Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

**Presença de Pecopteris e Asterotheca no Afloramento Morro do Papaléo,
Município de Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul
(Formação Rio Bonito, Eopermiano da Bacia do Paraná)**

Carlos Eduardo Lucas Vieira, Roberto Iannuzzi

Pesquisas em Geociências, 27 (2): 49-64, set./dez., 2000.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/20190>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - set./dez., 2000.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Presença de *Pecopteris* e *Asterotheca* no Afloramento Morro do Papaléo, Município de Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul (Formação Rio Bonito, Eopermiano da Bacia do Paraná).

CARLOS EDUARDO LUCAS VIEIRA¹ & ROBERTO IANNUZZI²

¹Curso de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Caixa Postal 15001, CEP 91.509-900, Porto Alegre, RS, Brasil.

²Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa Postal 15001, CEP 91.501-970, Porto Alegre, RS, Brasil

(Recebido em 12/99. Aceito para publicação em 09/00)

Abstract - The site of Morro do Papaléo in Mariana Pimentel town is one of the best outcrops of Rio Grande do Sul State, southern Brazil, both in terms of diversity and abundance of fossils plants. The record of plants with frond-like foliage for Permian strata of the Rio Bonito Formation (Paraná Basin) in the Rio Grande do Sul State has been restricted to few specimens of the morphogenera *Eupecopteris* and *Sphenopteris*. Recent collectings in the uppermost part of Morro do Papaléo outcrop have revealed new kinds of pecopterids fronds, i.e. *Asterotheca* and *Pecopteris*, both inedita in the state. This work describe and classify these pecopterids fronds. The stratigraphic and paleoenvironmental implications resulting from record of these new taxa are briefly discussed.

Keywords - *Asterotheca*, *Pecopteris*, Early Permian, Rio Grande do Sul, Paraná Basin.

INTRODUÇÃO

As estruturas do tipo frondes, padrão nas samambaias atuais, foram produzidas tanto por Pteridophyta, quanto por Pteridospermales, no Neopaleozóico, e até mesmo por Cycadeoidales, no Eomesozóico, conforme atestam extensos registros fósseis para estas épocas. Por esta razão, o termo *pteridophylla* (pteridófila) foi criado para lidar com os morfôgêneros de frondes estéreis para as quais não se pode estabelecer com segurança quaisquer referências taxonômicas (Boureau & Doubinger, 1975).

O registro de pteridófitas e pteridófilas fósseis para o Neopaleozóico da Bacia do Paraná talvez seja ainda incipiente, face aos crescentes achados e trabalhos já publicados relativos a outros grupos vegetais. Até o presente momento, os gêneros mais comuns de pteridófilas descritas para a Bacia do Paraná são: *Pecopteris*, *Eupecopteris*, *Asterotheca*, *Dizeugotheca* e *Sphenopteris* (Read, 1941; Rösler, 1972, 1978; Bortoluzzi, 1975; Rigby, 1970; Bernades de Oliveira, 1977, 1980a,b; Cazzulo-Klepzig, 1978; Cazzulo-Klepzig & Correia, 1981; Rohn & Rösler, 1986; Guerra-Sommer & Cazzulo-

Klepzig, 1993; Oliveira, 1996; Rohn *et al.*, 1997a, b). No Rio Grande do Sul, o registro de pteridófilas fósseis restringe-se basicamente a duas espécies: *Eupecopteris meridionalis* Dolianiti (1957) e *Sphenopteris ischavonensis* (apud Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig, 1993).

Recentes coletas no afloramento Morro do Papaléo, Município de Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul (Eopermiano da Bacia do Paraná), revelaram novos taxa para esta localidade, a saber: *Glossopteris occidentalis*, ?*Ginkgoites* sp., *Brasilodendron pedroanum* e as formas aqui estudadas, *Pecopteris* e *Asterotheca*. *Pecopteris* é um morfôgênero de pteridófilas fósseis que classicamente tem sido designado para folhagens estéreis produzidas por Pteridophytas (Meyen, 1987), a despeito de que este padrão pecopterídeo de folhagem também ocorra em pelo menos uma espécie de Pteridospermales (Taylor & Taylor, 1993). Já *Asterotheca*, por ser uma folhagem pecopterídea fértil, é aceita como tendo sido produzida somente por Pteridophytas da ordem Marattiales. O gênero *Asterotheca* é inédito para o Rio Grande do Sul e junto com o morfôgênero *Pecopteris*, configuram-se

num dos mais antigos registros deste tipo de folhagem para o Permiano da Bacia do Paraná. Este trabalho descreve e classifica estas frondes fósseis, além de discutir brevemente as implicações bioestratigráficas, paleogeográficas e paleoclimáticas resultantes de seu registro.

MATERIAL E MÉTODOS

O material foi coletado nos estratos siltico-arenosos mais superiores do afloramento Morro do Papaléo, no município de Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul (Figs. 1 e 2). Os espécimes encontram-se fossilizados na forma de impressões em delgadas camadas de siltitos argilosos de cor marrom chocolate, muito frágeis e quebradiços ao manuseio.

Em laboratório, separaram-se as amostras de dimensões reduzidas e que eram muito friáveis, daquelas que se apresentavam adequadas para o manuseio direto. Para as amostras que poderiam quebrar ou desfolhar facilmente (geralmente as que possuíam espessura menor que 0,5 cm) foram feitos suportes de papelão nos quais elas foram fixadas diretamente com o auxílio de cola branca líquida. As amostras que possuíam espessura maior que 0,5 cm foram colocadas em recipientes com gesso. A razão do emprego de dois métodos diferentes de acondicionamento das amostras deve-se ao fato de que nem todas poderiam ser fixadas sobre o gesso, pois a umidade poderia percolar através da matriz das amostras danificando os espécimes. A colocação do material em bases de gesso foi o procedimento preferido, pois apresenta maior resistência e durabilidade. No entanto, para uma das amostras acomodada em suporte de gesso, optou-se pela aplicação de verniz na face de contato da amostra com o gesso, impermeabilizando assim o material, a fim de evitar que a umidade do gesso danificasse o espécime. Este método apresentou resultados satisfatórios. Por fim, as amostras friáveis que apresentavam espécimes em ambas as faces de sua superfície foram conservadas no seu estado natural.

Para o estudo do material, empregaram-se recursos como lupa binocular (com aumento de até 500x), câmara-clara para realizar os desenhos dos espécimes e fotografias de detalhes ou do aspecto geral do material, obtidas com uma máquina fotográfica Leica.

Foram descritos 52 espécimes, contidos em 48 amostras, verificando-se a existência de 2 morfo-

gêneros distintos e 4 morfo-espécies. Destes 52 espécimes descritos foram feitas 39 fotografias, das quais 27 relativas a aspectos gerais e 11 de detalhes específicos. Todos os espécimes encontram-se depositados no Museu de Paleontologia do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob a sigla MP-Pb.

Os parâmetros empregados na descrição do material foram adaptados de Rohn & Rösler (1986), a saber: forma e dimensões da fronde e de sua ráquis principal, a densidade de pinas por centímetro, o padrão de inserção das pinas na ráquis principal (ângulos e distâncias), a forma e dimensões das pinas, a densidade de pínulas por centímetro, o padrão de inserção das pínulas na ráquis da pina (ângulos e distâncias), a forma e dimensões das pínulas, o padrão de nervação das pínulas, a densidade de nervuras por milímetro, a forma e dimensões das estruturas reprodutivas, bem como a relação entre alguns destes parâmetros (Tab. 1).

CONTEXTO PALEOAMBIENTAL E ESTRATIGRÁFICO DO AFLORAMENTO MORRO DO PAPALÉO

Conforme Cazzulo-Klepzig *et al.* (1980) a atual base do afloramento Morro do Papaléo (Fig. 2) apresenta aproximadamente 3 m de seqüências siltico-arenosas, esbranquiçadas, com estratificação tabular delgada, podendo ser também maciças ou apresentar estruturas internas como marcas onduladas ou laminação plano-paralela. Estas seqüências são consideradas como de ambiente lacustre de águas rasas. Equisetales (*Phyllothea indica* Brongniart e *Paracalamites australis* Rigby) são os macrofósseis vegetais mais abundantes nos níveis basais do Morro do Papaléo. Ocorrem também nestes níveis: *Glossopteris indica* Schimper, *Gangamopteris obovata* (Carr.) White, *G. angustifolia* McCoy, *G. buriadica* Feistmantel, *Noeggerathiopsis hislopi* (Bumb.) Feistmantel, *Samaropsis seixasi* (White) Seward, *Cornucarpus patagonicus* (Ferra.) Correa da Silva & Arrondo, *Buriadia heterophylla* (Feist.) Seward & Sahni, *Ginkgophyllum cricumenses* (Rigby) Archangelsky & Arrondo, cf. *Nephropsis* sp (in Cazzulo-Klepzig *et al.*, 1980), *Cordaites hislopi*. No topo deste pacote existe uma camada de 0,5 m de pelitos carbonosos.

Logo acima dos pelitos carbonosos ocorre uma fina camada (0,25 m) de conglomerados, cuja

Figura 1 - Mapas de localização: a) município de Mariana Pimentel no estado do Rio Grande do Sul; b) afloramento Morro do Papaléo na área do município de Mariana Pimentel (coordenadas em UTM). Mapas elaborados pelo Centro de Recursos Idrisi - Depto. de Ecologia/Instituto de Biociências - UFRGS.

BIOFACIES: A - Impressões de folhas de *Glossopteris indica*, *Gangamopteris* spp., *Cordaites hislopi*, *Phyllothea indica*; de caules de *Paracalamites* sp.; de ramos de coníferas (*Buriadia*?); de sementes.

B - Paleossolos de pouca espessura.

C - Fragmentos de vegetais lenhosos carbonificados e de licófitas.

D - Impressões de folhas de *Glossopteris communis*, *G. occidentalis*, *Gangamopteris obovata*, *Cordaites hislopi*, *Pecopteris* sp., *Asterotheca* sp.; de caules de *Brasilodendron pedroanum*; de sementes.

Figura 2 - Perfil colunar do afloramento Morro do Papaléo. Notar o nível de coleta do material estudado junto ao topo do afloramento (seta).

Tabela 1 - Valores medidos e calculados para os espécimes aqui estudados, conforme parâmetros empregados por Rohn & Rösler (1986).

Parâmetros		<i>Asterotheca</i> sp. I	? <i>Asterotheca</i> sp.	<i>Pecopteris</i> sp. I	<i>Pecopteris</i> sp. II
Frondes	LF (mm)	não preservado	81,2 a 131	$83 \leq x \leq 120$	não preservado
	FMC (mm)	não preservado	70	77	não preservado
	LRF (mm)	não preservado	6 a 8	6 a 8	não preservado
	AP (Grad)	não preservado	44° a 54°	40° a 60°	não preservado
	P / cm	não preservado	0,7 a 1	1	não preservado
Pinas	LP (mm)	$4,7 \leq x \leq 11$ X = 7,5 d = 2,7	$4,4 \leq x \leq 12,7$ X = 12 d = 0,9	$3,0 \leq x \leq 11$ X = 9 d = 1,2	$12 \leq x \leq 14$ X = 13,9 d = 3,3
	PMC (mm)	33	61	50	43,7
	LRP (mm)	$0,4 \leq x \leq 0,9$ X = 0,5 d = 0,15	$0,8 \leq x \leq 1,6$ X = 1,0 d = 0,21	$0,4 \leq x \leq 1,0$ X = 0,7 d = 0,26	$0,3 \leq x \leq 1,7$ X = 1,00 d = 0,5
	API (Grad)	$50^\circ \leq x \leq 80^\circ$ X = 65° d = 10,17	$35 \leq x \leq 100$ X = 83 d = 9,83	$35 \leq x \leq 100$ X = 85 d = 8,8	$46 \leq x \leq 97$ X = 69,9 d = 13,5
	AA (Grad)	43°	$30 \leq x \leq 50$ X = 43 d = 11,3	$31 \leq x \leq 52$ X = 45 d = 10,4	não preservado
	PI / cm	4 a 5	6	6	3 a 4
Pínulas	LPI (mm)	$1,9 \leq x \leq 2,75$ X = 2,2 d = 0,23	$1,8 \leq x \leq 2,6$ X = 2,1 d = 0,31	$1,8 \leq x \leq 2,5$ X = 2,1 d = 0,33	$2,7 \leq x \leq 3,7$ X = 3,10 d = 0,27
	CPI (mm)	$3,5 \leq x \leq 5,8$ X = 4,95 d = 0,65	$2,9 \leq x \leq 4,9$ X = 4,1 d = 0,87	$3,0 \leq x \leq 5,2$ X = 4,1 d = 0,91	$4,0 \leq x \leq 8,3$ X = 7,6 d = 1,4
	CPI / LPI	1,8 a 2,1	1,85 a 2,1	1,8 a 2,0	2,5
Venação	ANs (Grad)	$21 \leq x \leq 60$ X = 38 d = 9,1	não preservado	não preservado	não preservado
	NNs	$10 \leq x \leq 12$	não preservado	não preservado	não preservado
	Ns / mm	1	não preservado	não preservado	não preservado

LF = largura da fronde, FMC = fronde de maior comprimento, LRF = largura da ráquis da fronde, AP = ângulo de inserção das pinas, P/cm = densidade de pinas por centímetro, LP = largura da pina, PMC = pina de maior comprimento, LRP = largura da ráquis da pina, API = ângulo de inserção das pínulas, AA = ângulo do ápice das pinas, PI/cm = densidade de pínulas por centímetro, LPI = largura das pínulas, CPI = comprimento das pínulas, CPI/LPI = razão comprimento/largura das pínulas, ANs = ângulo das nervuras secundárias, NNs = número de nervuras secundárias, Ns/mm = densidade de nervuras secundárias por milímetro.

superfície de contato com a precedente apresenta marcas onduladas. Justapostos a estes conglomerados existe um pacote com aproximadamente 5,5 m de corpos lenticulares formados por arenitos grossos a médios, conglomerático na base (gradação normal) e que secundariamente apresentam estratificação cruzada de baixo ângulo e intraclastos pelíticos junto à base. Às vezes, delimitadas entre as grandes lentes de arenito, encontram-se finas camadas de siltito argiloso. Este pacote é interpretado por Burjack *et al.* (1982) como depósitos de barra formados em ambiente fluvial (Fig. 2).

Por fim, acima de todas estas camadas, ocorre um pacote de silte com aproximadamente 2

m, apresentando internamente laminação plano-paralela e camadas bastante delgadas, sendo que as mais finas ocorrem na interface argila-silte. O ambiente deposicional gerador destes sedimentos provavelmente era o de planícies de inundação dentro de um sistema fluvial (Fig. 2).

Estas últimas camadas correspondem aos níveis onde o material para o presente estudo foi coletado. Além de *Asterotheca* e *Pecopteris*, aqui estudados, foram encontrados os seguintes taxa nestes níveis: *Glossopteris communis*, *G. occidentalis*, ?*Ginkgoites* sp., *Cordaites hislopi* e *Brasilodendron pedroanum*.

Por seu conteúdo fossilífero, que além de macrofósseis vegetais inclui também palinóforos,

o afloramento Morro do Papaléo foi datado como sendo de idade Sakmariiano-Artinskiano e, por suas feições estratigráficas, foi considerado como uma localidade-tipo da Formação Rio Bonito no Rio Grande do Sul (Cazzulo-Klepzig *et al.*, 1980). Em termos fitoestratigráficos, os estratos do afloramento do Morro do Papaléo correspondem aos da biozona *Botrychiopsis plantiana* Subzona *Phyllothea indica* (Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig, 1993).

DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL

Divisão: Pteridophyta

Ordem: Marattiales

Família: Asterothecaceae

Gênero: *Asterotheca* Presl, in Corda, 1845

Espécie-tipo: *Asterotheca sternbergii* (Goeppert) Presl, in Corda, 1845.

Asterotheca sp. (Fig. 3 e Fig. 4a, b, c)

Espécime MP-Pb 3601

Descrição

Pinas - Fragmento de pina fértil, lanceolada, com ápice pinatífido formando um ângulo de aproximadamente 43°. A pina apresenta um comprimento de 33 mm e largura máxima de 10,5 mm. A ráquis da pina apresenta cerca de 1 mm de largura. As pínulas estão inseridas alternadamente na ráquis da pina, em ângulos entre 50° e 80°, numa densidade de 4 pínulas por centímetro na base da pina e 5 no ápice.

Pínulas - As pínulas apresentam forma oblonga, de margens inteiras, lisas e livres em toda a sua extensão. As pínulas encontram-se inseridas muito próximas umas das outras, com margens paralelas entre si e ligeiramente voltadas para cima. O ápice é obtuso e a base está totalmente fundida à ráquis da pina. Em geral, as pínulas possuem comprimentos entre 3,5 e 5,1 mm, mais freqüentemente 4 mm. A largura média é de aproximadamente 2,2 mm, mas varia entre 1,9 e 2,75 mm. A razão entre o comprimento e a largura das pínulas é de aproximadamente 1,85.

Venação - Nervura mediana bastante evidente, reta ou levemente decorrente na base, bifurcando-se bem próxima ao ápice da pínula. Entre 5 e 6 nervuras secundárias partem alternadamente de cada lado da nervura mediana, quase paralelas entre si, formando ângulos médios de 38° e dicotomizando-se junto ou muito próximo à nervura mediana (sempre no primeiro quarto do comprimento das nervuras se-

cundárias), exceto próximo ao ápice das pínulas, onde as nervuras secundárias não se dicotomizam. A aproximadamente um terço do seu comprimento, as nervuras secundárias sofrem uma inflexão e dirigem-se à margem das pínulas, alcançando-as em ângulo quase reto. A densidade de nervuras secundárias é de aproximadamente uma por milímetro.

Estruturas reprodutivas - Ocorrem entre 5 a 7 sinângios de cada lado da nervura mediana, dispostos em filas paralelas a ela. Os sinângios apresentam-se como depressões irregulares na superfície da pínula ou como saliências irregulares. Cada sinângio comporta de 4 a 5 esporângios (mais comumente 4), de aspecto fusiforme, aparentemente orientados perpendicularmente à superfície da folha e com as extremidades basais deles fusionadas entre si; os sinângios apresentam o aspecto de rosetas quando conservados na posição original (comprimidos no sentido base-topo) ou sem forma definida quando dispostos sobre o limbo das pínulas (comprimidos lateralmente). O diâmetro dos sinângios é muito reduzido, alcançando no máximo 1 mm. Os esporângios possuem aproximadamente 0,4 mm de comprimento e sua largura é geralmente a metade do comprimento.

Discussão

Trata-se de uma forma representada por somente um fragmento da porção terminal de uma pina. A característica mais distintiva desta forma é que suas nervuras secundárias bifurcam-se apenas uma só vez e sempre junto à nervura mediana ou muito próximo a ela. Pode-se constatar a existência de dois tipos distintos de pínulas ao longo da pina: um de pínulas em diferenciação e ainda pinatífidos (no ápice da pina) e outro de pínulas já individualizadas das outras (na base).

Com relação às espécies de *Asterotheca* já descritas para a Bacia do Paraná, nossos exemplares apresentam similaridades com *A. cambuhyensis* e *A. derby* (Rösler, 1972), mas nenhuma das duas apresenta o padrão de bifurcação das nervuras secundárias junto à nervura mediana, típico de nossos exemplares.

Analisando-se as espécies de *Asterotheca* já descritas para a Argentina, há uma similaridade muito grande com a descrição feita para *Asterotheca pnatnitzkyi* Frenguelli por Archangelsky & de La Sota (1960). No entanto, as margens basais das pínulas contíguas não são fusionadas nas formas aqui estudadas e o padrão de venação típico descrito aqui não está presente naquela. Há grandes similaridades

a)

Figura 3 - *Asterotheca* sp. 1. Espécime MP-Pb 3601: a) vista geral. Escala = 10 mm; b) detalhe de pínula com um sinângio parcialmente preservado, observar as áreas de inserção dos demais sinângios não preservados sobre a venação secundária. Escala = 5 mm.

b)

Figura 4 - *Asterotheca* sp. I. Espécime MP-Pb 3601: a) vista geral (escala em milímetros); b) e c) detalhe de pínulas com sinângios parcialmente preservados (setas) (escala em milímetros). ?*Asterotheca* sp. Espécime MP-Pb 3592: d) vista geral de frente (escala em milímetros).

Figura 5 - ?*Asterotheca* sp. Espécime MP-Pb 3592: a) vista geral, notar a uniformidade no formato pinular e a proximidade das pínulas. Escala = 10 mm.; Espécime MP-Pb 3600a: b) detalhe de quatro pínulas, notar as fileiras de sinângios pobremente preservados e a inserção pinular sobre uma das faces da ráquis, sobrepondo-a parcialmente. Escala = 5 mm.

com o exemplar de *Pecopteris* sp., inicialmente descrito por Frenguelli (1953) para o Eopermiano de Chubut e posteriormente combinado em *Pecopteris* (*Asterotheca*) *frenguelli* por Archangelsky & de La Sota (1960), quanto à quantidade de nervuras secundárias por pínulas e dimensões das pínulas. Mas também neste caso o padrão de venação típico de uma única dicotomia das nervuras secundárias sempre muito próximo à veia média não está presente. Os exemplares de *Asterotheca* descritos aqui também apresentam semelhanças com *Pecopteris* sp. II descrita por Archangelsky & de La Sota (1960) quanto às características vegetativas. Porém nosso espécime não demonstrou nervuras medianas bastante decorrentes e os ramos resultantes das bifurcações das nervuras secundárias não formam concavidades voltadas para si. Além disto, estas bifurcações em *Pecopteris* sp. II não ocorrem muito próximas à nervura mediana como no caso dos exemplares aqui estudados.

Sendo assim, a forma abordada, ao que parece, não corresponde a nenhuma espécie de *Asterotheca* já descrita para o Neopaleozóico da América do Sul e é possível que corresponda a uma nova espécie. Entretanto, tendo em vista que um único exemplar foi analisado, cujo estado de preservação é fragmentário e apenas razoável, optou-se pela manutenção de uma designação ao nível genérico.

?*Asterotheca* sp. (Fig. 4d. e Fig. 5)

Espécimes MP-Pb 3587, MP-Pb 3588, MP-Pb 3589, MP-Pb 3590, MP-Pb 3591, MP-Pb 3592, MP-Pb 3593, MP-Pb 3594, MP-Pb 3595, MP-Pb 3596, MP-Pb 3596, MP-Pb 3597, MP-Pb 3598; MP-Pb 3599a, MP-Pb 3600a; MP-Pb 3624, MP-Pb 3625, MP-Pb 3626; MP-Pb 3631; MP-Pb 3633.

Descrição

Frondes - Fragmentos incompletos de frondes e pinas férteis, bipinadas, cujos ápices e bases são desconhecidos. Frondes com comprimento máximo de 93 mm, largura entre 81,2 a 131 mm e diâmetro da ráquis principal entre 6 e 8 mm. As pinas são retas e paralelas umas às outras, inserem-se alternas a subopostamente na ráquis principal, formando ângulos entre 40° e 60°, sendo 47° na média, muito próximas entre si, sobrepondo-se levemente na base e separando-se um pouco no ápice; densidade de 0,7 a 1,0 pina por centímetro. As pinas estão inseridas numa mesma face da ráquis principal, de forma que esta última encontra-se parcial-

mente coberta pelas pínulas mais basais das pinas.

Pinas - Pinas apresentando notável uniformidade na largura, com as margens laterais preservando-se paralelas até quase o ápice, que é levemente acuminado e pinatífido. A largura média das pinas é de aproximadamente 12,7 mm e o comprimento máximo obtido foi de 61 mm. Sua ráquis possui um diâmetro médio de 1,6 mm na base da pina e 0,8 mm no ápice. Ocorrem cerca de 3 pínulas por centímetro na base da pina e 5 no ápice, sempre sem espaço entre elas. As pínulas estão dispostas alternadamente a subopostamente na ráquis da pina, em ângulos muito próximos a 90° e bastante contíguas umas às outras.

Pínulas - As pínulas são digitiformes, estando inseridas à ráquis da pina por toda a extensão de suas bases, possuindo margens inteiras, retas e paralelas entre si até quase a extremidade distal, onde se arredondam formando um ápice oblongo. A largura e comprimento máximos das pínulas é 2,7 mm e de 5 mm respectivamente, perfazendo em média uma razão comprimento/largura de 1,85.

Venação - Distingue-se apenas uma veia média reta, indivisa até o ápice e muito levemente decorrente na base.

Estruturas Reprodutivas - Observam-se algumas estruturas circulares, em número de 5 a 8 de cada lado da veia média, sendo 4 a 5 a quantidade mais frequente, dispostas em filas paralelas, que se assemelham por vezes a sinângios em forma de roseta.

Discussão

Esta forma está representada tanto por frondes quanto por pinas férteis. Todas as pínulas dos espécimes analisados apresentam estruturas reprodutivas em sua superfície, de modo que fica impossibilitada a visualização de certos caracteres diagnósticos, tais como a venação secundária. Por falta de mais caracteres diagnósticos, comparações mais efetivas desta forma com aquelas descritas na literatura ficam comprometidas. No entanto, cabe salientar que uma das características mais conspícuas de ?*Asterotheca* sp. é a manutenção do paralelismo entre as margens de uma pina até quase o ápice e a acentuada proximidade entre pinas e pínulas vizinhas.

Pelas características vegetativas presentes, os espécimes de ?*Asterotheca* sp. descritos aqui são idênticos às formas descritas a seguir como *Pecopteris* sp. I. Por isso é provável que estes se tratem de espécimes férteis de *Pecopteris* sp. I.

Grupo Pteridophylla ("incertae sedis")

Morfo-gênero: *Pecopteris* (Brongniart, 1822) Sternberg, 1825.

Espécie-tipo: *Pecopteris pennaeformis* Brongniart, 1822.

Pecopteris sp. I (Fig. 6a e Fig. 7a)

Espécimes MP-Pb 3599d; MP-Pb 3602, MP-Pb 3603, MP-Pb 3604, MP-Pb 3605, MP-Pb 3606, MP-Pb 3607, MP-Pb 3608, MP-Pb 3609, MP-Pb 3610, MP-Pb 3611, MP-Pb 3612, MP-Pb 3613, MP-Pb 3614, MP-Pb 3615, MP-Pb 3616, MP-Pb 3617, MP-Pb 3618, MP-Pb 3619, MP-Pb 3620, MP-Pb 3621, MP-Pb 3622, MP-Pb 3623; MP-Pb 3629, MP-Pb 3630c, MP-Pb 3632.

Descrição

Frondes - Fragmentos incompletos de frondes e pinas estéreis, bipinadas, cujos ápices e bases são desconhecidos. Frondes com comprimento máximo de até 94 mm, largura média de 77 mm e diâmetro da ráquis principal entre 6 e 8 mm. As pinas são retas e paralelas umas às outras, inserem-se alternas a subopostamente na ráquis principal, formando ângulos entre 42° e 65°, muito próximas entre si, sobrepondo-se levemente na base e separando-se um pouco no ápice, com densidade de aproximadamente 1,0 pina por centímetro. As pinas estão inseridas numa mesma face da ráquis principal, de forma que esta última se encontra parcialmente coberta pelas pínulas basais das pinas.

Pinas - Pinas oblongo-lanceoladas com notável uniformidade na largura, cujas margens se preservam paralelas até quase a porção terminal da pina. O ápice das pinas é levemente acuminado e pinatífido, apresentando ângulos entre 30° e 61°. A largura das pinas situa-se entre 7,5 e 12,7 mm e o seu comprimento máximo obtido foi de 47 mm. A ráquis possui um diâmetro médio de 1,0 mm. Ocorrem, de forma bastante contígua, cerca de 3 pínulas por centímetro na base da pina e 5 por centímetro no ápice. As pínulas estão dispostas alternadamente a subopostamente na ráquis da pina, em ângulos médios de 72°.

Pínulas - Pínulas oblongas, claramente digitiformes, com margens inteiras, livres até a base e paralelas entre si, ápice obtuso e bases totalmente fundidas à ráquis da pina. As pínulas apresentam algumas vezes uma curvatura das margens laterais do limbo, tornando-as convexas ou côncavas em relação às partes e contra-partes dos moldes. Possuem um comprimento entre 2 a 6 mm, com frequên-

cia de 4 mm. A largura média das pínulas é de 2 mm e a razão entre o comprimento e a largura delas varia de 1,8 a 2,2.

Venação - Apenas a nervura mediana está evidente, sendo que esta é reta, paralela às margens, indivisa e não apresenta decorrência. As nervuras secundárias são notadas mas encontram-se muito mal preservadas.

Discussão

A semelhança destas formas com os espécimes descritos aqui como *?Asterotheca* sp. sugere fortemente que as formas aqui analisadas podem corresponder a espécimes estéreis e mal preservados de *?Asterotheca* sp. Dos caracteres disponíveis, é possível assinalar uma semelhança bastante grande com a espécie *Pecopteris taguaiensis* descrita por Rohn & Rösler (1986). Entretanto, a escassez de detalhes e a má preservação destas formas, inviabilizam qualquer comparação mais efetiva com as espécies já descritas na literatura, permitindo somente assegurar o padrão pecopterídeo de suas formas.

Pecopteris sp. II (Fig. 6b e Fig. 7b, c, d)

Espécimes MP-Pb 3599b, MP-Pb 3627, MP-Pb 3628.

Descrição

Pinas - Em todos os fragmentos, o ápice e a base não se conservaram. As pinas apresentam pínulas paralelas entre si com ligeiras curvaturas apicais, dispostas alternadamente na ráquis da pina. O ângulo de inserção das pínulas na ráquis varia muito mas, no geral, este não é muito agudo. As pínulas ocorrem com uma densidade de 3 a 4 por centímetro. A ráquis da pina possui em média 1 mm de largura.

Pínulas - As pínulas apresentam-se com toda a base fusionada à ráquis da pina e o seu ápice arredondado. Suas margens são paralelas entre si, lobuladas nos primeiros dois terços e apicalmente retas. Próximo à base das pínulas, os lóbulos são maiores e mais expressivos, com destaque para os das bases catadrômicas. As lobulações são assimétricas entre uma e outra margem da pínula. As pínulas encontram-se na maioria das vezes arqueadas, com concavidade anadrômica e convexidade catadrômica. Nas pínulas mais distais, este arqueamento ocorre de forma mais sutil.

Venação - A nervura mediana é a única observável. Ela acompanha a curvatura das pínulas

sempre na porção média entre as duas margens, sem apresentar sinuosidades em sua extensão ou bifurcações próximo ao ápice.

Discussão

Esta forma está representada apenas por três fragmentos de pinas, sendo que frondes mais completas não foram ainda observadas. *Pecopteris* sp. II apresenta uma ligeira semelhança com *Pecopteris pedrasica* (Read, 1941; Cazzulo-Klepzig, 1978), mas esta última apresenta um padrão de lobulação simétrico entre as margens catadrômica e anadrômica, enquanto que a forma descrita aqui não o tem. *Pecopteris* sp. 3 descrita por Rohn & Rösler (1986) também é bastante semelhante à forma aqui estudada, mas nas gravuras correspondentes aos espécimes de *P.* sp. 3, pode-se notar que eles se apresentam com poucos lóbulos, restritos exclusivamente às porções basais das pínulas, diferentemente das formas aqui analisadas, que apresentam lóbulos por praticamente toda a extensão das pínulas.

As espécies de *Pecopteris* sp. figuradas por Leguizamón (1972) são bastante similares às formas tratadas aqui, mas aquele autor não fez qualquer descrição destes espécimes, impossibilitando maiores comparações. Este parece ser o caso também da espécie *Pecopteris* sp. que, em virtude do estado fragmentário do material, foi apenas citada e ilustrada por Cúneo (1990) para os estratos do Permiano Inferior da Formação Mojón de Hierro (Grupo Tepuel) em Arroyo Garrido. Ambas espécies são lobuladas e por isso lembram o material aqui analisado. Por fim, as formas descritas aqui assemelha-se um pouco com *Asterotheca fuchsii* Zeiller (in Townrow, 1957) quanto às características vegetativas, mas as pínulas daquela espécie, ao contrário das tratadas aqui, são pouco lobadas. Além disso, torna-se impossível uma comparação mais efetiva, tendo em vista o caráter fértil da espécie de Zeiller.

CONCLUSÕES

O encontro de espécimes atribuídos a *Pecopteris* e *Asterotheca* nos níveis mais superiores do afloramento Morro do Papaléo registra a primeira ocorrência de frondes férteis de Pteridófitas fósseis para o Rio Grande do Sul, e uma das mais antigas ocorrências destes fósseis no Permiano da Bacia do Paraná.

O afloramento Morro do Papaléo é tido como uma localidade-tipo da Subzona *Phyllothea indica* da Zona *Botrychiopsis plantiana*, segundo o zoneamento bioestratigráfico proposto por Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993) para o Rio Grande do Sul (Tab. 2). Entretanto, de acordo com este biozoneamento, a ocorrência de *Glossopteris communis*, *Cordaite hislopi*, *Glossopteris occidentalis* e *Brasilodendron pedroanum* associados às formas aqui estudadas, *Pecopteris* e *Asterotheca*, posiciona a parte superior do afloramento Morro do Papaléo na sobrejacente Zona *Glossopteris/Rhodeopteridium*. Assim, a seção do Morro do Papaléo passa a apresentar associações fitofossilíferas relativas a duas biozonas: Zona *Botrychiopsis plantiana*, Subzona *Phyllothea indica*, correspondente às associações encontradas na base do afloramento e Zona *Glossopteris/Rhodeopteridium*, correspondente às associações coletadas junto ao topo do afloramento. A idade atribuída à Zona *Glossopteris/Rhodeopteridium* é Artinskiano-Kunguriano.

Segundo a correlação realizada por Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1993) a Subzona *Phyllothea indica* e a Zona *Glossopteris/Rhodeopteridium* corresponderiam, respectivamente, às taofloras B e C de Rösler (1978) assinaladas para as porções centro-norte da Bacia do Paraná. Entretanto, *Brasilodendron pedroanum* e *Asterotheca* spp. são taxa praticamente exclusivos da taoflora B, estando normalmente ausentes em associações relativas à taoflora C (Rösler, 1978). Deste modo, questiona-se a correlação entre a Zona *Glossopteris/Rhodeopteridium* e a taoflora C de Rösler.

Em nossa opinião, a Zona *Glossopteris/Rhodeopteridium* deveria ser correlacionada tanto com a taoflora B quanto com a C. Isto pode representar certa diferenciação fitogeográfica entre as porções centro-norte (localidades em Santa Catarina e Paraná) e sul (localidades no Rio Grande do Sul) da Bacia do Paraná, onde taxa encontrados em diferentes taofloras ao norte apresentam-se reunidos em uma mesma taoflora ou biozona ao sul. Porém, as associações relativas a todas as taofloras e biozonas aqui mencionadas podem, na realidade, corresponder somente ao registro de diferentes ecofácies de formações vegetais aproximadamente contemporâneas entre si. Estudos futuros são necessários para que se possa argumentar com mais propriedade sobre estes pontos de vista.

Figura 6 - *Pecopteris* sp. I. Espécime MP-Pb 3608: a) vista parcial de uma pina, notar a uniformidade no formato pinular e a proximidade na inserção das pinulas contíguas. Escala = 10 mm. *Pecopteris* sp. II. Espécime MP-Pb 3628: b) vista parcial de uma pina, observar a forma e a lobação típica das pinulas. Escala = 10 mm.

Figura 7 - *Pecopteris* sp. I. Espécime MP-Pb 3608: a) vista geral da pina (escala em milímetros); *Pecopteris* sp. II. Espécime MP-Pb 3627: b) vista geral (escala em milímetros); c) detalhe das pínulas com lobos típicos (escala em milímetros). Espécime MP-Pb 3628: d) vista geral (escala em milímetros).

Tabela 2 - Zoneamento fitoestratigráfico para o Rio Grande do Sul. Os taxa encontrados no topo do afloramento Morro do Papaléo estão indicados por asteriscos (adaptado de Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig, 1993).

GEOCRONOLOGIA		EOPERMIANO		
		Sakmario	Artinskiano	Kunguriano
LITOESTRATIGRAFIA		Grupo Itararé	Grupo Guatá	
			Formação Rio Bonito	
Bioestratigrafia	ZONAS	Botrychiopsis plantiana		Glossopteris / Rhodopteridium
	Sub-zonas	Gangamopteris obovata	Phyllothea indica	
	<i>Gangamopteris buriadica</i>	●		
	<i>Gangamopteris angustifolia</i>	●		
	<i>Rubidgea lanceolata</i>	●		
	<i>Glossopteris indica</i>	●		
	<i>Chiropteris reniformis</i>	●		
	<i>Cornucarpus patagonicus</i>	●		
	<i>Botrychiopsis plantiana</i>	●	●	
	<i>Gangamopteris obovata</i>	●	●	
	* <i>Glossopteris communis</i> (<i>G. papilosa</i>)	●	●	●
	<i>Rubidgea obovata</i>	●	●	●
	<i>Samaropsis seixasi</i>	●	●	●
	* <i>Cordaite hislopi</i> (<i>Ruffloria gondwanensis</i>)	●	●	●
	<i>Cordaicarpus</i> sp. (<i>Platycardia</i> sp.)	●	●	●
	<i>Buriadia isophylla</i>		●	●
	<i>Phyllothea indica</i>		●	●
	<i>Scutum</i> sp.		●	●
	<i>Arberia minasica</i>			●
	* <i>Glossopteris occidentalis</i>			●
	<i>Glossopteris mosesii</i>			●
	<i>Glossopteris intermittens</i>			●
	<i>Glossopteris browniana</i> (<i>G. riograndensis</i>)			●
	<i>Rhodopteridium</i> sp. (<i>Rhodea</i> sp.)			●
	<i>Sphenopteris ischavonensis</i>			●
	<i>Plumsteadia sennes</i>			●
	* <i>Brasilodendron pedroanum</i>			●
	<i>Eupecopteris meridionalis</i>			●
	<i>Ottokaria</i> sp.			●

Em termos paleoclimáticos, a presença destas frondes fósseis no afloramento Morro do Papaléo sugere que o clima na região sul do Brasil, durante o Artinskiano-Kunguriano, não era tão frio quanto se supunha (Lavina *et al.*, 1992), pois as samambaias tem sido consideradas boas indicadoras de climas quentes (Hallam, 1985). De fato, fragmentos de frondes relativamente grandes e compressões-impressões de caules pteridofíticos sugerem hábito arbóreo para alguns dos elementos pecopterídeos que ocorrem no afloramento do Morro do Papaléo, condição improvável de ser encontrada em climas muito frios ou peri-glaciais (Moran, 1998).

Agradecimentos - Agradecemos ao fotógrafo Luiz Flávio P. Lopes do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela elaboração do material fotográfico apresentado neste trabalho, e à Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela bolsa de iniciação científica fornecida a um dos autores (Carlos E. L. Vieira) durante a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Archangelsky, S. & De La Sota, E. 1960. Contribucion ao Conocimiento de las filices permicas de Patagônia Extrandina. *Acta Geologica Lilloana*, 3: 85-126.
- Bernades de Oliveira, M. E. C. 1977. *Taoflora Eogondwânica da Camada Irapuá, Formação Rio Bonito (Grupo Tubarão)*, SC. São Paulo. 241p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

- Bernardes de Oliveira, M. E. C. 1980a. Tafoflora Eogondwânica da Formação Rio Bonito ("Camada Irapuã"), Bacia do Paraná, Brasil. In: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA Y BIOESTRATIGRAFIA Y CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA, II y I., 1978, Buenos Aires. **Actas...** Buenos Aires, v. IV, p. 69-88.
- Bernardes de Oliveira, M. E. C. 1980b. Nouveau Genre Néomariopteridien Fertile de la Flore à *Glossopteris* du Bassin de Paraná ou Brésil. **Boletim IG-USP**, 11: 113-119.
- Bortoluzzi, C. A. 1975. Étude de Quelques Empreintes de la Flore Gondwanienne du Brésil. In: CONGRÈS NATIONAL DES SOCIÉTÉS SAVANTES, 95., 1970, Reims. **Actes...** Reims, t. 3, p. 171-187.
- Bourreau, E. & Doubinger, J. 1975. **Traité de Paleobotanique: Filicophyta**. Tome. IV. Fasc. 2. Pteridophylla (1^o parte). Paris, Masson et Cie. Paris, 768p.
- Burjack, M. I. A.; Cazzulo-Klepzig, M.; Dias-Fabrizio, M. A.; Guerra-Sommer, M.; Marques-Toigo, M.; Paim, P. S.; Lavina, E. L. 1982. Perfil Paleocológico do Afloramento Morro do Papaléo, Permiano Inferior da Bacia do Paraná, Rio Grande do Sul, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982, Salvador. **Anais...** Salvador, SBG., v. 4, p. 1260-1270.
- Cazulo-Klepzig, M. 1978. Estudo da Tafoflórula do Membro Morro Pelado na sua Localidade-tipo. **Pesquisas**, 11: 225-303.
- Cazzulo-Klepzig, M. & Correia, N. R. 1981. Contribuição ao Estudo da Tafoflora Permiana do Membro Serrinha na Serra do Cadeado, Estado do Paraná, Brasil. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 2., 1981, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, p. 233-247.
- Cazzulo-Klepzig, M.; Guerra-Sommer, M. & Bossi, G. E. 1980. Revisão Fitoestratigráfica do Grupo Itararé no RS. I Acampamento Velho, Cambaí Grande, Budó e Morro do Papaléo. **Boletim IG-USP**, 11: 55-76.
- Cúneo, R. 1990. La Tafoflora de la Formación Mojon de Hierro (Grupo Tepuel) en la Localidad Arroyo Garrido, Paleozóico superior, Provincia de Chubut. **Ameghiniana**, 27(3-4): 225-238.
- Dolianiti, E. 1957. *Eupecopteris* no Gondwana do Rio Grande do Sul. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, 6 (2): 60-67.
- Frenguelli, J. 1953. Las Pecopterídeas del Pérmico de Chubut. **Notas del Museo de La Plata**, 16 (Paleontologia, 99): 287-296.
- Guerra-Sommer, M. & Cazzulo-Klepzig, M. 1993. Biostratigraphy of the Southern Brazilian Neopaleozoic Gondwana Sequence: A preliminary paleobotanical approach. In: CONGRÈS INTERNATIONAL DE LAS STRATIGRAPHIE ET GÉOLOGIE DU CARBONIFÈRE ET PERMIEN, 12., 1991, Buenos Aires. **Comptes Rendus...** Buenos Aires, v. 2, p. 61-72.
- Hallam, A. 1985. A Review of Mesozoic Climates. **Journal of Geological Society of London**, 142: 433-445.
- Lavina, E. L., Lopes, R. C., Faccini, U. F., Ribeiro, H. J. P. S. & Schultz, C. L. 1992. O sistema Permo-Triássico da Bacia do Paraná no Estado do RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 13, e SIMPÓSIO DE PALEONTOLOGIA DO CONE SUL, 1, 1992, São Leopoldo. **Notas de Campo do...** São Leopoldo, SBP, 88p.
- Leguizamón, R. 1972. Estudio Paleobotánico de La Formación Tasa Cuna, Permico inferior de La Provincia de Córdoba. **Ameghiniana**, 9(4): 305-342.
- Meyen, S. V. 1987. **Fundamentals of Paleobotany**. London, Chapman and Hall, 431 p.
- Moran, R. C. (1998) Ferns, Flashlights, and Tertiary Forests. **Bulletin of the American Fern Society**, 25(1): 1, 4-7.
- Oliveira, D. 1996. **Estudo das Samambaias Férteis do Paraná**. São Paulo. 63p. Monografia de Conclusão do Curso de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.
- Read, C. B. 1941. **Plantas Fósseis do Neopaleozóico do Paraná e Santa Catarina, Brasil**. Rio de Janeiro, Monografia da Divisão de Geologia e Mineralogia. p. 1-102. (Monografia n. 12)
- Rigby, J. F. 1970. The Distribution of Lower Gondwana Plants in the Paraná Basin of Brazil. In: GONDWANA SYMPOSIUM, 2., 1970, Pretoria. **Proceedings and Papers...** Pretoria, s.n.t. p. 575-584.
- Rohn, R. & Rösler, O. 1986. Pteridófilas Pecopteróides da Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná e da FM Estrada Nova no Estado de São Paulo (Bacia do Paraná, Permiano Superior). **Boletim IG - USP**, 17: 57-76.
- Rohn, R., Pennatti, J. R. R., Iannuzzi, R., Rösler, O., Czajkowski, S., Cavalheiro, M. C. T., Mendonça, E. & Ricardi-Branco, F. T. 1997. Ocorrências de Macrofitofósseis nas Formações Teresina e Rio do Rasto (Permiano Superior da Bacia do Paraná) em SC, BR. **Revista da Universidade de Guarulhos, Geociências II** (n^o especial): 49-57.
- Rohn, R., Rösler, O., Pennatti, J. R. R., Czajkowski, S., Iannuzzi, R., Mendonça, E., Ferreira, A. R., Pereira, S. C. A., Quitério, L. 1997. Ocorrências de Macrofitofósseis nas Formações Teresina e Rio do Rasto (Permiano superior da Bacia do Paraná) na Porção Meridional do Estado do Paraná, BR. **Revista da Universidade de Guarulhos, Geociências II** (n^o especial): 58-68.
- Rösler, O. 1972. **Flora da Formação Rio Bonito no Estado do Paraná**. São Paulo. 130p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Rösler, O. 1978. The Brazilian Eogondwanic Floral Succession. **Boletim IG - USP**, 9: 85-90.
- Taylor, T. N. & Taylor, E. L. 1993. **The Biology and Evolution of Fossil Plants**. New Jersey, Prentice Hall Inc., 982p.
- Townrow, J. I. 1957. On *Dicroidium*, probably a Pteridospermous leaf, and other leaves now removed from this genus. **Transactions of Geological Society of Africa**, 60: 21-56.