2007)
<i>Samaropsis sancti-marci</i>								Bernardes-de-Oliveira (1977)

<i>Samaropsis seixasii</i>								White (1908); Souza & Iannuzzi (2013)
<i>Samaropsis sp.1</i>								Marques-de-Souza & Iannuzzi (2007)
<i>Samaropsis tasacunensis</i>								Souza & Iannuzzi (2013)
<i>Samaropsis tietensis</i>								Millan (1995) Bernardes-de-Oliveira et al (2007)
<i>Samaropsis thomasii</i>								Rigby (1972)
<i>Samaropsis yoshidae</i>								Rigby (1972)

Com base da distribuição das sementes apresentada na tabela acima, gerou-se uma matriz de dados e processou uma análise de agrupamento usando para isso o *Past*, um programa de análises estatísticas *free*, amplamente utilizado na Paleontologia (ver Item III. Material e Métodos). O resultado da análise pode ser visto na Figura 9, o qual usou o *Índice de Jacard*, considerado um dos mais adequados à Paleontologia, pois não necessita de uma base mais robusta de dados para fornecer resultados satisfatórios, uma vez que valoriza bastante as presenças no estabelecimento dos graus de similaridade. Como se pode verificar, a nossa associação apresentou uma maior similaridade com a associação de Cerquilho, do topo do Grupo Itararé, em São Paulo, devido à presença de: *Cordaicarpus brasilianus*, *C. cerronegrensis*, *Samaropsis kurtzii* e *S. moreirana*. Esse resultado indica que a associação estudada deveria corresponder ao intervalo Asseliano-Sakmariano, conforme as idades relativas admitidas para a associação de Cerquilho (Bernardes-de-Oliveira et al. 2016). Uma análise mais detalhada indica que as espécies *Cordaicarpus cerronegrensis* e *Samaropsis kurtzii* poderiam ser consideradas como fósseis-guia para os estratos mais basais do Permiano Inferior da Bacia do Paraná, já que tem, ao que parece, uma amplitude estratigráfica limitada ao intervalo Asseliano-Sakmariano. Estendendo a comparação para associações encontradas nas bacias circunvizinhas, a espécie *Samaropsis kurtzii*, registrada com relativa abundância aqui, é também assinalada para a Formação Bajo de Véliz (Archangelsky, 2000), da Bacia de Paganzo, no noroeste da Argentina. Esta unidade é considerada como sendo de idade Asseliana-Sakmariana, com base na fitoestratigrafia (corresponde à Biozona *Gangamopteris inferior* – Archangelsky 2000), semelhante ao intervalo determinado na

Bacia do Paraná. Neste sentido, percebe-se que algumas sementes, tal como *S. kurtzii*, podem vir a ser bastante úteis na Bioestratigrafia, auxiliando no estabelecimento de correlações de estratos não só em nível da bacia, mas bem como entre bacias. Isto indica que tais espécies poderão ser consideradas como bons fósseis-guias em trabalhos que versam sobre correlações estratigráficas em bacias do Gondwana ocidental.

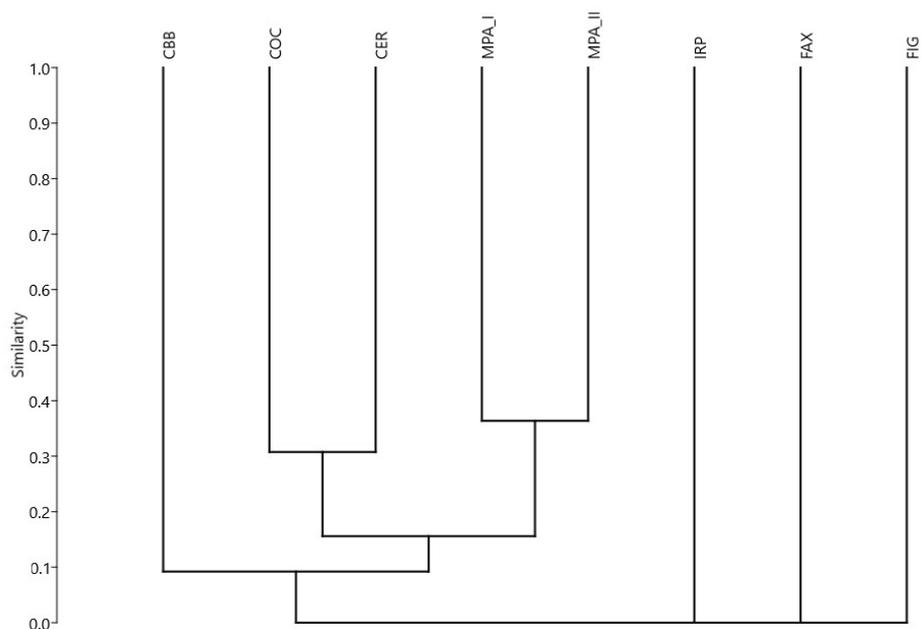


Figura 9. Análise de cluster feita a partir dos dados apresentados na Tabela 1. Essa análise mostra uma maior similaridade entre a associação de sementes do Cocuruto (COC) e de Cerquilho (CER). Legenda: ver **Tabela 1**.

VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo se identificou:

- Seis sementes em nível de espécie e mais três em nível de gênero;
- Anemocoria, barocoria e hidrocoria como síndromes de dispersão mais comuns, porém não se descartou a possibilidade de algumas espécies sofrerem dispersão por zoocoria por conta de estruturas auxiliares, fortes estriações nas sementes ou pelas localidades que foram encontradas;
- Cordaitales, glossopterídeas, coníferas e Ginkgophyta como as possíveis plantas-mãe das sementes analisadas.

O estudo das sementes é vital para o entendimento dos hábitos de vida de uma planta, a partir dessa análise é possível descobrir inúmeras relações e estratégias destes organismos para sua sobrevivência. Este estudo focou na identificação e análise das síndromes de dispersão de cada espécie e a partir da literatura consultada foi possível comparar dados e somar conhecimento ao Projeto “A SUCESSÃO MEGAFLORÍSTICA NEOCARBONÍFERA-EOPERMIANA DA BACIA DO PARANÁ E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS” (CNPQ 430096/2016-0). É muito importante que a Paleobotânica foque mais em estudos voltados para sementes. Esse trabalho foi realizado para que mais informações sobre estas estruturas fossem registradas, como também para que incentive mais estudos na área.

IX. AGRADECIMENTOS

Ao professor Roberto Iannuzzi por transmitir sua paixão pela Paleobotânica, por me orientar, pela paciência, pelo incentivo, pelos conselhos e, principalmente, pelo conhecimento passado ao em aulas e no laboratório.

Às doutoras Daiana R. Boardmann e Esther R. P. Souza por terem aceitado fazer parte da banca de acompanhamento.

Aos colegas do Laboratório de Paleobotânica da UFRGS: Domingas, Fernanda, Giuliano, Mário, Thamiris, William e Willian, pela ajuda e hospitalidade.

À minha família: Maria Elisa, Ruana, Stephanie e Mateus, pelo carinho, apoio, ombro amigo, incentivo e por tudo que fizeram por mim ao longo dessa jornada.

Aos meus melhores amigos: Douglas, Letícia, Thiago e Leonardo, pelo companheirismo, pela amizade, pelos fins de semana e pelas jogatinas para aliviar a tensão do meio acadêmico.

A todos e todas que fizeram parte desses cinco anos do Curso de Biologia e que me ajudaram, fizeram rir e sofreram junto em momentos difíceis. Muito obrigado a todos!!!

X. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMI-RODRIGUES, K., IANNUZZI, R., PINTO, I.D. 2004. Permian plant-insect interactions from a Gondwana flora of southern Brazil. *Fossils and Strata*, 51: 106-126.
- 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.
- ARCHANGELSKY, A. 2000. Estudio sobre semillas neopaleozoicas de Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 64: 79-115.
- ARCHANGELSKY, S. & CÚNEO, R. 1987. Ferugliocladaceae, a new conifer family from the Permian of Gondwana. *Rev. Paleobot. Palynol.*, 51:3-30.
- BATEMAN, E.M. 1991. Palaeoecology. In: CLEAL, C.J. (ed.) *Plant fossils in geological investigation. The Palaeozoic*. London: Ellis Horwood Limited, p. 34–116.
- BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C. Tafoflora 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. Tafoflora 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.; RICARDI-BRANCO, F.; RÖSLER, O. As estruturas reprodutivas de Glossopterídeas na sucessão das tafofloras 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.

- BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C., KAVALI, P.S., MUNE, S.E., SHIVANNA, M., SOUZA, P.A., IANNUZZI, R., JASPER, A., HOELZEL, A., BOARDMAN, D.R., ROHN, R. & RICARDI-BRANCO, F. 2016. Pennsylvanian – Early Cisuralian interglacial macrofloristic succession in Paraná Basin of the State of São Paulo. *Journal of South American Earth Sciences*, 72: 351-374
- CHALONER, W. G. & SHERIN, A. 1981. 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.
- COOMES, D.A.; GRUBB, P.J. 2003. Colonization, tolerance, competition and seed-size variation within functional groups. *Trends Ecol. Evol.*, 8(6): 283–291.
- FERUGLIO, E. 1951. Su alcune piante del Gondwana inferiore della Patagonia. *Publicazioni della Università di Torino*. Torino, 1:1-34.
- 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.
- 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)
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., and P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- HARPER J.L.; LOVELL P.H.; MOORE, K.G. 1970. The shapes, and sizes of seeds. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 1: 327–356.
- HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. 1982. Ecology of Seed Dispersal. *Ann Rev. Ecol. Syst.* 13: 201 – 228.

- HUGHES, L.; DUNLOP, M.; FRENCH, K.; LEISHMAN, M.R.; RICE B.; RODGERSON L.; WESTOBY, M. 1994. Predicting dispersal spectra: a minimal set of hypotheses based on plant attributes. *J. Ecol.*, 82: 933–950.
- IANNUZZI, R., SCHERER, C. M. S., SOUZA, Paulo Alves de, HOLZ, Michael, CARAVACA, Gerson, ADAMI-RODRIGUES, Karen, TYBUSCH, Graciela Pereira, SOUZA, Juliane Marques de, SMANIOTTO, Larissa P, FISCHER, Thiago V, Silveira, A.S., Lykawka, Ricardo, BOARDMAN, Daiana Rockenbach, Barboza, E.G.. 2006. Afloramento Morro do Papaléo, Mariana Pimentel, RS. Registro ímpar da sucessão pós-glacial do Paleozóico da Bacia do Paraná In Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Volume II, edited by Manfredo Winge, Antônio Carlos S. Fernandes, Carlos Schobbenhaus, Célia Regina de Gouveia Souza, Diógenes de Almeida Campos, Emanuel Teixeira de Queiroz, Mylène Berbert-Born. Vol. II, 1-13.
- LEGUIZAMÓN, R.R. 1971. Paleophytologia Kurtziana III. 6. Revision de las semillas platispermicas de Bajo de Los Velez (San Luis), ilustradas en el “Atlas de Plantas Fosiles de La Republica Argentina”, (F.Kurtz, 1921). *Ameghiniana*, 8 (3-4):259-264.
- LEGUIZAMÓN, R.R. 1972. Estudio paleobotnaico de la Formacion Tasa Cuna, Permico Inferior de la Provincia de Cordoba. *Ameghiniana*, (9) 4:305 -342.
- LEISHMAN, M.R.; WHIGHT, I.J.; MOLES, A.T.; WESTOBY, M. 2000. The evolutionary ecology of seed size. In: FENNER, M. (Ed), *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*, 2nd ed., Wallingford, UK: CABI Publishing, p. 31–57.
- LORTS, C.M.; BRIGGERMAN, T.; SANG, T. 2008. Evolution of fruits types and seed dispersal: a phylogenetic and ecological snapshot. *J. Syst. Evol.*, 46(3): 396–404.
- MARQUES-DE-SOUZA. Análise taxonômica, estratigráfica e ecológica de sementes e estruturas reprodutivas do Permiano inferior da bacia do Paraná. Porto Alegre, 2013 (Tese de doutorado, Instituto de Geociências, UFRGS).
- MARTIN, RE. 1999. Taphonomy: a process approach. Cambridge Paleobiology Series, v.4. Cambridge University Press, 524 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. 1974. As sementes platispérmicas do Gondwana face ao Esquema Maithy. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 46 (3/4):538-547.
- MILLAN, J.H. 1977b. Sementes platispérmicas do eogondwana de Cerquilha, São Paulo, (Bacia do Paraná). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 49 (4):581-595.
- MILLAN, J.H. 1980. Sobre uma possível utilização estratigráfica de sementes gondvânicas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 52(2):353-358.
- MILLAN, J.H. 1994. O esquema de identificação e classificação das sementes gondvânicas: reatualização e análise crítica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 66(4): 475-488.
- MILLAN, J. H. 1995. Novas ocorrências de sementes platispérmicas em taflobras associadas a camadas carbonosas do Grupo Tubarão, eogondwana da Bacia do Paraná, no Estado de São Paulo. *Anais da Acadêmias Brasileira de Ciências*, 67 (1):117-128.
- MOLES, A.T., ACKERLY, D.D., WEBB, C.O., TWEDDLE, J.C., DICKIE, J.B., PITMAN, A.J. & WESTOBY, M. 2005b. Factors that shape seed mass evolution. *PNAS*, 102(30):10540-10544.
- MUNE, S.E. & BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C. Revisão da taflobra interglacial neocarbonífera de Monte Mor, SP (Subgrupo Itararé, nordeste da Bacia do Paraná). *Revista Brasileira de Geociências*, 37 (3): 427-444, 2007.
- OLIVEIRA, M.E.C.B.; PONTES, C.E.S. 1976. Algumas observações sobre cordaitófitas da Formação Rio Bonito. Grupo Tubarão Bacia do Paraná Brasil. *In:*

- CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO, 1, 1976. *Actas*, Santiago do Chile, 3: L22–L81.
- PINHEIRO, E.R.S., IANNUZZI, R. & TYBUSCH, G.P. 2012. Specificity of leaf damage in the Permian “*Glossopteris* Flora”: A quantitative approach. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 174: 113-12
- 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.
- SEWARD, A.C. Fossil Plants. V.III. Cambridge Biology Series, London, 1917, 656 p.
- SIMS, H.J. 2012. The evolutionary diversification of seed size: using the past to understand the present. *Evolution*, 66 (5): 1636-1649.
- SOUZA J.M.; IANNUZZI R. 2007. Sementes do gênero *Samaropsis* Goeppert no Permiano Inferior da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. *Rev. Bras. Paleontol.*, **10**(2): 95–106.
- SOUZA J.M.; IANNUZZI, R. 2009. The genus *Cordaicarpus* Geinitz in the Lower Permian of the Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Rev. Bras. Paleontol.*, **12**: 5–16.
- TAYLOR, T.N.; TAYLOR, E.L. 1993. *The Biology and Evolution of Fossil Plants*. Nova Jersey, Prentice Hall, 982 p.
- TIFFNEY, B.H. 1984. Seed size, dispersal syndromes and the rise of the angiosperms: evidence and hypothesis. *Ann. Mo. Bot. Gard.*, 71: 551–576.
- TIFFNEY, B.H. 1986. Evolution of seed dispersal syndromes according to the fossil record. In: MURRAY DR (Ed.), *Seed dispersal*. San Diego: Academic Press, 322 p.

- TIFFNEY, B.H. 2004. Vertebrate dispersal of seed plants through time. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 35: 1–29.
- VAN DER PIJL, L. 1969. *Principles of dispersal in higher plants*. Springer-Verlag, New York, 153 p.
- 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.
- WILLSON, M. F. & TRAVESSET, A. 2000. The ecology of seed dispersal. In: FENNER, M. (ed.) *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. 2.ed. 85-110.