Rev. bras. paleontol. 12(2):139-148, Maio/Agosto 2009
© 2009 by the Sociedade Brasileira de Paleontologia
doi:10.4072/rbp.2009.2.04

LENHOS DE GINKGOPHYTA EM FLORESTAS PETRIFICADAS NO TRIÁSSICO SUPERIOR SUL-RIO-GRANDENSE, BRASIL

TATIANA PASTRO BARDOLA, ISABELA DEGANI SCHMIDT, MARGOT GUERRA SOMMER & CESAR LEANDRO SCHULTZ
Instituto de Geociências, UFRGS, Campus do Vale, Cx. P. 15001, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.
tatiana.bardola@ufrgs.br, isabela@norman.com.br, margot.sommer@ufrgs.br, cesar.schultz@ufrgs.br

ABSTRACT – GINKGOPHYTA WOOD IN PETRIFIED FOREST OF THE UPPER TRIASSIC FROM RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL. The anatomic analysis of an assemblage of silicified fossil wood fragments from the Santa Maria Formation, southern Paraná Basin, Brazil, led to the identification of parameters compatible with the morphospecies *Baieroxylon cicatricum*, registered and described here for the first time for the Brazilian Gondwana. The secondary wood is homogeneous, picnoxylic and characterized by the presence of growth zones. In the radial walls of the tracheids there are bordered pits in a predominantly uniserial arrangement. Typical spiral thickening is present in longitudinal radial and tangential sections. The rays are in a uniserial arrangement and homogeneous. The cross-field pits, one to four per cross-field, are inconspicuous, circular, small and randomly arranged. Phloem and cortex are unpreserved. A common pattern found on the external surface of the wood fragments corresponds to simple eye-shaped scars, which would correspond to branch connections, and hollow, double and triple eye-shaped scars in alternating arrangement, which would correspond to leaf insertions.

Key words: fossil wood, Ginkgophyta, *Baieroxylon cicatricum*, Upper Triassic, Chiniquá outcrop, Paraná Basin.

RESUMO – A análise anatômica de uma associação de lenhos fósseis silicificados, correspondentes, em sua maioria, a fragmentos de xilema secundário, procedentes da Formação Santa Maria (Triássico Superior), sul da bacia do Paraná, permitiu a identificação de parâmetros compatíveis com *Baieroxylon cicatricum*, morfoespécie aqui registrada e descrita pela primeira vez para o Gondwana brasileiro. O plano lenhoso, representado exclusivamente por xilema secundário, é homogêneo, picnoxílico, caracterizado pela presença de zonas de crescimento. Nas paredes radiais dos traqueídeos ocorrem pontoações areoladas com disposição predominantemente unisseriada contígua. As pontoações dos campos de cruzamento são circulares, pequenas, inconspícuas, de uma a quatro por campo. Típicos reforços espiralados ocorrem nas paredes radiais e tangenciais dos traqueídeos. Os raios lenhosos são unisseriados, homogêneos. Floema e córtex não foram preservados. Em todos os exemplares analisados evidenciam-se, na superfície externa do lenho, cicatrizes oculiformes correspondentes à região de emissão de ramos e cicatrizes ocas duplas e triplas com disposição alterna, que corresponderiam às emissões foliares.

Palavras-chave: lenho permineralizado, Ginkgophyta, *Baieroxylon cicatricum*, Triássico Superior, afloramento Chiniquá, bacia do Paraná.

INTRODUÇÃO

As Ginkgophyta são gimnospermas atualmente monotípicas, representadas pela espécie *Ginkgo biloba* L., cuja forma nativa ainda ocorre no sudeste da China, nas áreas montanhosas de Chekiang e Anhwei, que seriam o último refúgio da espécie, considerada "fóssil vivo" por muitos autores (e.g. Li, 1956). Seu porte é arborescente, atingindo até 30 m de altura. Observa-se marcado dimorfismo na ramificação, ocorrendo emissão de ramos curtos a partir da axila de folhas dos ramos longos. O caule é picnoxilíco, com medula e córtex pouco desenvolvidos (Gifford & Foster, 1989).

Uma característica peculiar do gênero corresponde à forma da folha, em leque, ocorrendo variação no padrão morfológico em uma mesma planta. Folhas mais jovens apresentam margens inteiras, sendo as mais antigas profundamente lobadas. Essa diferenciação caracteriza o padrão de estratificação do sistema de ramificação, concentrando-se as folhas inteiras na base e as recortadas no topo (Taylor & Taylor, 2009).

G. biloba é uma planta dióica. As estruturas reprodutivas desenvolvem-se nas axilas das folhas dos ramos curtos. As células reprodutoras masculinas são anterozóides, o que constitui um caráter ancestral (Gifford & Foster, 1989).

O morfogênero *Trichopitys* Florin, 1949 do Eopermiano da França, tem sido considerado como uma forma ancestral de Ginkgophyta. Esse táxon corresponde a ramos longos que portam folhas de formato não laminar de filotaxia helicoidal.

Ao longo do eixo vegetativo ocorrem zonas de concentração de estruturas férteis que partem das axilas foliares.

Polyspermophyllum Archangelsky & Cúneo, 1990 descrito para o Eopermiano da Patagônia argentina, apresenta estruturas férteis e vegetativas que têm sido atribuídas a Ginkgophyta. A folhagem disposta em filotaxia helicoidal é composta por folhas lineares, portando uma única veia central. Segundo Archangelsky & Cúneo (1990), as características foliares desse morfogênero são muito similares às de *Dicranophyllum* Grand'Eury, 1877, que é registrado para o Eopermiano do Brasil (Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig, 1993).

Fósseis procedentes do Mesozóico têm sido relacionados com mais segurança a Ginkgophyta. O gênero *Karkenia* Archangelsky, 1965 registrado para o Neojurássico-Cretáceo (Província de Santa Cruz, Argentina), corresponde a uma estrutura ovulífera composta por um eixo central alongado ao qual se prendem até uma centena de óvulos de forma arredondada a oval, pedunculados (anátropos) e irregularmente dispostos, com múltiplas camadas de cutícula envolvendo o megásporo. A presença de folhas dispersas atribuídas por Archangelsky (1965) a *Ginkgoites* e por Krassilow (1969) a *Sphenobaiera*, nos mesmos afloramentos de onde procedem as estruturas reprodutivas, levou Archangelsky (1965) a inferir uma vinculação botânica entre *Karkenia* e esses morfogêneros.

O morfogênero *Ginkgoites* Seward, 1919 foi assim denominado por apresentar semelhanças morfológicas com as folhas de *G. biloba*. Diferentes espécies incluídas nesse gênero têm sido descritas em diferentes intervalos estratigráficos (Neopermiano à Mesozóico) em todas as províncias paleoflorísticas de forma cosmopolita (e.g. *Ginkgoites antarctica* Florin, 1936). Essa denominação, contudo, não é recomendada, pois a definição genérica de *Ginkgoites* não abrange as imensas variações morfológicas encontradas no padrão foliar de *Ginkgo* (Harris & Millington, 1974).

O morfogênero *Sphenobaiera* Florin, 1936 define folhas com limbo palmado, sem pecíolo, que se dividem dicotomicamente em diversos segmentos, com margens paralelas e ápices arredondados. Essas formas têm distribuição cosmopolita desde o Permiano até o Cretáceo.

O gênero *Baiera* F. Braun, 1843 (Neotriássico a Cretáceo) identifica folhas pecioladas de contorno semicircular, flabeliformes, fendidas até a base, formando duas metades que se bifurcam repetidamente em numerosos segmentos de margens paralelas. Folhagens de tipo *Baiera* são abundantes no Permiano da Hungria dispersas no mesmo afloramento de onde procedem lenhos fósseis de gimnospermas, descritos por Greguss (1961) e denominados então como *Baieroxylon*.

Guerra-Sommer *et al*. (1989) descrevem *Ginkgoites* sp. e *Sphenobaiera* sp. como elementos da "Flora *Dicroidium*", composta por fragmentos de folhas, frondes e estruturas reprodutivas preservadas pelo processo de preservação autigênica (*sensu* Schopf, 1975) em sedimentos da Formação Santa Maria (Triássico Superior do Rio Grande do Sul).

Lenhos fósseis atribuíveis a Ginkgophyta são descritos em associações florísticas típicas de diferentes províncias desde o Permiano e estão incluídos em diversos morfogêneros.

Minello (1993) registra a presença de *Baieroxylon* a partir da morfoespécie *B. cicatricum* Prasad & Lele, 1984 em associações de lenhos silicificados procedentes do afloramento Chiniquá (Formação Santa Maria) no Sul da bacia do Paraná, do qual procede o material analisado no presente estudo. A designação então estabelecida corresponde, todavia, a "*nomen nudum*", pois foi efetuada informalmente e restrita a estruturas superficiais, tornando-se, portanto inválida em face de diagnose original estabelecida por Prasad & Lele (1984), que consideram também caracteres anatômicos.

O presente estudo teve como objetivo definir o padrão anatômico de espécimes de lenhos permineralizados, procedentes do afloramento Chiniquá (Figura 1), que apresentam como peculiaridade cicatrizes foliares oculiformes, incluindo-os em epíteto específico, de acordo com as normas do Código Internacional de Nomenclatura Botânica (IAWA Committee, 2004). Embora o estabelecimento de resultados de caráter paleoecológico e paleoclimático fuja ao escopo do presente trabalho, breves considerações e conclusões preliminares sobre esses temas são também estabelecidas.

CONTEXTO ESTRATIGRÁFICO

O paleontólogo alemão Friedrich Von Huene em 1928-29, que revelou a presença de uma grande quantidade de fósseis de tetrápodes (Huene, 1942), e de lenhos fósseis (Rau, 1934) distribuídos por vários afloramentos atribuídos de maneira genérica à Santa Maria e municípios vizinhos, que correspondem a ravinas resultantes da erosão superficial. Todos os fósseis de vertebrados encontrados nos característicos pacotes pelíticos vermelhos da Formação Santa Maria aflorantes na região pertencem a uma mesma biozona, denominada Zona de Associação de *Dinodontosaurus* (Langer *et al*., 2007) ou Cenozona de Therapsida (Schultz *et al*., 2000), que é caracterizada pela presença dos taxa *Dinodontosaurus* Romer 1943 e *Massetognathus* Romer 1967. Esta biozona tem idade Mesotriássica (Ladiniano) e está incluída, num contexto de sequências deposicionais, na chamada Seqüência Santa Maria 1 (Figura 2) da Supersequência Santa Maria (Zerfass *et al*., 2003, 2004).

O afloramento Chiniquá, do qual procede o material estudado, situa-se ente os municípios de São Pedro do Sul e Mata, no centro-oeste do Rio Grande do Sul (BR-287, km 306, 29°39'07 S, 54°25'27 W) (Figura 1). Os lenhos aqui descritos foram encontrados na superfície do terreno, numa área totalmente coberta por gramíneas (Figura 3), em meio a blocos de arenito conglomerático. Embora fragmentos de lenho não tenham sido encontrados inclusos no sedimento, observou-se que a distribuição espacial dos mesmos coincide perfeitamente com a área de ocorrência dos blocos de arenito conglomerático, de modo que é assumida uma vinculação direta entre ambos.

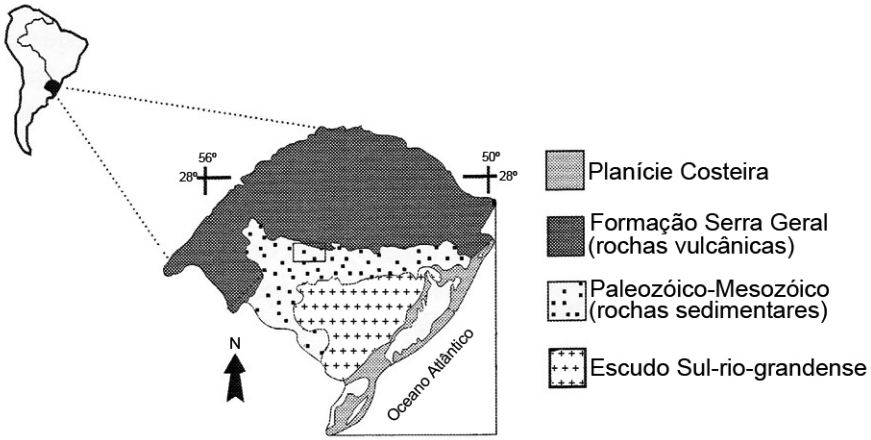

Figura 1. Mapa de localização do afloramento Chiniquá.

Figure 1. Location map of Chiniquá outcrop.

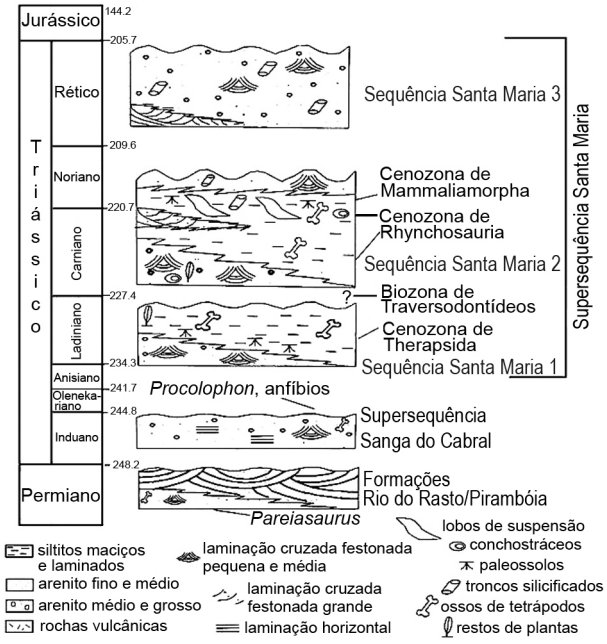

Figura 2. Seção esquemática do pacote Triássico do RS, mostrando a divisão em seqüências deposicionais, com as biozonas incluídas em cada uma delas. Modificado de Zerfass *et al*. (2003).

Figure 2. Schematic stratigraphy of Triassic rocks of Rio Grande do Sul, showing depositional sequences and biozones. Modifidied from Zerfass *et al*. (2003).

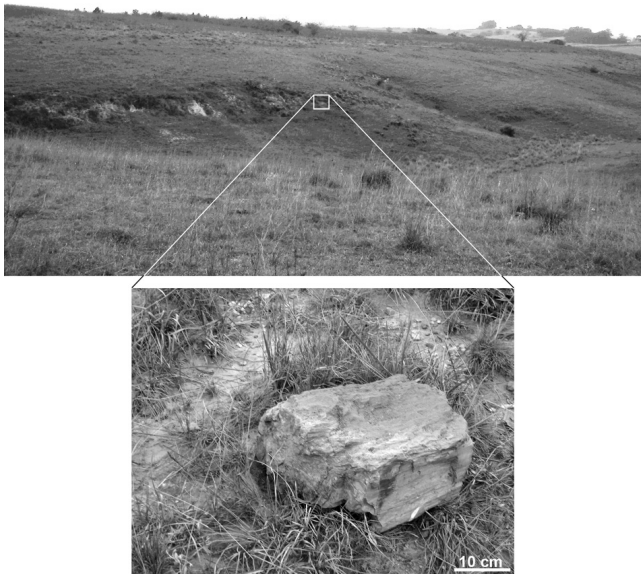

Figura 3. Modo de ocorrência do material estudado. Na área coberta por vegetação afloram blocos de arenito conglomerático e fragmentos de troncos fossilizados.

Figure 3. The studied material occurs as rolled fragments of fossil stems along with outcropping blocks of conglomeratic sandstone on soil with low vegetation.

Segundo Zerfass *et al*. (2003, 2004), pacotes de arenito conglomerático (com ou sem a presença de lenhos fósseis) marcam, através de discordâncias erosivas, os limites entre as sequências deposicionais da Supersequência Santa Maria (Figura 2). Nas Seqüências Santa Maria I e II, estes níveis, nos quais não é comum a presença de lenhos fossilizados, correspondem, em termos litoestratigráficos, ao chamado Membro Passo das Tropas da Formação Santa Maria. Na Sequência 3, por sua vez, o pacote de arenito conglomerático que marca o início da sequência é marcado justamente pela ocorrência, em seu interior, de uma grande quantidade de lenhos fossilizados, na forma de troncos de grandes dimensões (com mais de 50 cm de comprimento e diâmetros variáveis), com um predomínio absoluto de coníferas. Este pacote, em termos litoestratigráficos, já recebeu diferentes denominações, sendo que a mais usada é a de "Arenito Mata" (maiores detalhes em Zerfass *et al*., 2003, 2004).

Para o afloramento Chiniquá, os arenitos conglomeráticos são aqui interpretados como evidência de um limite de sequências, abaixo do qual está presente a Sequência Santa Maria I de Zerfass (2003), identificada a partir de seu conteúdo fossilífero de paleotetrápodes (Cenozona de Therapsida

sensu Schultz *et al*., 2000). A sequência sobrejacente, por sua vez, representada pelos arenitos conglomeráticos com lenhos fósseis, poderia corresponder à base da Sequência II ou da Sequência III.

Por outro lado, não existe nenhuma ocorrência registrada de níveis de lenhos fossilizados para os arenitos da base da Sequência Santa Maria II (Membro Passo das Tropas), de modo que não é possível, no momento, atribuir com certeza o nível em questão a uma ou outra destas sequências deposicionais.

Com base nos dados disponíveis, a idade a ser atribuída ao nível estratigráfico aqui estudado enquadra-se no intervalo Carniano (caso represente a base da Sequência Santa Maria II – Membro Passo das Tropas) e o Rético (se corresponder à base da Sequência Santa Maria III – Arenito Mata).

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras aqui analisadas correspondem a 15 fragmentos de lenhos fósseis de diferentes tamanhos, variando entre 5 e 30 cm de diâmetro e 4 e 32 cm de altura. Os lenhos, em sua maioria, correspondem a porções de xilema secundário, sendo raros os que apresentam plano lenhoso completo, sendo então observável na região central a medula, de pequenas dimensões. A presença de córtex não é observada. Constitui-se em característica comum a todos os espécimes procedentes do afloramento Chiniquá a presença de cicatrizes oculiformes em sua superfície externa (Figura 4).

Os espécimes são altamente silicificados, com coloração variando entre cinza e amarelo avermelhado. O material encontra-se depositado no Setor de Paleobotânica do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, do Instituto de Geociências, da UFRGS, e as lâminas de número pb 4306; pb 500-1 e 500-2; pb 4304; pb 4300-1, 4300-2, 4300-3; pb 4301-1 e 4301-2 (com medula); pb 4302-1, 4302-2, 4302-3, 4302-4; pb 4303-1, 4303-2, 4303-3, 4303-4, 4303-5; pb 428-1 e 428-2, pb 4304; pb 4306, pb 4413-1(com medula), pb 4413-2, pb 4413-3; pb 4414; pb 4415, pb 4416-1, pb 4416-2, pb 4416-3 na laminoteca do mesmo setor.

A execução das seções polidas e das lâminas delgadas em planos transversais, radiais e tangenciais seguiu os padrões de execução de rotina para análise de madeiras, visando caracterizar a configuração do lenho que é distinta em diferentes seções. Os cortes dos planos anatômicos foram executados no Laboratório de Lâminas Delgadas do Departamento de Sedimentologia e Petrologia, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O grau de desgaste visando à execução de lâminas delgadas nas diferentes seções foi controlado a partir da observação em microscópio óptico. A observação dos padrões anatômicos do lenho permineralizado só foi viável a partir da obtenção de lâminas com maior espessura do que aquela considerada padrão na elaboração de lâminas delgadas que visam à observação da composição mineral de rochas.

A observação do material foi efetuada em microscópio óptico de luz transmitida. A descrição anatômica seguiu critérios estabelecidos internacionalmente (IAWA Committee, 2004). Dados quantitativos foram calculados a partir de mensurações e os resultados foram apresentados considerando a média e a amplitude (valores mínimo e máximo) para cada parâmetro. Embora as características da morfologia externa associadas aos padrões anatômicos dos 15 espécimes estudados vinculem-se a um mesmo táxon, as análises estatísticas e as ilustrações foram efetuadas apenas nos espécimes 4301, 4302, 4303, 428, que apresentaram melhor preservação, sendo seis lâminas utilizadas no total. Foram medidos 173 campos de cruzamento no total das lâminas 4303-3 e 4303-4 do mesmo espécime. As pontoações foram medidas (altura, largura, margem) em seção radial de três espécimes, sendo 28 medições nas lâminas 4303-3 e 4303-4, 35 na lâmina 4301-1 e 132 na lâmina 428-2. Para altura dos raios em seção tangencial se mediu dois espécimes: na lâmina 4303-5 foram 155 medições e na lâmina 4302-2 foram 103.

SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

(*Sensu* Meyen, 1987)

Pinophyta (Gymnospermae)
Ginkgoopsida
Ginkgoales
Baieroxylon Greguss, 1961
Baieroxylon cicatricum Prasad & Lele, 1984

Holótipo. Nr. 35407, Museum, Birbal Sahni Institute of Palaeobotany, Lucknow.
Localidade tipo. Near Kelhari village, South Rewa Gondwana Basin, Madhya Pradesh, India.
Horizonte-tipo e idade. Tiki Formation, Upper Triassic, Middle Gondwana.
Localidade. Afloramento Chiniquá, município de São Pedro do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.
Horizonte e idade. Formação Santa Maria, Triássico Superior.
Descrição Macroscópica. A característica mais marcante da morfologia externa de todos os espécimes corresponde a cicatrizes em forma de olhos, com diâmetros que variam de 4 a 24 mm (Figuras 4A-B, E). Essas cicatrizes arredondadas dispõem-se em "almofadas" orientadas alternadamente ou de forma suboposta, em distâncias que variam de 5 a 60 mm. Na região central de algumas cicatrizes com protuberâncias (Figuras 4A, C) em sua maioria, isoladas e que corresponderiam à emissão de ramos longos. Cicatrizes duplas ou triplas normalmente vazadas são frequentes, correspondendo à emissão de braquiblastos (ramos curtos com folhas verticiladas).

São também observadas em seções transversais do xilema secundário, em alguns espécimes, zonas concêntricas, com maior condensação de coloração (Figura 5D). A região medular é individualizada em apenas dois fragmentos (espécimes 4301 e 4413), correspondendo à área com diâmetro bem delimitado (4 a 4,5 mm), de coloração esbranquiçada contrastante com aquela do xilema, marrom acinzentada.
Descrição Microscópica. A região correspondente à medula

e ao xilema primário que lhe é circundante não está anatomicamente preservada, encontrando-se totalmente recristalizada.

Em seção transversal, os traqueídeos do xilema secundário com forma arredondada possuem diâmetros entre 16 e 48 µm e orientação radial. As zonas de crescimento com 0,7 a 12 mm de espessura apresentam de 17 a 71 células; às vezes a gradual redução do diâmetro radial dos traqueídeos é acompanhada pelo espessamento das paredes (4 a 16 µm) em oposição a uma faixa com traqueídeos com maior diâmetro e paredes mais finas (16 a 48 µm).

Na seção tangencial, os raios lenhosos unisseriados variam entre 1 e 14 células de altura, com predomínio de raios com 2 a 8 células (Figura 5E), que apresentam terminalizações obtusas. Espessamentos espiralados são observados nos traqueídeos em sentidos horário e anti-horário. Em relação à parede longitudinal dos traqueídeos, as espirais apresentam ângulo médio de 36,1°, variando de 31° a 40°.

Nas seções radiais (Figura 6), observou-se a presença de uma a quatro pontoações inconspícuas, arredondadas por campo de cruzamento, predominando a disposição de uma pontoação pequena por campo (Figuras 6C-D). Ocorre a predominância de pontoações unisseriadas isoladas, contíguas (Figuras 6A, E) e ocorrência eventual de pontoações mistas (Figura 6B) nas paredes dos traqueídeos. Nesse caso, observaram-se variações na disposição das pontoações em um mesmo traqueídeo, enquanto que nas extremidades ocorrem pontoações unisseriadas, na parte mais central ocorrem pontoações bisseriadas alternas. Evidencia-se a tendência sutil das pontuações areoladas arredondadas a uma forma levemente achatada, mesmo quando em disposição isolada (altura de 6 a 32 µm com média de 10 µm e largura de 6 a 32 µm, média 11 µm). A distância entre as pontoações e as margens dos traqueídeos varia entre 10 e 16 µm (média de 10 µm com desvio padrão de 6 µm), evidenciando margens tão largas quanto a largura das pontoações radiais. Observou-se a presença de reforços espiralados, associada predominantemente aos níveis de pontoação unisseriada (Figuras 6A-C) em ângulos variáveis entre 30° e 42° (média de 36°) em relação à parede longitudinal do traqueídeo, tanto no sentido horário quanto anti-horário. Traqueídeos com extremidades torcidas ou curvas (Figura 6F) ocorrem próximos aos campos de cruzamento. Eixos perpendiculares ao plano de crescimento correspondem à emissão de ramos curtos e de folhas (Figura 4F).

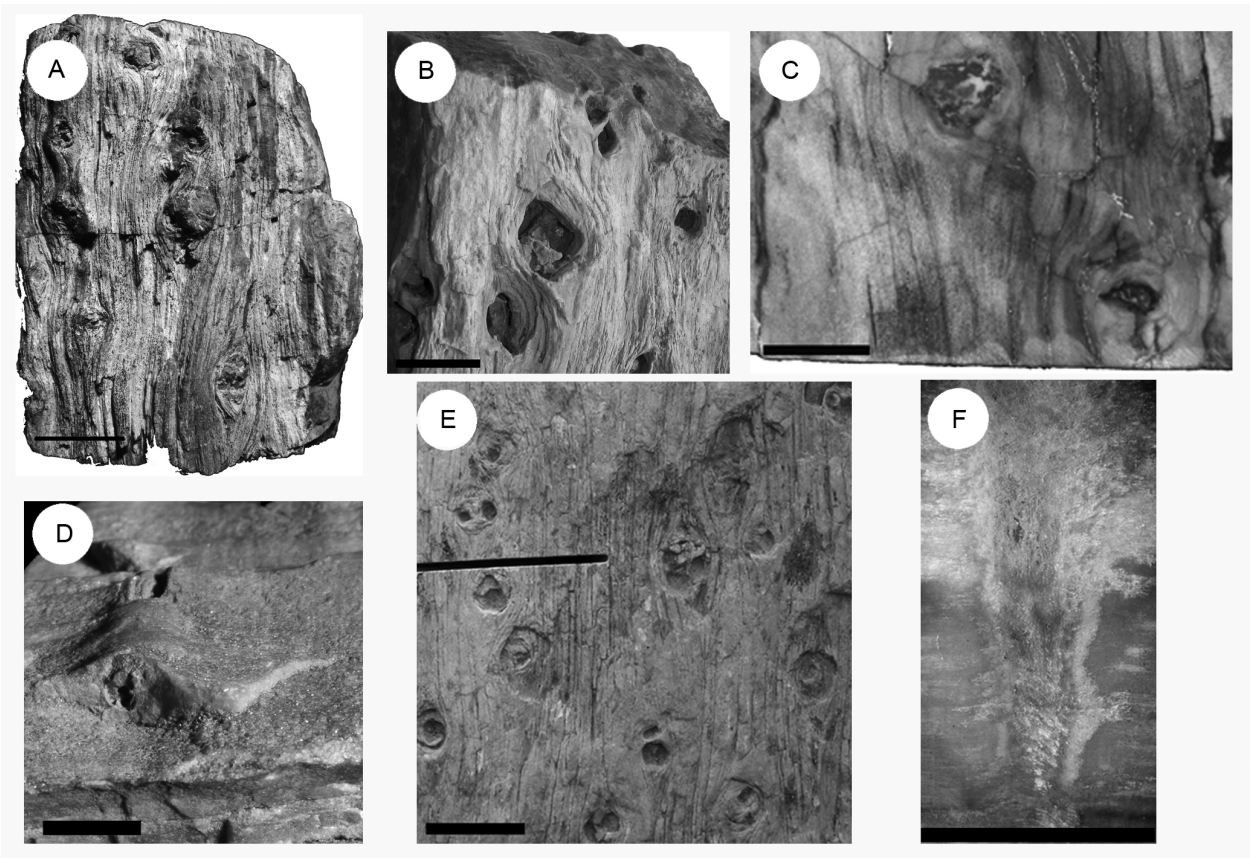

Figura 4. Vista macroscópica. **A, E**, Cicatrizes externas triplas, duplas e simples (protuberantes); **B**, cicatrizes duplas representando braquiblastos; **C**, seção tangencial com vista transversal de ramo longo observando-se zonas de crescimento; **D**, vista externa de uma cicatriz e seu trajeto visto em seção transversal; **F**, lâmina delgada transversal evidenciando trajeto de ramo (?). Escalas = 1 cm.

Figure 4. Macroscopic view. **A**, **E**, Simple, double and triple externals scars (protuberances); **B**, double scars representing emergence of brachyblasts; **C**, tangential section showing transversal view of a long shoot with growth zones; **D**, external view of a scar and correspondent shoot trajectory in cross-section; **F**, cross-section showing shoot trajectory (?). Scale bars = 1 cm.

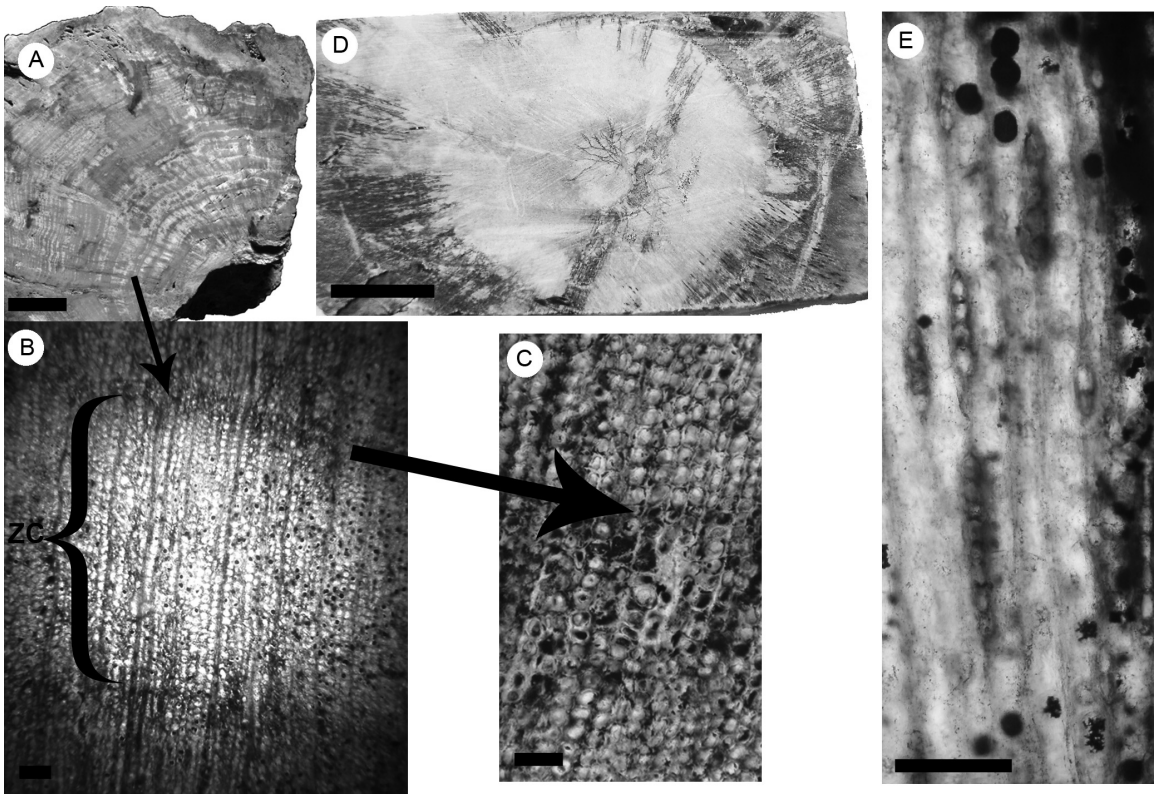

Figura 5. A-D. Seção transversal. **A**, zonas de crescimento em vista mesoscópica; **B-C**, detalhes anatômicos de uma zona de crescimento evidenciando típica gradação no crescimento e redução dos lúmens dos traqueídeos (ZC= zona de crescimento); **D**, região da medula. **E**, seção longitudinal tangencial, raios lenhosos, unisseriados, homogêneos. Escalas: A, D = 1 cm; B, C e E = 90 µm.

Figure 5. A-D, Cross-section. **A**, growth zones in mesoscopic view; **B-C**, anatomic details of a growth zone showing typical gradation of growth and reduction of the tracheid lumens (ZC= growth zone); **D**, pith region. **E**, Tangential section showing woody, unisserial and homogeneous rays. Scale bars: A, D = 1 cm; B, C and E = 90 µm.

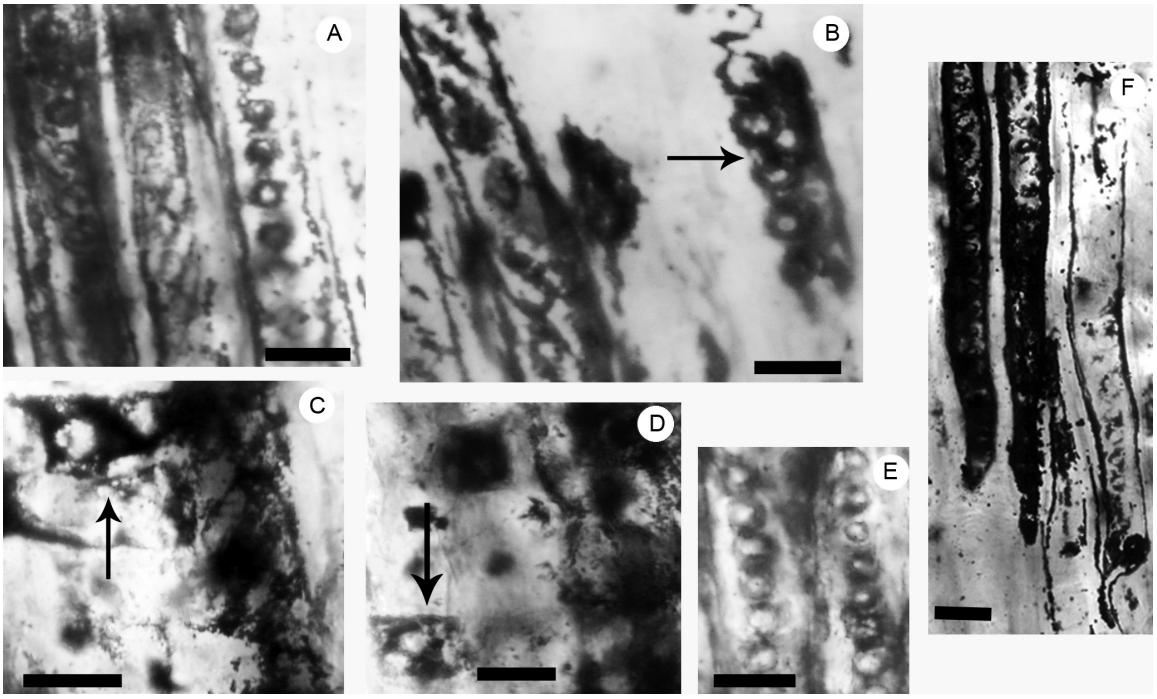

Figura 6. A-F. Seção longitudinal radial. **A**, pontoações unisseriadas contíguas e espessamentos espiralados; **B**, pontoações mistas e espessamento espiralado; **C-D**, campos de cruzamento; **E**, pontoações areoladas; **F**, terminações curvas dos traqueídeos. Escalas = 40 µm.

Figure 6. A-F, Radial section. **A**, uniseriate, contiguous pits and spiral bands; **B**, mixed pitting and spiral band; **C- D**, cross-field pitting; **E**, tracheid bordered pits; **F**, arched ends of tracheids. Scale bars = 40 µm.

DISCUSSÃO

A presença de Ginkgophyta em estratos sedimentares de diferentes idades e em diferentes continentes tem levado à caracterização de muitas morfoespécies, tais como *Ginkgomieloxylon tanzanii* Giraud & Hankel, 1986 (Jurássico Inferior, Formação Nandanga, Tanzânia), *Ginkgophytoxylon lucasii* Tidwell & Munzing, 1995 (Permiano Inferior, Formação Hueco, Novo México e Permiano Superior, Formação Yaguarí, Uruguai), *Ginkgo beckii* Beck, 1945(Mioceno, Columbia River George, Vantage, Washington) *Ginkgo bonesii* Scott, 1962 (Eoceno, Formação Clarno, Oregon), *Baieroxylon implexum* Greguss, 1961 (Permiano, Hungria), *Baieroxylon graminovillae* Prasad & Lele, 1984 (Permiano, Alemanha), *Baieroxylon multiseriale* Prasad, 1982 (Neopermiano, Índia), *Baieroxylon cambodiense* Serra, 1966 (Mesozóico, Camboja), *Baieroxylon chilense* Torres & Philippe, 2002 (Chile, Jurássico Inferior), *Baieroxylon lindicianum* Philippe, 1995 (Jurássico, França), *Baieroxylon patagonicum* Martínez & Lutz, 2007 (Cretáceo Inferior, Argentina), *Baieroxylon cicatricum* Prasad & Lele, 1984 (Neotriássico, Índia e Neopermiano, Uruguai). As características anatômicas macroscópicas mais distintivas do material estudado são as cicatrizes visíveis na superfície externa dos lenhos, registradas como padrão típico para a morfoespécie *B. cicatricum* (Prasad & Lele, 1984). De acordo com a Tabela 1, as cicatrizes e as características anatômicas identificadas por Crisafulli (2001), tais como: pontoações araucarióides unisseriadas, arredondadas e espaçadas de 10 µm de diâmetro, bisseriadas arredondadas alternas e opostas que medem 7,5 µm de diâmetro e pontoações mistas em seção radial; e campos de cruzamento com quatro pontoações arredondadas em média e altura dos raios unisseriados em seção tangencial de 3 a 12 células, comparam-se ao morfotipo caracterizado por Prasad & Lele (1984). Essas cicatrizes oculiformes ("eye-shaped", em forma de olhos) são observadas macroscopicamente no material em estudo e podem também ser identificadas microscopicamente em lâminas de seções transversais, longitudinais radiais e longitudinais tangenciais (Figura 4). Conforme referem os autores, essa característica é distintiva quando efetuadas comparações com outro gêneros de lenhos fósseis atribuíveis a Ginkgophyta.

As características anatômicas sintetizadas na Tabela 1, tais como traqueídeos com pontoações simples e mistas, raios unisseriados homogêneos com alturas que não ultrapassam 14 células e presença de espessamentos espirais nos traqueídeos, reforçam a similaridade do material em estudo com a as características diagnósticas referidas para a morfoespécie *B. cicatricum* Prasad & Lele, 1984. Essas características aproximam *B. cicatricum* ao grupo Ginkgophyta mais do que a outros grupos de gimnospermas. O registro dessa morfoespécie em estratos atribuídos ao Neopermiano do Uruguai por Crisafulli (2001) confirma a presença de formas afins a esse grupo vegetal como elementos comuns na paleoflora da porção oeste do Gondwana no Permo-Triássico.

A evolução cíclica da morfologia dos traqueídeos em um lenho, identificável em seções transversais de todos os espécimes analisados (Figura 5), é compatível com um padrão identificado como "zonas de crescimento", distinto daquele ocorrente na geração de "anéis de crescimento" (Schweingruber, 2007). Esse padrão de crescimento ocorre em florestas de baixa latitude em regiões com alta disponibilidade hídrica no inverno, sendo também registrados em plantas de desertos e de regiões áridas com períodos de precipitações.

Os resultados obtidos na presente análise coadunam-se com aqueles referidos por Guerra-Sommer *et al*. (2007) para a "Flora *Dicroidium*" ocorrente na mesma área geográfica, onde as impressões foliares de Ginkgophyta, muito raras na associação, foram consideradas elementos hipoautóctones, mesoxerófilos, procedentes de terrenos mais elevados e melhor drenados em um amplo complexo de planície fluvial, onde seriam dominantes. A predominância de padrões morfológicos foliares altamente recortados em Ginkgophyta (*Sphenobaiera*) em relação a padrões pouco recortados (*Ginkgoites*) na associação caracterizada para a "Flora *Dicroidium*" denotaria uma defesa mais eficiente contra a dessecação vigente em condições de clima com temperaturas muito elevadas.

CONCLUSÕES

A análise dos lenhos fósseis do afloramento Chiniquá permitiu estabelecer que a totalidade da associação lignoflorística corresponde a um único plano estrutural gimnospérmico. As características anatômicas permitiram identificar a morfoespécie *B. cicatricum* Prasad & Lele, 1984.

Os padrões apresentados por esta morfoespécie vinculam-se à Ordem Ginkgoales, que tem sido reconhecida, com segurança, a partir do início do Mesozóico. As análises anatômicas desenvolvidas na abundante associação de lenhos permineralizados proveniente de um único afloramento permitem concluir que, na época da deposição da Supersequência Santa Maria (Meso e Neotriássico), no sul da bacia do Paraná, plantas do grupo Ginkgophyta formavam expressivas associações monotípicas em microambientes específicos dentro de um grande ambiente flúvio-deltaico com extensas planícies de inundação, na vigência de clima provavelmente seco com precipitações aperiódicas.

Tabela 1. Anatomia comparada entre diversas espécies de *Baieroxylon* Greguss, 1961.

Table 1. Comparative anatomy among several species of *Baieroxylon* Greguss, 1961.

Espécie	Localidade e idade	Faces radiais dos traqueídeos	Detalhe dos traqueídeos em seção tangencial	Raios lenhosos	Pontoações do campo de cruzamento
Baieroxylon implexum Greguss, 1961 (espécie-tipo do gênero)	Grag, Germany, Keuper	Pontoações 1 a 3 seriadas com "*criss-cross orifices*". Final dos traqueídeos arqueados como "cotovelos" como em *Ginkgo biloba*. Traqueídeos com espessamento espiral.	Não pontoada.	Unisseriado com 1 a 9 células de altura.	1 a 4 elípticas, simples.
Baieroxylon implexum Greguss, 1961	Boda, Hungria, Permiano	Pontoações unisseriadas contínuas, final dos traqueídeos arqueados como "cotovelos" e espessamentos espirais.	Não pontoada.	Unisseriado com 1 a 8 células de altura.	Elípticas preenchendo a área do campo de cruzamento inteiro.
Baieroxylon graminovillae Prasad & Lele, 1984	Schmellenhof, Alemanha, Keuper	Pontoações 1 a 2 seriadas, raramente 3 seriadas, tipo araucarióide, espessamentos espirais.	Pontoações 1 a 2 seriadas circulares.	Unisseriado com 1 a 15 células de altura.	1 a 4 ovais, simples.
Baieroxylon multiseriale Prasad, 1982	Kanhargaon, Índia, Formação Kamthi, Permiano Superior	Pontoações 1 a 4 seriadas, tipo misto, frequentemente dispostas em grupo de 2, 3 e 4; traqueídeos com espessamento espiral.	Pontoações 1 a 2 seriadas, circulares e isoladas.	Unisseriado com 1 a 15 células de altura.	1 a 15 circulares-ovais, simples.
Baieroxylon cambodiense Serra, 1966	Cambodia, Mesozóico	Pontoações frequentemente bisseriadas com crássulas.			2 a 20.
Baieroxylon chilense Torres & Philippe, 2002	La Ligua, Chile, Formação Quebrada del Pobre, Jurássico Inferior			Unisseriado com 1 a 15 células de altura (2 a 7 células são os mais frequentes)	1 a 2 do tipo cupressóide.
Baieroxylon cicatricum Prasad & Lele, 1984	Kelhari, India, Formação Tiki, Triássico Superior	Pontoações 1 a 3 seriadas do tipo misto, traqueídeos com espessamento espiral.	Não pontoada, com espessamento espiral.	Unisseriado de 1 a 10 células de altura.	1 a 9 elípticas e obliquas.
Baieroxylon cicatricum Prasad & Lele, 1984 (ver Crisafulli, 2001)	Uruguai, Formação Yaguarí, Permiano Superior	Pontoações araucarióides unisseriadas, arredondadas e espaçadas de 10 µm de diâmetro, bisseriadas, arredondadas, alternas e opostas que medem 7,5 µm de diâmetro; e pontoações mistas.	Pontoações unisseriadas.	Unisseriado de 3 a 12 células de altura.	4 arredondadas (em média).
Baieroxylon cicatricum Prasad & Lele (ver presente trabalho)	São Pedro do Sul, Brasil, Formação Santa Maria, Triássico Superior	Pontoações unisseriadas e multiseriadas contínuas, traqueídeos com espessamentos espirais simples a duplos(em menor quantidade).	Pontoações arredondadas.	Unisseriado com 1 a 14 células de altura, predominando de 3 a 6 células.	1 a 4 arredondadas, predominando 1 por campo.
Baieroxylon lindicianum Philippe, 1995	França, Jurássico	Pontoações 1-2 seriadas, alternas ou sub-opostas.	Não pontoada.	Homocelulares, unisseriados e bisseriados.	4 a 7 por campo, ovais ou levemente Inclinadas.
Baieroxylon patagonicum, Martínez & Lutz, 2007	El Mangrullo, Argentina, Formação Rayoso, Cretáceo Inferior	Pontoações unisseriadas, espaçadas, contíguas, ocasionalmente bisseriadas opostas.	Não pontoada.	Homocelulares, unisseriados baixos, de 3 - (9) -13 células de altura.	7 - (9) -10 por campo, circulares (escassas ovais) em grupos e "dispostas em margarida" de 4 µm de diâmetro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Museu Paleontológico e Arqueológico Professor Walter Ilha, de São Pedro do Sul, RS, pelo apoio logístico no trabalho de campo; ao CNPq pela concessão de bolsas de Pesquisa e de Iniciação Científica e também pelo financiamento do projeto (Edital Universal CNPq 473529/2006-8).

REFERÊNCIAS

Archangelsky, S. 1965. Fossil ginkgoales from the Ticò flora, Santa Cruz Province, Argentina. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology Series*, **10**:119-137.

Archangelsky, S. & Cúneo, R., 1990. *Polyspermophyllum*, a new Permian gymnosperm from Argentina, with consideration about the Dicranophyllales. *Review of Palaeobotany and Palynology* **63**:117-135.

Beck, G.F., 1945. Tertiary coniferous woods of western North America. Northwest. *Science* **19**:67-102.

Braun, C.F.W., 1843. Beiträge zur Urgeschischte der Pflanzen. *In*: G.G. Münster, G.G. (ed.), *Beiträge zur Petrefactenkunde 6*. Beyreuth, p. 1-25.

Crisafulli, A. 2001. Leños Pérmicos de la Formación Yaguari. (Pérmico Superior), Uruguay. *Ameghiniana*, **38**(1):61-72.

Florin, R., 1936. Die fossilen Ginkgophyten von Franz-Joseph-Land nebst Erörterungen über vermeintliche Cordaitales mesozoischen Alters I, II. *Palaeontographica B*, **81**:71-173.

Florin, R., 1949. The morphology of *Trichopitys heteromorpha* Saporta, a seed plant of Palaeozoic age, and the evolution of female flowers in the Ginkgoinae. *Acta Horti Bergiani*, **15**(5):158-182.

Gifford, E.M. & Foster, A.S. 1989. *Morphology and evolution of vascular plants*. 3ª ed. Nova York, W.H. Freeman, 626 p.

Giraud, B. & Hankel, O., 1986. Nouveaux bois fossiles de Gymnospermes des dépôts du Karoo du Bassin du Luwegu (Tanzanie méridionale). *Annais Paléontologique*, **72**:1-27.

Grand'Eury, F.C. 1877. Flore Carbonifère du Département de la Loire et du Centre de la France. *Académie des Sciences L'Institut de France Memories*, **24**:1-624.

Greguss, P. 1961. Permische fossile Holzer aus Ungarn. *Palaeontographica B*, **109**:131-145.

Guerra-Sommer, M. & Cazzulo-Klepzig, M. 1993. Biostratigraphy of the Southern Brazilian Neopaleozoic Gondwana Sequence: a preliminary paleobotanical approach. *In*: INTERNATIONAL CONGRESS OF CARBONIFEROUS AND PERMIAN GEOLOGY, 12, 1993. *Compte Rendus*, Buenos Aires, UBA, v. 2, p. 61-72.

Guerra-Sommer, M.; Cazzulo-Klepzig, M.; Ianuzzi, R. & Alves, L.S.R., 1999. A Flora *Dicroidium* do Rio Grande do Sul: implicações bioestratigráficas. *Pesquisas*, **26**:3-9.

Guerra-Sommer, M. & Cazzulo-Klepzig, M. 2007 A flora *Dicroidium*, um importante estágio na sucessão paleofloristica da Bacia do Paraná, Brasil. *In*: I.S. Carvalho *et al.* (orgs.) *Paleontologia: Cenários da Vida*, Interciência, p. 189-201.

Harris, T.M., & Millington, W. 1974. Ginkgoales. *In*: T.M. Harris, W. Millington & J. Miller (eds.) *The Yorkshire Jurassic flora IV*, British Museum, p. 2-78.

Huene, F. von 1942. *Die fossilen Reptilien des südamerikanischen Gondwanalandes*. München, C. H. Beck, 332 p.

IAWA Committee, 2004. IAWA list of microscopic features for softwood identification. *International Association of Wood Anatomists Bulletin*, **25**:3-70.

Krassilov, V.A. 1969. Approach to the classification of Mesozoic "ginkgoalean" plants from Siberia. *Palaeobotanist*, **18**:12-19.

Langer, M.C.; Ribeiro, A.M.; Schultz, C.L. & Ferigolo, J., 2007. The continental tetrapod-bearing Triassic of south Brazil. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, **41**:201-218.

Li, H.L. 1956. A horticultural and botanical history of *Ginkgo*. *Morris Arboretum Bulletin*, **7**:3-12.

Martínez, L.C.A. & Lutz, A.I. 2007. Especies nuevas de *Baieroxylon* Greguss y *Circoporoxylon* Kräusel en las formaciones Rayoso y Huincul (Cretácico), provincia del Neuquén, Argentina. *Ameghiniana*, **44**(3):537-546.

Meyen S.V. 1987. *Fundamentals of palaeobotany*. London, Chapman and Hall, 432 p.

Minello, L.F. 1993. *As florestas petrificadas da Região de São Pedro do Sul e Mata, RS: introdução ao estudo dos processos de fossilização e análise morfológica; legislação pertinente e análise do desenvolvimento da consciência preservacionista*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, 484 p.

Philippe, M., 1995. Bois fossiles du Jurassique de Franche-Comté (nord-est de la France): systématique et biogéography. *Palaeontographica B*, **236:**45-103.

Prasad, M.N.V. 1982. An annotated synopsis of Indian palaeozoic gymnospermous woods. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **38**:119-156.

Prasad, M.N.W. & Lele, K.M. 1984. Triassic Ginkoalean wood from South Rewa Gondwana, India. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **40**:387-397.

Rau, W. 1934. *Cedroxylon canoaense* una madera fósil nueva del Rio Grande del Sur. *Revista Sudamericana de Botánica*, **1**(1/6):169-172.

Romer, A.S. 1967. The Chañares (Argentina) Triassic reptile fauna: III. Two new gomphodonts, *Massetognathus pascuali* and *M. teruggii*. *Breviora*, **264**:1-25.

Romer, A.S., 1943. Recent mounts of fossil reptiles and amphibians in the Museum of Comparative Zoology. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, **92**:331-338.

Schopf, J.M., 1975. Modes of fossil preservation. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **20**:27-53.

Schultz, C.L.; Scherer, C.M.S. & Barberena, M.C. 2000. Biostratigraphy of the southern Brazilian Middle-Upper Triassic. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**(3):491-494.

Schweingruber, F.H. 2007. *Wood structure and environment*. Berlin, Springer, 279 p.

Scott, R.A., Barghoorn, E.S. & Prakash, U. 1962. Wood of Ginkgo in the Tertiary of western North America. *American Journal of Botany*, **49**(10):1095-1101.

Serra, C. 1966. Étude anatomique et paléogéographique de quelques espèces homoxylies du sud-Vietnam et du Cambodge. *Archives Géologiques Vietnam*, **8**:59-131.

Seward, A.C. 1919. *Fossil plants. IV. Ginkgoales, Coniferales, Gnetales*. Cambridge, Cambridge University Press, 543 p.

Taylor, T.N. & Taylor, E.L. 2009. *The biology and evolution of fossil plants*. Prentice Hall, New Jersey. pp.1230.

Tidwell, W.D. & Munzing, G.E., 1995. Gymnospermous woods from the Lower Permian Hueco Formation of south-central New Mexico. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, **6**:91-100.

Torres, T. & Philippe, M. 2002. Nuevas especies de *Agathoxylon* y *Baieroxylon* del Lías de La Ligua (Chile) con una evaluación del registro paleoxilológico en el Jurásico de Sudamérica. *Revista Geológica de Chile*, **29**(2):151-165.

Zerfass, H.; Chemale Jr., F.; Schultz, C.L. & Lavina, E.L. 2004. Tectonics and sedimentation in Southern South America during Triassic. *Sedimentary Geology*, **166**:265-292.

Zerfass, H.; Lavina, E.L.; Schultz, C.L.; Garcia, A.J.V.; Faccini, U.F. & Chemale Jr., F. 2003. Sequence stratigraphy of continental Triassic strata of Southernmost Brazil: a contribution to Southwestern Gondwana palaeogeography and palaeoclimate. *Sedimentary Geology*, **161**:85-105.

Received in January, 2009; accepted in June, 2009.