

Afloramento Quitéria, Encruzilhada do Sul, RS

Sedimentos lagunares com singular
associação fitofossilífera da
Formação Rio Bonito

SIGEP 008

André Jasper¹
Margot Guerra-Sommer^{2,4}
Rualdo Menegat²
Miriam Cazzulo-Klepzig^{2,4}
Fresia Soledad Ricardi Torres Branco³
Juliana Salvi¹

O AFLORAMENTO QUITÉRIA (município de Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil) é um importante sítio paleontológico do Paleozóico Superior da porção sul da Bacia do Paraná, com registros fitofossilíferos únicos e de grande importância para a compreensão dos processos paleoecológicos ocorridos nos ambientes formadores de turfeiras do Gondwana. O afloramento é dividido em dois níveis bastante distintos, um inferior com grande acúmulo de matéria orgânica, e outro superior, clástico e com rico registro de mega-flora fóssil. Observa-se a ocorrência de um nível de *roof-shale*, com preservação de licófitas arborescentes *in situ*, que dominavam a associação vegetal, associadas a formas de canopia, permitindo inferir uma estratificação no sistema preservado. Além disso, nesse afloramento estão preservados os primeiros registros de *charcoal* do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná, fato que confirma, quando comparado a estudos realizados em outras localidades, uma certa frequência na ocorrência de incêndios vegetacionais durante este período em ambientes vinculados à formação dos níveis de carvão da bacia.

Palavras-chave: Paleozóico Superior; Bacia do Paraná; sistema lagunar; flora *roof-shale*; mega-flora *in situ*; *charcoal*

Quitéria Outcrop, Encruzilhada do Sul, State of Rio Grande do Sul – Lagoonal sediments with a singular phytofossiliferous association of Rio Bonito formation

The Quiteria Outcrop (Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil) is an important paleontological site of the Upper Paleozoic from the South portion of the Paraná Basin, presenting singular phytofossiliferous registers with a great importance to understand the palaeoecological processes occurred in the mire systems of the Gondwana. The outcrop is divided in two levels, one inferior with a lot of organic mater and the other superior, clastic and rich in fossil plants. It can be observed the occurrence of a roof-shale level with the preservation of *in situ* arborescent lycophits, which dominated the association, bound with canopy forms, allowing infer stratification for the preserved system. Also, the area had preserved the first registers of charcoal for the Upper Paleozoic of the Parana Basin and it will confirm, if compared with other studied areas, a frequency in the occurrence of palaeo-wildfires during this period in landscapes associated to the coal formation in the basin.

Key words: Upper Paleozoic; Parana Basin; lagunar system; roof-shale flora; *in situ* mega-flora; charcoal

INTRODUÇÃO

A paleoflora preservada em nível clástico localizado acima da fina camada de carvão no Afloramento Quitéria, corresponde a importante e singular marco do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná. Localizado na zona rural do município de Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul, o afloramento situa-se em uma propriedade particular utilizada, no momento, para criação extensiva de gado bovino. Até a década de 1990 ocorria no sítio a exploração de caulim a céu aberto, a qual, após se tornar inviável economicamente, foi abandonada, sendo o sítio mantido na atual condição de conservação por ações isoladas do proprietário. O caráter artesanal de manejo da frente de lavra, com a utilização de maquinário inadequado e de mão-de-obra não especializada levou à exposição dos níveis fitofossilíferos localizados abaixo da camada de caulim de interesse comercial.

Estudos interdisciplinares, de caráter taxonômico, sedimentológico, estratigráfico, paleoecológico e tafonômico, permitiram identificar a seqüência deposicional, que se constitui em uma exposição isolada e sobre o Escudo Sul Rio-Grandense, na qual está registrada a Formação Rio Bonito, preservada em um bloco abatido segundo direção noroeste. O intervalo de deposição do pacote sedimentar aflorante foi correlacionado com as seqüências finais do trato transgressivo da Formação Rio Bonito, onde os níveis de carvão são delgados (Jasper *et al.* 2006). Estudos paleobotânicos realizados por Jasper & Guerra-Sommer (1998; 1999), Jasper *et al.* (2003), Jasper *et al.* (2005), Jasper *et al.* (2007a; 2007b), Jasper *et al.* (2008) e Salvi *et al.* (2008) revelaram uma composição bastante singular e de grande importância científica para a paleoflora preservada no afloramento (Fig. 1).



Figura 1 - Parátipo de *Coricladus quiteriensis* Jasper *et al.* 2005 (PbU 183 – tombado na coleção do SBP/MCN/UNIVATES) proveniente do nível de *roof-shale* do Afloramento Quitéria.

Figure 1 - Paratype of *Coricladus quiteriensis* Jasper *et al.* 2005 (PbU 183 – stored in the collection of the SBP/MCN/UNIVATES) coming from the *roof-shale* level of the Quitéria Outcrop.

LOCALIZAÇÃO

O afloramento está localizado no município de Encruzilhada do Sul, porção centro-oeste do Estado do Rio Grande do Sul, na borda sudeste da Bacia do Paraná, limitado no cruzamento das coordenadas geográficas 30°17'S – 52°11'W (Fig. 2). O acesso se dá pela Rodovia BR 290: no km 198 é necessário tomar uma via secundária para o sul e seguir por aproximadamente 20 km. O Afloramento Quitéria fica à esquerda da via secundária, em área de campo de pastagem, podendo se observar este ponto da entrada da fazenda.

Ressalta-se que o afloramento é único, não havendo similares nas proximidades. É importante esse destaque, pois a designação “Afloramento Quitéria” tem sido comumente confundida com outros sítios com ocorrências fossilíferas da “Folha de Quitéria”, descrita em estudo regional por Piccoli *et al.* (1991). Essa confusão nomenclatural tem levado a interpretações errôneas sobre a estratigrafia e composição fitofossilífera do referido afloramento. Em análise detalhada da área, Jasper *et al.* (2006) esclarecem que o “Afloramento Quitéria” corresponde à Litofácies VII, descrita por Silva & Menegat (1988) e Piccoli *et al.* (1991) para a “Folha de Quitéria”.



Figura 2 - Mapa de localização do Afloramento Quitéria, Rio Grande do Sul, Brasil (adaptado de Salvi *et al.*, 2008).

Figure 2 - Localization map of the Quitéria Outcrop, Rio Grande do Sul, Brazil (adapted from Salvi *et al.*, 2008).

DESCRIÇÃO DO SÍTIO

O Afloramento Quitéria tem uma seção exposta pouco espessa (6,40 m) e não exhibe contato com o intervalo superposto, erodido, e nem com o soto-posto, que se encontra encoberto. Podem ser identificados dois intervalos deposicionais no afloramento (Fig. 3).

O intervalo basal, com aproximadamente 3,50 m de espessura, de cor cinza-claro a cinza-escuro, com expressivos teores de matéria orgânica, é composto por uma sucessão de camadas de folhelhos carbonosos, conglomerados ricos em matéria orgânica e finas lâminas de carvão. Esse nível inferior limita-se, abruptamente, com o intervalo de topo, com cerca de 2,90 m de espessura, de cor amarelo-escuro a amarelo-pálido, caracterizado pelo predomínio de níveis areníticos e silticos. A característica mais marcante deste intervalo corresponde a uma densa associação de bases caulinares *in situ*, atribuídas a licófitas arborescentes.

A análise faciológica da seção aflorante realizada por Jasper *et al.* (2006) possibilitou identificar 16 fácies, cujos parâmetros diagnósticos incluem critérios geométricos, texturais, estruturais e paleoflorísticos (Fig. 4). O intervalo basal, representado pela Sucessão de Fácies (SF) I a V, registra um modelo deposicional de pântano, associado a uma laguna restrita protegida por ilha de barreira em costa de micro-maré, intercalado por depósitos distais de leques aluviais. O intervalo de topo, correspondente à SF VI a IX, registra leques de *washover* (Fácies VI), que representam o retrabalhamento da barreira devido à transgressão marinha e depósitos de lagunas mais abertas, sem depósito de matéria orgânica (Fácies VII a IX). Essa laguna também estava associada a ilhas de barreiras em costas de meso-maré, com maior incidência de depósitos de *washover*. O padrão de sucessão de fácies revela que a deposição ocorreu em condições de grande suprimento de sedimentos provenientes de leques aluviais distais, com o aumento continuado de espaços de acomodação, em condições regressivas. Essas sucessões representam sete ciclos de variação relativa da lâmina d'água da laguna. O intervalo basal corresponde ao rebaixamento da lâmina d'água e, o intervalo de topo, à elevação do nível d'água.



Figura 3 - Fotocomposição do Afloramento Quitéria, registrando claramente a ocorrência de dois intervalos deposicionais, um basal e de coloração escura e outro de topo, com coloração mais clara (adaptado de Jasper *et al.*, 2006).

Figure 3 - Photocomposition of the Quitéria Outcrop, showing the occurrence of two depositional intervals, one basal with darkness color and the other at the top with clearest color (adapted from Jasper *et al.*, 2006).

Histórico dos Trabalhos e Estudos Anteriores

As primeiras referências ao Afloramento Quitéria são feitas por Silva & Menegat (1988) e Piccoli *et al.* (1991), quando da realização de mapeamento geológico na região. Estes autores destacam a presença, na Área de Quitéria (Folha de Quitéria), de uma seção aflorante de características singulares, com ocorrência de lito e biofácies bastante distintas daquelas encontradas no restante da área de estudo. A seção aflorante típica, identificada como litofácies VII por Piccoli *et al.* (1991), é denominada, a partir do estudo de Jasper & Guerra-Sommer (1998), como Afloramento Quitéria.

Jasper & Guerra-Sommer (1998; 1999) descrevem a ocorrência de bases caulinares de licófitas cormofíticas arborescentes procedentes de um nível de *roof-shale* do afloramento. Considerando as condições paleoambientais em que este grupo de plantas se desenvolvia e ainda os modelos propostos para o intervalo gerador de turfa no Permiano da Bacia do Paraná (Alves & Ade, 1996; Holz, 1998) é inferida para o afloramento a vigência de um sistema deposicional do tipo laguna/barreira, com incidência periódica de eventos de *washover*.

Guerra-Sommer *et al.* (2001), ao estabelecerem relações entre as características paleoecológicas de diferentes tafofloras do Permiano Inferior da Bacia do Paraná e a evolução climática nesse intervalo de tempo, vinculam a paleoflora procedente do Afloramento Quitéria ao segundo estágio evolutivo da flora vigente durante o intervalo gerador de carvões. Nesse estágio, a composição paleoflorística se ca-

racteriza pela introdução de novos taxons, e não apenas à reorganização de diferentes elementos, como ocorrido no primeiro estágio, o qual reflete floras desenvolvidas em regimes climáticos periglaciais (Grupo Itararé).

A caracterização de diferentes *taxa* preservados na associação megaflorística do Afloramento Quitéria efetuadas por Jasper *et al.* (2003; 2005; 2006; 2007a) e Salvi *et al.* (2008) foram importantes para a correlação dessa paleoflora com associações similares do Gondwana.

A identificação de *Botrychiopsis valida* (Fig. 5) como elemento para-autóctone nessa flora (Jasper *et al.*, 2003; 2007a), permitiu definir uma hierarquia estratigráfica entre as diferentes espécies do gênero no Gondwana. Com base nesta distribuição, um esquema fitoestratigráfico foi proposto para o Sul da Bacia do Paraná. Estes estudos permitiram confirmar também que as distribuições temporal, geográfica e paleoambiental das diferentes espécies atribuídas ao gênero estiveram estreitamente relacionadas a diferentes fases de estágio *icehouse* no Paleozóico. Dessa forma, as formas relacionadas a *Botrychiopsis weissiana* desenvolveram-se em climas frios associados à sedimentação periglacial (Westfaliano); já *Botrychiopsis plantiana* ocorria em floras interglaciais de climas temperados (*cool-temperate*) (Estefaniano/Asseliano); e, finalmente, *Botrychiopsis valida* foi registrada em comunidades procedentes de seqüências associadas a carvões em condições de clima temperado-ameno (caso do Afloramento Quitéria), na fase final de deglaciação (Sakmariano).

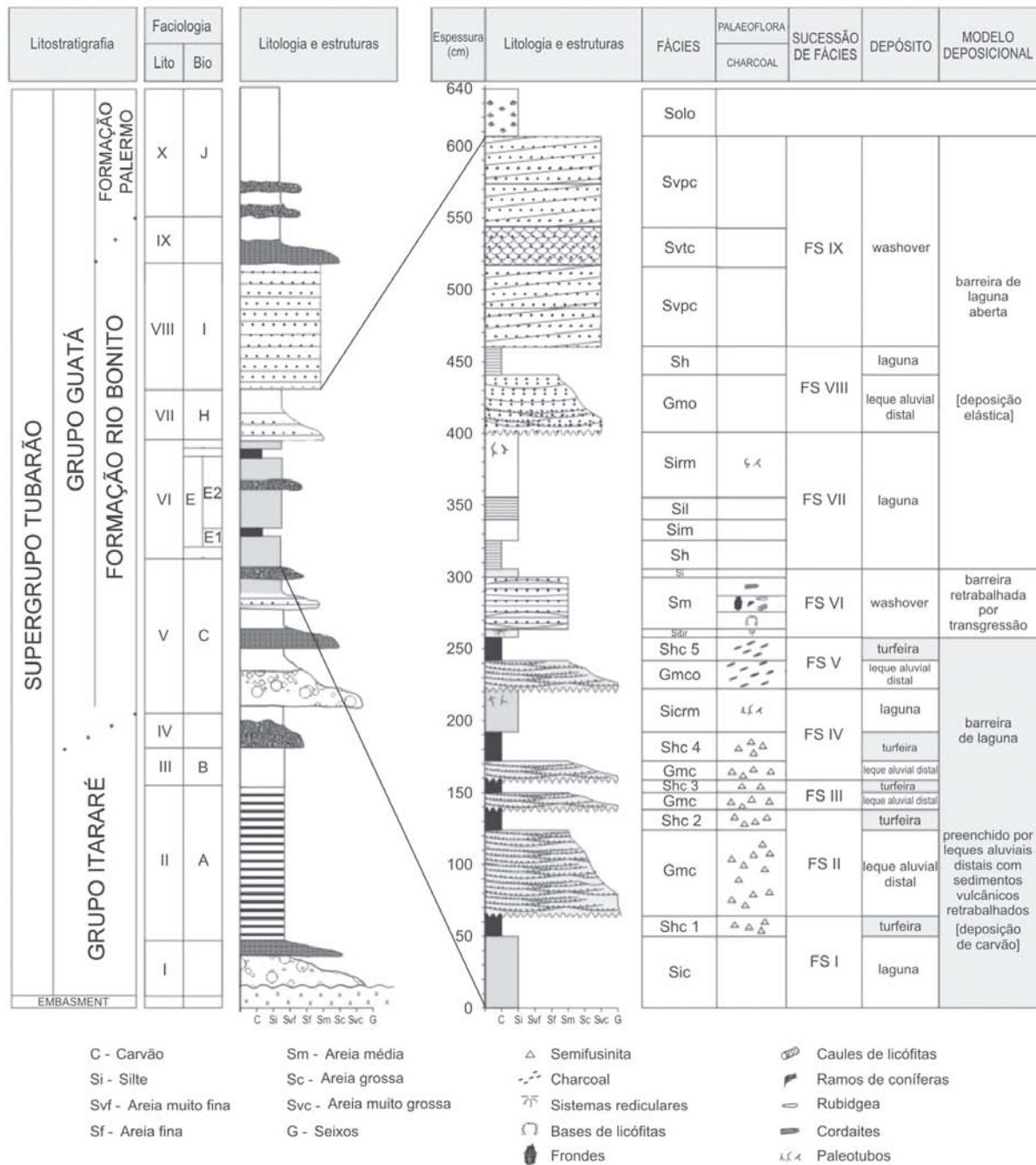


Figura 4 - Perfil colunar do Afloramento Quitéria, destaque para os níveis de ocorrênciaossilífera, Sucessão de Fácies (SF) e interpretação de ambiente deposicional. Simbologia utilizada para a identificação das fácies: siltito carbonoso (Sic); folhelho carbonoso com lentes de carvão (Shc); conglomerado de matriz carbonosa (Gmc); conglomerado de matriz carbonosa com matéria orgânica dispersa (Gmco); siltito carbonoso com marcas de raízes (Sicrm); siltito com raízes de *Brasilodendron pedroanum* (Sibr); arenito médio com estrutura planar (Sm); siltito (Si); folhelho carbonoso (Sh); siltito maciço (Sim); siltito com laminação (Sil); siltito com marcas de raízes (Sirm); arenito fino com estratificação cruzada planar (Svpc); arenito fino com estratificação cruzada (Svtc) (adaptado de Jasper *et al.*, 2006; Guerra-Sommer *et al.*, 2008; Jasper *et al.*, *in press*).

Figure 4 - Columnar section of the Quitéria outcrop, with emphasis to the levels with fossil contains, Facies Succession (SF) and interpretation of the depositional landscape. Used symbols for the identification of the facies: coaly siltstone (Sic); coaly shale and coal (Shc); matrix-supported conglomerate (Gmc); coaly matrix-supported conglomerate (Gmco); coaly siltstone with root marks (Sicrm); siltstone with *Brasilodendron pedroanum* roots (Sibr); medium sand (Sm); siltstone (Si); shale to coaly shale (Sh); massive siltstone (Sim); siltstone with lamination (Sil); siltstone with root marks (Sirm); very coarse sandstone with planar cross bedding (Svpc); very coarse sandstone with through cross bedding (Svtc) (after Jasper *et al.*, 2006; Guerra-Sommer *et al.*, 2008; Jasper *et al.* *in press*).



Figura 5 - Impressão de fronde de *Botrychiopsis valida* encontrada no nível de *roof-shale* do Afloramento Quitéria (Fácies Sm), apresentando ráquis robusta e pínulas reniformes bem definidas.

Figure 5 - Impression from *Botrychiopsis valida* frond found at the *roof-shale* level of the Quitéria Outcrop (Sm Facies), presenting a robust rachis and reniform pinules well defined.

A presença de ramos de coníferas, frequentemente com estruturas férteis organicamente conectadas, permitiu a descrição de um novo táxon identificado como *Coricladus quiteriensis* por Jasper *et al.* (2005) (Fig. 6). A abundância, o estágio de preservação excelente e a distribuição espacial dessas formas na tafoflora, permitiram confirmar que essas plantas eram comuns em ambientes de terras baixas litorâneas no Permiano Inferior da Bacia do Paraná.

A integração de dados paleontológicos e dados obtidos com aplicação de parâmetros relacionados à estratigrafia de seqüências estabelecida por Jasper *et al.* (2006) no Afloramento Quitéria permitiu concluir que os dois intervalos deposicionais identificados representam distintas condições de dinâmica costeira (Fig. 4). O intervalo basal representa um sistema deposicional de laguna costeira protegido por barreira em condições de micro-maré onde houve a formação de turfeiras em terras baixas, assoreadas por leques aluviais distais que retrabalharam detritos de origem vulcânica (Fig. 7) anteriormente depositados em terras mais altas. Nas assembléias palinológicas preservadas nos carvões e folhelhos carbonosos (Fig. 8) a presença de acritarcos (*Tetraporina*, *Brazilea*,



Figura 6 - Holótipo de *Coricladus quiteriensis* Jasper 2005 (PbU 074 – tombado na coleção do SBP/ MCN/ UNIVATES) proveniente do nível de *roof-shale* do Afloramento Quitéria.

Figure 6 - Holotype of *Coricladus quiteriensis* Jasper *et al.* 2005 (PbU 074 – stored in the collection of the SBP/ MCN/ UNIVATES) coming from the *roof-shale* level of the Quitéria Outcrop.

Portalites e *Quadrisporites*) e algas (*Botryococcus*) confirma a vigência de um sistema costeiro. Na associação esporo-polínica, evidencia-se a predominância de esporos de licófitas arbóreas, ocorrendo de forma complementar esporos de licófitas herbáceas, de filicófitas e de esfenófitas, além de polens de gimnospermas (*Cordaites*, *Glossopteris* e coníferas). Na palinoflora dos níveis conglomeráticos ocorre o marcado aumento de polens monossacados derivados de *Cordaites*, refletindo transporte desde áreas vegetacionais melhor drenadas e mais internas do sistema.

O intervalo clástico superposto ao intervalo basal representa o mesmo sistema, porém em condições mais abertas geradas pelo seccionamento da barreira provocado por leques de *washover*, gerando uma planície de *washover*. Um depósito episódico, cuja procedência foi litorânea, re-configurou a morfologia do sistema deposicional, gerando solos arenosos e pobres em nutrientes, os quais constituíram substrato para o início de um novo processo de sucessão vegetal, aqui caracterizado como uma flora *roof-shale*, constituindo-se as licófitas arbóreas no grupo vegetal pioneiro.

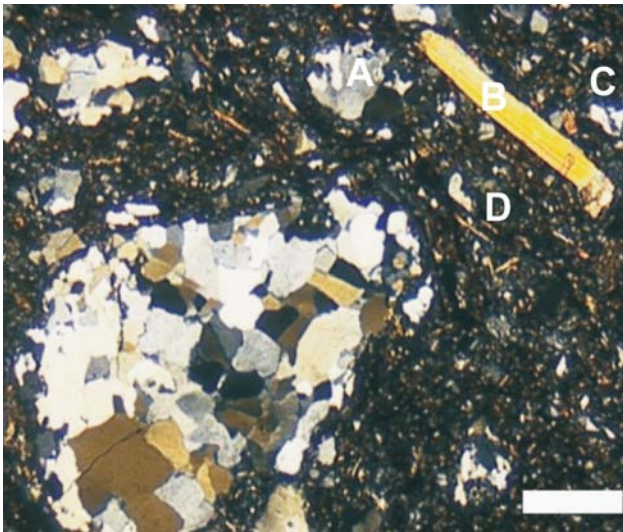


Figura 7 - Microfotografia óptica de lâmina petrográfica do nível inferior do Afloramento Quitéria (especificamente Fácies Gmco) apresentando: fragmentos líticos – granito (a); fragmentos de cristais – muscovita (b) e quartzo (c); fragmentos de vidro vulcânico original (d) (adaptado de Jasper *et al.* (2008)).

Figure 7 - Optical microphotography of petrographic blade from the basal level of the Quitéria Outcrop (Gmco Facies) presenting: Litic fragments – granite (a); Cristal fragments – muscovite (b) and quartz (c); Original Volcanic Glass fragments (d) (after Jasper *et al.* (2008)).

A abundância, no nível de *roof-shale*, de bases cormofíticas de licófitas (*Brasilodendron pedroanum*) com raízes faciculadas encontradas *in situ* (Fig. 9) e, associadas a elas, formas relacionadas a *Botrychiopsis valida*, frondes de rodeopterídeas, licófitas herbáceas com estruturas reprodutivas em conexão (*Lycopodites* sp.), ramos estéreis de coníferas associados organicamente a ramos férteis (*Cori cladus quiteriensis*), permitiu inferir na associação a presença de formas de canopia e formas de soto-bosque, depositadas de forma autóctone.

A presença de raras folhas para-autóctones de protoglossopterídeas (?*Rubidgea* sp. – Fig. 10), indica que essas formas também se desenvolviam em áreas mais restritas do grande ambiente costeiro; por outro lado, a presença exclusiva de folhas de ?*Cordaites* sp. (Fig. 11) concentradas em lentes areníticas no topo do *roof-shale*, permite inferir que leques distais de *washover* transportaram e depositaram fragmentos de associações de plantas provenientes de áreas mais internas e bem drenadas da planície de inundação.

A integração dos dados permitiu inferir que a flora *roof-shale* constitui uma sucessão florística au-

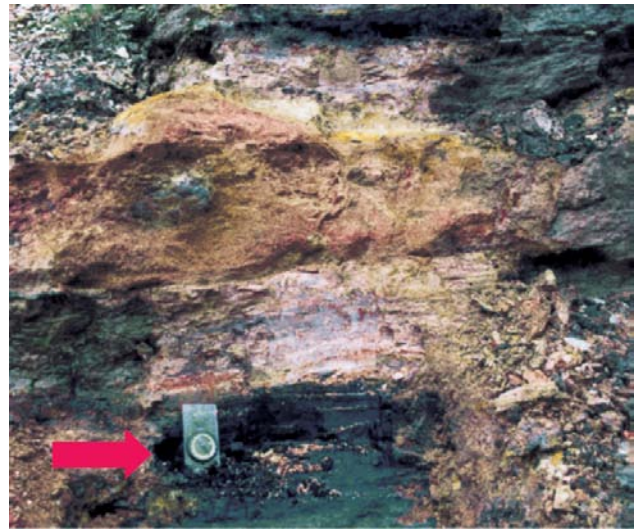


Figura 8 - Detalhe do contato do nível inferior, rico em matéria orgânica, e do nível superior, clástico, do Afloramento Quitéria. Destaque para a Fácies Gmco (seta), cuja microfotografia da lâmina petrográfica foi reproduzida na Fig. 7.

Figure 8 - Detail of the contact of the basal level, rich in organic mater, and the upper level, clastic, of the Quitéria Outcrop. Featured the Gmco Facies (arrow), whose microphotography was represented in Fig. 7.



Figura 9 - Base caulinar comprimida e *in situ* de *Brasilodendron pedroanum* encontrada no nível de *roof-shale* do Afloramento Quitéria (Fácies Sm).

Figure 9 - Compressed and *in situ* caulinar base of *Brasilodendron pedroanum* from the roof-shale level of the Quitéria Outcrop (Sm Facies).



Figura 10 - Impressão de fragmento de fronde de *?Rubidgea* sp. encontrada no nível de *roof-shale* do Afloramento Quitéria (Fácies Sm). Note-se a preservação, na mesma amostra, de microfilos e porção do caule de *Brasilodendron pedroanum* (porção inferior da amostra).

Figure 10 - Impression from a fragment of *?Rubidgea* sp. frond found at the roof-shale level of the Quitéria Outcrop (Sm Facies). Observe the preservation, in the same sample, of microphylls and portion from a stem of *Brasilodendron pedroanum* (basal portion of the sample).

tóctone/parautóctone desenvolvida em terras baixas, em solos clásticos costeiros, em condições de baixa disponibilidade de nutrientes, estressantes para a maioria das plantas terrestres. Essas comunidades, dominadas por licófitas arborescentes cormofíticas se constituem em marcadores paleoecológicos e paleoclimáticos no Gondwana.

As análises de Jasper *et al.* (2006) permitiram também evidenciar a similaridade composicional entre a paleocomunidade vegetal depositada de maneira autóctone no nível de *roof-shale*, representada por uma associação megaflorística, e a comunidade subjacente, para-autóctone, geradora de turfas, detectada por assembléias palinológicas.

A primeira ocorrência de *charcoal* (*sensu* Jones & Chaloner, 1991) para o Paleozóico Superior da Bacia do Paraná, indicada por Jasper *et al.* (2006), é confirmada por Jasper *et al.* 2007b e Jasper *et al.* (2008) para o Afloramento Quitéria. Os fragmentos de *charcoal*, provenientes dos conglomerados, do intervalo inferior da seqüência estudada variam entre 0,9 – 4,2 cm de comprimento

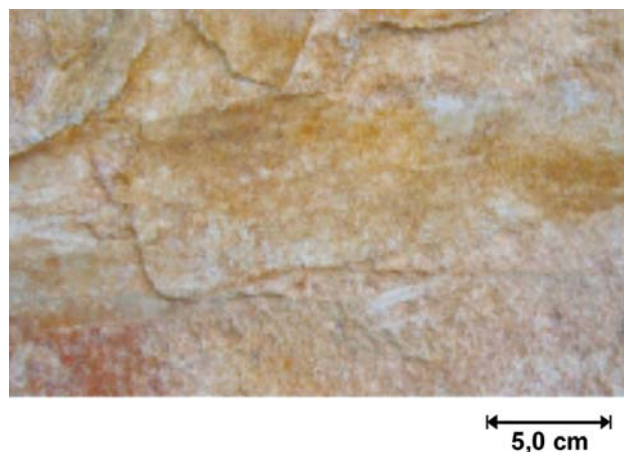


Figura 11 - Impressão de fragmento de fronde de *?Cordaites* sp. encontrada no nível de *roof-shale* do Afloramento Quitéria (Fácies Sm). Note-se que o sedimento em que estas amostras se encontram preservadas é constituída por um arenito mais grosseiro, representando as lentes descritas por Jasper *et al.* (2006).

Figure 11 - Impression from a fragment of *?Cordaites* sp. frond found at the roof-shale level of the Quitéria Outcrop (Sm Facies). Observe that the sediment of preservation from the samples is thick sandy, representing the lenses described by Jasper (2006).

e 0,3 – 0,7 cm de espessura. As características anatômicas dos fragmentos de lenho carbonizado (Fig. 12) permitiram estabelecer afinidades taxonômicas que confirmam a sua correlação com coníferas e licófitas, elementos comuns no nível de *roof-shale*.

Outros autores (Holz *et al.*, 2002; Silva & Kalkreuth 2005; Kalkreuth *et al.*, 2006), já cogitavam, com base na ocorrência de fusinitas em camadas de carvão, a possibilidade de ocorrência de incêndios vegetacionais nos sistemas geradores de turfeiras que deram origem aos depósitos de carvão da Bacia do Paraná. Todavia, como os próprios autores referem, a confirmação da ocorrência de incêndios vegetacionais nesses ambientes apenas seria possível após a coleta de *charcoal*, tendo em vista que a fusinita poderia ter sua origem relacionada a outros eventos que não o fogo. Como os estudos de Scott & Glasspool (2007) associam a fusinita de forma direta à ocorrência de incêndios vegetacionais, as evidências levantadas por Holz *et al.* (2002), Silva & Kalkreuth (2005) e Kalkreuth *et al.* (2006) merecem uma avaliação mais detalhada, tendo em vista os resultados obtidos por Jasper *et al.* (2007b) para o Afloramento Quitéria.

Tendo em vista o ineditismo de diferentes espécimes procedentes do Afloramento Quitéria, os com-

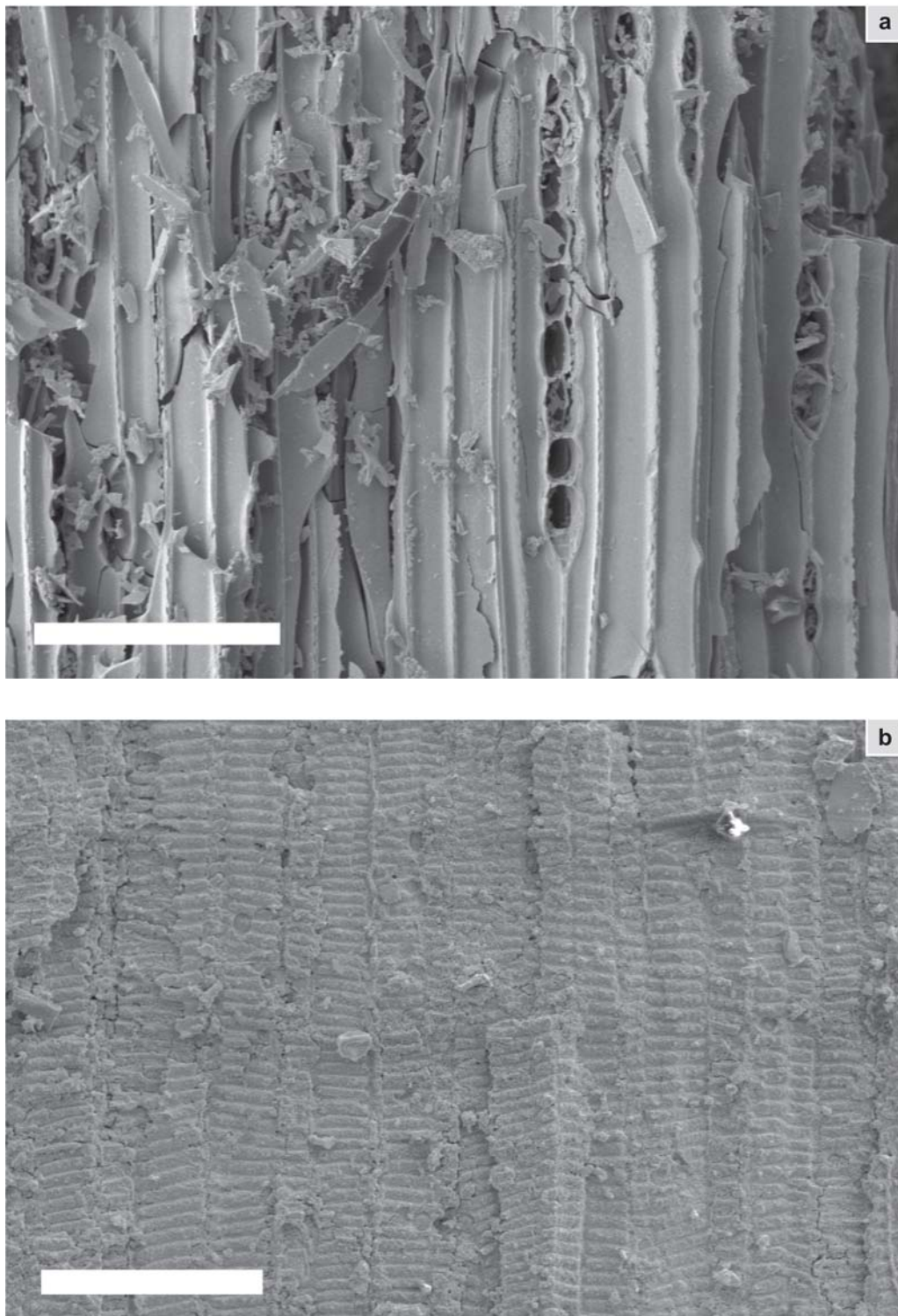


Figura 12 - Microfotografias em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) de fragmentos de *charcoal* provenientes do nível inferior do Afloramento Quitéria (Fácies Gmco): **(a)** fragmento de afinidade gimnospérmica com destaque para traqueídeos em posição longitudinal e ocorrência de feixes transversais simples (escala gráfica correspondendo a 20 μm); **(b)** fragmento de afinidade licofítica, com traqueídeos apresentando a típica pontuação escalariforme das criptógamas vasculares (escala gráfica correspondendo a 20 μm). (adaptado de Jasper *et al.*, (2008).

Figure 12 - Electronic microphotographs from charcoal fragments providing from the basal level of the Quitéria Outcrop (Gmco Facies): **(a)** fragment with gymnospermic affinity with feature to the tracheids in longitudinal position and the occurrence of simple transversal rays (scale corresponds to 20 μm); **(b)** fragment with lycopod affinity, with tracheids presenting the typical scalariform pitting of the vascular criptógamas (scale corresponds to 20 μm). (adapted from Jasper *et al.*, (2008).

ponentes dessa paleoflora continuam sendo fonte de pesquisa relevante. Como exemplo disto, Salvi *et al.* (2008) descrevem as formas de licófitas herbáceas procedentes do nível de *roof-shale*, referidas por Jasper *et al.* (2006) pertencentes ao gênero *Lycopodites*, como uma nova espécie de licófitas herbáceas (*Lycopodites riograndensis*). Salvi *et al.* (2008) destacam, ainda, que esta espécie tem correlações filogenéticas com representantes do gênero *Lycopodites* encontrados na localidade de Cerquilho, Fazenda Itapema, São Paulo, Brasil, Porção Superior do Subgrupo Itararé, Formação Tietê, de idade Asseliano/Sakmariana.

SINOPSE SOBRE A ORIGEM, EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E IMPORTÂNCIA DO SÍTIO

Durante o Permiano Inferior (Kunguriano), há cerca de 275 M.a., o local que hoje é chamado de Afloramento Quitéria era uma laguna costeira que integrava o grande sistema litorâneo do Sudoeste do megacontinente Gondwana (Fig. 13). A vegetação que dominava o local possuía um estrato dominante constituído por licófitas, e um soto-bosque onde cresciam coníferas, pteridospermas, licófitas herbáceas e filicófitas (Fig. 14).

Devido às condições relativamente calmas da parte interna da laguna, a matéria orgânica produzida a partir das plantas que cresciam no seu entorno acabou por se acumular em seu fundo, o que deu origem ao nível inferior do afloramento, mais escuro e rico em matéria orgânica (Fig. 2).

No mesmo intervalo de tempo em que ocorria o acúmulo da matéria orgânica na laguna, carvões provenientes de incêndios na vegetação de entorno, os quais eram gerados por processos de vulcanismo, também eram conduzidos para o seu interior, fato que pode ser

comprovado pela preservação de fragmentos de carvão vegetal (conhecido pelo termo inglês *charcoal*) junto a grãos de pólen e pedaços de vidro vulcânico original.

Por ser uma região litorânea, a incidência de eventos dramáticos, como tempestades, por exemplo, acabou por abalar o equilíbrio da laguna, enchendo-a de areia proveniente da sua barreira. Esta areia, por sua vez, fez com que fosse possível a implantação, por toda a área, da vegetação que antes estava restrita apenas às margens da laguna (Fig. 14). Apesar de ser bastante resistente às mudanças ambientais, a vegetação não resistiu a um último evento de tempestade, que cobriu toda a porção litorânea exposta no Afloramento Quitéria. Graças aos processos de fossilização, esta vegetação ficou preservada em um nível de teto (conhecido pelo termo inglês *roof-shale*), o qual pode ser observado como a porção amarelo-clara imediatamente acima do nível mais escuro do Afloramento (Fig. 2).

Depois de abalado o equilíbrio do ambiente local, a vegetação, antes abundante, não conseguiu se implantar novamente na área, formando-se a o nível de deposição final, constituído de caulim, que pode ser visto no Afloramento.

Depois destes eventos de deposição, muitas outras rochas se formaram sobre o sistema, favorecendo a finalização do processo de fossilização dos restos de seres vivos que viviam na área. O último evento, que acabou por encobrir toda a região Sul do Brasil, foi a formação da Serra Geral, associado ao movimentos de separação da América do Sul da África, que continuam se manifestando até hoje, mas em escala de intensidade menor.

Terminado o recobrimento profundo do local, começou um processo inverso, ou seja, o de exposição do agora já consolidado nível que hoje conhecemos como Afloramento Quitéria. A retirada das ro-

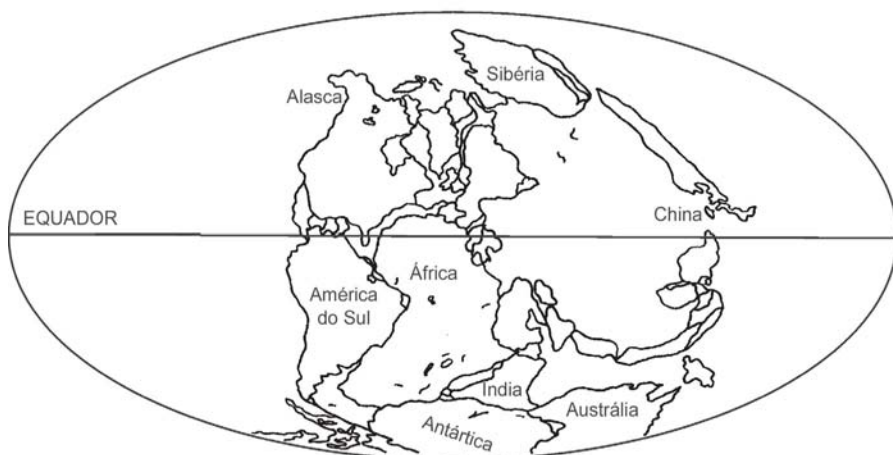


Figura 13 - Distribuição das massas continentais durante o Permiano com destaque para a posição o megacontinente Gondwana, formado pela América do Sul, África, Antártica, Índia e Austrália.

Figure 13 - Continental mass distribution in the Permian, featured to the position of the Gondwana megacontinent, formed by South America, Africa, Antarctic, India and Australia.

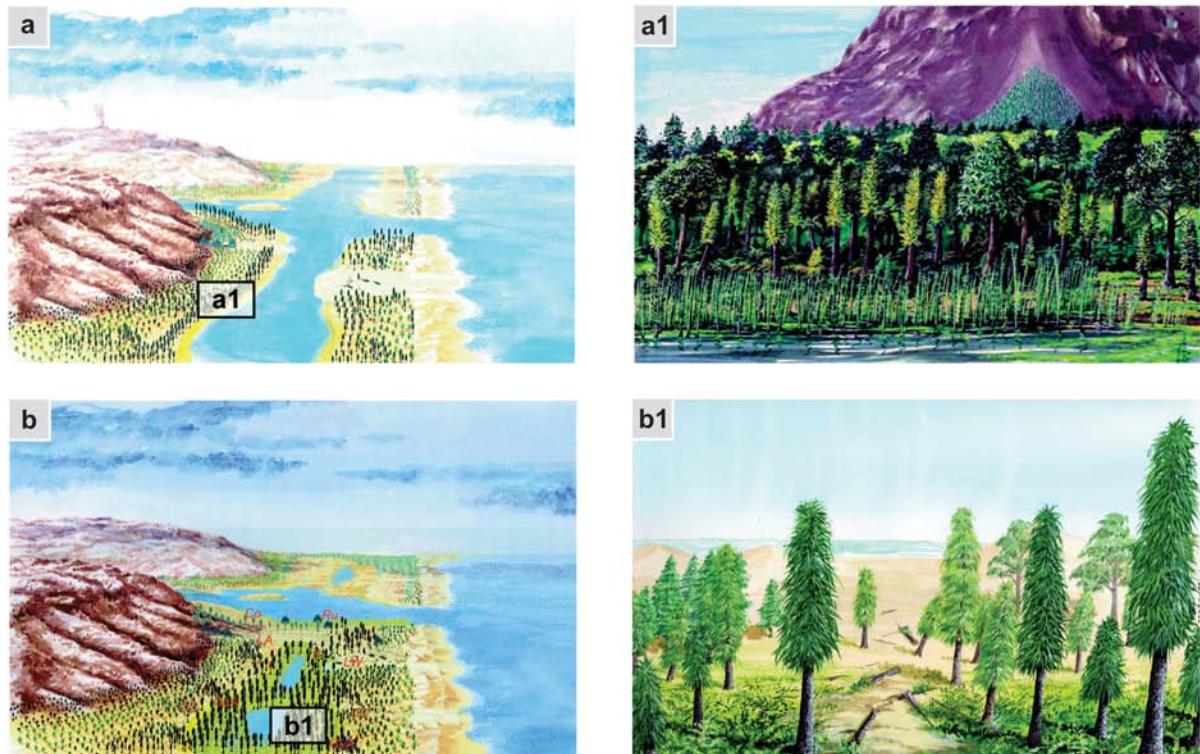


Figura 14 - Reconstrução do ecossistema costeiro dominado por leques de *washover* preservado no Afloramento Quitéria; **(a)** Reconstrução paleoecológica do intervalo de deposição de carvão; **(a1)** detalhe da comunidade vegetal formadora da turfeira; **(b)** reconstrução paleoecológica do intervalo clástico sobreposto; **(b1)** detalhe da comunidade vegetal do intervalo clástico (baseado em Guerra-Sommer *et al.*, 2008).

Figure 14 - Reconstruction the coastal ecosystem dominated by washover fans preserved on the Quiteria Outcrop. **(a)** Palaeoecological reconstruction for the coal deposition interval; **(a1)** detail of the peat-forming plant community; **(b)** palaeoecological reconstruction for the overlying clastic deposition interval; **(b1)** detail of the clastic plant community (after Guerra-Sommer *et al.*, 2008).

chas e sedimentos com idade inferior aquelas que são ali observadas se deu por meio de processos de erosão que duraram milhões de anos, fazendo com que, em tempos atuais, ficasse ao nível do solo o nível de caulim depositado por último no pequeno sistema.

Tendo em vista o interesse econômico do caulim, na década de 1980, houve o início da exploração deste material na área. Como os mineradores não tinham idéia da real extensão da reserva, era necessário utilizar equipamentos mecanizados para abrir uma frente de lavra. Com este procedimento, a cava formada ultrapassou os limites do caulim, expondo os níveis inferiores que contêm os fósseis hoje tão importantes para a paleobotânica.

Todavia, apenas no final da década de 1980, por meio das atividades de mapeamento geológico realizadas por graduandos em geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o Afloramento se tornou conhecido para a ciência, vindo a ser detalhadamente estudado e revelando importantes informações de cunho inovador para a paleobotânica, bioestratigrafia e biogeografia local, regional e mundial.

MEDIDAS DE PROTEÇÃO

Medidas Existentes

Atualmente o Afloramento Quitéria se encontra sob responsabilidade do proprietário da fazenda em que se localiza, não havendo medidas de proteção ou de restrição de exploração implantadas oficialmente. A ação do ambiente sobre a frente de lavra tem prejudicado as condições de visualização da mesma. As coletas sem orientação e, por vezes destrutivas, continuam acontecendo. Além disso, devido à distribuição do material proveniente do local em diferentes coleções, não há clareza do total de espécimes ali encontrados.

Medidas Encaminhadas

Destaca-se que o proprietário da área é sempre solícito em relação às atividades de campo realizadas no local, de forma que ele, de forma informal, controla o acesso ao Afloramento. Todavia, como se depen-

de, única e exclusivamente, da iniciativa do Sr. Francisco Goulart, muitas vezes ações inadequadas de coleta acabam por prejudicar a visualização do material aflorante. Por outro lado, a suspensão, não para fins de conservação, mas devido à inviabilidade econômica, da extração de caulim, tem sido uma forma indireta de preservação dos níveis fitofossilíferos.

Problemas na Implementação das Medidas

Por se tratar de um afloramento isolado e localizado em propriedade particular, a operacionalização de atividades de proteção são bastante prejudicadas. Porém, como já referido, a boa vontade do proprietário parece ser uma meio que facilitaria a sua implementação. Por fim, a reduzida quantidade de recursos públicos destinados à conservação do patrimônio fossilífero brasileiro inviabilizam, por hora, ações efetivas de controle e conservação de tão importante sítio da Bacia do Paraná.

Sugestões dos Autores

Medidas que parecem adequadas e de fácil implantação são: tombamento do Afloramento (em contato com o proprietário, esta ação foi aventada, sendo muito bem recebida pelo mesmo); proteção e cercamento da área, principalmente da frente de lavra; abertura de novas frentes para fins de estudos científicos e didáticos; regulação dos processos de coleta por meio de visitas orientadas e acompanhadas por especialistas; integração dos dados das coleções que possuem espécimes provenientes do Afloramento Quitéria e organização de um cadastro único de material, para fins de viabilização de estudos posteriores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, R.G.; Ade, M.V.B. 1996. Sequence stratigraphy and coal petrography applied to the Candiota coalfield, Rio Grande do Sul, Brazil: a depositional model. *International Journal of Coal Geology*, **30**: 231–248.
- Guerra-Sommer, M.; Cazzulo-Klepzig, M.; Menegat, R. 2001. Roof-shale floras in Early Permian southern Brazilian Gondwana: evidences of the icehouse waning. In: Weiss, R. H. (Ed.), *Contributions to Geology and Palaeontology of Gondwana in honour of Helmut Wopfner*. 231–251.
- Guerra-Sommer, M.; Cazzulo-Klepzig, M.; Jasper, A.; Kalkreuth, W.; Menegat, R.; Barboza, E.G. 2008. Paleocological patterns at the coal-roof shale transition in an outcrop of the Permian Brazilian Gondwana. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **11(1)**: 11-26.
- Holz, M. 1998. The Eopermian coalseams of the Paraná basin in southernmost Brazil: an analysis of the depositional conditions using sequence stratigraphy concepts. *International Journal of Coal Geology*, **36**: 141-164.
- Holz, M.; Kalkreuth, W.; Banerjee, I. 2002. Sequence Stratigraphy of paralic coal-bearing strata: an overview. *International Journal of Coal Geology*, **48**: 147-179.
- Jasper, A.; Guerra-Sommer, M. 1998. Licófitas cormofíticas arborescentes do Afloramento Quitéria, Formação Rio Bonito (Bacia do Paraná), RS. *Pesquisas*, **25**: 43-60.
- Jasper, A.; Guerra-Sommer, M. 1999. Licófitas arborescentes *in situ* como elementos importantes na definição de modelos deposicionais (Formação Rio Bonito - Bacia do Paraná - Brasil). *Pesquisas*, **26**: 49-58.
- Jasper, A.; Guerra-Sommer, M.; Cazzulo-Klepzig, M.; Menegat, R. 2003. The *Botrychiopsis* genus and its chronostratigraphic implication in Southern Paraná Basin. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **75**: 513-535.
- Jasper, A.; Ricardi-Branco, F.; Guerra-Sommer, M. 2005. *Coricladus quiteriensis* gen. et sp. nov., a new conifer in Southern-Brazil Gondwana (Lower Permian, Paraná Basin). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **77**: 157-168.
- Jasper, A.; Menegat, R.; Guerra-Sommer, M.; Cazzulo-Klepzig, M.; Souza, P.A. 2006. Depositional cyclicity and paleoecological variability in Quitéria Outcrop - Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**: 276-293.
- Jasper, A.; Guerra-Sommer, M.; Cazzulo-Klepzig, M.; Iannuzzi, R. 2007a. Biostratigraphic and paleoclimatic significance of *Botrychiopsis* fronds in the Gondwana realm. In: Wong, T. (Org.), *Proceedings of the XVth International Congress on Carboniferous and Permian Stratigraphy. Utrecht, 10-16 August 2003*. Amsterdam: Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, **v.1**, 379-388.
- Jasper, A.; Guerra-Sommer, M.; Uhl, D.; Salvi, J.; Kauffmann, M.; Osterkamp, I.C.; Gonçalves, C.V. 2007b. A ocorrência de incêndios vegetacionais durante o Paleozóico Superior da Bacia do Paraná. In: Carvalho, I. de S. *et al.* (Ed.), *Paleontologia: cenários de vida*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, **v.1**: 13-24.
- Jasper, A.; Uhl, D.; Guerra-Sommer, M.; Mossbrugger, V. 2008. Palaeobotanical evidence of wildfires in the Late Palaeozoic of South America – Early Permian, Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Rio Grande do Sul State, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. **26**:435-444.
- Jones, T.P.; Chaloner, W.G. 1991. Fossil charcoal, its recognition and palaeoatmospheric significance. *Paleo*, **3**, **91**: 39-50.

- Kalkreuth, W.; Holz, M.; Machado, G.; Mexias, A.; Silva, M.B.; Willett, J.; Finkelman, R.; Burger, H. 2006. Petrology and chemistry of Permian coals from the Paraná Basin: 1. Santa Terezinha, Leão-Butiá and Candiota Coalfields, Rio Grande do Sul, Brazil. *International Journal of Coal Geology*, **68**: 79-116.
- Piccoli, A.E.M.; Menegat, R.; Guerra-Sommer, M.; Marques-Toigo, M.; Porcher, C.C. 1991. Faciologia da seqüência sedimentar nas folhas de Quitéria e Várzea do Capivarita, Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, **18**: 31-43.
- Salvi, J.; Jasper, A.; Ricardi-Branco, F.; Guerra-Sommer, M.; Bernardes-de-Oliveira, M.E. 2008. The *Lycopodites* genus in the Lower Permian of the Paraná Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **80**(3): 1-11.
- Scott, A.C.; Glasspool, I. 2007. Observations and experiments on the origin and formation of inertinite group macerals. *International Journal of Coal Geology*, **70**: 53-66.
- Silva, M.B.; Kalkreuth, W. 2005. Petrological and geochemical characterization of Candiota coal seams, Brazil – Implication for coal facies interpretations and coal rank. *International Journal of Coal Geology*, **64**: 217-238.
- Silva, O.; Menegat, R. 1988. *Geologia da Faixa IV. Projeto Quitéria-Várzea do Capivarita*. Porto Alegre: Instituto de Geociências da UFRGS. Trabalho de Graduação. **v.1**: 198 pp.; **v.2**: 68 pp.

¹ Setor de Botânica e Paleobotânica do Museu de Ciências Naturais da UNIVATES (SBP/MCN/UNIVATES); Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento da UNIVATES (PPGAD/UNIVATES), Avenida Avelino Tallini, 171, Universitário, CEP 95.900-000, Lajeado, RS, Brasil.

² Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Avenida Bento Gonçalves 9.500, Agronomia, CEP 91.509-900, Porto Alegre, RS, Brasil.

³ Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) Caixa Postal 6.152 – CEP 13.083-970, Campinas, SP, Brasil.

⁴ Bolsista de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq).

¹ André Jasper – ajasper@univates.br

^{2,4} Margot Guerra-Sommer – mangot.sommer@ufrgs.br

² Rualdo Menegat – rualdo.menegat@ufrgs.br

^{2,4} Miriam Cazzulo-Klepzig – miriam.klepzig@ufrgs.br

³ Fresia Soledad Ricardi Torres Branco – fresia@ige.unicamp.br

¹ Juliana Salvi – jusalvi@univates.br

■ Trabalho divulgado no site da SIGEP <<http://www.unb.br/ig/sigep>>, em 05/08/2008, também com versão em inglês.



ANDRÉ JASPER

Graduado em Ciências Biológicas pela UNISINO (1994), Mestre em Geociências pela UFRGS (1996) e Doutor em Ciências (Geociências) pela UFRGS (2004). Possui Pós-Doutorado na Eberhard Karl Universität Tübingen, Tübingen, Alemanha (2006). Atualmente é Professor Titular da UNIVATES, atuando em cursos de graduação e no PPG em Ambiente e Desenvolvimento. É Professor Convidado do PPG em Geociências da UNICAMP e do PPG em Ecologia Aplicada da Halmstad University, Suécia. Desenvolve pesquisas institucionais e interinstitucionais, através de acordos de cooperação com grupos nacionais e estrangeiros. Sua principal área de atuação é a Paleobotânica abordando, principalmente, os seguintes temas: Paleocêndios vegetacionais e suas implicações (análise e estudo de carvão); Paleofloras Gondwânicas; Evolução de Biomas Terrestres (Paleoecologia).



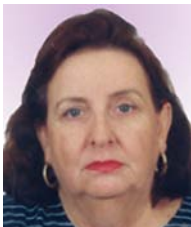
MARGOT GUERRA-SOMMER

Graduada em História Natural pela UFRGS (1970), mestrado (1973) e doutorado em Geociências pela UFRGS (1989); Docente e Orientador de Mestrado e Doutorado junto ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS. Desenvolve pesquisas nos seguintes temas: anéis de crescimento em lenhos fósseis e interpretações paleoclimáticas; taxonomia de lenhos permineralizados de bacias permianas e mesozóicas; estrutura de epidermes vegetais fósseis; índices estomatíferos como indicadores de CO₂ paleoatmosférico, análises paleobotânicas e a definição de biomas paleozóicos e mesozóicos; roof-shale floras e sua relação com a biomassa de carvões gondwânicos.



RUALDO MENEGAT

Professor do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da UFRGS, geólogo, Mestre em Geociências (UFRGS – 1992), Doutor em Ciências na área de Ecologia de Paisagem (UFRGS – 2006). Editor da Revista Episteme do Grupo Interdisciplinar em Filosofia e História das Ciências do Instituto de Estudos Avançados da UFRGS, assessor científico da National Geographic Brasil. Publicou entre outros, os livros Atlas Ambiental de Porto Alegre (2006), Desenvolvimento sustentável e gestão ambiental das cidades (2004), e Visões da Terra (2008).



MIRIAM CAZZULO-KLEPZIG

Graduado em História Natural, Mestre e Doutor em Geociências (Palinologia) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, atualmente Pesquisador Convidado do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área de Paleontologia Estratigráfica, atuando principalmente em Palinostratigrafia, Reconstrução de unidades de paisagem e ambientes de formação de carvões e Geocronologia.



FRESIA SOLEDAD RICARDI TORRES BRANCO

Possui graduação em Geografia - Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Geografía (1988), mestrado em Geociências (Geologia Sedimentar) pela Universidade de São Paulo (1994) e doutorado em Geociências (Geologia Sedimentar) pela Universidade de São Paulo (1998). Atualmente é professor doutor do Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Paleobotânica e tafonomia de vegetais. Atualmente pesquisa e orienta nas paleofloras neopaleozóicas da bacia do Paraná, nas paleofloras paleógenas das bacias de Fonseca e Gandarela e em paleofloras quaternárias.



JULIANA SALVI

Possui graduação em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Univates (2005). Atualmente é aluna de mestrado em Ambiente e Desenvolvimento no Centro Universitário Univates. Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Paleobotânica, atuando principalmente nos seguintes temas: estudo de charcoal, incêndios vegetacionais, avaliação de aspectos biológicos em sítios arqueológicos.