

# Uma Dicksoniaceae fértil no Eoceno da Ilha King George, Península Antártica

**Michele Bertoli Cunha, Tânia L. Dutra**

Programa de Pós-Graduação em Geologia, UNISINOS. Av. Unisinos, 950, 93022-000, São Leopoldo, RS. chelecunha@gmail.com, tdutra@unisinos.br

**Nelsa Cardoso**

Curso de Pós-Graduação em Geociências e Centro de Investigação do Gondwana, UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500, Cx. P. 15.001, 91.501-970, Porto Alegre, RS. nel\_paleobot@yahoo.com.br

## RESUMO

Uma pinula fértil é identificada para a Ilha King George, arquipélago das Shetland do Sul, norte da Península Antártica. Preservada por sua face adaxial, mostra segmentos falcados a triangulares, contendo um único soro ovalado, visível na porção superior e marginal, preservado de modo tridimensional. Este conjunto de caracteres permitiu associá-la com as pinulas terminais de *Dicksonia* L. Hérit (Dicksoniaceae). Trata-se da primeira ocorrência de uma forma fértil do gênero para a ilha e para o Cenozóico da Península Antártica, onde tipos relacionados eram conhecidos apenas por frondes estéreis e esporos dispersos. Embora frequentes durante o Cretáceo em outras ilhas ocidentais da Península, para o Cenozóico são exclusivos da Ilha King George. A amostra provém de um dos raros níveis da ilha em que o retrabalhamento dos grãos evidencia a presença de um contexto lacustre, sujeito à chegada cíclica de pequenos rios efêmeros, representativos de intercalações vulcanoclásticas restritas, em uma espessa sucessão de lavas basálticas e andesíticas atribuídas à Formação Viéville Glacier, Grupo Point Hennequin, de idade Eoceno. A tafloflora associada compõe-se de outros tipos de fetos, angiospermas variadas dominadas por *Nothofagus* e coníferas podocarpaceas e araucariáceas. Hoje as Dicksoniaceae são fetos arborecentes que habitam as florestas úmidas das elevações criadas após a separação do Gondwana.

**Palavras-chave:** *Dicksoniaceae*, Ilha King George, Península Antártica, Eoceno Médio.

## ABSTRACT

A FERTILE DICKSONIACEAE IN THE EOCENE BEDS OF KING GEORGE ISLAND, ANTARCTIC PENINSULA. A fertile pinnule is described to King George Island, South Shetland Islands, northern Antarctic Peninsula. Preserved by its adaxial side, it shows a straight rachis that bears alternate and falcate segments where a unique oval and marginal sori appears in the upper margin, tridimensionally preserved. These morphological characters allow the association of this form with the modern genus *Dicksonia* L. Hérit. (Dicksoniaceae). It is the first record of fertile ferns of this genus to this island and to the Cenozoic of Antarctic Peninsula, where it was only known by sterile fronds and dispersed spores. *Dicksonia* related forms were registered on other islands of the western Antarctic Peninsula during the Lower Cretaceous and after the beginning of the Cenozoic, are exclusive from the King George Island. The sample comes from restricted levels composed by reworked volcanic grains deposited in shallow lakes, in a thick lava succession that was attributed to the Viéville Glacier Fm., Point Hennequin Group and considered as Eocene in age. The associated taphoflora is composed of other kinds of ferns, angiosperms dominated by *Nothofagus*, and Araucariaceae and Podocarpaceae conifers. Nowadays *Dicksonia* is a relictual tree fern that grows in the rain forests coincident with the highlands created by the Gondwana drift-apart.

**Key words:** *Dicksoniaceae*, King George Island, Antarctic Peninsula, Middle Eocene.

## INTRODUÇÃO

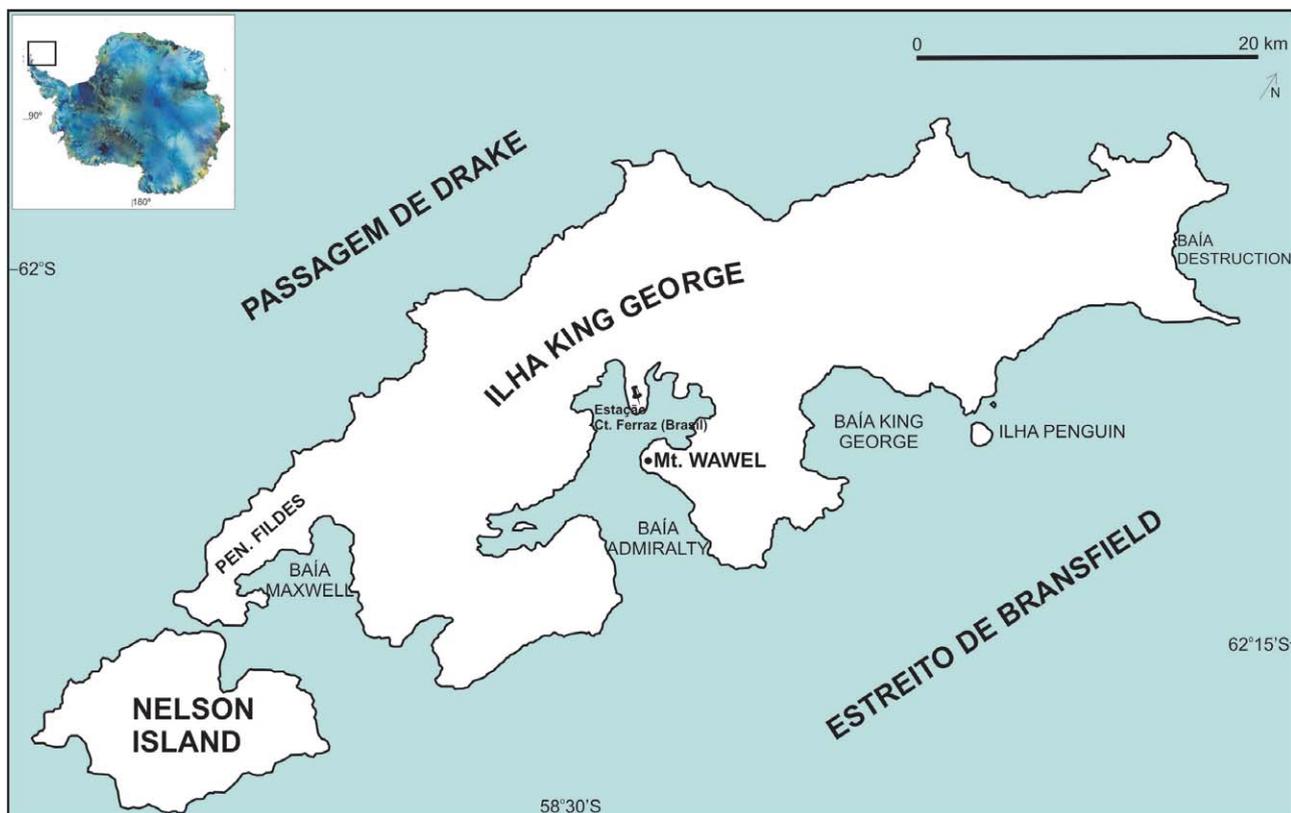
Fósseis de pteridófitas (*sensu stricto* ou Euphyllrophytina) são conhecidos na Antártica desde o Permiano, tanto entre os macrofósseis, como por esporos, e tornam-se abundantes a partir do Triássico com morfologias similares às encontradas nas famílias Dipteridaceae, Marattiaceae, Matoniaceae e Dicksoniaceae (Millay e Taylor, 1990; Rees, 1990, 1993; Yao *et al.*, 1991; Delevoryas *et al.* 1992; Galtier e Taylor, 1994; Morel *et al.* 1994; Cantrill, 1995). Hoje, contudo, a Antártica é o único dos conti-

nentes modernos onde o grupo não é registrado (Kubitzki, 1990).

O presente trabalho trata da ocorrência de uma pina fértil com características que indicam sua associação aos fetos arborecentes da Família Dicksoniaceae. Trata-se do primeiro registro de estruturas reprodutivas deste grupo em depósitos do Paleógeno da Ilha King George, arquipélago das Shetland do Sul, Península Antártica, embora em ilhas mais ao sul, tenham sido já descritas para níveis do Albiano e Aptiano (Cantrill e Nagalingum, 2005; Nagalingum e Cantrill, 2006; Césari, 2006).

## CONTEXTO GEOLÓGICO E ASSEMBLÉIAS TAFOLÓRÍSTICAS DA ILHA KING GEORGE

O primeiro registro de restos de plantas para a Ilha King George foi feito por Orlando (1963) com material proveniente da localidade conhecida como Morro dos Fósseis (*Fossil Hill*), na Península Fildes, extremo sudoeste da ilha (Figura 1). A partir daí, essa área foi visitada por pesquisadores de diferentes países e muitos outros fósseis vegetais



**Figura 1.** Mapa de localização e áreas fossilíferas da Ilha King George.  
**Figure 1.** Map of King George Island with the main fossiliferous areas.

(macro e microrrestos) foram coletados e estudados, em que pese alguns se limitarem apenas a um primeiro registro das ocorrências (Zastawniak, 1981; Rösler *et al.*, 1985; Troncoso, 1986; Lyra, 1986; Czajkowski e Rösler, 1986; Palma-Hedt, 1987; Rohn *et al.*, 1987; Dutra, 1989; Birkenmajer e Zastawniak, 1989; Torres, 1990; Torres e Méon, 1990; Li e Shen, 1990; Cao, 1992, 1994; Zastawniak, 1994; Li, 1994; Dutra *et al.*, 1996; Dutra e Batten, 2000; Hunt e Poole, 2003; Boardman e Dutra, 2005). Trabalhos mais completos que buscaram correlacionar, de modo mais amplo e sistemático, os níveis com plantas foram realizados por Birkenmajer e Zastawniak (1989), Torres (1990), Zhou e Li (1994a, 1994b) e Dutra (1997). Demonstraram a presença de floras diversificadas e distribuídas, predominantemente, entre o final do Cretáceo e o Eoceno Médio (Dutra, 2001, 2004).

Um conjunto significativo de dados de idade absoluta, favorecidos pelo caráter vulcânico das litologias, permitiu calibrar as ocorrências fitofossilíferas, bastante dificultada pelo complexo contexto tectônico e estrutural da Ilha King George, resultado dos processos de subdução que afetaram a região desde o final do Mesozóico (Birkenmajer *et al.*, 1986a, 1986b; Birkenmajer, 2001; Wang e Shen, 1994). Além disso, a cobertura da maior parte dos níveis pelo gelo e sua remobilização durante o verão, formando depósitos de morena, ampliou esta dificuldade, fazendo com que níveis inteiros e seus restos de planta fossem conhecidos apenas por depósitos *ex situ*. Na deposição do Monte Wawel, na Baía do Almirantado, de onde provém o material aqui descrito, este contexto é ainda mais destacado.

Uma proposta para sua ordenação, utilizando as relações das camadas fossilíferas com os depósitos vulcânicos e de fluxos de gravidade, foi feita por Dutra (2001,

2004) e é aqui reproduzida com algumas modificações resultantes de novos trabalhos de campo (Figura 2). Foram ainda consideradas as afinidades composicionais e sua comparação com outras taofloras da própria Península Antártica e das bacias do Hemisfério Sul. A partir disso, a pínula fértil aqui descrita foi atribuída à Formação Vieville Glacier, Grupo Point Hennequin, de Birkenmajer (1981, 2001).

A sucessão fitofossilífera é sucedida no tempo pelo aparecimento das primeiras evidências de queda nas temperaturas, atestadas por depósitos de tilitos indicativos da presença de gelo alpino, identificados na própria baía do Almirantado e na baía King George, mais ao norte (Canile *et al.*, 2007). Segundo os autores, corresponderiam ao final do Eoceno Médio e, provavelmente, uma única flora empobrecida, identificada em níveis *in situ* do topo do Monte Wawel represente a tentativa de recolonização da ilha pela vegetação (Zastawniak *et al.*, 1985; Birkenmajer *et al.*, 2005).

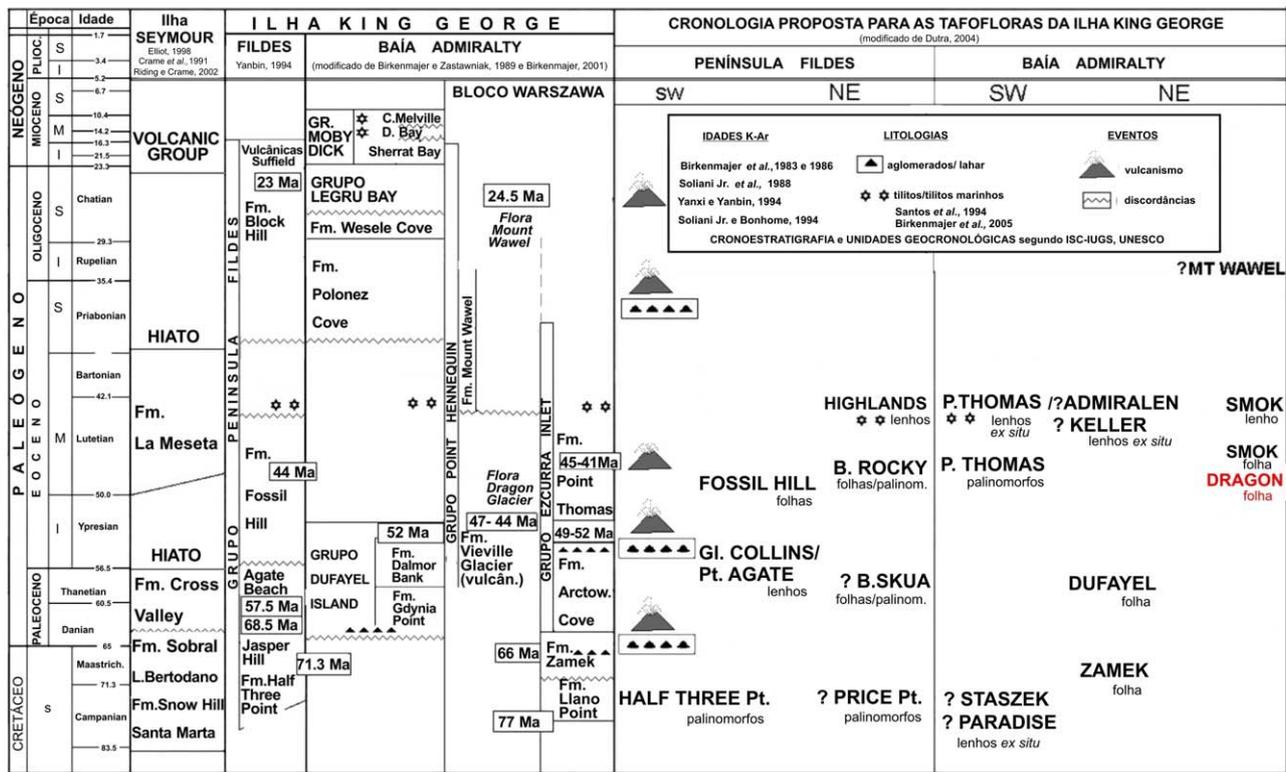


Figura 2. Proposta de ordenação dos eventos e tafofloras na Ilha King George e sua relação com os eventos deposicionais e as idades radiométricas (modificado de Dutra, 2004). A amostra estudada provém da tafoflora de Dragon Glacier (em vermelho).  
 Figure 2. Ordination of the tafofloras on the King George Island and its relation with depositional events and radiometric ages (modified from Dutra, 2004). The studied sample is part of the Dragon Glacier taphoflora (in red).

### CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E TAXONOMIA DAS FORMAS MODERNAS DE FETOS ARBORESCENTES

Smith *et al.* (2006), em recente revisão das pteridófitas modernas, a qual levava em conta aspectos morfológicos e os novos dados oriundos das análises moleculares, agruparam os fetos arborescentes de pteridófitas na Ordem Cyatheales. Das 8 famílias propostas, Dicksoniaceae (C. Presl, 1836) Bower, a mais abundante e amplamente distribuída, incluiria ainda as Lophosoriaceae, consideradas como um grupo individualizado por Tryon e Tryon (1982). Para Soltis *et al.* (2002) e Korall *et al.* (2006), os fetos que compartilham este hábito de vida constituem um clado monofilético e bem estabelecido de fetos leptosporangiados.

A família Dicksoniaceae abrange seis gêneros e cerca de trinta e oito espécies de

afinidades higrófitas que se desenvolvem e caracterizam as florestas úmidas das zonas tropicais e subtropicais do Hemisfério Sul. Com a inclusão das Lophosoriaceae, com quem compartilham inúmeros aspectos, sua distribuição se amplia para toda a região Neotropical, desde a Ásia oriental até as Américas (Tryon e Tryon, 1982; Gullan e Walsh, 1985; Mueller-Dombois e Fosberg, 1998; Wolf *et al.*, 1999).

Seu gênero mais característico é *Dicksonia* L'Hér., que engloba 22 das espécies, com distribuição similar à da família. Na América do Sul e Central, ocorre ao longo da costa do Pacífico e em áreas voltadas para o Atlântico entre as latitudes de 20° e 30° S (Figura 3), acompanhando as elevações submetidas à clima oceânico (Hoffman, 1982; Tryon e Tryon, 1982). No Brasil, é representado por *D. sellowiana* Hook., forma de grande expressão no sul, mas que se estende até o sudeste, em Minas Gerais e Espírito Santo, como elemento

característico das florestas da “Mata com Araucária” e da “Mata Atlântica” (Gomes *et al.*, 2000; Mantovani *et al.*, 2005; Fundação Biodiversitas, 2007).

Um conjunto de caracteres marca a afinidade entre as Dicksoniaceae. Nos tipos arborescentes, as frondes são, em geral, bipinadas (o caráter tripinado é aludido por Smith *et al.*, 2006), com a ráquis apresentando um sulco adaxial característico. As pínulas estéreis são grandes e de arquitetura anadrômica, com nervura simples, algumas vezes bifurcada, enquanto as férteis são reduzidas e mais vascularizadas.

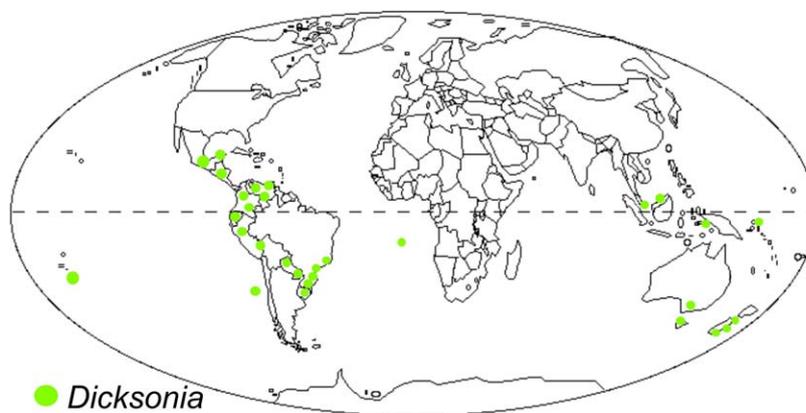
Os soros são arredondados e grandes, alimentados por uma única veia, com receptáculo globoso e pouco elevado e, na maior parte das vezes, com inserção abaxial e marginal (caráter presente também em *Calochlaena*), uma característica diagnóstica importante, já que menos comum em outros grupos de fetos (Tryon, 1978; Tidwell e Ash, 1994). As paráfises são

curtas, o indúcio é bivalvo ou em forma de taça, glabro ou com pequeno pedúnculo. Os esporos são arredondados ou tetraédricos, homosporos, aclorofilados, triletes *laevigate*, com a marca trilete sem reentrâncias. Os gametófitos são epígeos, clorofilados, obcordados ou cordado-alongados e, por vezes, espessados centralmente (Collinson, 2001).

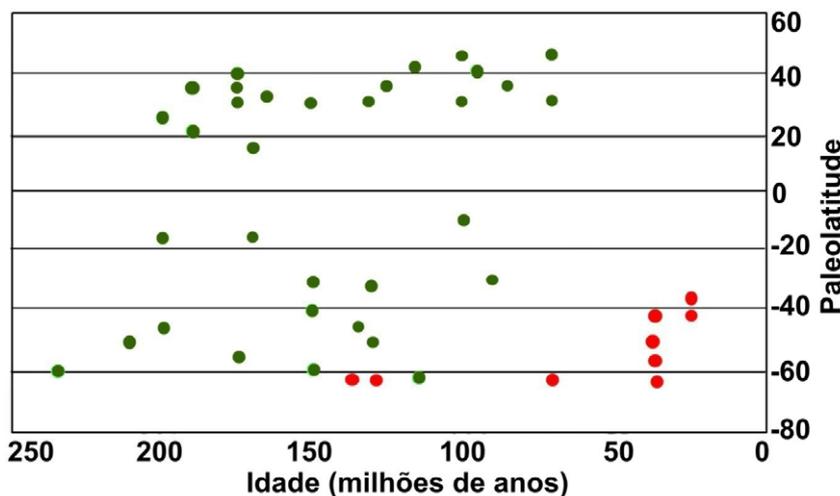
### O REGISTRO PRETÉRITO DE FETOS ARBORESCENTES

Comparando resultados das análises moleculares com as informações provenientes do registro fóssil, Soltis *et al.* (2002) sugeriram que as baixas taxas de evolução molecular observadas tornam os fetos arborescentes verdadeiros “fósseis vivos moleculares”. Esta afirmação corrobora os resultados de Tidwell e Ash (1994), que afirmam não haver muitas diferenças entre as formas de pteridófitas mesozóicas e as encontradas entre os tipos modernos, especialmente aqueles característicos das famílias Marattiaceae, Guaireaceae, Osmundaceae e Gleicheniaceae. As morfologias estáveis mantidas pelo grupo ao longo do tempo permitiriam associar, com certa segurança, os fósseis às formas vivas, um aspecto só perturbado talvez pelos novos dados que as propostas filogenéticas vêm introduzindo nestas comparações (Smith *et al.*, 2006).

Para Skog (2001), a separação inicial dos fetos leptosporangiados deve ter ocorrido no Triássico, originando Matoniaceae-Dipteridaceae-Schizeaceae por um lado e Cyatheaceae-Dicksoniaceae por outro. Neste último clado, as Dicksoniaceae compõem o mais antigo registro, iniciado na parte média do Triássico nas altas latitudes do Hemisfério Sul (Figura 4). As numerosas formas fósseis encontradas permitem supor uma história evolutiva anterior (Retallack, 1980; Smith *et al.*, 2006; Pryer e Smith, 2007). A partir do Jurássico, tornam-se cosmopolitas e distribuíram-se em ambos os hemisférios (Sporne, 1970; Tryon e Tryon, 1982; Hill, 1987; Van Konijnenburg-van Cittert, 2002). Entre os macrofósseis, a família é representada por *Dicksonia* e pelas formas extintas *Coniopteris* Brongn, *Eboracia* H.H.



**Figura 3.** Distribuição moderna do gênero *Dicksonia* L’Hérit, modificado de Tryon e Tryon (1982), com os novos dados levantados (veja texto).  
**Figure 3.** Modern distribution of *Dicksonia* L’Hérit, modified from Tryon e Tryon (1982), updated with the new data herein commented (see text).



**Figura 4.** Distribuição dos fósseis de Dicksoniaceae entre o final do Paleozóico e Cenozóico, evidenciando sua primeira ocorrência nas altas latitudes do Sul e a rápida conquista das áreas setentrionais (latitudes negativas representam o Hemisfério Sul), baseada em Skog (2001). Pontos verdes representam os dados originais do autor, e os vermelhos, dados compilados neste trabalho, incluindo o referente à forma aqui descrita.  
**Figure 4.** Past distribution of fossils related to Dicksoniaceae between the end of the Paleozoic and the Cenozoic periods, showing their first appearance in southern high latitudes and their rapid worldwide distribution, including northern areas, modified from Skog (2001). The green dots represent the original data and the red ones the fossil record compiled in this paper, including the new form herein described.

Thom e *Kylikopteris* Harris (Harris, 1961; Kimura e Tsujii, 1984; Van Konijnenburg-van Cittert, 2002).

Durante o Mesozóico, habitaram as zonas quentes e úmidas do Pangea, não diferindo muito em termos adaptativos das formas modernas (Vakhrameev, 1991;

Tidwell e Nishida, 1993; Soltis *et al.*, 2002). Contudo, os climas mais secos vigentes na época e a necessidade de água para a reprodução mantiveram sua preferência pelos locais próximos a pântanos, terraços fluviais e substratos de florestas (Van Konijnenburg-Van Cittert, 2002). No

entanto, algumas parecem ter aceitado contextos mais estressantes, como baías salobras, ou ter adotado estratégias oportunistas e colonizado ambientes submetidos a vulcanismo, junto com Dipteridaceae e Schizeaceae, uma resposta adaptativa manifestada pela presença de pinas mais coriáceas (Fris e Pedersen, 1990).

No Cenozóico, Marattiaceae, Matoniaceae e Dipteridaceae, antes dominantes, quase desaparecem, dando lugar a Dicksoniaceae, Lophosoriaceae, Gleicheniaceae e Osmundaceae. Schizeaceae, que teve sua ocorrência reduzida no final do Cretáceo, retorna, no Neógeno, com uma distribuição mais ampla do que a de seus aparentados modernos (McIver e Basinger, 1993; Macphail *et al.*, 1994). Já *Dicksonia* tornou-se quase exclusiva do Hemisfério Sul (Collinson, 2001). Esporos relacionados ao gênero são freqüentes a partir do Paleoceno Superior na Austrália (Dettmann, 1963; Macphail *et al.*, 1994), Nova Zelândia (Mildenhall, 1980) e América do Sul (Berry, 1938; Menendez, 1971; Romero, 1978; Arguijo e Romero, 1981).

No Hemisfério Norte, as Dicksoniaceae são representadas especialmente pelo gênero *Coniopteris*, cuja ocorrência, mesmo no Ártico, manteve-se até o Eoceno (Kvacek e Manum, 1993; Boyd, 1990; Wing, 1998; Collinson, 2001; Van Kroonjnenburg-Van Cittert, 2002, Figura 4). Na China, os fetos tornam-se comuns a partir da base do Cretáceo (Skog, 2001; Wang, 2002).

## REGISTRO NA PENÍNSULA ANTÁRTICA

As pteridófitas arborescentes são registradas em áreas da Península Antártica desde o Triássico, ou seja, concomitantemente aos seus mais antigos registros mundiais. Entre elas estavam as Dicksoniaceae, cuja ocorrência já era conhecida desde o início do século passado (Copeland, 1939).

A distribuição coincide com as áreas que, durante grande parte do Mesozóico, estiveram sujeitas ao soerguimento causado pela formação do arco tectônico, resultante dos processos de subduc-

ção da margem do Pacífico (Del Valle e Rinaldi, 1993; Willan e Hunter, 2005). Representativos deste contexto são os depósitos de idade jurássica de Hope Bay, na costa oriental da Península continental, com registro de formas variadas de *Coniopteris* (*C. lobata* e *C. murrayana*, *C. cf. hymenophylloides*). Outros grupos de fetos, como *Cladophlebis* e várias *Sphenopteris*, compõem a assembléia pteridófitica em uma flora dominada por pteridospermas e coníferas (Gee, 1989; Ociepa, 2004; Birkenmajer e Ociepa, 2008).

Nesse contexto estão incluídas as ilhas oceânicas do contexto de *fore-arc*. Na Ilha Alexander (70° S), a mais austral delas, os restos de planta correspondem ao Eocretáceo e mais uma vez os fetos são representados por *Coniopteris* (*cf. C. frutiformis* Douglas de Cantrill e Nagalingum, 2005), junto com Gleicheniaceae e Matoniaceae (Nagalingum e Cantrill, 2006). Na ilha Livingston e Snow, a deposição se divide entre níveis desta mesma idade e os representativos do final do Cretáceo, onde foram registradas *Sergioa austrina* Césari e *Dennstaedtia rajmahalenis* (Askin, 1983; Torres *et al.*, 1997; Cantrill, 1997a; Césari *et al.* 1999; Césari *et al.*, 2001; Césari, 2006; Leppe *et al.*, 2007). A presença associada de Osmundaceae, Marattiaceae e Cyatheaaceae (*Cyathea tyrmensis* Krassilov), as últimas representadas por frondes com esporos *in situ*, sugerem condições de calor e umidade para o final do Mesozóico na Península, semelhantes àquelas que hoje existem nas áreas altas dos cinturões tropicais e subtropicais (Cantrill, 1997b; Césari *et al.*, 2001).

Com menor expressão, as Dicksoniaceae são ainda registradas na Ilha Seymour, no setor de *back-arc* (Dusén, 1908; Case, 1988).

As Lophosoriaceae são registradas no Cretáceo Inferior da Ilha Livingston, antecedendo seu registro em outras áreas do mundo (Cantrill, 1997b). Frondes bastante completas, provavelmente relacionadas com a família e ainda não estudadas de modo sistemático, foram identificadas recentemente pelas expedições brasileiras (campanha 2006-2007) em níveis do Cretáceo Superior da Ilha Nelson (Dutra *et al.*, 2007).

O gênero *Culcita* permanece sem registro até o momento para áreas da Antártica.

O conjunto da flora nas áreas da Península mostra que os fetos arborescentes caracterizaram o estrato inferior das florestas de *Nothofagus* e Podocarpaceae durante o Mesozóico (Dusén, 1908; Case, 1988; Torres e Méon, 1993; Doktor *et al.*, 1996; Dutra *et al.*, 1996; Dutra, 2004). A partir do Cenozóico, aparecem também as Araucariaceae e outras angiospermas mais diversificadas (Li, 1994; Dutra, 2002).

Esses elementos formam ainda hoje uma associação típica das floras patagônicas e da Australásia, oferecendo suporte à proposta de Skottsberg (1949) sobre o papel da Antártica como centro de origem e dispersão para os elementos que hoje possuem distribuição austral. Com isto concordam Duane (1996) e Torres e Méon (2006), embora as últimas defendam uma maior similaridade com as floras americanas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O exemplar utilizado nesse estudo foi coletado durante as expedições do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR) e provém dos níveis basais do Monte Wavel, junto ao Pontal Hennequin (coordenadas 62°07'S a 62°05'30"S e 58°24' a 58°18'W; Figura 5), aflorantes no setor oriental da Baía do Almirantado (Figura 1).

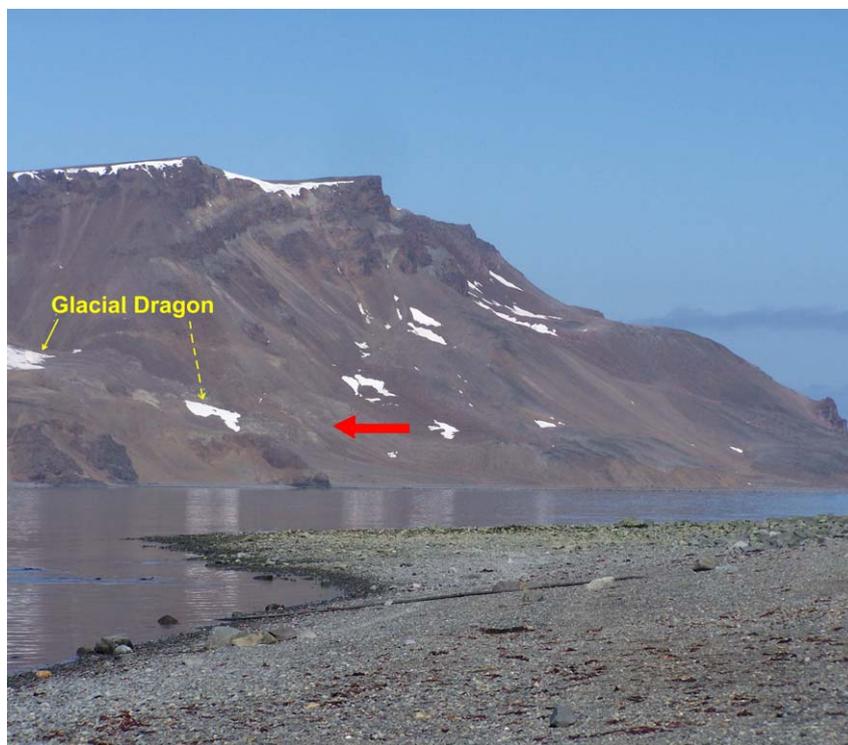
A cobertura pelo gelo (Glacial Dragon) e o conhecimento dos fósseis apenas em blocos rolados nos depósitos de morena fizeram com que as assembléias com plantas fossem aí tratadas por longo tempo de modo informal, como "Dragon Glacier Plant Beds" por Zastawniak (1981), "Dragon Glacier Flora" por Hunt e Poole (2003), ou, simplesmente, como "tafofloras" (Dutra, 2004). As temperaturas mais elevadas que caracterizaram o verão 2006-2007 permitiram avaliar seu posicionamento na sucessão e confirmar sua atribuição aos níveis mais basais do Monte Wavel, incluídos por Birkenmajer (1981) na Formação Viéville Glacier, Grupo Point Hennequin (Figuras 2 e 6).

Essa unidade é composta por sucessivos derrames de lavas basálticas e andesíticas (Birkenmajer, 1981; Pereira *et al.*, 2003), com intercalações muito restritas de material vulcânico retrabalhado, mas contém uma das mais diversificadas tafofloras da ilha. A presença associada de marcas de ondulação simétrica e icnofósseis de invertebrados apóia a proposta de uma deposição sub-aquosa em lagos restritos e efêmeros feita por Birkenmajer (1981). Conjuntos granodrecrescentes e cíclicos de tufitos dão suporte à inferência da chegada de pequenos deltas. Idades K-Ar, obtidas nas lavas superiores desta unidade, forneceram valores entre 44-47 Ma (Birkenmajer *et al.*, 1986a; Pankhurst e Smellie, 1983; Smellie *et al.*, 1984).

As impressões de pteridófitas ocorrem em tufitos amarelados que contêm ainda outros fragmentos de plantas. A mescla de elementos que viviam em áreas próximas e de outros de áreas mais distais ao lago (ramos e sementes de podocarpáceas e restos de angiospermas) e a falta de uma orientação preferencial estão de acordo com a influência deltaica aludida. As gimnospermas foram preliminarmente abordadas por Fontes e Dutra (2007). O conjunto está preservado por carbonização (*charcoal*) e impressões, com evidências de oxidação. Os soros mantêm a tridimensionalidade original, indicando seu rápido recobrimento e provável caráter imaturo.

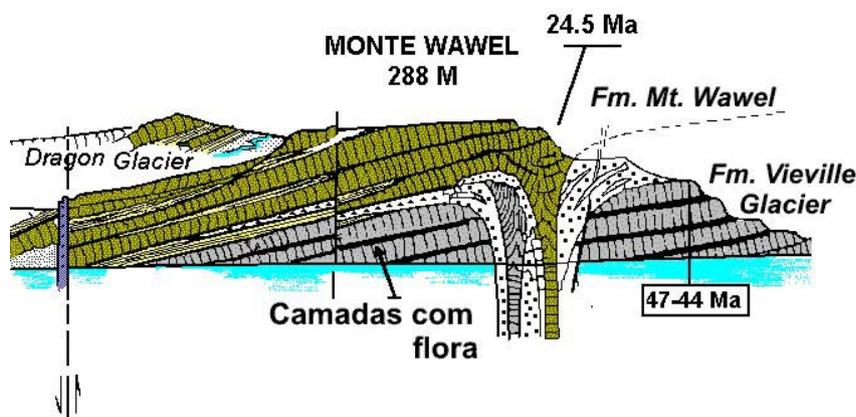
O exemplar foi registrado fotograficamente e por desenho em câmara clara acoplada a microscópio estereoscópico. A determinação dos caracteres taxonômicos utilizou análises comparativas com formas fósseis previamente descritas e com tipos modernos de exicatas do Herbário-folheário do Laboratório de História da Vida e da Terra (LaViGæ), da UNISINOS, e do Laboratório de Paleontologia da UFRGS. A nomenclatura utilizada na descrição das características diagnósticas são as de Tryon e Tryon (1982), Collinson (2001) e Smith *et al.* (2006).

A amostra está depositada no Museu de Paleontologia, seção Antártica (NIT-Geo), da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, sob o código ANTF.



**Figura 5.** Foto dos níveis de lava e depósitos de morenas do Monte Wavel, Baía do Almirantado. A seta vermelha indica os níveis com fósseis de onde provém a amostra descrita. A linha tracejada em amarelo marca a posição original do gelo do Dragon Glacier no verão, e a linha contínua, aquela do verão 2006-2007.

**Figure 5.** Volcanic beds and reworked moraine deposits that compose the Mount Wavel exposition, at Admiralty Bay. The red arrow indicates the provenance of the fossil samples (Dragon Glacier taphoflora). The yellow dotted line marks the original ice margin of the Dragon Glacier in previous normal summers and the continuous line in 2006-2007 summer season.



**Figura 6.** Arcabouço geológico (modificado de Birkenmajer, 1981) da sucessão do Monte Wavel e a localização das camadas com plantas.

**Figure 6.** Geological framework (modified from Birkenmajer, 1981) of the Mount Wavel succession and the location of Dragon Glacier taphoflora.

## SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Divisão PTERIDOPHYTA  
Classe FILICOPSIDA  
Subclasse POLYPODIIDAE  
Ordem POLYPODIALES  
Família Dicksoniaceae Bower  
Gênero *Dicksonia* L'Hérit. 1788

*Dicksonia* sp.

**Material estudado.** ANTF 26-014, fragmento de pínula fértil proveniente dos níveis de base do Monte Wawel, baía do Almirantado, Ilha King George.

**Repositório.** Museu de Paleontologia da UNISINOS, seção Antártica.

**Horizonte estratigráfico.** Formação Vieville Glacier, Grupo Point Hennequin (Birkenmajer, 1981).

**Descrição.** Fragmento da face adaxial

de uma pínula apical, pinatífida e assimétrica, com 17 mm de comprimento e 8 mm de largura na base, ráquis retilínea e destacada, lenhosa e de curso reto, aparentemente sulcada, com 0,5 mm de largura, preservada como contraparte da impressão original. Segmentos alternos, inseridos em ângulos quase retos e fundidos por toda a base na ráquis da pínula, incisos até próximo à costa apenas na base, fundindo-se superiormente, triangulares ou falcados (margem superior côncava e inferior convexa), medindo em média 3 mm de comprimento e 2 mm de largura, com ápice agudo, base truncada e margem inteira. Nos poucos segmentos onde a venação foi parcialmente preservada, apenas uma veia central é visível e, ocasionalmente, também uma única ramificação superior que chega à base do soro. Um único soro globoso a ovóide, com cerca

de 1,2 mm de comprimento e 0,9 mm de largura, tridimensionalmente preservado, aparece em posição marginal e superior em cada segmento, de posição mais proximal à costa na base da pínula do que nos segmentos apicais.

## DISCUSSÃO

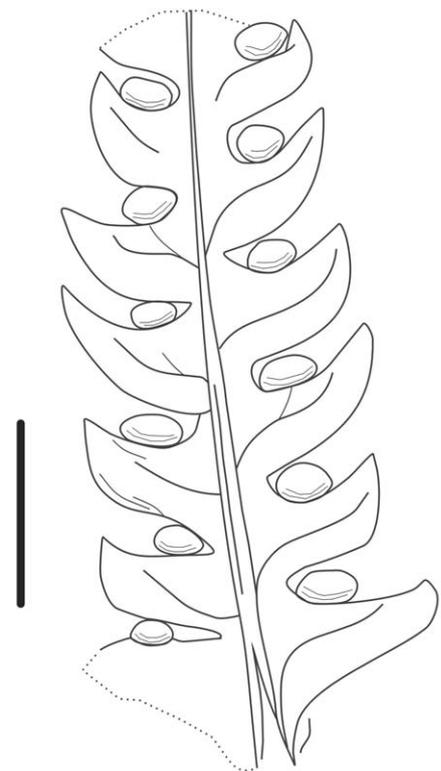
As características presentes, tais como os segmentos alternos, inteiros, de forma falcada e a posição marginal dos sori, permitem associar a forma estudada às Dicksoniaceae *sensu* Tryon e Tryon (1982). Entre os representantes modernos da família, demonstram maior identidade com *Dicksonia*, *Cibotium* e *Culcita*, embora os dois últimos gêneros, segundo Smith *et al.* (2006), tenham sido segregados em famílias independentes.

*Cibotium* Kaulfuss, caracterizado pela posição marginal dos soros, é descartado



**Figura 7.** Pínula fértil de *Dicksonia* sp. (amostra ANTF 26-014) e os caracteres morfológicos utilizados na designação a este gênero, como os soros ovalados de disposição marginal (seta), segmentos alternos e inteiros, falcados, pouco dissecados, com venação fraca, costa retilínea e destacada, com um sulco aparente. Escala: 0,5 cm.

**Figure 7.** Fertile pinnule of *Dicksonia* sp. (ANTF 26-014) showing the morphological characters used in this designation, like the ovate and marginally positioned sori (arrow), alternate simple and entire, falcate segments, with weak veins, and the prominent and straight costa. Scale bar: 0.5 cm.



**Figura 8.** A mesma pínula em câmara clara. Escala: 0,5 cm.

**Figure 8.** The same pinnule in camera lucida. Scale bar: 0.5 cm.

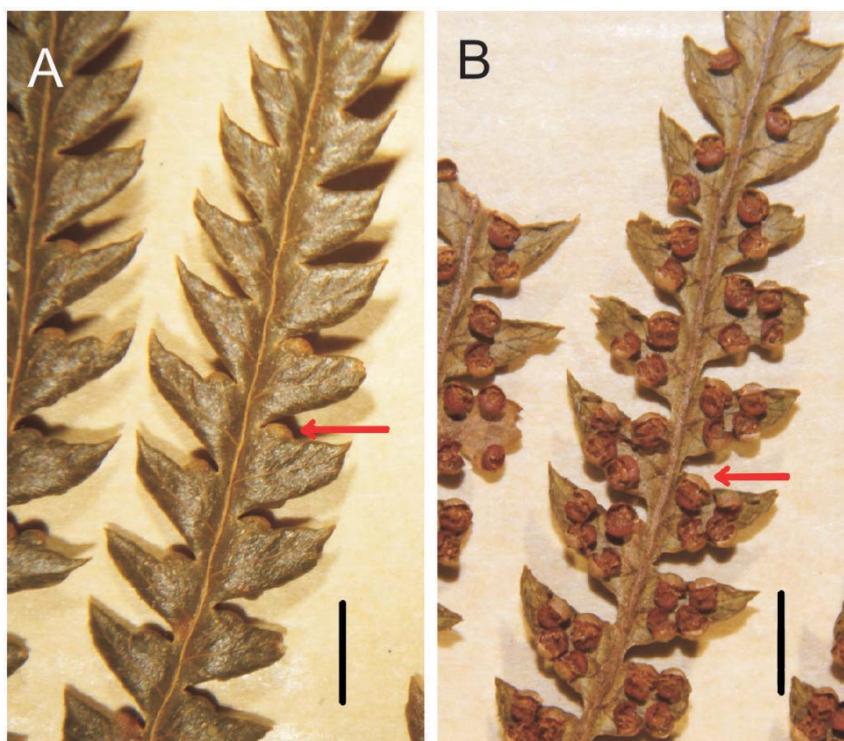
nesta análise pela presença de receptáculos muito desenvolvidos, ausentes na forma aqui abordada.

A comparação com *Culcita* C. Presl se deve às nervuras simples e bifurcadas, pínulas simples e inteiras e a posição dos soros, que é ainda mais tipicamente marginal do que em *Dicksonia*. No entanto em *Culcita*, a presença de pínulas com ápices agudos e de forma falcada como as aqui presentes estão ausentes. Além disto, a falta de registro deste gênero para a Antártica e sua moderna distribuição em áreas preferencialmente tropicais e setentrionais (Skog, 2001) torna igualmente menos aprovável esta associação. Mas o caráter incompleto da pínula aqui preservada e a ausência de pinas estéreis não permitem descartar completamente esta afinidade, dados os soros grandes e reniformes e a aparente presença de um sulco na ráquis. Este último caráter, defendido por Tryon e Tryon (1982) como exclusivo de *Culcita*, está presente, igualmente em *Lophosoria* e *Calochlaena*. Em que pese esta suposta exclusividade, não impediu que aqueles autores incluíssem *Culcita* entre as Dicksoniaceae (Tryon e Tryon, 1982; Tryon e Lugardon, 1991; Grin, 2008).

Como veremos, a posição marginal dos soros no exemplar aqui descrito se deve mais ao condicionamento deposicional e de preservação da pínula, que a um caráter original das pínulas.

Deste modo, a afinidade aqui expressa com a Família Dicksoniaceae e com o gênero *Dicksonia*, parece razoável e suportada pelas características presentes, tais como, os segmentos falcados fundidos a base da costa, em geral reta, lenhosa e com sulco mediano. Uma outra grande parte do grupo possui pínulas esfenopteróides e recairia no gênero *Coniopteris* (Van Konijnenburg-Van Cittert e Morgan, 1999).

É importante salientar ainda que a porção preservada refere-se a um contra-molde da face adaxial, onde normalmente os soros estão ausentes. Contudo, a observação de frondes modernas de *D. sellowiana* permitiu avaliar que os numerosos soros abaxiais de cada segmento da pínula migram gradativamente e, especi-



**Figura 9.** Foto da extremidade apical de uma pina fértil de *Dicksonia sellowiana* Hook. **A.** face adaxial da pínula, mostrando a natureza coriácea da lâmina foliar, venação mais suave e a vista de um único soro de inserção marginal (seta); **B.** face abaxial da pínula com os vários soros, cada um deles alimentado por uma ramificação da veia principal. Escala: 0,5 cm

**Figure 9.** Apical part of a fertile pinnule in extant *Dicksonia sellowiana* Hook. **A.** adaxial surface showing the coriaceous nature of leaf lamina, weak venation and, in general, one sorus visible in upper and marginal position; **B.** abaxial view showing the pinnate venation pattern and many sori located at the tip of each secondary vein (red arrow). Scale bar: 0.5 cm

almente nas mais distais, para uma posição marginal e superior, que acaba por expô-los também na face adaxial dos segmentos da pínula (Figuras 9A, B). O tamanho expressivo dos soros contribui igualmente para que isto ocorra. Uma situação análoga parece ter ocorrido no organismo fóssil (Figuras 7 e 8).

A forma dos segmentos e sua disposição na pínula, a margem inteira, a ausência de receptáculos bem desenvolvidos e, finalmente, o tamanho expressivo e a forma dos soros, que sugere que o indúcio envolvia completamente os esporângios e paráfises, são os outros argumentos para a afinidade proposta.

A pequena porção preservada impede, no momento, avançar além disto, embora possibilite algumas comparações com táxons modernos. A morfologia

das pínulas e a disposição dos soros se aproximam muito das características presentes nas pínulas apicais de *D. sellowiana* da América Central e do Sul (Figuras 9A, B) e, em menor expressão, de *D. fibrosa* da Nova Zelândia, com quem se parece principalmente pelo caráter regular do comprimento das pínulas ao longo da ráquis. Com *D. antarctica*, da Austrália, divide o fato de serem, entre as formas vivas, as que possuem os soros de disposição mais marginal. Porém faltam, no material estudado, os lobos bem destacados na margem dos segmentos, coincidentes com a terminação das nervuras e a venação saliente em ambas as faces das pínulas.

No registro fóssil, a morfologia presente compartilha caracteres com *Dicksonia patagonica* Berry (Berry, 1938) do Eoce-

no do rio Pichileufú, na Patagônia argentina, igualmente portadora de soros grandes e arredondados que nascem em frondes pinatífidas e frondes estéreis com nervação simples e bifurcada. As ilustrações do trabalho de Berry (1938) são, contudo, de baixa resolução, e Collinson (2001) sugere a revisão, desta forma, à luz das novas análises filogenéticas.

Na mesma Ilha King George de onde provém o material descrito, mas em áreas da Península Fildes (*Fossil Hill*), Troncoso (1981) descreveu brevemente uma pínula estéril de segmentos falcados que associou ao material de Berry (1938). Apesar de seu caráter igualmente fragmentado e reduzido a uma única pínula, é aquele de morfologia mais próxima a do exemplar estudado e confirma a presença de restos da família em níveis do Paleógeno da ilha. Considerada representativa do Paleoceno pelo autor, a deposição do Morro dos Fósseis é atualmente considerada representativa do Eoceno basal (Hunt e Poole, 2003; Dutra, 2004, Figura 2)

Na Baía do Almirantado (Figura 1), onde se situam os níveis aqui tratados, as pteridófitas estão restritas à microflora e apenas tipos relacionados às Cyatheaceae foram identificados (Stuchlick, 1981), junto ao Pontal Thomas (Figura 2).

Outra forma de Dicksoniaceae que compartilha alguns caracteres comuns com a pínula aqui descrita é o referido a *Coniopteris* sp. para a Ilha Alexander, por Cantrill e Nagalingum (2005). Contudo, esta forma apresenta muitas veias bem marcadas e, por se tratar de pínulas estéreis, são de difícil comparação.

*Cyathea tyrmensis* Krassilov (Cyatheaceae), descrita por Césari *et al.* (2001) para o Cretáceo Superior da Ilha Livingston, corresponde a uma pina fértil, mas possui soros de inserção abaxial e pínulas de morfologia distinta das aqui abordadas.

Desta mesma ilha provém o registro de *Sergioa austrina* Césari, que além das frondes estéreis e férteis, contém esporos de *Cyatheidites* (Césari, 2006). As pínulas alongadas e lobadas, de forma falcada e com apenas um soro por lobo, a tornam o elemento com maior número de aspectos comuns com a forma aqui estudada.

## OUTROS REGISTROS DE DICKSONIACEAE PARA A ILHA KING GEORGE E ÁREAS PRÓXIMAS

Na Ilha King George, de onde provém a forma aqui descrita, existem inúmeras evidências da presença de Dicksoniaceae, mas restritas à Península Fildes (Figura 1). Para o Pontal Half Three, única localidade reconhecidamente cretácica (Shen, 1994), foram descritos esporos de Cyatheaceae, Gleicheniaceae, Dicksoniaceae e outras formas de afinidade incerta (Cao, 1992, 1994). No Pontal Price, em camadas de carvão provavelmente de mesma idade, a assembléia é semelhante, com *Cyatheidites* sp. (Dicksoniaceae), *Cyatheidites* sp. e *Kuklisporites* sp. (Dutra *et al.*, 1996).

Já nos níveis do Morro dos Fósseis (*Fossil Hill*), de idade Eoceno basal, são registradas as frondes estéreis de *Dicksonia patagonica* Berry (Troncoso, 1986) já comentadas, e *Gleichenia*, *Thyrsopteris shenii* e *Alsophila antarctica* (Cyatheaceae), descritas por Zhou e Li (1994b). Torres e Méon (2006) acrescentaram ainda *Davallia* e *Asplenium*. Finalmente, a presença de *Lophosoria antarctica* é indicada, tanto para este local, como para a Baía Rocky (ex-Pontal Suffield), por Torres (1990), Cao (1994) e Torres e Méon (1993).

Na microflora, ocorrem esporos dispersos de *Cyatheidites* (Dicksoniaceae s.l.), acompanhados de tipos relacionados com Lophosoriaceae e Gleicheniaceae (Torres, 1990; Torres e Méon, 1990; Zhou e Li, 1994b). A associação feita por Zhou e Li (1994b) de *Dicksonia patagonica* e *Thyrsopteris* spp. às Cyatheaceae, uma postura também adotada por outros estudiosos que trabalharam com a flora da ilha, pode ser a razão da aparente abundância desta família entre os restos e da necessidade de uma revisão dos tipos pteridofíticos presentes, principalmente diante das novas propostas filogenéticas.

## CONCLUSÕES

A identificação de uma forma de pteridófito da Família Dicksoniaceae para a Ilha King George em níveis do Eoceno permite ampliar a área de ocorrência destas plan-

tas nas altas latitudes no início do Cenozóico e o conhecimento sobre a paleoflora do norte da Península Antártica. Em que pese sua pequena representação e o caráter fragmentário do espécime, a presença de parte de uma fronde fértil garante sua associação com os tipos de hábitos arbórescentes e de afinidades mesófilas que caracterizam hoje as áreas elevadas e de clima oceânico dos flancos ocidental e oriental do Hemisfério Sul e, em especial, com os tipos presentes no gênero *Dicksonia*.

As dificuldades encontradas no estabelecimento de suas relações com os grupos modernos se assemelham muito àquelas que têm permeado a própria individualização das distintas formas de pteridófitas modernamente, ampliadas no registro pelas preservações parciais.

Por essas razões e até que novas informações e mais amostras sejam identificadas nos níveis da Ilha King George, onde outros grupos de pteridófitas são abundantes, não foi proposta uma classificação mais específica. Entre as numerosas espécies do gênero *Dicksonia*, a pínula aqui presente aproxima-se de *D. sellowiana* Hook, além de guardar semelhanças com outras espécies de distribuição austral moderna.

Auxilia na interpretação desta associação, a presença de esporos relacionados com a Família Dicksoniaceae na Ilha King George, tanto para o final do Cretáceo, como para o Paleógeno basal, embora não provenham dos mesmos níveis aqui estudados.

Formas férteis de pteridófitas já eram conhecidas no registro das ilhas mais ao sul da Península Antártica desde o início do Cretáceo (Césari, 2006).

O material aqui descrito corresponde ao primeiro registro de pteridófito com soros *in situ* para a Ilha King George e para estratos do Cenozóico na Península Antártica.

Sua ocorrência na tafloflora da base da Formação Mount Wavel, em um intervalo cuja presença de icnofósseis e de retrabalhamento de grãos vulcânicos atesta um raro momento de interrupção da intensa atividade vulcânica, é igualmente significativa. A riqueza de restos preservados nestas camadas comprova uma fase em que, associada ao clima ameno, as condições se tornaram suficientemente calmas e propícias para que a vegetação pudesse se estabele-

lecer. Sua idade sugere e confirma a presença de um intervalo de aumento nas temperaturas globais no final do Paleoceno e início do Eoceno reconhecido em várias partes do globo (Wing *et al.*, 2005) e que, nas áreas periféricas da Antártica, mantém-se até o final do Eoceno Médio.

O ecossistema pretérito correspondente, com Dicksoniaceae e outros tipos de fetos, gimnospermas (Podocarpaceae e Araucariaceae) e angiospermas diversificadas com *Notbofagus*, sugere uma similaridade de requisitos ecológicos com aqueles existentes nas áreas do sul da Cordilheira dos Andes e Austrália oriental e, uma vez mais, apóia o papel exercido pela Antártica na dispersão dos elementos que hoje compõem a vegetação subtropical e temperada do Hemisfério Sul.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq/PROANTAR pelo apoio logístico às coletas e pelo suporte financeiro à realização das atividades e à aquisição de equipamentos (Proc. 557357/2005-5). À Anamaria Stranz e Thyers Wilberger, respectivamente, pelo auxílio na confecção dos mapas e registro fotográfico do material.

## REFERÊNCIAS

- ARGUIJO, M.; ROMERO, E.J. 1981. Analisis biostratigráfica de las formaciones portadoras de tafofloras terciárias. In: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO, 8, Buenos Aires, p. 691-717.
- ASKIN, R. 1983. Tithonian (Uppermost Jurassic) – Barremian (Lower Cretaceous) spores, pollen and microplankton from the South Shetland Islands, Antarctica. In: R.L. OLIVER; P.R. JAMES; J.B. JAGO (orgs.), *Antarctic Earth Science*. Australian Academy of Science, Washington, Cambridge University Press, p. 295-297.
- BERRY, E.W. 1938. Tertiary flora from the Rio Pichileufú, Argentina. *Special Papers of The Geological Society of America*, 2:1-140.
- BIRKENMAJER, K. 1981. Lithostratigraphy of the Point Hennequin Group (Miocene volcanics and sediments at King George Islands, Antarctica). *Studia Geologica Polonica*, 72:59-73.
- BIRKENMAJER, K. 2001. Mesozoic and Cenozoic stratigraphic units in parts of the South Shetland Islands and Northern Antarctic Peninsula (as used by the Polish Antarctic Programmes). *Studia Geologica Polonica*, 118:5-188.
- BIRKENMAJER, K.; DELITALA, M.C.; NAREBSKI, W.; NICOLETTI, M.; PETRUCCIANI, C. 1986a. Geochronology and migration of Cretaceous through Tertiary plutonic centers, South Shetland Islands (West Antarctica): subduction and hot spot magmatism. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, 34(3):243-255.
- BIRKENMAJER, K.; DELITALA, M.C.; NAREBSKI, W.; NICOLETTI, M.; PETRUCCIANI, C. 1986b. Geochronology of Tertiary island-arc volcanics and glaciogenic deposits, King George Island South Shetland Islands (West Antarctica). *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, 34(3):257-273.
- BIRKENMAJER, K.; GAZDZICKI, A.; KRAJEWSKI, K.P.; PRZYBYCIN, A.; SOLECKI, A.; TATUR, A.; HO II YOON. 2005. First Cenozoic glaciers in West Antarctica. *Polish Polar Research*, 26(1):3-12.
- BIRKENMAJER, K.; OCIEPA, A.M. 2008. Plant-bearing Jurassic strata at Hope Bay, Antarctic Peninsula (West Antarctica): geology and fossil-plant description. *Studia Geologica Polonica*, 128:5-96.
- BIRKENMAJER, K.; ZASTAWNIAK, E. 1989. Late Cretaceous-Early Tertiary floras of King George Island, West Antarctic: their stratigraphic distribution and paleoclimatic significance. In: J.A. CRAME (org.), *Origins and Evolution of the Antarctic Biota*. London, The Geological Society, Special Publication, 47, p. 227-240.
- BOARDMAN, D.; DUTRA, T.D. 2005. Upper Paleocene?- Lower Eocene fossils related to Araucariaceae from King George Island, Antarctic Peninsula. In: INTERNATIONAL ORGANIZATION OF PALEOBOTANICAL CONFERENCE, 7, Bariloche. *Abstracts*, p. 86.
- BOYD, A. 1990. The Thyra Flora: towards an understanding of the climate and vegetation during the Early Tertiary in the High Arctic. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 62:189-203.
- CANILE, F.M.; ROCHA-CAMPOS, A.C.; DOS SANTOS, P.R.; ANELLI, L.E. 2007. Weathered Eocene basalts (Mazurek Point Formation) overlain by early Oligocene glaciogenic diamictites (Krakowiak Glacier Member, Polonez Cove Formation) record of change from mild to glacial conditions in West Antarctica. XV SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PESQUISA ANTÁRTICA, Instituto de Geociências, USP, São Paulo. *Programa e Resumos*, p. 66.
- CANTRILL, D.J. 1995. The occurrence of the fern *Hausmannia* Dunker in the Cretaceous of Alexander Island, Antarctica. *Alcheringa*, 19:243-254.
- CANTRILL, D.J. 1997a. The pteridophyte *Ashicaulis livingstonensis* (Osmundaceae) from the Upper Cretaceous of Williams Point, Livingston Island, Antarctica. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 40:315-323.
- CANTRILL, D.J. 1997b. Floristic of Lower Cretaceous freshwater lake deposits from President Head, Snow Island, South Shetland Islands. The Antarctic region: Geological evolution and processes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANTARCTIC EARTH SCIENCES, 7, Sienna. *Proceedings*, p.1017-1022.
- CANTRILL, D.J.; NAGALINGUM, N.S. 2005. Ferns from the Cretaceous of Alexander Island, Antarctica: Implications for Cretaceous phytogeography of the Southern Hemisphere. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 137:83-103.
- CAO, L. 1992. Late Cretaceous and Eocene palynofloras from Fildes peninsula, King George Island (South Shetland Island), Antarctica. In: Y. YOSHIDA (org.), *Recent Progress in Antarctic Earth Science*. Tokyo, Terra Scientific Publishing Company, p. 363-369.
- CAO, L. 1994. Late Cretaceous palynoflora in King George Island of Antarctic, with references to its paleoclimatic significance. In: S. YANBIN (org.), *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctic*. Beijing, Monograph Science Press, p. 51-83.
- CASE, J.A. 1988. Paleogene Floras from Seymour Island, Antarctic Peninsula. In: R. FELDMANN; M.O. WOODBURN (orgs.), *Geology and Palaeontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. Memoir of the Geological Society of America, Colorado, 169, p. 489-498.
- CÉSARI, S.N. 2006. Aptian ferns with in situ spores from the South Shetland Islands, Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 138:227-238.
- CÉSARI, S.N.; PARICA, C.; REMESAL, M.; SALANI, F., 1999. Paleoflora del Cretácico Inferior de península Byers, Islas Shetland del Sur, Antártida. *Ameghiniana*, 36(1):3-22.
- CÉSARI, S.N.; REMESAL, M.; PARICA, C. 2001. Ferns: a paleoclimatic significant component of the Cretaceous flora from Livingston Island, Antarctica. *Asociación Paleontológica Argentina*, 7:45-50.
- COLLINSON, M.E. 2001. Cainozoic fern and their distribution. *Brittonia*, 53(2):173-235.
- COPELAND, E.B. 1939. Fern evolution in Antarctica. *Philippine Journal of Science*, 70(2):157-189.
- CRAME, J.A.; PIRRIE, D.; RIDING, J.B.; THOMSON, M.R.A. 1991. Campanian-Maastrichtian (Cretaceous) stratigraphy of the James Ross Island area, Antarctica. *Journal of the Geological Society of London*, 148:1125-1140.
- CZAJKOWSKI, S.; RÖSLER O. 1986. Plantas fósseis da Península Fildes, ilha King George (Shetland do Sul): Morfografia das impressões foliares. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 58:99-100.
- DELEVORYAS, T.; TAYLOR, T.N.; TAYLOR, E.L. 1992. A marattiatalean fern from the Triassic of Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 74:101-107.
- DEL VALLE, R.A.; RINALDI, C.A. 1993.

- Structural features of the northeastern sector of the Antarctic Peninsula. In: JORNADAS DE COMUNICACIONES SOBRE INVESTIGACIONES ANTÁRTICAS, 2, Instituto Antártico Argentino, *Resumos*, p. 261-267.
- DETTMANN, M.E. 1963. Upper Mesozoic microfloras from south-eastern Australia. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, **77**:1-148.
- DOKTOR, M.; GAZDZICKI, A.; JERZMANSKA, A.; PÖREBSKI, S.J.; ZASTAWIAK, E. 1996. A plant-and-fish assemblage from the Eocene La Meseta Formation of Seymour Island (Antarctic Peninsula) and its environmental implications. *Palaeontologia Polonica*, **55**:127-146.
- DUANE, A.M. 1996. Palynology of the Byers Group (Late Jurassic-Early Cretaceous) of Livingston and Snow islands, Antarctic Peninsula: its biostratigraphical and palaeoenvironmental significance. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **91**:241-281.
- DUSÉN, P. 1908. Über die tertiäre flora der Seymour-Insel. Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar-Expedition 1901-1903. *Lithographisches Institut des Generalstabs*, Bd **1-3**(3):1-127.
- DUTRA, T.L. 1989. A tafloflora terciária do Pontal Block, Baía do Almirantado, Ilha Rei George (Arquipélago das Shetland do Sul, Península Antártica). *Acta Geológica Leopoldensia*, **12**(28):45-90.
- DUTRA, T.L. 1997. *Composição e história da vegetação do Cretáceo e Terciário da ilha Rei George, Península Antártica*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Tese de Doutorado, 481 p.
- DUTRA, T.L. 2001. Paleoflora da ilha 25 de Mayo, Península Antártica: contribuição à paleogeografia, paleoclima e para a evolução de *Nothofagus*. *Asociación Paleontología Argentina, Publicación Especial*, **8**:29-37.
- DUTRA, T.L. 2002. Araucariaceae in Antarctica with special focus in the King George Island (South Shetland Islands, Northern Antarctic Peninsula) fossil record. In: THE ARAUCARIACEAE: ARAUCARIACEAE SYMPOSIUM, Auckland, International Dendrological Society, New Zealand. *Proceedings and Abstracts*, p. 45.
- DUTRA, T.L. 2004. Paleofloras da Antártica e sua relação com os eventos tectônicos e paleoclimáticos nas altas latitudes do sul. *Revista Brasileira de Geociências*, **3**(34):401-410.
- DUTRA, T.L.; BATTEN, D.J. 2000. Upper Cretaceous floras of King George Island, West Antarctica, and their palaeoenvironmental and phytogeographic implications. *Cretaceous Research*, **21**:181-209.
- DUTRA, T.L.; LEIPNITZ, B.; FACCINI, U. F.; LINDENMAYER, Z. 1996. A non marine Upper Cretaceous interval in West Antarctica (King George Island, Northern Antarctic Peninsula). *South American Mesozoic Correlations -IGUS- 381 Project News*, **5**:21-22.
- DUTRA, T.L.; WILBERGER, T.P.; IANNUZZI, R.; SANDER, A.; TREVISAN, C.; KERKHOFF, M. 2007. A new flora to the Rip Point (Nelson Island, Antarctic Peninsula) resulting from the XXV Brazilian Expedition (2006-2007): age and paleoclimatic inferences. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PESQUISA, XV, Instituto de Geociências, USP, São Paulo, *Programa e Resumos*, p. 12-13.
- ELLIOT, D. 1988. The James Ross Basin, northern Antarctic Peninsula. In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO, 5, Santiago, *Comunicaciones*, p. 226.
- FONTES, D.; DUTRA, T.L. 2007. Fósseis de podocarpáceas na Ilha King George, Península Antártica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 20, Búzios, *Anais*, p. 142.
- FRIIS, E.M.; PEDERSEN, K.R. 1990. Structure of the Lower Cretaceous fern *Onychiopsis psilotoides* from Bornholm, Denmark. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **66**:47-63.
- FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. 2007. Revisão das listas vermelhas da flora e da fauna ameaçadas de extinção de Minas Gerais (*Lista vermelha da flora de Minas Gerais*), Biodiversitas, Belo Horizonte, 69 p. Disponível em <http://www.biodiversitas.org.br>; acesso em 01/06/2008.
- GALTIER, J.; TAYLOR, T.N. 1994. The first record of the ferns from the Permian of Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **83**:227-239.
- GEE, C.T. 1989. Revision of the Late Jurassic/Early Cretaceous flora from Hope Bay, Antarctica. *Palaeontographica B*, **213**(4-6):149-214.
- GRIN, 2008. Germplasm Resources Information Network. National Genetic Resources Program. United States Department of Agriculture-USDA, Online Database, National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Disponível em <http://www.ars-grin.gov>; acesso em 20/05/2008.
- GOMES, G.S.; PUCHALSKI, A.; SILVA, J.Z.; MANTOVANI, M.; DOS REIS, M.S. 2000. Estrutura Demográfica de populações naturais do xaxim (*Dicksonia sellowiana* (Presl.) Hooker) em Floresta Ombrófila Mista no sul do Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 51, *Resumos*, p. 85-86.
- GULLAN, P.; WALSH, N. 1985. *Ferns and Fern Allies of the Upper Yarra Valley e Dandenong Ranges*. National Herbarium of Victoria, Department of Conservation, Forests and Lands, Sidney, 60 p.
- HARRIS, T.M. 1961. *The Yorkshire Jurassic Flora, I*. London, British Museum of Natural History, 212 p.
- HILL, C.R. 1987. Jurassic Angiopteris (Marattiales) from North Yorkshire. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **51**:65-93.
- HOFFMANN, 1982. *A Flora Silvestre de Chile, zona austral*. Fundación Claudio Gay, Santiago, 258 p.
- HUNT, R.J.; POOLE, I. 2003. Paleogene West Antarctic climate and vegetation history in light of new data from King George Island. *Geological Society of America, Special Paper*, **369**:395-412.
- KIMURA, R.; TSUJII, M. 1984. Early Jurassic plants in Japan. Part I. *Transactions Proceedings of the Paleontological Society of Japan*, **133**:265-287.
- KORALL, P.; PRYER, K.M.; METZGAR, J.S.; SCHNEIDER, H.; CONANT, D.S. 2006. Tree ferns: monophyletic groups and their relationships as revealed by four protein-coding plastid loci. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **39**:830-845.
- KUBITZKI, K. 1990. *The families and genera or vascular plants. Vol. 1. Pteridophytes and gymnosperms*. Berlin, Springer-Verlag, 493 p.
- KVACEK, Z.; MANUM, S.B. 1993. Ferns in the Spitsbergen Paleogene. *Palaeontographica Abt. B, Palaophytol*, **136**:47-70.
- LEPPE, M.; MICHEA, W.; MUÑOZ, C.; PALMA-HELDT, S.; FERNANDOY, F. 2007. Paleobotany of Livingston Island: the first report of a Cretaceous fossil flora from Hannah Point. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANTARCTIC EARTH SCIENCES, 10, U.S. Geological Survey and The National Academies, *Short Research Paper*, p. 1-4.
- LI, H. 1994. Early Tertiary fossil flora from Fildes Peninsula of King George Island, Antarctica. In: Y. SHEN (org.). *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. Beijing, State Antarctic Committee Monograph, n. 3, p. 133-171.
- LI, H.; SHEN, Y. 1990. A primary study of Fossil Hill flora from Fildes Peninsula of King George Island, Antarctica. *Acta Paleontologica Sinica*, **29**(2):147-153.
- LYRA, C. 1986. Palinologia dos sedimentos terciários da Península Fildes, ilha Rei George (Ilhas Shetland do Sul, Antártica) e algumas considerações paleoambientais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **58**:137-147.
- MACPHAIL, M.K.; ALLEY, N.; TRUSWELL, E.M.; SLUITER, I.R. 1994. Early Tertiary vegetation: evidence from pollen and spores. In: R.S. HILL (org.), *History of Australian vegetation: Cretaceous to Recent*. Washington, Cambridge University Press, p. 189-261.
- MANTOVANI, M.; PUCHALSKI, A.; MANTOVANI, A.; REIS, M.S. dos. 2005. Ocorrência natural de xaxim (*Dicksonia sellowiana* (Presl.) Hooker) em diferentes condições edafoclimáticas no Estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 56, Curitiba. *Resumos em CD*.
- McIVER, E.E.; BASINGER, J.F. 1993. Flora of the Revenscrag Formation (Paleocene), southwestern Saskatchewan, Canada. *Palaeontographica Canadensis*, **10**:1-167.
- MENENDEZ, C.A. 1971. Floras terciárias de la Argentina. *Ameghiniana*, **8**(3-4):357-371.
- MILDENHALL, D.C. 1980. New Zealand Late Cretaceous and Cenozoic plant biogeography:

- as contribution. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **31**:197-233.
- MILLAY, M.A.; TAYLOR, T.N. 1990. New fern stems from the Triassic of Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **62**:41-64.
- MOREL, E.M.; ARTABE, A.E.; GANZULA, D.G.; BREA, M. 1994. Las plantas fosiles de la Formacion Monte Flora, en Bahia Botanica, Peninsula Antártica, Argentina. 1. Dipteridaceae. *Ameghiniana*, **31**:23-31.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; FOSBERG, F.R. 1998. *Vegetation of the tropical Pacific islands*. New York, Springer-Verlag 733 p.
- NAGALINGUM, N.S.; CANTRILL, D.J. 2006. Early Cretaceous Gleicheniaceae and Matoniaceae (Gleicheniales) from Alexander Island, Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **138**:73-93.
- OCEIPA, A.M. 2004. Current state-of-the-art in studies on Jurassic flora from Antarctica (Stan wiedzy o jurajskiej florze z obszaru Antarktyki). *Volumina Jurassica*, **2**:151-156.
- ORLANDO, H.A. 1964. XI: 4. The fossil flora of the surroundings of Ardley Peninsula (Ardley Island), 25 de Mayo Island (King George Island), South Shetland Islands. In: R.J. ADIE (ed.), *Antarctic Geology*, Amsterdam, North Holland Publication Company, pp. 629-636.
- PALMA-HELDT, S. 1987. Estudio palinológico en el Terciario de las Islas Rey Jorge y Brabante, Territorio Insular Antártico. *Série Científica del Instituto Antártico Chileno*, **36**:56-71.
- PANKHURST, R.J.; SMELLIE, J. 1983. K-Ar Geochronology of the South Shetland Islands, Lesser Antarctica: apparent lateral migration of Jurassic to Quaternary island arc volcanism. *Earth and Planetary Science Letters*, **66**:214-222.
- PEREIRA, F.; DUTRA, T.L.; ALMEIDA, D.P.M. 2003. Ambientes vulcânicos associados à paleoflora no Cretáceo e Terciário da Ilha Rei George, Antártica. In: L.R. RONCHI; F.J. ALTHOFF (orgs.), *Caracterização e modelamento de depósitos minerais*. São Leopoldo, Editora Unisinos, p. 387-410.
- PRYER, K.M.; SMITH, A.R. 2007. *Phylogenetic reconstruction of leptosporiangular ferns*. Tree of Life web Page. Disponível em <http://tolweb.org/tree?group=Filicopsida&econtgroup=Embryophytes>; acesso em 02/11/2007.
- REES, P.M. 1990. *Palaeobotanical contributions to the Mesozoic geology of the northern Antarctic Peninsula region*. London, Royal Holloway and Bedford New College, University of London, Tese de Doutorado, 285 p.
- REES, P.M. 1993. Dipterid ferns from the Mesozoic of Antarctica and New Zealand and their stratigraphical significance. *Palaeontology*, **36**:637-656.
- RETALLACK, G.J. 1980. Middle Triassic megafossil plants and trace fossils from Tank Bully, Canterbury, New Zealand. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, **10**:31-63.
- RIDING, J.B.; CRAME, J.A. 2002. Aptian to Coniacian (Early-Late Cretaceous) palynostratigraphy of the Gustav Group, James Ross Basin, Antarctica. *Cretaceous Research*, **23**(6):739-760.
- ROHN, R.; RÖSLER, O.; CZAJKOWSKI, S. 1987. *Fildesia pulchra* gen. et sp. nov. - Folha fóssil de Terciário Inferior da Península Fildes, Ilha Rei George, Antártica. *Boletim do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, Série Científica*, **18**:11-16.
- ROMERO, E.J. 1978. Paleoeecologia y paleofitogeografía de las taofloras del Cenofítico de Argentina y Areas Vecinas. *Ameghiniana*, **15**(1-2):209-227.
- ROMERO, E.J.; ARGUIJO, M.H. 1981. Análisis bioestratigráfico de las taofloras del Cretácico Superior de Austrosudamerica. In: ROMERO, E.J. e ARGUIJO, M.H. (ed.). *Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América Del Sur, Comité Sudamericano del Jurásico y Cretácico*. Buenos Aires, **2**:393-406.
- RÖSLER, O.; FENSTERSEIFER, H.; CZAJKOWSKI, S. 1985. Ocorrência de plantas fósseis de idade terciária em rochas vulcanoclásticas na escarpa ocidental da Península Fildes, Ilha Rei George, Antártica. *Paleobotânica Latinoamericana*, **7**(1):8.
- SANTOS, P.R. dos; ROCHA-CAMPOS, A.C.; TROMPETTE, R.R.; UHLEIN, A.; GIPP, M.; SIMÕES, J.C. 1994. Review of Tertiary glaciation in King George Island, West Antarctica: preliminary results. *Pesquisa Antártica Brasileira*, **2**:87-99.
- SHEN, Y. 1994. Subdivision and correlation of Cretaceous to Paleogene volcano-sedimentary sequence from Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica. In: Y. SHEN (org.), *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctic*. Beijing, Monograph Science Press, n. 3, p. 1-36.
- SKOG, J.E. 2001. Biogeography of Mesozoic leptosporiangular ferns related to extant ferns. *Brittonia*, **2**(53):236-269.
- SKOTTSBERG, C. 1949. Influence of the Antarctic Continent on the vegetation of southern lands. In: PACIFIC SCIENCE CONGRESS, 7, New Zealand, *Proceedings*, **5**:92-99.
- SMELLIE, J.L.; PANKHURST, R.J.; THOMSON, M.R.A.; DAVIES, R.E.S. 1984. The geology of the South Shetland Islands: VI. Stratigraphy, geochemistry and evolution. *Scientific Reports of The British Antarctic Survey*, **87**:1-85.
- SMITH, A.R.; PRYER, K.M.; SCHUETTPELZ, E.; KORALL, P.; SCHNEIDER, H.; WOLF, P.G. 2006. A classification of extant ferns. *Taxon*, **55**(3):705-731.
- SOLIANI JR., E.; BONHOMME, M.G. 1994. New evidence for Cenozoic resetting of K-Ar ages in volcanic rocks of the northern portion of the Admiralty bay, King George Island, Antarctica. *Journal of South American Earth Sciences*, **7**(1):85-94.
- SOLIANI JR., E.; KAWASHITA, K.; FENSTERSEIFER, H.C.; HANSEN, M.A.F.; TROIAN, F.L. 1988. K-Ar Ages of the Winkel Point Formation (Fildes Peninsula Group) and Associated Intrusions, King George Island, South Shetland Islands, Antarctica. *Série Científica Instituto Antártico Chileno*, **38**:133-139.
- SOLTIS, P.S.; SOLTIS, D.E.; SAVOLAINEN, V.; CRANE, P.R.; BARRACLOUGH, T.G. 2002. Rate heterogeneity among lineages of tracheophytes: Integration of molecular and fossil data and evidence for molecular living fossils. *Proceedings of National Academy of Science*, **99**(7):4430-4435.
- SPORNE, K.R. 1970. *The Morphology of Pteridophytes; The Structure of Ferns and Allied Plants*. London, Hutchinson University Library, 192 p.
- STUHLICK, L. 1981. Tertiary pollen spectra from the Excurra Inlet Group of Admiralty Bay, King George Island (South Shetland Islands, Antarctica). *Studia Geologica Polonica*, **72**:109-130.
- TIDWELL, W.D.; ASH, S.R. 1994. A review of selected Triassic and Early Cretaceous ferns. *Journal of Plant Research*, **107**:417-442.
- TIDWELL, W.D.; NISHIDA, H. 1993. A new fossilized tree fern stem, *Nishidacaulis burgii* gen. et sp. nov., from Nebraska, South Dakota, USA. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **78**:55-67.
- TORRES, G.T. 1990. *Etude paleobotanique du Tertiare de les Isles Roi George et Seymour, Antarcitique*. France, Laboratoire de Paléobotanique et Evolution de Végétaux - L'Université Claude Bernard Lyon, These de Doctorat, 290 p.
- TORRES, G.T.; MÉON, H. 1990. Estudio palinológico preliminar de Cerro Fósil, Península Fildes, Isla Rey Jorge, Antártica. *Série Científica del Instituto Antártico Chileno*, **40**:21-39.
- TORRES, G.T.; MÉON, H. 1993. *Lophosoria* del Terciario de isla Rey Jorge y Chile Central: origen y dispersión en el hemisfério Sur. *Série Científica del Instituto Antártico Chileno*, **43**:17-30.
- TORRES, G.T.; MÉON, H. 2006. Revision de pteridophytes du Mesozoique et du Cenozoique de la Peninsule Antarcitique, des iles Shetland du Sud et de la Patagonie. In: A LIFE OF FERNS AND GYMNASPERMS WORKSHOP, Montpellier, France. *Abstracts*, p. 26-27.
- TORRES, G.T.; BARALE, G.; MÉON, H.; PHILIPPE, M.; THÉVENARD, F. 1997. Cretaceous flora from Snow Island (South Shetland Islands, Antarctic) and their biostratigraphic significance. In: C.A. RICCI (org.), *The Antarctic Region: Geological Evolution and Processes*. Siena, Terra Antarctica Publication, p.1023-1028.
- TRONCOSO, A. 1986. Nueva írganos-especies en la taoflora terciaria del Cerro de Península Fildes, Isla Rey Jorge, Antártica. *Série Científica del Instituto Antártico Chileno*, **34**:23-46.

- TRYON, R.M. 1978. Proposal to conserve the name Dicksoniaceae. *Taxon*, **27**(5-6):554-555.
- TRYON, R.M.; TRYON A.F. 1982. *Ferns and Allied Plants, with Special Reference to Tropical America*. New York, Springer-Verlag, 557 p.
- TRYON, A.F.; LUGARDON, B. 1991. *Spores of the Pteridophyta*. New York, Springer-Verlag, 648 p.
- VAKHRAMEEV, V.A. 1991. *Jurassic and Cretaceous floras and climates of the Earth*. Cambridge, Cambridge University Press, 318 p.
- VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT, J.H.A. 2002. Ecology of some Late Triassic-Early Cretaceous ferns in Eurasia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **119**:113-124.
- VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT, J.H.A.; MORGAN, H.S. 1999. *The Jurassic Flora of Yorkshire*. Londres, The Paleontological Association, 134 p.
- WANG, Y. 2002. Fern ecological implications from the Lower Jurassic in Western Hubei, China. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **119**:125-141.
- WANG, Y.; SHEN, Y. 1994. Rb-Sr isotopic dating and trace element, REE geochemistry of Late Cretaceous volcanic rocks from King George Island, Antarctica. In: SHEN, Y.B. (org.), *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctic*. Beijing, Monograph Science Press, n. 3, p. 109-131.
- WILLAN, R.C.R.; HUNTER, M.A. 2005. Basin evolution during the transition from continental rifting to subduction: Evidence from the lithofacies and modal petrology of the Jurassic Latady Group, Antarctic Peninsula. *Journal of South American Earth Sciences*, **20**:171-191.
- WING, S.L. 1998. Late Paleocene-Early Eocene floral and climatic change in the Bighorn Basin, Wyoming. In: M.P. AUBRY; S. LUCAS; W.A. BEERGREN (orgs.), *Late Paleocene-Early Eocene climatic and biotic events in the marine and terrestrial realms*. New York, Columbia University press, p. 380-400.
- WING, S.L.; HARRINGTON, G.J.; SMITH, F.A.; BLOCH, J.I.; BOYER, D.M.; FREEMAN, K.H. 2005. Transient floral change and rapid global warming at the Paleocene-Eocene Boundary. *Science*, **310**:993-996.
- WOLF, P.G.; SIPES, S.D.; WHITE, M.R.; MARTINES, M.L.; PRYER, K.M.; SMITH, A.R.; UEDA, K. 1999. Phylogenetic relationships of the enigmatic fern families Hymenophyllopsidaceae and Lophosoriaceae: evidence from rbcL nucleotide sequences. *Plant Systematics and Evolution*, **219**:263-270.
- YAO, X.; TAYLOR, T.N.; TAYLOR, E.L. 1991. Silicified dipterid ferns from the Jurassic of Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **67**:353-362.
- ZASTAWNIAK, E. 1981. Tertiary leaf flora from the Point Hennequin Group of King George Island (South Shetland Island, Antarctica); Preliminary Report. *Studia Geologica Polonica*, **72**:97-108.
- ZASTAWNIAK, E. 1994. Upper Cretaceous leaf flora from the Blaszyk moraine (Zamek Formation), King George Island, South Shetland Islands, West Antarctica. *Acta Paleobotanica*, **34**:119-163.
- ZASTAWNIAK, E.; WRONA, R.; GAZDZICKI, A.; BIRKENMAJER, K., 1985. Plant remains from the top part of the Point Hennequin/Group (Upper Oligocene), King George Island (South Shetland Islands, Antarctica). *Studia Geologica Polonica*, **81**:143-164.
- ZHOU, Z.; LI, H. 1994a. Some Late Cretaceous plants from King George Island, Antarctica. In: Y. SHEN (org.), *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctic*. Beijing, Monograph Science Press, n. 3, p. 91-105.
- ZHOU, Z.; LI, H. 1994b. Early Tertiary Ferns from Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica. In: Y. SHEN (org.), *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctic*. Beijing, Monograph Science Press, n. 3, p.181-194.

Submetido em: 01/03/2008

Aceito em: 10/06/2008