

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**GIMNOSPERMAS PERMINERALIZADAS DO PERMIANO DA
BACIA DO PARANAÍBA (FORMAÇÃO MOTUCA),
NORDESTE DO BRASIL**

FRANCINE KURZawe

ORIENTADOR – Prof. Dr. Roberto Iannuzzi

CO-ORIENTADORA – Profa. Dra. Sheila Merlotti

Volume I

Porto Alegre – 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**GIMNOSPERMAS PERMINERALIZADAS DO PERMIANO DA BACIA DO
PARANAÍBA (FORMAÇÃO MOTUCA), NORDESTE DO BRASIL**

FRANCINE KURZawe

ORIENTADOR – Prof. Dr. Roberto Iannuzzi

CO-ORIENTADORA – Profa. Dra. Sheila Merlotti

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Alexandra Crisafulli - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y
Agrimensura UNNE y Centro de Ecología Aplicada del Litoral CONICET,
Argentina

Profa. Dra. Rosemarie Rohn – Instituto de Geociências, Universidade Estadual
Paulista, Campus de Rio Claro

Profa. Dra. Tânia Lindner Dutra – Centro de Ciências Tecnológicas, Departamento
de Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Tese de doutorado apresentada como
requisito parcial para a obtenção do Título
de Doutor em Ciências

Porto Alegre - 2012

Dedico esta tese aos meus pais, Rose e Herbert,
que sempre me apoiaram em meus estudos,
desde antes do tempo da graduação.

Agradecimentos

Ao meu orientador Roberto Iannuzzi que possibilitou os recursos necessários para a realização desta tese, tanto os físicos, como o microscópio, como os conhecimentos passados.

À minha querida co-orientadora e amiga, Dra. Sheila Merlotti, que foi quem me iniciou nos caminhos da paleobotânica e sempre esteve do meu lado.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, que proporcionou o espaço físico utilizado e também o corpo docente qualificado, extremamente necessário para a busca de conhecimentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que permitiu a realização deste trabalho através de bolsa de doutorado.

À Profa. Dra. Rosemarie Rohn, da Universidade Estadual Paulista, campus de Rio Claro, que gentilmente convidou-nos para estudar os fósseis de gimnospermas provenientes do Tocantins, além de fornecer grande parte deles na forma de empréstimo, para confecção de lâminas petrográficas e estudo.

Ao Dr. Ronny Rößler, diretor do Museum für Naturkunde Chemnitz, que me recebeu e permitiu que eu laminasse e estudasse os lenhos presentes na coleção deste museu.

À Profa. Dra. Valesca Brasil Lemos e à Dra. Luciane Moutinho, do Laboratório de Conodontes da UFRGS, pelo empréstimo e auxílio com o equipamento para tirar as fotos microscópicas.

Aos colegas do laboratório de paleobotânica, especialmente Esther Pinheiro e Daiana Boardman pelos conselhos recebidos e pelas horas divididas entre aflições e alegrias.

Aos colegas Rodrigo Neregato e Tatiane Tavares, da UNESP, que trabalhando na mesma unidade geológica permitiram a troca de conhecimentos.

Aos colegas alemães Ralph Kretzschmar, Melaine Kutloch, Thorid Zierold, Ramona Schwab, e ao colega chinês Zhuo Feng, por terem me recebido e apoiado durante o meu tempo de permanência na Alemanha.

Aos laminadores Lauro da Rosa, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, e Mathias Merbitz, do Museum für Naturkunde Chemnitz, pelo excelente serviço prestado.

Ao fotógrafo do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia da UFRGS, Luíz Flávio Lopes, pelas fotos macroscópicas maravilhosas dos fósseis.

PARTE I

Capítulo Introdutório e Análise Integrativa dos Resultados

Resumo

A flora permiana permineralizada da Bacia do Parnaíba vem sendo estudada desde 1872, quando Brongniart descreveu *Psaronius brasiliensis*. Durante todo este tempo diversas pteridófitas foram descritas, mas, infelizmente, as gimnospermas ainda são precariamente conhecidas. Os fósseis gimnospermóides analisados neste trabalho provêm de depósitos da Formação Motuca, coletados em áreas dos estados de Tocantins, Piauí e Maranhão. Para a análise microscópica foram confeccionadas lâminas petrográficas. Ao todo foram laminadas 36 gimnospermas permineralizadas. Destas, apenas dez tinham preservação suficiente para o estudo taxonômico e sua afiliação a gêneros e espécies. Três amostras apresentaram um conjunto excepcional de características, permitindo a criação de três novos gêneros: *Ductoabietoxylon*, *Parnaiboxylon* e *Scleroabietoxylon*. *Ductoabietoxylon solis* apresenta medula heterocelular, com dutos e células secretoras, xilema primário endárqueo, pontoações radiais araucarióides e raios lenhosos abietóides. *Parnaiboxylon rohnae* possui medula homocelular, com canais, xilema primário endárqueo a mesárqueo e pontoações radiais araucarióides. *Scleroabietoxylon chordas* tem como principais características medula heterocelular, com esclereídeos, xilema primário endárqueo, pontoações radiais araucarióides e raios lenhosos abietóides. Além destes, cinco novas espécies foram criadas para gêneros já existentes. *Damudoxylon buritaranaensis* que possui medula heterocelular, com células secretoras, xilema primário endárqueo e pontoações radiais araucarióides. *Damudoxylon humile* e *D. rosslerii* apresentam medula homocelular, xilema primário endárqueo e pontoações radiais araucarióides, sendo que se diferenciam pela seriação das pontoações radiais, altura dos raios lenhosos e tipo de campos de cruzamento. *Kaokoxylon punctatum* mostra medula heterocelular com esclereídeos, xilema primário endárqueo e pontoações radiais araucarióides enquanto que *Taeniopitys tocantinensis* tem medula homocelular, com dutos, xilema primário endárqueo a mesárqueo e pontoações radiais araucarióides. Por último, duas formas foram relacionadas aos gêneros *Parnaiboxylon* e *Taeniopitys*. Nestas a preservação não permitiu sua classificação em nível específico. Como se pode perceber, as formas descritas apresentaram uma enorme variabilidade anatômica, porém todas mostraram uma característica em comum: a exclusividade de

pontoações araucarióides nas paredes radiais dos traqueídeos. Durante o Permiano, o tipo misto de pontoação era o mais comum no Gondwana, enquanto o tipo araucarióide era mais comum na Euro-américa. Esta característica mostra que há uma maior afinidade desta flora com as do cinturão tropical da Euro-américa, situação já corroborada pelo encontro de pteridófitas de afinidade euro-americana no mesmo depósito.

Abstract

The Permian permineralized flora of the Parnaíba Basin has been studied since 1872, when Brongniart described *Psaronius brasiliensis*. Since then, many fossil pteridophyte fossils have been collected and studied; however, the gymnosperms are still little known. The gymnosperm fossils studied in this contribution come from the Motuca Formation, and have been collected in Tocantins, Piauí and Maranhão states. Thin slides were made to the microscopic analyses. 36 permineralized gymnosperm woods were laminated, but only ten of them showed enough preservation to be useful for the taxonomic studies, and consequently, establish their affiliations to genera and species. Three samples presented an exceptional set of morphological features, allowing the creation of three new genera: *Ductoabietoxylon*, *Parnaiboxylon* and *Scleroabietoxylon*. *Ductoabietoxylon solis* has heterocellular pith, with ducts and secretory cells, primary xylem endarch, araucarioid pitting and abietoid xylem rays. *Parnaiboxylon rohnae* has homocellular pith, with canals, primary xylem endarch to mesarch and araucarioid pitting. *Scleroabietoxylon chordas* has as main diagnostic characteristics homocellular pith, with sclereids, primary xylem endarch, araucarioid pitting and abietoid xylem rays. Apart from these, five new species were created, being inserted into already existing genera. *Damudoxylon buritaranaensis* which has heterocellular pith, with secretory cells, primary xylem endarch and araucarioid pitting. *Damudoxylon humile* and *D. rosslerii* have homocellular pith, primary xylem endarch and araucarioid pitting, but are different each other in the seriation of the pitting on radial walls of tracheids, height of the xylem rays and cross-field pits. *Kaokoxydon punctatum* has heterocellular pith with sclereids, primary xylem endarch and araucarioid pitting, while *Taeniopitys tocantinensis* has homocellular pith, with ducts, primary xylem endarch to mesarch and araucarioid pitting. At last, two samples were related to the genera *Parnaiboxylon* and *Taeniopitys*. In these, the preservation did not allow their classification in specific level. As can be seen, the described samples presented a great anatomical variability, but all of them had on common characteristic: the exclusivity of the araucarioid pitting on the radial walls of tracheids. During the Permian, the mixed type of pitting was the most common in the woods from Gondwana realm, while the araucarioid type was more common in the ones from Euro-american realm. This fact indicates that this flora shows a greatest affinity

with the floras found in the tropical belt of Euro-american terrains, situation already supported by the previous finding of pteridophyte plants with euro-american affinity in the same deposits.

LISTA DAS FIGURAS

Figura 1 – Localização do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins – área amarelada.....	11
Figura 2 – Ampliação da área amarela da fig. 1, mostrando os limites do MNAFTO e as principais fazendas onde são encontrados os fósseis	12
Figura 3 – Mapa com as principais bacias sedimentares brasileiras. A Bacia do Parnaíba está destacada em azul.....	21
Figura 4 – Carta estratigráfica da Bacia do Parnaíba.....	22
Figura 5 – Estágios da evolução paleogeográfica da Bacia do Parnaíba durante o Permiano	24
Figura 6 – Intervalos englobados no Permiano precoce, médio e tardio.	60

LISTA DOS QUADROS

Quadro 1 – Relação das espécies encontradas na Bacia do Paraná relacionando-as com a natureza de sua medula.....	49
Quadro 2 – Relação das espécies solenóides nas bacias do Paraná e do Parnaíba.....	50
Quadro 3 – Relação dos exemplares com medulas homo ou heterocelulares nas duas bacias.....	50
Quadro 4 – Relação dos exemplares com xilema primário endárqueo, endárqueo a mesárqueo e mesárqueo, nas duas bacias.	52
Quadro 5 – Relação das espécies com pontoações araucarióides, mistas e abietóides na Bacia do Paraná.	54
Quadro 6 – Distribuição temporal das espécies de <i>Damudoxylon</i> , <i>Kaokoxyton</i> e <i>Taeniopitys</i>	61

SUMÁRIO

PARTE I	1
Resumo.....	2
Abstract	4
LISTA DAS FIGURAS	6
LISTA DOS QUADROS.....	7
SUMÁRIO.....	8
SOBRE A ESTRUTURA DESTA TESE:	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. JUSTIFICATIVA	16
3. OBJETIVOS	16
3.1. Objetivo geral	17
3.2. Objetivos específicos.....	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS	17
4.1. Bacia do Parnaíba.....	17
4.2. Área de estudo	25
4.3. Método de estudo.....	27
4.4. Material laminado	29
5. ANÁLISE INTEGRATIVA DOS RESULTADOS	30
5.1. Análises anatômicas / taxonômicas	30
5.1.1. Lenhos pertencentes à coleção do Museum für Naturkunde Chemnitz	30
5.1.2. Lenhos pertencentes à coleção da Universidade Estadual Paulista	32
5.1.3. Lenhos pertencentes à coleção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.....	36
5.2. Comparações entre as bacias do Paraná e do Parnaíba	47
5.2.1. Comparações anatômicas	48
5.2.2. Comparações taxonômicas	56
5.3. Considerações sobre a Idade da Formação Motuca	59

5.4. Considerações sobre a Paleofitogeografia	62
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ESTAMPAS	75
PARTE II	98
Capítulo 1	99
Capítulo 2	136
Capítulo 3	176
Capítulo 4	222
PARTE III	232
Anexo I.....	233
Anexo II.....	236
Anexo III.....	239
Anexo IV	242
Anexo V	244
Anexo VI	246
Anexo VII	248

SOBRE A ESTRUTURA DESTA TESE:

Esta tese de Doutorado foi desenvolvida no Laboratório de Paleobotânica, Departamento de Estratigrafia e Paleontologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (DPE/IG/UFRGS), entre março de 2008 e fevereiro de 2012. Sua elaboração segue as “normas para apresentação de teses de doutorado em forma de artigos” do Programa de Pós-Graduação em Geociências da referida universidade. Conseqüentemente, sua organização compreende as seguintes partes principais:

- a) Parte I - Capítulo introdutório e análise integrativa de resultados. O capítulo introdutório começa com um levantamento bibliográfico do tema de estudo da tese, em seguida lista as justificativas e objetivos, e também caracteriza a área de estudo e os métodos utilizados. A análise integrativa de resultados expõe os resultados obtidos nos manuscritos (Parte II) e discute-os de forma integrada. As referências bibliográficas e estampas encontram-se no final da Parte I.
- b) Parte II - Manuscritos. Nesta parte são apresentados os quatro manuscritos submetidos e/ou aceitos em periódicos com corpo editorial permanente e revisores independentes, escritos durante o desenvolvimento do doutorado.
- c) Parte III – Anexos. Nesta última parte são apresentadas as cartas de encaminhamento e / ou aceite dos manuscritos da Parte II, juntamente com resumos publicados em anais de eventos.

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional (FPTS) foi depredada durante muitos anos por empresas e / ou pessoas que retiravam os lenhos e os comercializavam ilegalmente dentro e fora do Brasil. Com o intuito de protegê-la foi criada em 2000 a Unidade de Conservação “Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins” (MNAFTO), no entorno da cidade de Filadélfia, Tocantins (figs. 1, 2). Os fósseis afloram não somente dentro do MNAFTO, mas também no Piauí e no Maranhão. A FPTS está situada na Bacia do Parnaíba, sendo que o Permiano está representado pelas formações Pedra-de-Fogo e Motuca (Dias-Britto & Castro 2005; Dias-Britto *et al.* 2007).

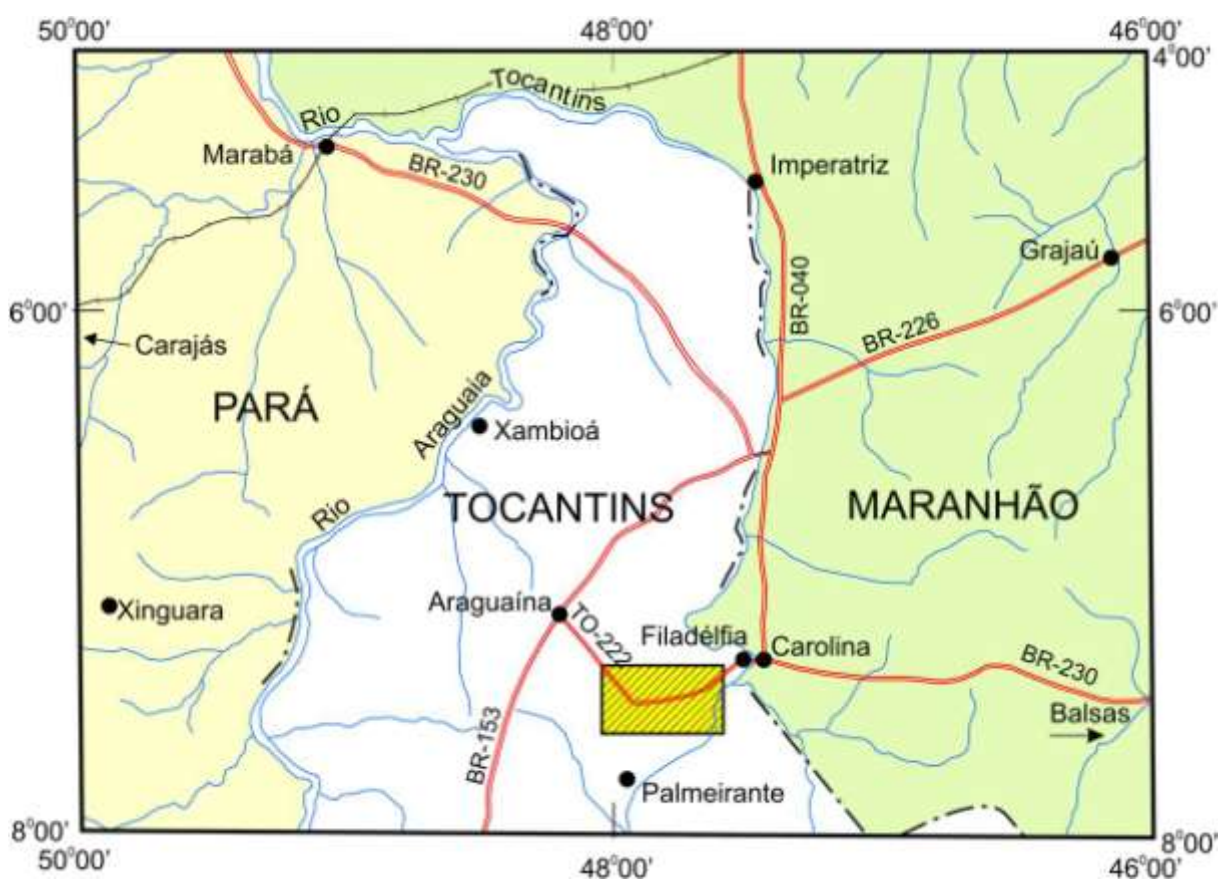


Figura 1 – Localização do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins – área amarelada. Figura cedida por Rosemarie Rohn.

Os sedimentos permianos possuem abundância de fósseis, o que sempre chamou a atenção de pesquisadores. O primeiro caule permineralizado brasileiro estudado foi *Psaronius brasiliensis*, descrito em 1872 por Brongniart e proveniente

do Piauí. O exemplar consiste de diversos fragmentos depositados em museus europeus (Paris, Londres, Estrasburgo) e no Rio de Janeiro. Em 1904, Solms-Laubach estudou uma coleção de lenhos do Maranhão e do Piauí, identificando alguns destes como *Psaronius* (Dolianiti 1948). Em 1912, Pelourde, re-examinou os exemplares de *P. brasiliensis* encontrados no Museu de História Natural de Paris, e propôs uma nova espécie para o gênero, *P. arrojadoi*. Em 1934, Oliveira citou o encontro de *P. solmsi* e *P. brasiliensis* juntamente com troncos de coníferas não identificados em sedimentos permianos do Piauí.

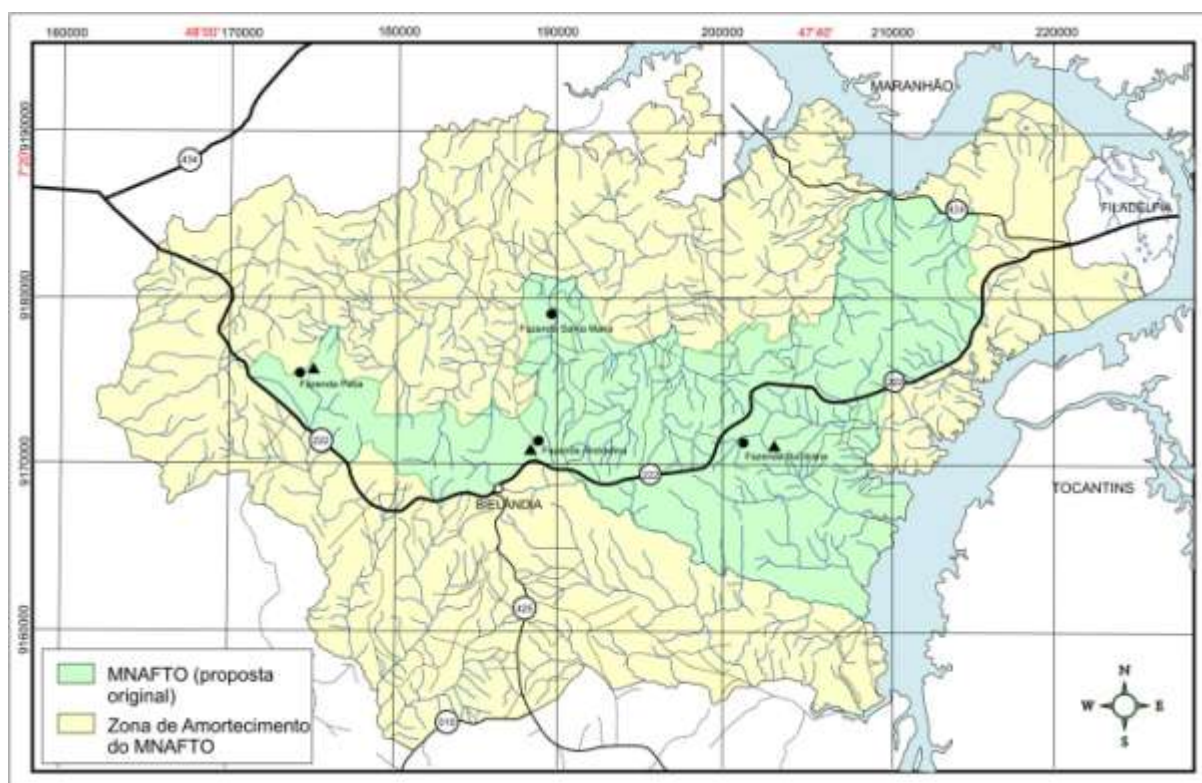


Figura 2 – Ampliação da área amarela da fig. 1, mostrando os limites do MNAFTO e as principais fazendas onde são encontrados os fósseis. Figura cedida por Rosemarie Rohn.

Price, em 1948, estudou restos de vertebrados encontrados em Pastos Bons, Maranhão, pertencentes aos sedimentos da Formação Pedra-de-Fogo. O autor descreveu estes restos como *Prionosuchus plummeri* - o primeiro anfíbio encontrado no Brasil.

Barbosa & Gomes (1957) encontraram de restos de plantas similares àquelas das camadas de carvão euro-americanas na Formação Pedra-de-Fogo, mas não as descreveram.

Em 1972, Barberena publicou um trabalho de sinopse dos tetrápodes encontrados na América do Sul. O anfíbio *Prionosuchus plummeri* Price, 1948, foi por ele considerado como um imigrante inicial vindo do “Velho Mundo”, já que este anfíbio parecia ser mais primitivo que os europeus.

Lima & Leite (1978) encontraram restos de conchas e impressões vegetais na Formação Pedra-de-Fogo, mas não as estudaram.

Faria Jr. & Truckenbrodt (1980a) descobriram estromatólitos colunares de pequena dimensão nas porções basal e média da Formação Pedra-de-Fogo. Nesta última também foram achados coquinas. Os autores comentaram o encontro de fósseis vegetais no membro superior da Formação Pedra-de-Fogo.

Petri & Fulfaro (1983) citaram o encontro de peixes paleoniscídeos dos gêneros *Palaeoniscus* e *Elonichthys* e gastrópodes do gênero *Pleurotomaria* na Formação Pedra-de-Fogo.

Mussa (*in* Coimbra & Mussa 1984) descreveu três novas *taxa* para a Formação Pedra-de-Fogo, *Arthropitys cacundensis*, uma calamitácea, *Carolinapitys maranhensis*, uma provável cordaitaleana, e *Amyelon bieloi*, uma raiz. Com base nestas plantas, os autores descreveram o paleoambiente como sendo úmido, correspondendo a várzeas e bordas de bacias. As calamitáceas se distribuiriam no palude ribeirinho, lagunar ou marinho, enquanto que a medula septada das cordaitaleanas era, provavelmente, era um recurso xeromórfico de adaptação à presença de águas salobras ou de baixa oxigenação.

Em 1985, Herbst fez uma emenda à espécie *Psaronius arrojadoi*, baseando-se em exemplares provenientes do Maranhão.

Mussa (*in* Mussa & Coimbra 1987) descreveu mais três novas *taxa* para a Formação Pedra-de-Fogo. *Araguainorachis simplíssima*, um fragmento peculiar de uma pteridófita, *Cycadoxylon brasiliense*, uma cicadácea, e *Cyclomedulloxylon parnaibense*, uma gimnosperma do grupo solenóide.

Em 1977 foram encontrados 33 lenhos nas margens do Rio Poti em Teresina, Piauí. Destes, 29 estavam em posição de vida e apenas um foi seccionado e estudado anatomicamente por Mussa (*in* Caldas *et al.* 1989). O lenho foi

denominado *Teresinoxylon eusebioi* e relacionado às cicadáceas. Os autores consideraram os sedimentos como pertencentes à Formação Pedra-de-Fogo.

Em 1990, Santos descreveu o condrictes *Itapyrodus punctatus* a partir de dentes encontrados na Formação Pedra-de-Fogo, região de Pastos Bons, Maranhão. Em 1994, o mesmo autor descreveu mais dentes encontrados no mesmo lugar, atribuídos por ele à *Anisopleurodontis pricei*.

Em 1991, Cox & Hutchinson descreveram o novo gênero de actinoptérigeo *Brazilichthys*, com sua espécie-tipo, *B. macrognathus* proveniente da Formação Pedra-de-Fogo, da localidade de Pastos Bons, Maranhão. Os autores ainda criaram a família Brazilichthyidae para englobá-lo. Além disso, descreveram restos de um anfíbio que classificaram como *Prionosuchus plummeri* Price, incluindo aí partes inéditas do animal.

Em 1992, Herbst (a, b) descreveu uma nova espécie de *Tietea*, *T. derby* proveniente dos sedimentos permianos de Carolina, Maranhão. Em 1999, Herbst descreveu exemplares de *Psaronius* encontrados perto de Araguaína, Tocantins, e criou a nova espécie *P. sinuosus*.

Ainda em 2001, Iannuzzi & Scherer assinalaram a presença de compressões/impressões de vegetais fósseis em depósitos da Formação Pedra-de-Fogo, localizados nas margens dos rios Manoel Alves Grande (Carolina) e Tocantins (localidade de Cruzeiro), Maranhão, os quais foram classificados, respectivamente, como *Cyclostigma brasiliensis* Dolianiti, *Pecopteris* sp. e *Paracalamites?* sp.

Dino *et al.* (2002) analisaram amostras de testemunhos do membro Trisidela da Formação Pedra-de-Fogo e encontraram palinomorfos permianos, dominados por grãos de pólen bissacados estriados, raros acritarcos e algas *Botryococcus*.

Em 2002, Rößler & Galtier (2002a, b) descreveram uma nova pteridófita, *Grammatopteris freitasii* – a única espécie deste gênero encontrada até agora no Gondwana. Além disso, criaram um novo gênero de pteridófita, *Dernbachia*, sendo a espécie-tipo *D. brasiliensis*. Os autores consideraram os espécimes fósseis como provenientes da Formação Pedra-de-Fogo.

Rößler & Noll (2002) descreveram diversas amostras de lenhos provenientes dos sedimentos da Formação Pedra-de-Fogo. Entre essas, seis amostras de *Arthropityx* sp. e sete exemplares de gimnospermas que denominam apenas como *Dadoxylon* sp. Os autores fizeram ainda uma descrição de como seria a floresta permiana. Ela teria se desenvolvido nas margens de canais de um antigo sistema fluvial. As samambaias e as esfenófitas provavelmente se fixariam nas margens, devido à umidade. Chuvas fortes provocariam inundações que arrancariam as plantas do solo – há depósitos de rompimentos de diques marginais onde ocorrem diversas plantas fossilizadas. As planícies mais áridas ao redor destes canais serviriam como substrato para gimnospermas, mais resistentes à perda d'água. Segundo os autores, os vegetais não estariam *in situ*, mas o transporte teria sido provavelmente curto, já que foram encontrados restos de ramos, folhas e raízes próximos aos caules maiores.

Em 2003, Rößler & Galtier, descreveram pela primeira vez, o gênero *Botryopteris* para terrenos gondwânicos, criando a nova espécie *B. nollii*.

Schwanke & Souto (2007) estudaram coprólitos encontrados na década de 40 em sedimentos do topo da Formação Pedra-de-Fogo, de onde também provêm restos de vertebrados. Provavelmente os coprólitos encontrados foram produzidos por condictes primitivos, segundo os autores.

Recentemente, Tavares (2012) descreveu mais seis fósseis de pteridófitas provenientes das formações Pedra-de-Fogo e Motuca. Duas formas já descritas anteriormente e representadas por caules permineralizados, *Psaronius arrojadoi* e *Tiетеa singularis*, e mais quatro formas inéditas, sendo que duas foram incluídas em novos gêneros - um representado por uma folha fértil e o outro por uma raque, e duas formas atribuídas ao gênero *Pecopteris*, de folhas estéreis.

Assim, apesar de se ter o registro de mais de 100 anos de estudos com fósseis provenientes de sedimentos permianos da Bacia do Parnaíba, as gimnospermas permineralizadas são minimamente conhecidas até o momento. Apenas cinco gêneros criados por Mussa (*in* Coimbra & Mussa 1984; Mussa & Coimbra 1987; Caldas *et al.* 1989) e sete exemplares denominados como *Dadoxylon* (um gênero inválido segundo Philippe 1993, Bamford & Philippe 2001 e Kurzawe & Merlotti 2009) por Rößler & Noll (2002) foram publicados. Objetivando a ampliação

do conhecimento dos lenhos gimnospermóides no permiano da Bacia do Parnaíba analisaram-se anatomicamente diversos exemplares de lenhos permineralizados provenientes dos estados do Tocantins, Piauí e Maranhão.

2. JUSTIFICATIVA

Apesar da Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional (FPTS) fornecer uma abundante quantidade de lenhos permineralizados com um ótimo estado de preservação, poucos estudos foram feitos com os mesmos até hoje. As gimnospermas, objetos de estudo deste trabalho, só foram estudadas taxonomicamente por Mussa (Coimbra & Mussa, 1984; Mussa & Coimbra, 1987; Caldas *et al.* 1989), sendo que apenas cinco lenhos foram descritos por ela. Além disso, Rößler & Noll (2002) estudaram sete exemplares, mas, destes, apenas cinco foram analisados anatomicamente pelos autores. Estes poucos exemplares publicados mostram o alto potencial do material gimnospérico proveniente da FPTS, já que o plano anatômico dos lenhos apresenta uma alta variabilidade e uma grande afinidade com formas euro-americanas, além das gondwânicas, como aquelas registradas para a Bacia do Paraná. Assim, esta flora torna-se importantíssima para delinear o limite entre as províncias florísticas euro-americana e gondwânica durante o Permiano, junto ao paleocinturão tropical/subtropical.

Desta forma, este trabalho propõe a análise de diversos exemplares inéditos, os quais serão comparados tanto com formas euro-americanas quanto do Gondwana, contribuindo não só para o conhecimento das gimnospermas da FPTS, ainda mal compreendidas, como também para os estudos paleofitogeográficos, versando sobre a delimitação das províncias florísticas permianas no noroeste do Gondwana, e bioestratigráficos, relacionados tanto às correlações estratigráficas quanto à idade da unidade fitofossilífera permiana estudada, ou seja, Formação Motuca.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Analisar anatomicamente e taxonomicamente lenhos gimnospermóides coletados na Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional (FPTS), visando compará-los com lenhos euro-americanos e gondwânicos.

3.2. Objetivos específicos

- Analisar a afinidade dos táxons encontrados em relação às províncias florísticas permianas, a fim de esclarecer as relações paleofitogeográficas da flora da FPTS com as floras setentrionais (euro-americanas) e meridionais (gondwânicas);
- Auxiliar no estabelecimento da delimitação das províncias florísticas permianas no noroeste do Gondwana (norte da América do Sul) dentro de uma área de reconhecido *hiato florístico*;
- Aprimorar as considerações sobre a provável idade da unidade analisada, ou seja, da Formação Motuca.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Bacia do Parnaíba

A Bacia do Parnaíba situa-se na região nordeste ocidental do Brasil, abrangendo os estados do Piauí, Maranhão, Tocantins, Pará, Ceará e Bahia e ocupando uma área de 600000 km² (fig. 3). Sua seqüência sedimentar é dividida em seis grupos – Serra Grande, Canindé, Balsas, Mearim, Itapecuru e Barreiras – além das formações Sardinha, Grajaú, Codó, Cujupe e Pirabas; unidades depositadas desde o Siluriano até o Cenozóico. O Permiano está representado dentro do Grupo

Balsas, pelas formações Pedra-de-Fogo e Motuca (fig. 4). O Grupo Balsas está relacionado com os grupos Guatá e Passa Dois da Bacia do Paraná (Góes & Feijó 1994; Caputo *et al.*, 2005).

Classicamente atribuíram-se os restos de caules permineralizados à Formação Pedra-de-Fogo (Dolianiti 1972; Lima & Leite 1978; Petri & Fulfaro 1983; Coimbra & Mussa 1984; Mussa & Coimbra 1987; Caldas *et al.* 1989; Goés & Feijó 1994; Herbst 1999; Röbber & Galtier 2002a, b; Röbber & Noll 2002; Röbber & Galtier 2003; Santos & Carvalho 2004). Faria Jr (1979 *in* Dias-Britto *et al.* 2007) e Pinto & Sad (1986) foram os primeiros autores a considerar que os lenhos poderiam ser provenientes da base da Formação Motuca, já que nunca encontraram fósseis vegetais nas rochas carbonáticas associadas ao topo da Formação Pedra-de-Fogo, apenas nos arenitos da base da Formação Motuca. Mais recentemente, diversos autores consideraram que os caules permineralizados são pertencentes à base da Formação Motuca (Dias-Britto & Castro 2005; Dias-Britto *et al.* 2007). No entanto, Faria Jr & Truckenbrodt (1980a) e Caputo *et al.* (2005) consideraram que os mesmos provinham do topo da Formação Pedra-de-Fogo e da base da Formação Motuca.

A deposição da Formação Pedra-de-Fogo é cíclica, sendo que cada ciclo apresenta seqüencialmente da base para o topo arenitos amarelados, siltitos, calcários oolíticos ou concrecionários/pisolítico creme a branco, às vezes contendo estromatólitos, folhelhos carbonáticos cinza esverdeados a verde e lentes de calcário. Ocorrem freqüentemente camadas de sílex e de nódulos/concreções de sílex. A espessura máxima desta formação é de 240 metros (Petri & Fulfaro 1983; Goés & Feijó 1994). Os siltitos apresentam estratificação *flaser* e os arenitos são carbonáticos e normalmente líticos. A Formação Pedra-de-Fogo pode ser dividida em três membros. O Membro Inferior possui da base para o topo, silitito cinza, argiloso e carbonático com intercalações de calcário argiloso, marga e sílex negro; uma fina camada (não mais que 1m) de calcário dolomítico cinza claro e maciço; no topo calcário calcítico creme a rosado com calcita recristalizada, mal estratificado, e apresentando estruturas, aparentemente estromatolíticas. Ocorre, ainda, localmente gipsita. Da base para o topo o Membro Médio apresenta silito esverdeado com manchas roxas, mal estratificado, podendo ocorrer intercalações de arenito e marga. Ainda na base ocorre abundância de vênulas de calcita avermelhada e laminação perturbada. Após estas ocorre arenito cinzento médio a grosseiro e cimento

carbonático. Acima deste, há um folhelho siltito cinza escuro a preto, carbonoso e fossilífero, com laminação pouco desenvolvida, parcialmente com estrutura *flaser*, fissuras preenchidas por carbonatos, e fratura irregular a conchóide. Este pacote é intercalado com arenito fino carbonático ou calcário arenoso cinza claro, fossilífero. Os fósseis consistem em escamas de peixes ou restos de carapaças. Por último, ocorre siltito esverdeado com bancos de marga dolomítica, níveis com arenito siltico com estratificação cruzada e níveis de coquinas. O Membro Superior (= Trisidela) apresenta na base banco siltico-carbonático branco, com nódulos e “bonecas” de sílex com matriz argilo-carbonática. Acima deste há um arenito siltico avermelhado, com manchas brancas de descoloração, maciço. Então ocorre uma fina camada (menos de 0,5m) de marga avermelhada. Seguido por siltito arroxeadado, com manchas brancas de descoloração, com muitos filmes carbonáticos interestratificados. Por cima, leitos de arenito fino, siltito e/ou folhelho e marga com sílex intercalados, muitos nódulos e “bonecas” de sílex presentes. Por último, siltito creme, com lenticulas de sílex (Pinto & Sad 1986).

A Formação Motuca possui arenitos basais, seguidos por folhelhos vermelhos, anidritos e calcários, e novamente arenitos no topo. Tem espessura máxima de 280 metros (Petri & Fulfaro 1983; Goés & Feijó 1994). Esta formação pode ser dividida em três membros. O Inferior consiste em arenitos finos a muito finos e com coloração vermelho-tijolo. O Médio é composto, principalmente, por intercalações de siltitos com bancos carbonáticos, seguidos por camadas de gipsita e/ou anidrita. Finalmente, no Membro Superior ocorrem arenitos muito finos e siltitos vermelho-tijolo. Ocorre estratificação cruzada em arenitos desta formação (Melo & Prade 1968 *in* Faria Jr 1984).

Segundo Faria Jr & Truckenbrodt (1980a) os minerais esmectita e ilitita presentes na Formação Pedra-de-Fogo corresponderiam, provavelmente, à alteração de rochas cristalinas quando sujeitas a condições climáticas áridas e semi-áridas em ambientes alcalinos e pouco lixiviantes. Além disso, a freqüente preservação de granada e apatita também estaria relacionada a este tipo de ambiente. Os autores igualmente consideraram que a corrensita provavelmente originou-se a partir de ambientes marinhos. Ocorre também quartzina que se forma em ambiente evaporítico. A sílica depositou-se em um ambiente com alta evaporação e pH, talvez relacionado a vulcanismo. A possível influência vulcânica

novamente é sugerida pela presença significativa de esmectita e de *cherts*. Ao analisar o arenito, chegaram à conclusão que a Formação Pedra-de-Fogo depositou-se em ambiente de baixa a média energia. Faria Jr & Truckenbrodt (1980b) consideram a presença de estromatólitos colunares e/ou domados como evidência da ocorrência de pequenas ingressões marinhas e os fragmentos dos mesmos como turbulência no ambiente. O encontro destas estruturas nos membros basal e superior mostraria oscilações periódicas durante a deposição desta formação. Os estromatólitos laminares indicariam ambiente restrito e uma diminuição da profundidade. Os autores relacionaram a formação destas estruturas a ambientes marinhos, hipersalinos, com grande evaporação. Já Petri & Fulfaro (1983) sugeriram que a presença de estromatólitos nos níveis basais da Formação Pedra-de-Fogo configuraria a ocorrência de ambientes marinhos pouco profundos, inframaré rasos e intermaré baixos, com pouca agitação de ondas e correntes. Já os bióstromos com estromatólitos laminares seriam desenvolvidos em ambientes mais rasos, de planícies de maré de lama, sem ação direta de ondas. Os estromatólitos presentes também nas partes superiores da formação indicariam oscilações periódicas no nível do mar. Os autores igualmente consideraram que as raras biotas associadas aos carbonatos implicam na existência de ambientes restritos, com ocasional comunicação com o mar aberto. Nas áreas onde há menor quantidade de carbonatos ocorreriam planícies baixas com grande número de lagos. Dino *et al.* (2002) ao analisarem associações palinológicas do Membro Trisidela da Formação Pedra-de-Fogo chegaram a conclusão que o ambiente era quente e seco, de baixa energia, continental, com baixa influência marinha, talvez lagunar ou marinho costeiro raso. Com estes dados, tem-se que a Formação Pedra-de-Fogo depositou-se em ambiente epicontinental, marinho raso e restrito, e o ambiente variou entre marinho nerítico, transicional e deltaico. O clima inicialmente era temperado, mas passou a semi-árido e árido (Faria Jr & Truckenbrodt 1980a; Petri & Fulfaro 1983; Dino *et al.* 2002). Góes & Feijó (1994) acrescentaram a existência de planícies de *sabka*, com eventual influência de tempestades.

Conforme Santos & Carvalho (2004), a fase regressiva da Formação Pedra-de-Fogo era caracterizada pelo clima árido e o ambiente desértico. Os estromatólitos encontrados nos membros Inferior e Superior cresceram nos raros ambientes limnicos e rasos. Estes organismos indicariam a rápida capacidade de expansão dos

corpos aquáticos efêmeros, formados quando da ampliação do nível de base. Já o membro Superior comportaria os depósitos lacustres. A elevação do nível de base e a melhora do clima – agora úmido – teriam permitido o desenvolvimento de organismos, como peixes e anfíbios, e de cobertura vegetal (fase transgressiva).



Figura 3 – Mapa com as principais bacias sedimentares brasileiras. A Bacia do Parnaíba está destacada em azul. Figura cedida por Rosemarie Rohn.

Durante a deposição da Formação Motuca, o clima teria sido mais árido do que aquele durante a deposição da Formação Pedra-de-Fogo, com o predomínio dos desertos e sedimentação continental em cursos fluviais periódicos, dunas eólicas e *sabkhas*. Provavelmente a elevação/diminuição do nível do mar foi controlada pelas glaciações do Gondwana (Faria Jr 1984; Goés & Feijó 1994; Santos & Carvalho 2004). Lima & Leite (1978) acrescentaram as ocasionais invasões marinhas.

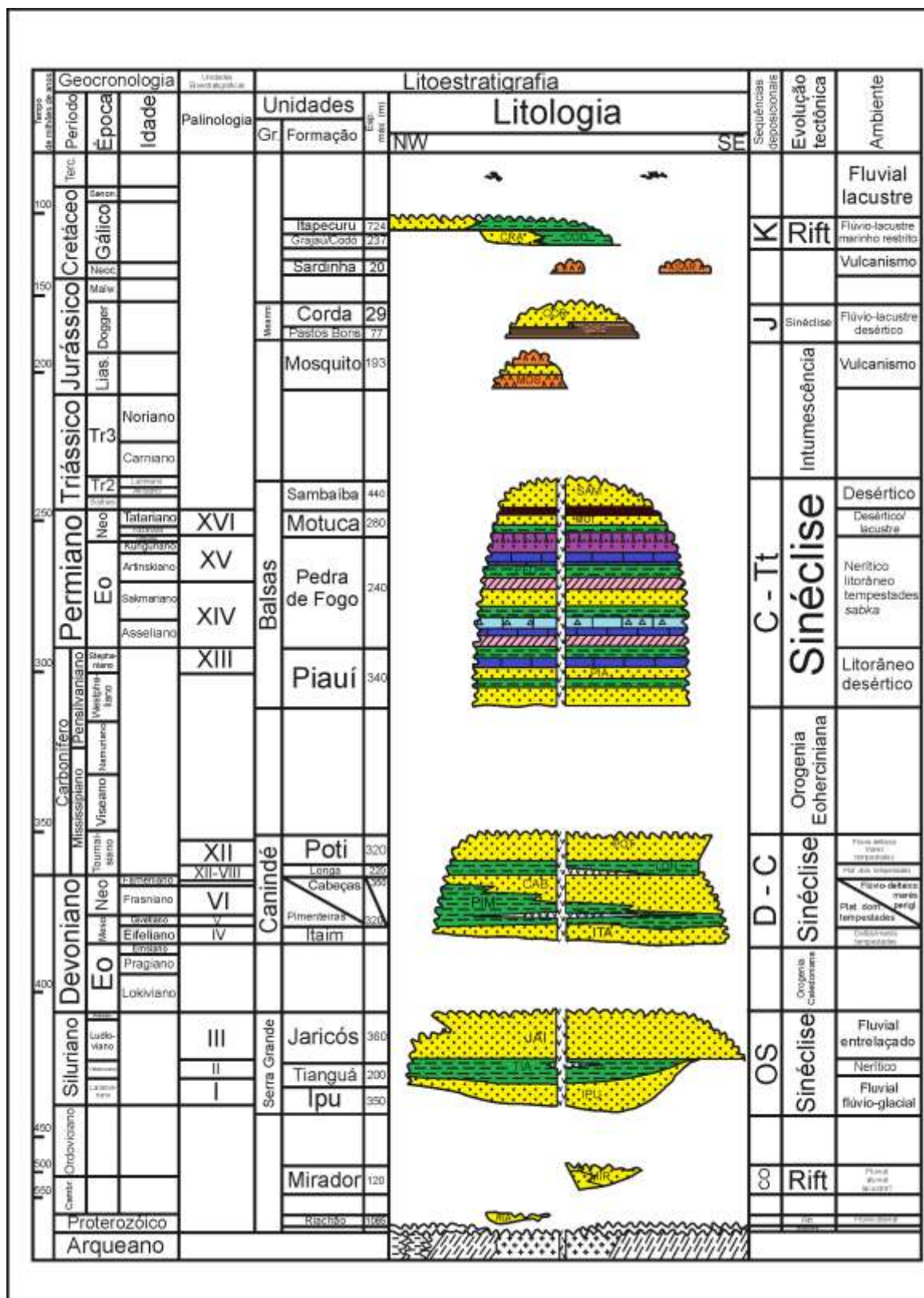


Figura 4 – Carta estratigráfica da Bacia do Paraíba. Adaptado de Goés & Feijó 1994.

Na estratigrafia de seqüências o Grupo Balsas está relacionado à Seqüência Carbonífero-Triássica. No início, o clima que antes era temperado e os mares

abertos passam por mudanças neste intervalo, onde o clima se torna quente e os mares restritos e rasos. O ciclo é transgressivo-regressivo e a sedimentação teria sido controlada por condições de aridez (deposição de evaporitos e formação de desertos). A sedimentação terminaria com o soerguimento que resultou da Orogenia Gonduanide (Goés & Feijó 1994).

Segundo Faria Jr (1984), a evolução paleogeográfica do Permiano na Bacia do Parnaíba tem dois estágios deposicionais (fig. 5). Primeiramente, entre o Permiano Inferior e o Médio, depositaram-se os sedimentos da Formação Pedra-de-Fogo. O ambiente era limnico, raso e salino. A partir do leste desenvolveu-se uma planície deltaica, propiciando a deposição de corpos arenosos espessos (Arenito Custódio). Já no oeste, sedimentavam-se ritmicamente clásticos finos e carbonatos evaporíticos conforme a variação do nível das águas. As áreas fontes ficavam a leste e a nordeste, constituindo-se de terrenos planos com baixa elevação. A subsidência era lenta. O clima ameno permitiu o desenvolvimento de cobertura vegetal na planície deltaica. Em um segundo momento, no Permiano Superior, o ambiente anteriormente raso foi preenchido e as condições climáticas tornaram-se mais áridas. A deposição continental dos sedimentos ocorreu por acumulação em cursos fluviais periódicos (*wadis*), atividades eólicas e *sabkhas*. A subsidência continuou lenta e as áreas fontes continuaram no leste. Já no final do período ocorreu um pequeno levantamento na margem oriental influenciando a deposição.

Em relação ao ambiente propício à permineralização dos caules, tem-se que, segundo Faria Jr. & Truckenbrodt (1980a), a Formação Pedra-de-Fogo tem abundância de sílex, sendo que este forma camadas ou concreções, conhecidas como “bonecas de sílex”. Este mineral também foi, segundo eles, o responsável pela permineralização dos caules. A deposição do sílex em camadas pode ter acontecido devido à precipitação inorgânica da sílica amorfa ou com a transformação dos silicatos hidratados de sódio. Para tanto, foi necessário um ambiente restrito com grande evaporação e pH elevado. Esta origem é corroborada pela formação de gretas de contração e de *flat pebbles* associados às brechas intraformacionais. As concreções teriam se originado segundo processos diagenéticos, onde ocorreu a substituição dos carbonatos. Talvez tenha ocorrido alguma atividade vulcânica.

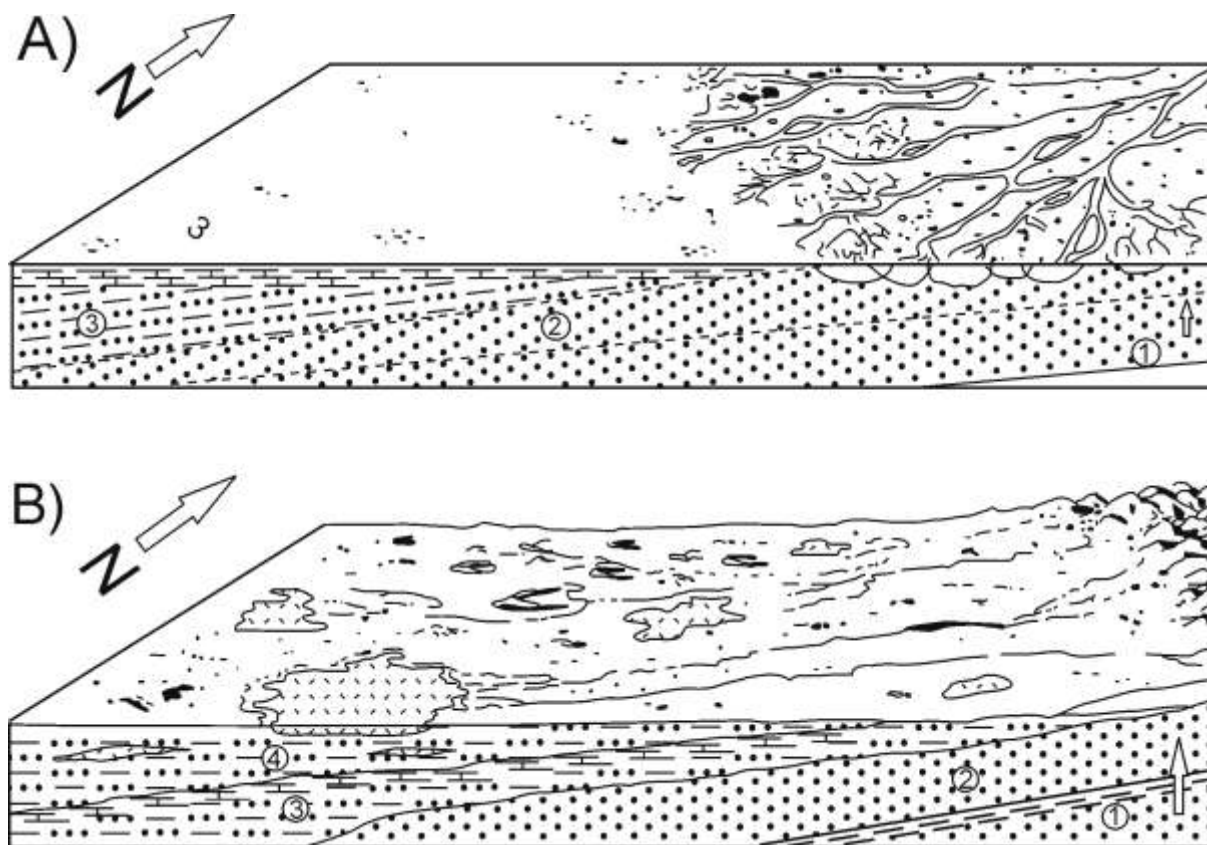


Figura 5 – Estágios da evolução paleogeográfica da Bacia do Paraíba durante o Permiano. A) Permiano Inferior a Médio. B) Permiano Superior. As unidades sedimentares estão representadas pelos números: ① Formação Piauí (Carbonífero Superior); ② Formação Pedra-de-Fogo (Arenito Custódio); ③ Formação Pedra-de-Fogo (Permiano Médio); ④ Formação Motuca (Permiano Superior). Adaptado de Faria Jr 1984.

A idade da Formação Pedra-de-Fogo é ainda motivo de controvérsia. Primeiramente, esta formação foi considerada de idade permiana precoce pela presença do anfíbio primitivo *Prionosuchus* por Price (1948) e por Barberena (1972). Já Barbosa & Gomes (1957) consideraram as formações Pedra-de-Fogo e Piauí como uma só, e baseando-se nos fósseis encontrados nas duas unidades atribuíram a idade carbonífera, mais precisamente pennsylvaniana, para estas camadas. Porém, Lima & Leite (1978) consideraram a idade como Permiano precoce a média baseando-se nos esporomorfos encontrados. Petri & Fulfaro (1983) sugeriram a idade Permiano precoce baseando-se nos restos de vertebrados. Mussa & Coimbra (1987) mostraram dúvidas quando à idade, Permiano precoce ou médio. Cox & Hutchinson (1991) consideraram a Formação Pedra-de-Fogo de idade permiana tardia, baseando-se na anatomia do anfíbio encontrado por Price (1948). Goés & Feijó (1994) atribuíram estes sedimentos ao Permiano precoce. Dino *et al.* (2002) consideraram que a formação seria do Permiano tardio ao estudarem associações

palinológicas. Dias-Britto *et al.* (2007) chegaram a conclusão que a porção superior desta formação pertenceria ao Kunguriano, final do Permiano precoce, ao compararem as palinofloras encontradas por Dino *et al.* (2002) no Membro Trisidela com as da Formação Flowerpot dos Estados Unidos.

A idade da Formação Motuca também é motivo de discussão. Segundo Faria Jr & Truckenbrodt (1980a) esta formação teria idade permiana tardia. Petri & Fulfaro (1983) a consideraram como parte do Permiano médio, baseando-se na presença de anidrita em bancos com até 20 metros de espessura, correlacionáveis com os da Formação Nova Olinda da Bacia do Amazonas. Conforme Goés & Feijó (1994), a Formação Motuca seria do Permiano tardio (intervalo Kazaniano/Tatariano). Por último, Dias-Britto *et al.* (2007) consideraram que a base desta formação seria neokunguriana.

4.2. Área de estudo

Os lenhos estudados foram coletados em quatro saídas de campo, entre os anos 2006 e 2011. A primeira delas foi feita em 2006 pelos pesquisadores Robson L. Capretz e Rosemarie Rohn, da Universidade Estadual Paulista, Campus Rio Claro (UNESP), Robert Noll de Tiefenthal, Alemanha, e Ronny Röbber, do Museum für Naturkunde Chemnitz, Alemanha. As coletas foram feitas nas cidades de Araguaína, Bielândia e Colinas do Tocantins, no Tocantins, e o material foi depositado na UNESP. Em 2007 foi feita mais uma saída para as fazendas Andradina, Buritirana e Peba, em Filadélfia (TO) e integraram o grupo Robson L. Capretz, Rosemarie Rohn e Tatiane Tavares, todos da UNESP. Em julho e agosto de 2009, Francine Kurzawe e Roberto Iannuzzi foram até a UNESP, Campus Rio Claro, visitar a coleção e selecionar parte deste material para laminação. Os exemplares escolhidos foram levados até Porto Alegre e emprestados para laminação e estudo na UFRGS.

Em abril de 2010, foi feita uma nova saída de campo para Araguaína, Tocantins (fig. 1, Est. I, figs. 1-2). Desta saída fizeram parte Francine Kurzawe e Roberto Iannuzzi, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Rodrigo Neregato da UNESP-Rio Claro, e Dermeval A. do Carmo e Rodrigo Miloni Santucci

da Universidade de Brasília (UNB). Todo o material foi coletado na Fazenda Peba (fig. 2), sendo que a maior parte foi coletada no ponto S 07 24' 11,04"/W 47 56' 22,39". As amostras consistem de aproximadamente 50 troncos de gimnospermas e 15 fragmentos de calamitáceas, além de pelecípodes e moldes internos e externos de ostracodes de aproximadamente 2 mm de comprimento. O material paleobotânico foi transportado à Rio Claro, UNESP, para laminação. Atualmente, a parte correspondente às gimnospermas já foi levada a Porto Alegre e depositada na coleção paleobotânica da UFRGS. As calamitáceas foram depositadas na UNESP. Os pelecípodes e ostracodes foram levados a Brasília e depositados na UNB. Após a saída de campo para Tocantins, Francine Kurzawe e Rodrigo Neregato visitaram os depósitos do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), em Brasília. Havia lá material permineralizado proveniente do Monumento do Tocantins, apreendido há alguns meses. Os estudantes selecionaram uma parte do material, que foi numerado e incluído em um processo formal para efetivar a doação definitiva do mesmo para a UFRGS e a UNESP. O processo foi concluído recentemente, porém o material permanece ainda em Brasília.

A última saída de campo realizada em julho de 2011, compreendeu os estados de Piauí, Maranhão e Tocantins. Participaram Francine Kurzawe, Guilherme Roesler e Roberto Iannuzzi da UFRGS, Rodrigo Neregato da UNESP-Rio Claro, e Domingas Maria da Conceição e Juan Carlos Cisneros Martínez da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Ainda acompanharam a saída a repórter Luciana Christante e o fotógrafo Guilherme Gomes, ambos da Revista UNESP – UNESPCiência, a fim de realizarem uma reportagem sobre a floresta petrificada (Christante 2011). Como não foi obtida autorização para coleta dentro do Monumento, o grupo foi até a Fazenda Grotão, município de Filadélfia (TO), apenas para observar e tirar fotos (Est. I, figs. 3-4). Visitaram também a seção tipo da Formação Pedra-de-Fogo, onde é possível observar gretas de contração e carbonatos marinhos (Est. I, figs. 5-6). Foram até a Pedreira de Pastos Bons (MA) e observaram muitos icnofósseis e fragmentos e dentes de peixes. Após, dirigiram-se até as margens da Represa Boa Esperança, na localidade da Costela, Município de Nova Iorque, MA. Como é fora dos limites do Monumento havia a possibilidade de se fazer a coleta e algumas poucas gimnospermas foram recolhidas. A maioria estava totalmente recristalizada. Além disso, o nível da represa estava alto, então havia muito material sob as águas

(Est. I, fig. 7). O grupo foi também até Taboca, onde às margens da mesma represa coletaram mais uma gimnosperma. Deslocando-se por barco, percorreram algumas ilhas da represa e coletaram mais algumas gimnospermas. A maior parte do material observado no campo é de pteridospermas, e em geral, a preservação das gimnospermas, bem mais raras, não apresenta preservação muito boa. O grupo então se dirigiu até a Pedreira de calcário, situada em Antônio Almeida, PI (Est. I, fig. 8), onde conseguiram coletar poucos exemplares, uma vez que havia poucos fósseis no local. Em Teresina, PI, aproveitaram para visitar a floresta de troncos permineralizados, localizada à margem do Rio Poti (Est. II, figs. 1-2) – um deles havia sido descrito por Mussa como *Teresinoxylon eusebioi* (Caldas *et al.* 1989). A floresta está tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Os lenhos em geral são grandes (maiores de 1 m), mas a sua preservação não está boa, pois há muita recristalização. O grupo, então, visitou um sítio fossilífero em Altos, PI, onde observaram lenhos grandes, tanto em diâmetro quanto em altura (Est. II, fig. 4). Alguns fragmentos foram coletados para fazer lâminas e tentar descobrir como está a qualidade de preservação dos mesmos. Por último, o grupo esteve em Timon, MA, onde ocorrem diversos lenhos de grande porte. Estes, porém, sofreram uma ferrificação intensa, não sendo possível discernir nem se seriam pteridófitas ou gimnospermas (Est. II, figs. 3, 5-6). Os materiais coletados foram em parte levados até a UFRGS para laminação. Algumas peças maiores ficaram na UFPI.

Em relação à ocorrência do material, quando os lenhos foram encontrados *in loco*, estavam inseridos na base da Formação Motuca, associados a quartzo-arenito, folhelhos e siltitos. Mas, o mais comum foi encontrá-los espalhados pelo chão, rolados, jazendo sobre os sedimentos da Formação Pedra-de-Fogo. Os lenhos encontrados nos pelitos estavam comprimidos, já os encontrados no arenito mantêm sua circunferência original (Dias-Britto *et al.* 2007).

4.3. Método de estudo

Para seleccionar o material para o estudo taxonômico e, por conseguinte, sua laminação, deve-se observar o estado de preservação do lenho fóssil. O centro do espécime analisado para ver a possibilidade de preservação da sua medula. Se o mesmo encontrar-se oco ou mineralizado, o lenho é então descartado. Se a medula parece preservada, observa-se o xilema secundário, para ver se alguma estrutura, como anéis de crescimento ou raios lenhosos, aparenta estar preservada. Porém, só com a laminação é possível ter certeza da preservação do material.

O processo de laminação foi realizado em dois locais. Inicialmente, foi feita uma tentativa no Laboratório de Laminação da UNESP-Rio Claro, porém como o laminador não tinha experiência com lenhos fossilizados, as lâminas não ficaram boas o suficiente para análise. Assim, os lenhos foram novamente laminados no Laboratório de Laminação da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). As amostras estudadas na Alemanha tiveram suas respectivas lâminas confeccionadas no Museum für Naturkunde Chemnitz. O procedimento para a confecção de todas as lâminas segue Merlotti & Rosa (2002):

- Primeiro é selecionado o local dos cortes em cada amostra, de modo a obter as secções transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial;
- A seguir, as amostras são reduzidas com auxílio de serra manual de disco diamantado, de forma a obter-se pequenos blocos dos planos anteriormente selecionados;
- É polida uma das faces do bloco com *carburetum* (carbureto de silício preto) nas granulações 400 e 600 #;
- A face polida é aquecida levemente em chapa térmica a 50°C por 20 minutos;
- Aplica-se sobre a mesma, ainda aquecida, uma resina homogênea de dez gramas de Araldite (X6Y-1109) e um grama de endurecedor (HY-951);
- Esta face é colada rapidamente em uma lâmina de vidro, de forma a evitar a formação de bolhas de ar;
- Deixa-se secar em estufa por duas horas entre 45° e 50°C.

- Corta-se a face exposta do bloco já colado na lâmina, com auxílio de serra manual com disco diamantado, até torná-lo o mais delgado possível;
- Continua-se desgastando o bloco colado na lâmina em politriz, com *carburetum* de granulações 220, 400 e 600 #;
- Esta parte é polida manualmente em placa de vidro (25 x 25 cm), com *carburetum* de granulações 600, 800 e 1200 #, até que as estruturas celulares sejam visíveis sem sobreposição.
- Aquece-se em chapa térmica a 50°C, gotejando a resina de Araldite com endurecedor sobre a secção a ser recoberta pela lamínula;
- A lamínula é limpa com álcool e colada na secção ainda aquecida, de forma a evitar a formação de bolhas de ar;
- Deixa-a secar em temperatura ambiente por 24 horas;
- Por último, a lâmina é limpa com xilol e pode ser armazenada para estudo.

As lâminas confeccionadas a partir das amostras fornecidas pela UNESP-Rio Claro serão depositadas, juntamente com os lenhos, na coleção paleontológica desta mesma universidade. Aquelas feitas com o material coletado nas duas últimas saídas de campo estão depositadas no laminário da coleção paleontológica da UFRGS. As lâminas confeccionadas na Alemanha foram emprestadas para a UFRGS e serão devolvidas e depositadas no Museum für Naturkunde Chemnitz.

As fotografias macroscópicas foram tiradas com a câmera Kodak C713. Durante o período de permanência na Alemanha as fotos microscópicas foram tiradas com Zeiss Axiolab LR66238C e Nikon Eclipse ME600, no Museum für Naturkunde Chemnitz. No Brasil, as fotomicrografias foram feitas utilizando-se microscópio Zeiss Axio Imager M2m, do laboratório de Conodontes, UFRGS.

4.4. Material laminado

Foram analisados diversos fósseis em Rio Claro, mas apenas 15 foram transportados para Porto Alegre e nove foram enviados para laminação – só um exemplar ainda não foi laminado, até o momento. Na primeira saída de campo, em 2010, das 50 gimnospermas coletadas, 15 foram laminados em Rio Claro. Destas, sete foram novamente laminadas na UNISINOS. Além disso, outras 10 foram enviadas para laminação diretamente em São Leopoldo, mas até agora apenas seis lenhos ficaram prontos. Na Alemanha, foram observados todos os lenhos gimnospermóides provenientes do Brasil (27 no total), destes, cinco foram laminados. Por último, dentre os lenhos coletados na saída de campo de 2011, seis foram transportados para Porto Alegre, e todos eles foram enviados para laminação na UNISINOS, sendo que apenas dois foram laminados até agora. Assim, foram analisados ao total 36 lenhos permineralizados, incluindo-se os oito que tiveram suas lâminas confeccionadas apenas em Rio Claro.

5. ANÁLISE INTEGRATIVA DOS RESULTADOS

5.1. Análises anatômicas / taxonômicas

5.1.1. Lenhos pertencentes à coleção do Museum für Naturkunde Chemnitz

Como dito anteriormente, dos 27 lenhos provenientes do Permiano da Bacia do Parnaíba que se encontram na coleção deste museu, apenas cinco foram selecionados para análise anatômica, por possuírem aparentemente, as características necessárias à taxonomia. Porém, dois deles não tinham a preservação necessária à análise taxonômica. Em seguida os cinco exemplares são descritos.

K4862

Este lenho tem uma preservação em geral boa, porém o xilema primário está conservado de forma precária. Foi possível incluí-lo em um gênero, *Parnaiboxylon* Kurzawe & Merlotti, mas não foi plausível a inclusão deste em nenhuma espécie, ou a criação de uma. A descrição e discussão do mesmo encontra-se em Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 1.

K5503

A preservação deste exemplar é ótima. Suas características únicas permitiram a criação de um novo gênero para englobá-lo, *Ductoabietoxylon* Kurzawe & Merlotti. A descrição, diagnose e discussão do mesmo encontra-se em Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 1.

K5869

O lenho sob este prefixo também apresenta uma excepcional preservação. Assim como K5503, apresenta características únicas entre os gêneros conhecidos, sendo criada uma nova entidade taxonômica para colocá-lo, *Scleroabietoxylon* Kurzawe & Merlotti. A descrição, diagnose e discussão encontra-se em Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 1.

K5870

Figuras: Estampa III, figs. 1-3.

Lâminas: (1)TS, (1)RLS, (1)TLS [2 lâminas]

Localidade da amostra: Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: fragmento pequeno de lenho, de coloração bege a vermelho. Comprimento de 6,7 cm, com um diâmetro maior de 2,6 cm e um diâmetro menor de 1,9 cm. Visão microscópica: não há medula, ao invés disso há traqueídeos preenchendo o centro do lenho (Est. III, fig. 1). Provavelmente seria uma raiz, mas como as células no centro estão colapsadas, não é possível diferenciar o xilema primário do secundário. Há três anéis de crescimento preservados. No corte radial é possível observar pontoações 1-3s, araucarióides, em geral cobrindo toda a parede dos traqueídeos (Est. III, fig. 2). É difícil visualizar campos de cruzamento, mas estes possuem até 5 pontoações desorganizadas, araucarióides. Há a saída de um traço

(Est. III, fig. 3). Como os traqueídeos estão muito retorcidos, o corte tangencial aparece na maior parte como radial, apenas em poucos lugares é possível visualizar raios lenhosos, mas estes estão geralmente destruídos.

K5871

Figuras: Estampa III, figs. 4-6.

Lâminas: TS(3), (3)RLS [2 lâminas], (3)TLS

Localidade da amostra: Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: fragmento pequeno de lenho, com uma capa de arenito em volta, de coloração bege a vermelho, com uma mancha escura no centro. Comprimento de 2,9 cm, com um diâmetro maior de 6 cm e um diâmetro menor de 5,1 cm. Visão microscópica: não há medula, ao invés disso há traqueídeos preenchendo o centro do lenho (Est. III, fig. 4). Provavelmente seria uma raiz, assim como K5870, mas como as células no centro estão colapsadas, não é possível diferenciar o xilema primário do secundário. Há diversos anéis de crescimento preservados. No corte radial é possível diferenciar pontoações 1-3s, araucarióides, em geral cobrindo toda a parede dos traqueídeos (Est. III, fig. 5). Não foi possível visualizar campos de cruzamento. Há a saída de um traço (Est. III, fig. 6). Como os traqueídeos estão muito retorcidos, o corte tangencial aparece na maior parte como radial, apenas em poucos lugares é possível visualizar raios lenhosos, mas estes estão geralmente destruídos.

5.1.2. Lenhos pertencentes à coleção da Universidade Estadual Paulista

Há uma grande quantidade de lenhos nesta coleção, mas apenas 15 foram trazidas para o Rio Grande do Sul. A escolha deu-se pela melhor qualidade destas amostras. Dentre estas 15, nove foram enviadas para a laminação na UNISINOS. Apenas uma delas, TOF 263, ainda não foi entregue laminada. As outras oito foram estudadas anatomicamente e a seguir são enumeradas.

TOF 125

A preservação desta amostra foi suficiente para incluí-la no gênero *Damudoxylon* Maheshwari emend. Maheshwari 1972, como uma nova espécie, *D. buritiranaensis* Kurzawe *et al.*. Sua descrição, diagnose e discussão pode ser visualizada em Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 2.

TOF 188

Figuras: Estampa III, figs. 7-9; Estampa IV, fig. 1.

Lâminas: TOF 188 R; TOF 188 TA e TOF 188 TR.

Localidade da amostra: Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: o fóssil é composto por 10 amostras de lenho, de coloração bege a cinza (Est. III, fig. 7). O menor pedaço tem em torno de 2 cm de comprimento e o maior, 20 cm. O diâmetro varia de 3,3 cm a 1,9 cm. Visão microscópica: medula com células mal preservadas com conteúdo escuro (Est. III, fig. 9). Xilema primário muito alterado. Xilema secundário com falsos anéis de crescimento (Est. III, fig. 8). As pontoações radiais dos traqueídeos e os campos de cruzamento não ficaram preservados. Os raios lenhosos aparentam ser unisseriados e baixos, mas a preservação não está boa (Est. IV, fig. 1).

TOF 192

Figuras: Estampa IV, figs. 2-4.

Lâminas: TOF 192 R; TOF 192 TA e TOF 192 TR.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: o fóssil é composto por 15 fragmentos de lenho, o menor sendo menor que 1 cm e o maior um pouco menor que 30 cm (Est. IV, fig. 2). O diâmetro varia entre 1,5 cm e 2,5 cm. O fóssil tem coloração bege a marrom escuro. Visão microscópica: medula com células mal preservadas com conteúdo escuro (Est. IV, fig. 3). Xilema primário não preservado. Xilema secundário com falsos anéis de

crescimento (Est. IV, fig. 4). As pontoações radiais dos traqueídeos e os campos de cruzamento não ficaram preservados. A inclinação inadequada do corte tangencial impossibilitou a visualização dos raios lenhosos.

TOF 195

Este exemplar tem uma preservação suficiente para englobá-lo no gênero *Damudoxylon*, sob a nova espécie *D. rosslerii* Kurzawe *et al.*. Sua descrição, diagnose e discussão pode ser conferida em Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 2.

TOF 210

Figuras: Estampa IV, figs. 5-6.

Lâminas: TOF 210 R; TOF 210 TA e TOF 210 TR.

Localidade da amostra: Goiantins, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: pequeno fragmento de lenho de 6 cm de comprimento, com 4 cm de diâmetro maior e 3,5 cm de diâmetro menor. Coloração branca a marrom escura. Visão microscópica: a medula, as pontoações radiais dos traqueídeos e os campos de cruzamento não foram preservados. O xilema primário só é visualizado no corte longitudinal radial, como traqueídeos com espessamentos aparentemente escalariformes (Est. IV, fig. 5). Os raios lenhosos são unisseriados e baixos (Est. IV, fig. 6).

TOF 221

A preservação desta amostra é boa, e devido as suas características únicas foi possível criar um novo gênero para englobá-la, *Parnaiboxylon* Kurzawe & Merlotti. A descrição, diagnose e discussão pode ser visualizada em Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 1.

TOF 222

Figuras: Estampa IV, figs. 7-10; Estampa V, figs. 1-2.

Lâminas: TOF 222 R; TOF 222 TA e TOF 222 TR.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: o lenho consiste em 12 fragmentos, com coloração branca a bege e cinza (Est. IV, fig. 7). As lâminas foram confeccionadas a partir de um exemplar com 5 cm de comprimento, com diâmetro maior de 2,2 cm e diâmetro menor de 1,7 cm. Visão microscópica: a medula é heterocelular, com células secretoras. O xilema primário é endárqueo (Est. IV, fig. 9). Porém o corte radial não mostra nem medula nem xilema primário. Ocorrem falsos anéis de crescimento (Est. IV, fig. 8). As pontoações são muito mal preservadas, araucarióides, 1-2s ($m = 1s$, contíguas, levemente achatadas); unisseriadas contíguas a esparsas e circulares a levemente achatadas; bisseriadas contíguas, circulares a levemente achatadas e alternas (Est. V, fig. 1). Os raios lenhosos são predominantemente unisseriados, raramente parcialmente bisseriados, com 1 a 14 ($m = 2$) estratos celulares (Est. V, fig. 2). Os campos de cruzamento possuem 2 a 4 ($m = 3-4$) pontoações circulares elípticas e grandes (Est. IV, fig. 10).

Discussão: o fato de o lenho não possuir o corte radial passando pela medula e xilema primário não permite a vinculação do mesmo a nenhum gênero ou espécie. O que aparece no corte transversal como sendo células secretoras, no corte radial poderiam aparecer como dutos. Podem, ainda, ocorrer outras características não mostradas neste corte transversal, como um ninho de esclereídeos ou alguma cavidade ou septo. Além disso, o centro da medula está muito alterado e a visão radial poderia mostrar alguma estrutura.

TOF 265

Figuras: Estampa V, figs. 2-7.

Lâminas: TOF 265 R; TOF 265 TA e TOF 265 TR.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: o lenho consiste em um fragmento de 14,5 cm de comprimento, com diâmetro de 4 cm. Tem coloração ferrugem a marrom, e o exterior apresenta várias deformações e estrias. Visão microscópica: a medula não possui mais células, apenas um material amorfo escuro. O xilema primário não fica muito claramente diferenciado no corte transversal (Est. V, fig. 5), mas é possível visualizar

espessamentos escalariformes no corte longitudinal radial (Est. V, fig. 7). Ocorrem falsos anéis de crescimento (Est. V, fig. 3). As pontoações das paredes radiais dos traqueídeos estão preservadas apenas como resquícios, sendo possível observar pontoações 1-2s, contíguas, circulares a levemente achatadas e alternas (Est. V, fig. 4). Em alguns lugares parece haver pontoações trisseriadas, mas a preservação está ruim. Os raios lenhosos estão muito mal preservados, mas provavelmente eram unisseriados e baixos (Est. V, fig. 6). Os campos de cruzamento não ficaram preservados. Ocorrem pontoações nas paredes tangenciais dos traqueídeos, as únicas reconhecíveis são 1s, contíguas e levemente achatadas (Est. V, fig. 6).

5.1.3. Lenhos pertencentes à coleção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

A maior quantidade de amostras estudadas provém da primeira saída de campo, em 2010. Além destas, as amostras coletadas na saída de campo de 2011 também estão depositadas nesta universidade, mas apenas duas amostras, MP-Pb 4996 e MP-Pb 5001, tiveram suas lâminas entregues. Ao todo, 23 espécimes foram seccionados e suas lâminas já se encontram na UFRGS. As outras amostras não ficaram prontas. Um dos motivos é que a serra que corta os lenhos estragou em novembro de 2011, e a previsão de concerto era março de 2012. Em geral a preservação não está muito boa, então apenas três puderam ser descritas taxonomicamente. Todas as analisadas estão descritas abaixo.

MP-Pb 4996

Figuras: Estampa V, fig. 8; Estampa VI, figs. 1-4.

Lâminas: MP-Pb 4996 - 01-03.

Localidade da amostra: Nova Iorque, Maranhão, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: pedaço de tronco de 7,7 cm com diâmetro maior de 10,2 cm e diâmetro menor de 7,6 cm, de coloração marrom claro a cinza. Visão microscópica:

a medula está totalmente destruída. Não dá para diferenciar o xilema primário no corte transversal, mas no corte radial longitudinal é possível ver resquícios de espessamentos escalariformes (Est. VI, fig. 3). O oco da medula está preenchido por raízes de estrutura primária, com algumas radículas ainda preservadas (Est. V, fig. 8; Est. VI, figs. 1-2, 4). Provavelmente cresceram ali após a morte da planta original, e foram fossilizadas juntamente com o tronco daquela. O xilema secundário não apresenta sinais de anéis de crescimento. As pontoações das paredes radiais dos traqueídeos não ficaram preservadas. Ocorrem alguns campos de cruzamento araucarióides com muitas pontoações. O corte longitudinal tangencial está torto, mostrando o corte radial enviesado, impossibilitando a observação dos raios lenhosos.

MP-Pb 5001

Figuras: Estampa VI, figs. 5-10.

Lâminas: MP-Pb 5001 - 01-04.

Localidade da amostra: Antônio Almeida, Piauí, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: lenho grande com uma estrutura em forma de arco que lembra um lenho de cicadácea ou de medulosa (Est. VI, fig. 5). Tem coloração bege, com manchas cinza e ferrugem. Comprimento de 15,2 cm, com um diâmetro maior de 15,1 cm e um diâmetro menor de 13 cm. Visão microscópica: a maior parte das células está destruída. No corte transversal o arco aparece como células retangulares de paredes grossas formando fileiras, às vezes com conteúdo escuro (Est. VI, fig. 7). Separadas dessas células, ocorrem outras fileiras de células ovais (Est. VI, fig. 6). Estas provavelmente formavam um tecido, mas ele está praticamente todo destruído. As células ovais não aparecem nos cortes longitudinais. No corte radial, as células do arco aparecem como retangulares e curtas no sentido longitudinal, com paredes lisas. As extremidades sempre se sobrepõem (Est. VI, fig. 8). No corte tangencial elas são fusiformes, assemelhando-se, no conjunto, a uma rede. Em intervalos mais ou menos regulares elas se tornam mais finas e compridas ou mais curtas e quase arredondadas (Est. VI, figs. 9-10).

MP-Pb 5023

Figura: Estampa VI, fig. 11.

Lâmina: MP-Pb 5023 - 01

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: pequeno pedaço de lenho com comprimento de 5,8 cm, diâmetro maior de 5,2 cm e diâmetro menor de 2,9 cm. A coloração da superfície polida varia em branco, amarelo, cinza e ferrugem. A superfície exterior apresenta ranhuras longitudinais, e tem coloração bege a marrom escuro. Há uma saída de ramo. Visão microscópica: apenas uma lâmina (radial) foi confeccionada para verificar a preservação do material (Est. VI, fig. 11). Os traqueídeos estão destruídos e o local onde seria a medula está inteiramente preenchido por mineral. Dessa forma, devido ao péssimo estado de preservação, não foram feitas outras lâminas.

MP-Pb 5024

Figuras: Estampa VII, figs. 1-3.

Lâminas: MP-Pb 5024 – 01-03.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: fragmento de lenho com 15,3 cm de comprimento, com diâmetro maior de 10,4 cm e diâmetro menor de 8 cm. O lado exterior apresenta várias ranhuras e tem coloração bege a marrom escuro. A parte interior tem coloração branca e cinza. Na parte superior ele bifurca. Visão microscópica: não há medula, o centro está preenchido por traqueídeos (Est. VII, figs. 1-2). Provavelmente era uma raiz, mas o estado de preservação não permite confirmação. Ocorrem falsos anéis de crescimento. As pontoações radiais dos traqueídeos e os campos de cruzamento não ficaram preservados. Os raios lenhosos são unisseriados e baixos (Est. VII, fig. 3).

MP-Pb 5025

Figuras: Estampa VII, figs. 4-6.

Lâminas: MP-Pb 5025 – 01-07.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: fragmento de lenho com 6 cm de comprimento, com diâmetro maior de 12,5 cm e diâmetro menor de 5,9 cm (bastante achatado). O lado exterior apresenta várias ranhuras e tem coloração bege a avermelhado. A parte interior tem coloração branca a cinza. Visão microscópica: nem a medula nem o xilema primário ficaram preservados. Os traqueídeos em geral estão destruídos, mas é possível reconhecer diversos anéis de crescimento de tamanho diminuto (Est. VII, fig. 4). São vistas muitas pontoações areoladas unisseriadas, raramente bisseriadas, nas paredes radiais dos traqueídeos, mas em geral de forma vestigial (Est. VII, fig. 5). Os raios lenhosos também estão mal preservados, mas são unisseriados e baixos (Est. VII, fig. 6). Os campos de cruzamento estão destruídos.

MP-Pb 5026

Figuras: Estampa VII, figs. 7-9; Estampa VIII, figs. 1-2.

Lâminas: MP-Pb 5026 – 01-03.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: fragmento de lenho com 5,3 cm de comprimento, com diâmetro maior de 8,6 cm e diâmetro menor de 6,2 cm. O exterior apresenta ranhuras e tem coloração marrom clara, enquanto o interior é branco a cinza. Visão microscópica: medula com esclereídeos unitários e ninhos de esclereídeos, formando placas na seção longitudinal radial (Est. VII, figs. 8-9). As células parenquimáticas em geral estão destruídas. Xilema primário endárqueo, devido à má preservação só é possível visualizar espessamentos escalariformes (Est. VII, fig. 7, Est. VIII, fig. 1). Xilema secundário muito alterado, torcido e muitas vezes totalmente destruído. Pontoações das paredes radiais dos traqueídeos e campos de cruzamento não preservados. Raios lenhosos baixos a médios (Est. VIII, fig. 2).

Discussão: a presença de medula heterocelular, com esclereídeos unitários e placas de esclereídeos aproximaria este lenho do gênero *Kaokoxyton* Kräusel 1956a, que

tem como principais características cordões, ninhos ou esclereídeos isolados na medula, xilema primário endárqueo e xilema secundário araucarióide. O gênero *Medullopitys* Kräusel 1928 também é similar, apresentando ninhos esclerenquimáticos na medula, xilema primário endárqueo e xilema secundário araucarióide. Este, porém, tem campos de cruzamento fenestróides. Assim, o fato do xilema secundário de MP-Pb 5026 não estar preservado torna impossível a vinculação do mesmo com qualquer unidade taxonômica.

MP-Pb 5027

Figuras: Estampa VIII, figs. 3-5.

Lâminas: MP-Pb 5027 – 01-03.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: fragmento de lenho com 5,3 cm de comprimento, com diâmetro maior de 7,9cm e diâmetro menor de 4,4 cm. O exterior apresenta ranhuras e tem coloração branca a avermelhada, enquanto que o interior é branco e cinza e aparenta ter anéis de crescimento. Visão microscópica: medula apenas visível no corte longitudinal radial, com células com conteúdo escuro formando fileiras (Est. VIII, fig. 3). Estas podem ser tanto células secretoras como dutos. O xilema primário está muito mal preservado, só é possível diferenciar espessamentos escalariformes (Est. VIII, fig. 5). Pontoações das paredes radiais dos traqueídeos e campos de cruzamento não ficaram preservados. Raios lenhosos quase sempre destruídos, unisseriados, raramente parcialmente bisseriados, e médios (Est. VIII, fig. 4).

MP-Pb 5028

Figuras: Estampa VIII, figs. 6-8.

Lâminas: MP-Pb 5028 – 01-03.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: fragmento de lenho com 26,4 cm de comprimento, com diâmetro maior de 6,6cm e diâmetro menor de 5 cm. O exterior tem coloração bege a marrom escura, enquanto que o interior é branco com a borda cinza. Visão

microscópica: a maior parte da medula está destruída (Est. VIII, fig. 7). Apenas em um local do corte transversal é possível visualizar na periferia células achatadas e compridas, mas no interior não é possível ver nenhuma estrutura preservada (Est. VIII, fig. 6). No corte longitudinal radial há um pequeno campo com algumas células medulares quadrangulares e escuras perto do xilema secundário. Há diversas cunhas de xilema primário no limite com a medula, mas ele está muito mal preservado ou totalmente inexistente, não sendo possível reconhecer o tipo de maturação (Est. VIII, fig. 6). Não há anéis de crescimento. Pontoações das paredes radiais dos traqueídeos e campos de cruzamento não preservados. Pouquíssimos raios lenhosos discerníveis, de diferentes tamanhos – desde baixos até altos (Est. VIII, fig. 8).

MP-Pb 5029

Este exemplar foi laminado na UNESP provavelmente por ter se misturado a outros. Ele representa uma pteridosperma. As lâminas do mesmo estão depositadas sob os números MP-Pb 5029 – 01-04.

MP-Pb 5030

Figuras: Estampa IX, figs. 1-2.

Lâminas: MP-Pb 5030 – 01-06.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: fragmento de lenho de 24,5 cm de comprimento, com diâmetro maior de 11,1cm e diâmetro menor de 7 cm. O exterior apresenta ranhuras e tem coloração marrom, enquanto que o interior é branco e aparenta ter anéis de crescimento. Possui uma saída de ramo de 4 cm de diâmetro. Visão microscópica: a medula é grande (θ 1,2 cm – 2,5 cm) e provavelmente heterocelular, com ninhos de esclereídeos dispostos entre células parenquimáticas (Est. IX, fig. 1). O xilema primário não ficou preservado. O xilema secundário está muito alterado e apresenta falsos anéis de crescimento. O corte radial apenas mostra a medula, mas não foram observadas pontoações nas paredes radiais dos traqueídeos ou campos de cruzamento. Os raios lenhosos são bastante baixos ($m = 1-2$ células de altura) (Est.

IX, fig. 2). Ocorrem pontoações tangenciais unisseriadas, contíguas e levemente achatadas (Est. IX, fig. 2).

Discussão: como dito anteriormente para o exemplar MP-Pb 5026, uma medula com ninhos de esclereídeos ocorre em dois gêneros: *Kaokoxylon* e *Medullopitys*, mas os dois se diferenciam pelo xilema secundário, traço que não ficou preservado no material em questão. Assim, não é possível incluí-lo em nenhum gênero ou espécie.

MP-Pb 5031

Figuras: Estampa IX, figs. 3-4.

Lâminas: MP-Pb 5031 – 01-06.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: fragmento de lenho com 11,1 cm de comprimento, com diâmetro maior de 10,5cm e diâmetro menor de 6 cm. O exterior apresenta ranhuras e tem coloração marrom escura, enquanto que o interior é branco e aparenta ter anéis de crescimento. Possui uma saída de ramo de 5,5 cm de diâmetro. Visão microscópica: a fossilização está muito ruim. Não há medula ou xilema primário preservados. Em todos os cortes os traqueídeos aparecem quase completamente destruídos (Est. IX, fig. 3). No corte radial não são vistas nem as molduras dos campos de cruzamento. No corte tangencial é possível observar raios lenhosos, unisseriados e médios a altos (Est. IX, fig. 4).

MP-Pb 5032

A preservação do material tornou possível a vinculação do mesmo ao gênero *Damudoxylon*, e a criação da nova espécie *D. humile* Kurzawe *et al.*. A descrição, diagnose e discussão encontra-se em Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 2.

MP-Pb 5033

Figuras: Estampa IX, figs. 5-6.

Lâminas: MP-Pb 5033 – 01-03.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: fragmento muito diminuto, sobrando apenas quatro pedacinhos após o corte, com menos de 4 cm de comprimento. Tem coloração avermelhada no exterior e branca a cinza no interior. Aparenta ter anéis de crescimento. Visão microscópica: medula e xilema primário não preservados. Xilema secundário muito alterado, não há certeza sobre a ocorrência de anéis de crescimento (Est. IX, fig. 5). É possível observar em apenas um lugar pontoações unisseriadas, levemente achatadas a achatadas e contíguas, nas paredes radiais dos traqueídeos (Est. IX, fig. 6). Campos de cruzamento não preservados. Raios lenhosos baixos.

MP-Pb 5034

A preservação do material não está muito boa, mas permitiu a vinculação do mesmo ao gênero *Taeniopitys* Kräusel 1962. A descrição e discussão pode ser vista em Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 2.

MP-Pb 5036

Figuras: Estampa IX, fig. 7.

Lâminas: MP-Pb 5036 – 01-03.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: o fragmento era muito pequeno e não sobrou muito depois do corte. Existem 6 fragmentos com menos de 5 cm cada, com coloração bege a marrom escuro no exterior e branco a cinza no interior. Aparenta ter anéis de crescimento. Visão microscópica: medula e xilema primário não preservados. Xilema secundário muito torcido e destruído. Pontoações unisseriadas preservadas como resquícios nas paredes radiais dos traqueídeos (Est. IX, fig. 7). Campos de cruzamento e raios lenhosos não preservados.

MP-Pb 5037

Figuras: Estampa IX, figs. 8-9; Estampa X, fig. 1.

Lâminas: MP-Pb 5037 – 01-03.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: fragmento de lenho com 6,3 cm de comprimento, com diâmetro maior de 4,5 cm e diâmetro menor de 3,3 cm. O lado exterior apresenta várias ranhuras e tem coloração branca a marrom. A parte interior tem coloração branca.

Visão microscópica: a medula está oca e o xilema primário não ficou preservado. O xilema secundário apresenta falsos anéis de crescimento (Est. X, fig. 1). Ocorrem algumas pontoações nas paredes radiais dos traqueídeos, mas estão mal preservadas. São 1-2s, contíguas, levemente achatadas e alternas (Est. IX, fig. 8). Os raios lenhosos são unisseriados e têm em torno de 5 células de altura, mas também estão mal preservados (Est. IX, fig. 9). Os campos de cruzamento não ficaram preservados. Ocorrem pontoações tangenciais (Est. IX, fig. 9).

MP-Pb 5038

A preservação permitiu vincular este espécime com o gênero *Kaokoxylo*, e a criação da nova espécie *K. punctatum* Kurzawe *et al.*. É interessante notar que outros dois lenhos também apresentam ninhos de esclereídeos na medula, MP-Pb 5026 e MP-Pb 5030. A descrição, diagnose e discussão de *K. punctatum* encontra-se em Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 2.

MP-Pb 5039

Figuras: Estampa X, fig. 2.

Lâminas: MP-Pb 5039 – 01-03.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: após o corte para fazer as lâminas, sobraram apenas três bloquinhos. Visão microscópica: medula, xilema primário, pontoações das paredes radiais dos traqueídeos e campos de cruzamento não ficaram preservados. O xilema secundário está bastante alterado, sendo que poucas células restaram (Est. X, fig. 2). Os raios lenhosos são unisseriados e baixos.

MP-Pb 5040

Figuras: Estampa X, figs. 3-4.

Lâminas: MP-Pb 5040 – 01-03.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: após o corte para fazer as lâminas, sobraram apenas três bloquinhos. Visão microscópica: o fóssil está muito degradado. Não são discernidos nem a medula, nem o xilema primário e nem os raios lenhosos. No corte transversal, não é possível reconhecer nenhuma célula. Traqueídeos e molduras de campos de cruzamento são visíveis no corte radial (Est. X, fig. 3) e traqueídeos muito destruídos são observados no corte tangencial (Est. X, fig. 4).

MP-Pb 5041

Figuras: Estampa X, figs. 5-9.

Lâminas: MP-Pb 5041 – 01-06.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: após o corte para fazer as lâminas, sobraram apenas três bloquinhos. Visão microscópica: a medula parece ser homocelular (Est. X, fig. 5), mas não há corte radial que a mostre. O xilema primário em geral está destruído, mas no corte radial são possíveis discernir espessamentos escalariformes e reticulados (Est. X, fig. 7). Ocorrem anéis de crescimento, mas os traqueídeos em geral estão destruídos. Pontoações das paredes radiais dos traqueídeos unisseriadas (Est. X, fig. 6), raramente bisseriadas, em geral como resquícios. Raios lenhosos muito mal preservados e baixos (Est. X, fig. 8). Campos de cruzamento araucarióides com pontoações grandes e até 5 por campo (Est. X, fig. 9).

Discussão: a medula homocelular ocorre nos gêneros *Abietopitys* Kräusel emend. Merlotti, 2009, *Arauspiropitys* Pant & Singh, 1987, *Catervoxylon* Pant & Singh, 1987, *Chapmanoxylon* Pant & Singh emend. Zhang *et al.*, 2007, *Damudoxylon* Maheshwari emend. Maheshwari, 1972, *Kendoxylon* Pant & Singh, 1987, *Nandorioxylon* Biradar & Bonde, 1981, *Palaeoginkgoxylon* Feng *et al.*, 2010, *Paracupressinoxylon* Holden, 1913, *Parapitys* Zalessky, 1911, *Phyllocladopitys* Kräusel, 1928, *Prototaxopitys* Agashe, 1977 (*in* Agashe & Chitnis 1971) e *Taxopitys*

Kräusel, 1928. O que os diferencia são as características dos xilemas primário e secundário. Contudo, como não há corte radial da medula, não é possível dizer com certeza que a mesma é maciça e homocelular. Podem haver lacunas e diafragmas ou outros tipos de células que não aparecem neste corte, por ser bastante restrito. Assim, para incluí-lo em qualquer gênero é necessário fazer pelo menos mais uma lâmina radial que passe pela medula.

MP-Pb 5042

Este lenho foi seccionado primeiramente em Rio Claro. As lâminas não ficaram muito boas, mas aparentemente a medula e o xilema primário estavam preservados. Somente após a análise das lâminas confeccionadas na UNISINOS foi possível confirmar que o mesmo se trata de uma esfenófita, não de uma gimnosperma. As lâminas estão representadas pelos números MP-Pb 5042 – 01-06.

MP-Pb 5043

Figuras: Estampa XI, figs. 1-4.

Lâminas: MP-Pb 5043 – 01-06.

Localidade da amostra: Filadélfia, Tocantins, Brasil.

Horizonte da amostra e idade: Formação Motuca; Permiano.

Visão macroscópica: não sobrou lenho após a laminação. Visão microscópica: medula e xilema primário não preservados – ocorre apenas um espaço preenchido por minerais. No corte radial é possível reconhecer espessamentos escalariformes, preservados de forma vestigial (Est. XI, fig. 3). Os traqueídeos estão mal preservados e torcidos e não ocorrem anéis de crescimento (Est. XI, fig. 1). As pontuações das paredes radiais dos traqueídeos não foram preservadas (Est. XI, fig. 2). Os raios lenhosos são unisseriados e bisseriados, em geral com 6-15 células de altura (Est. XI, fig. 4). Os campos de cruzamento também não foram preservados.

MP-Pb 5044

A preservação do material permitiu sua inclusão no gênero *Taeniopitys*, com a criação da nova espécie *T. tocantinensis* Kurzawe *et al.*. A diagnose, descrição e discussão encontra-se em Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 2.

5.2. Comparações entre as bacias do Paraná e do Parnaíba

A Bacia do Paraná vem sendo estudada exaustivamente, no que tange aos lenhos gimnospermóides permineralizados (Costa-Pessôa, 1985; Dohms, 1976; Guerra, 1975, 1976a, b; Guerra-Sommer, 1977, 1978; Japiassú, 1970; Kräusel & Dolianiti, 1958; Maniero, 1944, 1946, 1951; Milanez & Dolianiti, 1950; Mussa, 1958, 1974, 1978a, b, 1980, 1982, 1986a, b; Mussa *et al.*, 1980; Merlotti, 1989, 1998a, b, 1999, 2000, 2002; Merlotti & Kurzawe, 2006; Rau, 1934; White, 1908; Zeiller, 1895). Diversos autores posteriores fizeram novas discussões e proposições taxonômicas para diferentes lenhos. Desta forma, Walton (1925) transferiu *Dadoxylon pedroi* Zeiller 1895 para *Trigonomyelon*; Barbosa (1957) fez a nova combinação *Parataxopitys americana* Milanez & Dolianiti 1950; Kräusel & Dolianiti (1958) transferiram *Dadoxylon whitei* Maniero 1951 para o gênero *Polysolenoxylon*; Merlotti (2009) realizou as novas combinações *Abietopitys articulata* Dohms 1976, *Myelontordoxylon campossi* Mussa 1978, *Paulistoxylon iratiensis* Guerra-Sommer 1977 e *Petalopitys bortoluzzii* Guerra 1975, além de fazer uma emenda ao gênero *Myelotordoxylon* Mussa 1978; Kurzawe *et al.* (PII, Capítulo 4; PIII, Anexo I), ao discutirem a invalidação do gênero *Araucarioxylon* Kraus, transferiram uma espécie deste gênero para o gênero *Brachyoxylon* (*B. nummularium*) e invalidaram uma espécie (*A. meridionale*), além de realizarem a nova combinação *Scalaroxylon muralis* a partir de *Sigillaria muralis*, todas descritas por White 1908; em 2011, Merlotti & Kurzawe ainda fizeram uma sinopse de todos os lenhos permianos encontrados nesta bacia.

Por outro lado, a Bacia do Parnaíba, ainda que amplamente estudada com relação às formas de pteridófitas [Brongniart, 1872; Herbst, 1985, 1992a, b, 1999; Mussa & Coimbra, 1987; Oliveira, 1934; Röbber & Galtier, 2002a, b, 2003; Solms-Laubach, 1904 (*in* Dolianiti 1948)], teve suas gimnospermas pouco analisadas até o momento [Coimbra & Mussa, 1984; Kurzawe *et al.*, (PII, Capítulos 1 e 2); Mussa & Coimbra, 1987; Röbber & Noll, 200].

Assim, no Permiano da Bacia do Paraná encontramos 57 formas de caules permineralizados, entre válidas (49), inválidas (1) e que necessitam de uma nova posição taxonômica (7). No mesmo período, encontramos na Bacia do Parnaíba, apenas 20 formas, destas 11 são consideradas válidas, sete foram descritas como *Dadoxylon* sp., gênero inválido (conf. Bamford & Philippe, 2001, Kurzawe & Merlotti, 2009 e Philippe, 1993), sendo que necessitam de uma nova denominação, e duas são formas não específicas (*Parnaiboxylon* sp. e *Taeniopitys* sp.). Um dos exemplares descrito inicialmente como *Dadoxylon* por Rößler & Noll (2002, K4862) foi novamente analisado e considerado um novo gênero (*Scleroabietoxylon*) Kurzawe *et al.* (PII, Capítulo 1). Além disso, dois dos exemplares *Dadoxylon* (SNB 326, 327) foram analisados apenas em um dos cortes e outros dois apenas macroscopicamente (SNB 325, 328).

5.2.1. Comparações anatômicas

Como a Bacia do Paraná tem um número muito maior de fósseis permineralizados estudados, optou-se por incluir na comparação não só os exemplares descritos e publicados (ou em via de publicação) para a Bacia do Parnaíba, mas também aqueles coletados e que, apesar de não possuírem uma preservação necessária para a sua determinação taxonômica, apresentam as características citadas. Além disso, as espécies presentes na Bacia do Paraná pertencentes ao grupo *Vertebraria* não foram incluídas, por fazerem parte de um grupo com características muito singulares. Nenhuma espécie desse grupo foi encontrada na Bacia do Parnaíba.

A Bacia do Paraná tem apenas seis exemplares que não possuem medula preservada [*Australoxylon catarinensis* Merlotti & Kurzawe 2006, *A. duartei* (Japiassú) Marguerier 1973, *Brachyoxylon nummlarium* (White) Kurzawe *et al.* (PII, Capítulo 4), *Dadoxylon butiense* Rau 1934, *Protophyllocladoxylon dolianitii* Mussa 1958, *Scalaroxylon muralis* (White) Kurzawe *et al.* (PII, Capítulo 4), “conífera indeterminada” (Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 4)], enquanto que a do Parnaíba tem 13 que não conservaram a medula (MP-Pb4996, MP-Pb5001, MP-Pb5023, MP-Pb5025,

MP-Pb5031, MP-Pb5033, MP-Pb5036, MP-Pb5037, MP-Pb5039, MP-Pb5040, MP-Pb5043, TOF221 e TOF265). Entre os com a medula preservada, na primeira bacia a quantidade de exemplares com medulas maciças, lacunosas-diafragmadas e intermediários é quase a mesma (15, nove e 17 respectivamente – Quadro 1), enquanto que na segunda bacia, tem-se que apenas *Carolinapitys maranhensis* Mussa 1984 (*in* Coimbra & Mussa 1984) que possui medula lacunosa-diafragmada, todos os outros lenhos têm medula maciça. Além disso, esta última possui apenas três espécies solenóides (14%), enquanto que na Bacia do Paraná ocorrem 19 espécies solenóides (48%) (Quadro 2). Também se pode contabilizar a presença da medula homo ou heterocelular (Quadro 3). Na Bacia do Paraná, são quatro espécies do primeiro tipo (22%) e 32 do segundo (78%), enquanto que na do Parnaíba a relação entre as duas é similar, com nove exemplares de medula homocelular (43%) e 12 de medula heterocelular (57%). Uma medula deste último tipo pode apresentar células secretoras ou esclereídeos (Quadro 3). Assim, temos na Bacia do Paraná 10 espécies com células secretoras (30%) e 23 com esclereídeos (70%), enquanto que na do Parnaíba ocorrem sete exemplares com células secretoras (58%) e cinco com esclereídeos (42%), também aparecendo porcentagens similares.

Quadro 1 – Relação das espécies encontradas na Bacia do Paraná relacionando-as com a natureza de sua medula (maciça, maciça a lacunosa-diafragmada e lacunosa-diafragmada).

Medula maciça	Medula maciça a lacunosa-diafragmada	Medula lacunosa-diafragmada
<i>Abietopitys articulata</i> (Dohms) Merlotti 2009, <i>Antarcticoxylon sewardii</i> Mussa 1980, <i>Aterradoxylon solidum</i> Merlotti 1999, <i>Brasilestiloxyton piracicabense</i> Mussa 1978, <i>Catarinapitys bittancourtii</i> Mussa 1986a, <i>Ductosolenoxylon guerrae</i> Merlotti 2002, <i>Mussaeoxylon seclusum</i> Merlotti 1998a, <i>Parataxopitys americana</i>	<i>Petalopitys bortoluzzii</i> (Guerra) Merlotti 2009, <i>P. porangabensis</i> Mussa 1986a, <i>P. rioclarensis</i> Merlotti 2000, <i>P. sclerionata</i> Mussa 1986a, <i>P. surangei</i> Mussa 1986a, <i>Piracicaboxylon agrestinum</i> Mussa 1986b, <i>Retemedulloxyton refertum</i> Merlotti 1998b, <i>R. reliquum</i> Merlotti 1998b, <i>Solenobrasilioxyton irinei</i>	<i>Atlanticoxylon foraminatum</i> Mussa 1986a, <i>A. salpicatum</i> Mussa 1986a, <i>Austroscleromedulloxyton geraldinii</i> Mussa 1980, <i>A. tabulatum</i> Mussa 1986a, <i>Corticoxylon ampla</i> Merlotti 1989, <i>Paulistoxylon formosum</i> Mussa 1986b, <i>P. inflatum</i> Mussa 1986b, <i>P. iratiensis</i> (Guerra-Sommer) Merlotti 2009, <i>P. sp.1</i> Mussa 1986b, <i>P. sp. 2</i> Mussa

(Milanez & Dolianiti) Barbosa 1957, <i>Polysolenoxylon resiniferum</i> (Guerra) Mussa 1986a, <i>Protopodocarpitys rösslerii</i> Mussa 1974, <i>Solenopitys paulistana</i> Kräusel & Dolianiti 1958, <i>S. picturata</i> Mussa 1986a, <i>S. rusticana</i> Mussa 1986a, <i>Taxopitys alves-pintoi</i> Kräusel & Dolianiti 1958, <i>Trigonomyelon pedroi</i> (Zeiller) Walton 1925	Mussa 1978	1986b, <i>Polysolenoxylon bageense</i> Guerra 1975, <i>P. maniero</i> Mussa 1986a, <i>P. septosum</i> Mussa 1986a, <i>P. taguaiense</i> Mussa 1986a, <i>P. whitei</i> (Maniero) Kräusel & Dolianiti 1958, <i>Scleromedulloxylon batoviense</i> Guerra-Sommer 1978, <i>Septomedulloxylon sclerotica</i> Merlotti 2002
---	------------	--

Quadro 2 – Relação das espécies solenóides nas bacias do Paraná e do Parnaíba.

Bacia do Paraná	Bacia do Parnaíba
<i>Atlanticoxylon foraminatum</i> , <i>A. salpicatum</i> , <i>Catarinapitys bittancourtii</i> , <i>Ductosolenoxylon guerrae</i> , <i>Petalopitys bortoluzzi</i> , <i>P. porangabensis</i> , <i>P. rioclarensis</i> , <i>P. sclerionata</i> , <i>P. surangei</i> , <i>Polysolenoxylon bageense</i> , <i>P. maniero</i> , <i>P. resiniferum</i> , <i>P. septosum</i> , <i>P. taguaiense</i> , <i>P. whitei</i> , <i>Solenobrasilioxylon irinei</i> , <i>Solenopitys paulistana</i> , <i>S. picturata</i> , <i>S. rusticana</i>	<i>Cyclomedulloxylon parnaibense</i> Mussa 1987 (in Mussa & Coimbra 1987), <i>Parnaiboxylon rohnae</i> Kurzawe et al. (in Kurzawe et al., PII, Capítulo 1), <i>P. sp.1</i> Kurzawe et al. (in Kurzawe et al. PII, Capítulo 1)

Quadro 3 – Relação dos exemplares com medulas homo ou heterocelulares nas duas bacias.

Bacias	Medula homocelular	Medula heterocelular	
		Com esclereídeos	Com células secretoras
Paraná	<i>Abietopitys articulata</i> , <i>Atlanticoxylon foraminatum</i> , <i>Polysolenoxylon maniero</i> , <i>P.</i>	<i>Atlanticoxylon salpicatum</i> , <i>Austroscleromedulloxylon geraldinii</i> , <i>A. tabulatum</i> , <i>Brasilestiloxylon piracicabense</i> ,	<i>Antarcticoxylon sewardii</i> , <i>Corticoxylon ampla</i> , <i>Ductosolenoxylon guerrae</i> , <i>Polysolenoxylon</i>

	<p><i>septosum</i>, <i>P. taguaiense</i>, <i>P. whitei</i>, <i>Retemedulloxylon refertum</i>, <i>R. reliquum</i>, <i>Taxopitys alves-pintoi</i></p>	<p><i>Catarinapitys bittancourtii</i>, <i>Mussaeoxylon seclusum</i>, <i>Parataxopitys americana</i>, <i>Paulistoxylon formosum</i>, <i>P. inflatum</i>, <i>P. iratiensis</i>, <i>P. sp. 1</i>, <i>P. sp. 2</i>, <i>Petalopitys bortoluzzii</i>, <i>P. porangabensis</i>, <i>P. rioclarensis</i>, <i>P. sclerionata</i>, <i>P. surangei</i>, <i>Piracicaboxylon agrestinum</i>, <i>Polysolenoxylon bageense</i>, <i>P. resiniferum</i>, <i>Scleromedulloxylon batoviense</i>, <i>Septomedulloxylon sclerotica</i>, <i>Solenobrasilioxylon irinei</i></p>	<p><i>bageense</i>, <i>P. resiniferum</i>, <i>Protopodocarpitys röslerii</i>, <i>Solenopitys paulistana</i>, <i>S. picturata</i>, <i>S. rusticana</i>, <i>Trigonomyelon pedroi</i></p>
<p>Parnaíba</p>	<p><i>Damudoxylon humile</i> Kurzawe et al. (in Kurzawe et al., PII, Capítulo 2), <i>D. rosslerii</i> Kurzawe et al. (in Kurzawe et al., PII, Capítulo 2), MP-Pb5041, <i>Parnaiboxylon rohnae</i>, SNB324, <i>Taeniopitys tocantinensis</i> Kurzawe et al. (in Kurzawe et al., PII, Capítulo 2), <i>T. sp. 1</i> Kurzawe et al. (in</p>	<p><i>Kaokoxylon punctatum</i> Kurzawe et al. (in Kurzawe et al., PII, Capítulo 2), MP-Pb5026, MP-Pb503, <i>Scleroabietoxylon chordas</i> Kurzawe et al. (in Kurzawe et al., PII, Capítulo 1), SNB323</p>	<p><i>Carolinapitys maranhensis</i>, <i>Cyclomedulloxylon parnaibense</i> <i>Damudoxylon buritiranaensis</i> Kurzawe et al. (in Kurzawe et al., PII, Capítulo 2), <i>Ductoabietoxylon solis</i> Kurzawe et al. (in Kurzawe et al., PII, Capítulo 1), MP-Pb5027 <i>Parnaiboxylon sp. 1</i>, TOF222</p>

	Kurzawe <i>et al.</i> , PII, Capítulo 2), TOF188, TOF192		
--	--	--	--

Quanto ao xilema primário, o tipo endárqueo é a grande maioria entre as duas bacias (Quadro 4). A Bacia do Paraná tem 33 espécies com xilema primário endárqueo (80%), sete com endárqueo a mesárqueo (18%) e apenas uma com mesárqueo (2%). Já a Bacia do Parnaíba tem 11 exemplares com xilema primário endárqueo (74%), duas com endárqueo a mesárqueo (13%) e duas com mesárqueo (13%).

Quadro 4 – Relação dos exemplares com xilema primário endárqueo, endárqueo a mesárqueo e mesárqueo, nas duas bacias.

Bacias	X1 endárqueo	X1 endárqueo a mesárqueo	X1 mesárqueo
Paraná	<i>Aterradoxylon solidum</i> , <i>Atlanticoxylon foraminatum</i> , <i>A. salpicatum</i> , <i>Austroscleromedulloxylon geraldinii</i> , <i>A. tabulatum</i> , <i>Corticoxylon ampla</i> , <i>Ductosolenoxylon guerae</i> , <i>Mussaeoxylon seclusum</i> , <i>Parataxopitys americana</i> , <i>Paulistoxylon formosum</i> , <i>P. inflatum</i> , <i>P. iratiensis</i> , <i>P. sp. 1</i> , <i>P. sp. 2</i> , <i>Petalopitys bortoluzzii</i> , <i>P. porangabensis</i> , <i>P. rioclarensis</i> , <i>P. sclerionata</i> , <i>P. surangei</i> , <i>Piracicaboxylon agrestinum</i> , <i>Polysolenoxylon bageense</i> , <i>P. manieroii</i> ,	<i>Abietopitys articulata</i> , <i>Antarcticoxylon sewardii</i> , <i>Brasilestiloxylon piracicabense</i> , <i>Catarinapitys bittancourtii</i> , <i>Solenopitys paulistana</i> , <i>S. picturata</i> , <i>S. rusticana</i>	<i>Taxopitys alves-pintoii</i>

	<i>P. resiniferum</i> , <i>P. septosum</i> , <i>P. taguaiense</i> , <i>P. whitei</i> , <i>Protopodocarpitys röslerii</i> , <i>Retemedulloxylon refertum</i> , <i>R. reliquum</i> , <i>Scleromedulloxylon batoviense</i> , <i>Septomedulloxylon sclerotica</i> , <i>Solenobrasilioxylon irinei</i> , <i>Trigonomyelon pedroi</i>		
Parnaíba	<i>Cyclomedulloxylon parnaibense</i> , <i>Damudoxylon buritiranaensis</i> , <i>D. humile</i> , <i>D. rosslerii</i> , <i>Ductoabietoxylon solis</i> <i>Kaokoxydon punctatum</i> , MP-Pb5026, <i>Scleroabietoxylon chordas</i> , SNB322, SNB323, TOF222	<i>Parnaiboxylon rohnae</i> , <i>Taeniopitys tocantiensis</i>	<i>Carolinapitys maranhensis</i> , <i>Parnaiboxylon</i> sp. 1

Por último, temos as comparações anatômicas com relação ao xilema secundário. Nestas tanto os lenhos integralmente preservados como aqueles com apenas o xilema secundário preservado entraram na análise comparativa. O lenho *Scalaroxylon muralis* não foi incluído, pois não possui pontoações areoladas nas paredes dos traqueídeos, apenas espessamentos escalariformes.

Existem poucos espécimes em ambas as bacias com raios do tipo abietóide e xilema secundário do tipo taxóide. A primeira característica aparece apenas em uma espécie (*Abietopitys articulata*) na Bacia do Paraná e em duas espécies (*Ductoabietoxylon solis* e *Scleroabietoxylon chordas*) na Bacia do Parnaíba. O xilema secundário do tipo taxóide aparece em apenas uma espécie (*Carolinapitys*

maranhensis) na última bacia e em quatro (*Araucarioxylon roxoi*, *Catarinapitys bittancourtii*, *Parataxopitys americana* e *Taxopitys alves-pinto*) na Bacia do Paraná.

Finalmente, enquanto que na Bacia do Parnaíba todos os lenhos apresentam pontoações exclusivamente araucarióides, na Bacia do Paraná predominam as pontoações mistas, encontradas em 30 espécies (68%), seguida de pontoações araucarióides em 13 espécies (30%) e apenas uma espécie com pontoações do tipo abietóide (2%) (Quadro 5).

Quadro 5 – Relação das espécies com pontoações araucarióides, mistas e abietóides na Bacia do Paraná.

Pontoações araucarióides	Pontoações mistas	Pontoações abietóides
<i>Antarcticoxylon sewardii</i> , <i>Austroscleromedulloxylon geraldinii</i> , <i>A. tabulatum</i> , <i>Catarinapitys bittancourtii</i> , <i>Dadoxylon butiense</i> , <i>Parataxopitys americana</i> , <i>Polysolenoxylon bageense</i> , <i>P. manieroi</i> , <i>P. resiniferum</i> , <i>P. septosum</i> , <i>P. taguaiense</i> , <i>P. whitei</i> , <i>Trigonomyelon pedroi</i>	<i>Abietopitys articulata</i> , <i>Aterradoxylon solidum</i> , <i>Atlanticoxylon foraminatum</i> , <i>A. salpicatum</i> , <i>Brachyoxylo-</i> <i>nummularium</i> , <i>Brasilestiloxylo-</i> <i>piracicabense</i> , “conífera indeterminada”, <i>Corticoxylon</i> <i>ampla</i> , <i>Ductosolenoxylon</i> <i>guerrae</i> , <i>Mussaeoxylo-</i> <i>seclusum</i> , <i>Paulistoxylon</i> <i>formosum</i> , <i>P. inflatum</i> , <i>P.</i> <i>iratiensis</i> , <i>P. sp.1</i> , <i>P. sp. 2</i> , <i>Petalopitys bortoluzzi</i> , <i>P.</i> <i>porangabensis</i> , <i>P.</i> <i>rioclarensis</i> , <i>P. sclerionata</i> , <i>P. surangei</i> , <i>Piracicaboxylon</i> <i>agrestinum</i> , <i>Protopodocarpitys röslerii</i> , <i>Retemedulloxylon refertum</i> , <i>R. reliquum</i> , <i>Septomedulloxylon</i> <i>sclerotica</i> , <i>Solenobrasilioxylon irieni</i> , <i>Solenopitys paulistana</i> , <i>S.</i>	<i>Scleromedulloxylon batoviense</i>

	<i>picturata</i> , <i>S. rusticana</i> , <i>Taxopitys alves-pintoi</i>	
--	---	--

No geral percebemos que as duas bacias têm lenhos com características anatômicas comuns, mas a porcentagem entre estas é bastante diferente. Enquanto na Bacia do Paraná a relação medulas maciças/solenóides é similar, o tipo solenóide aparece em uma única espécie na Bacia do Parnaíba. Porém, nesse caso, também se deve levar em conta a preservação. Uma medula com muitas cavidades e um tecido medular frouxo, tende a ser destruído muito mais facilmente que uma medula com um tecido medular mais compacto, como é o caso das medulas maciças. Em geral, a preservação dos lenhos gimnospermóides na Bacia do Parnaíba não é muito boa, sendo que muitos tecidos vegetais estão destruídos e /ou altamente alterados. Por outro lado, as porcentagens entre medulas homo e heterocelulares, e de células secretoras e esclereídeos presentes neste último tipo, enquanto é bastante similar na Bacia do Parnaíba, na do Paraná encontramos um predomínio de medulas heterocelulares, sendo que os esclereídeos são mais comuns do que células secretoras. Segundo Mussa (1986b) a presença de esclereídeos seria um recurso xeromórfico que evitaria a perda de água por parte da planta, além de ajudar na sustentação dos caules em vegetais que viviam em ambientes com fixação difícil. Por último, com relação às medulas, tem-se a alta porcentagem – quase 50% – de medulas solenóides na Bacia do Paraná, enquanto que nas do Parnaíba essa porcentagem é muito baixa. Lepekhina (1972) considerou que a característica solenóide da medula é bastante derivada. A autora fez esta afirmação por considerar que medulas mais simples, ou seja, com só um tipo de célula e sem estruturas diferenciadas, como as medulas maciças parenquimáticas, fossem mais primitivas. Já as medulas solenóides, com um sistema de distribuição de canais, seriam mais derivadas. Mussa (1986a), por outro lado, considerou as medulas solenóides como primitivas. A autora levou em conta as plântulas modernas para fazer esta afirmação. Os espécimes jovens de plantas atuais têm medulas com lacunas e canais, e conforme se desenvolvem estas estruturas tendem a se localizar mais na periferia ou a planta as perde completamente. Ao observar plantas paleozóicas, estas possuem estruturas secretoras na medula, enquanto as mesozóicas já apresentam estas estruturas no xilema secundário. Atualmente, apenas *Ginkgo* tem estruturas secretoras na medula. Além disso, Mussa (1986a)

correlacionou os gêneros solenóides de todo o globo com o Permiano médio. O único lugar em que isto não ocorreria seria no Brasil, onde se encontravam formas solenóides na Formação Irati da Bacia do Paraná, que corresponderiam à base do Permiano tardio. Hoje, se aceita uma idade permiana precoce (*artinskiana tardia*) para a Formação Irati (Santos et al., 2006), o que corrige, em grande parte, o diacronismo proposto por Mussa (1986a). Vale destacar que as medulas solenóides, assim como as lacunosas-diafragmadas, são adaptações xeromórficas das plantas, que não só evitariam a perda de água, mas também funcionariam como um reservatório deste precioso líquido.

Por outro lado, o tipo endárqueo de xilema primário e a pouca representação de raios do tipo abietóide e de xilemas secundários do tipo taxóide é similar nas duas bacias. Segundo Greguss (1955) primeiramente as células dos raios se formam com paredes finas. Somente em um novo estágio ontogenético, quando há uma intensificação no metabolismo, é que se formam espessamentos nas paredes das células dos raios lenhosos. Assim, células dos raios com paredes lisas e finas são um estágio evolucionário mais antigo que raios com células pontoadas, mais derivadas.

Por fim, uma característica que chama muita atenção é o tipo de pontoação nas paredes radiais dos traqueídeos, sendo exclusivamente araucarióide na Bacia do Parnaíba e mista em grande parte dos lenhos da Bacia do Paraná. Segundo Grambast (1960 b), o tipo araucarióide seria o mais primitivo, enquanto que o abietóide seria mais derivado. No Hemisfério Norte (Euro-américa) tem-se que os tipos misto (intermediário) e abietóide só apareceram a partir do Mesozóico, enquanto que no Hemisfério Sul (Gondwana) os tipos mais avançados surgiram já a partir do Neopaleozóico. É interessante notar que os tipos ditos mais avançados ocorrem na maioria das espécies da Bacia do Paraná, enquanto que na Bacia do Parnaíba eles não são encontrados. Isto aproxima as formas desta última bacia mais às nórdicas do que das gondwânicas.

5.2.2. Comparações taxonômicas

As duas bacias podem até apresentar algumas características similares com relação à anatomia, mas são completamente diversas quando se trata da taxonomia. Existem apenas três gêneros que ocorrem em ambas: *Dadoxylon*, *Psaronius* e *Tietea*. O primeiro se trata de um gênero inválido, conforme explicado anteriormente, e engloba diversos lenhos com características anatômicas totalmente diversas. Assim, os lenhos descritos como *Dadoxylon* para ambas as bacias na realidade precisam, na realidade, ser revisados anatomicamente e transferidos para outros gêneros válidos. Um dos *Dadoxylon* sp. (K5869) descritos por Rößler & Noll (2002) foi re-examinado. Este possui características tão únicas que foi erigido um novo gênero para englobá-lo, *Scleroabietoxylon*. O gênero *Tietea* está representado nas duas bacias por uma única espécie, *T. singularis*, assim com *Psaronius*, que está representado pela espécie *P. arrojadoi*. Estes gêneros, porém, não se referem a gimnospermas, sendo utilizados para pteridófitas. Assim sendo, pode-se dizer que não ocorre nenhuma gimnosperma em comum para ambas as bacias. Deste modo, todas as comparações feitas a seguir levam em conta apenas os gêneros gimnospermóides válidos.

A Bacia do Paraná tem 16 gêneros endêmicos (53%): *Aterradoxylon*, *Atlanticoxylon*, *Brasilestiloxyton*, *Catarinapitys*, *Corticoxylon*, *Ductosolenoxylon*, *Mussaexoxylon*, *Myelontordoxylon*, *Parataxopitys*, *Petalopitys*, *Protopodocarpitys*, *Retemedulloxylon*, *Schopfiicaulia*, *Septomedulloxylon*, *Solenbrasilioxylon* e *Solenopitys*. Destes, 11 (69%) são monoespecíficos: *Aterradoxylon*, *Brasilestiloxyton*, *Catarinapitys*, *Corticoxylon*, *Ductosolenoxylon*, *Mussaexoxylon*, *Parataxopitys*, *Protopodocarpitys*, *Schopfiicaulia*, *Septomedulloxylon* e *Solenbrasilioxylon*. Já a Bacia do Parnaíba tem cinco gêneros endêmicos (63%): *Carolinapitys*, *Cyclomedulloxylon*, *Ductoabietoxylon*, *Parnaiboxylon* e *Scleroabietoxylon*, sendo que destes, quatro (80%) são monoespecíficos: *Carolinapitys*, *Cyclomedulloxylon*, *Ductoabietoxylon* e *Scleroabietoxylon*. Desta forma, ambas as bacias têm um número alto de gêneros endêmicos – mais de 50% – o que por si só dificulta a comparação da flora de uma com a outra e também destas as de outras bacias ao redor do globo.

Os gêneros não-endêmicos da Bacia do Paraná são encontrados em diferentes bacias do planeta durante o Permiano. Assim, *Abietopitys* e *Tordoxylon* são encontrados na Bacia Karoo da África (Kräusel 1928, 1956a, b); *Antarcticoxylon*

é encontrado na Bacia Victoria Land, na Antártica (Seward 1914, Schopf 1962); *Austroscleromedulloxylon*, *Paulistoxylon* e *Piracicaboxylon* são encontrados na Bacia Chacoparanense Uruguaia (Crisafulli 1998b); *Polysolenoxylon* no Estágio florístico indiano Barakar (Surange & Maithy 1962) e na Bacia Chacoparanense Uruguaia (Crisafulli 1998a); *Taxopitys* é encontrado na Bacia Karoo, na África do Sul (Kräusel 1928) e na Bacia Pranhita-Godavari, na Índia (Prasad 1982); *Trigonomyelon* é encontrado no Estágio florístico indiano Raniganj (Maheshwari 1966, Prasad 1982); *Vertebraria* é encontrado na Bacia Damodar, na Índia (Maity 1965), na Bacia Bowen, na Austrália, e no Grupo Amery na Antártica (Weaver *et al.* 1997).

Os gêneros não-endêmicos da Bacia do Parnaíba também têm uma distribuição ampla durante o Permiano. *Damudoxylon* é encontrado em todos os continentes gondwânicos: na Bacia Pranhita-Godavari, nos estágios florísticos indianos Barakar e Raniganj (Holden 1917, Maheshwari 1966, Prasad 1982), na Bacia de Sidney, na Austrália (Sahni & Singh 1926) e na Bacia Karoo, na África do Sul (Grambast 1960a, Warren 1912). O gênero *Kaokoxyton* também tem distribuição ampla, ocorrendo na Bacia Karoo, na África do Sul (Kräusel 1956a), na Bacia de Sidney, na Austrália (Walkom 1928), na Bacia Pranhita-Godavari, na Índia, no Estágio florístico indiano Raniganj (Maheshwari 1966, Prasad 1982), e na Bacia Ischigualasto na Argentina (Herbst & Crisafulli 1997). Por último, *Taeniopitys* havia sido encontrado apenas na Bacia Victoria Land na Antártica (Kräusel 1962).

Assim, nestas bacias temos tanto gêneros endêmicos quanto gêneros cosmopolitas. Até agora, *Damudoxylon* não havia sido encontrado na América do Sul – os achados na Bacia do Parnaíba ampliaram sua ocorrência. Guerra-Sommer (1977) havia descrito a espécie *Damudoxylon iratiensis* para a Formação Irati da Bacia do Paraná. Porém, Merlotti (2009) chamou a atenção para o fato de esta espécie ter medula lacunosa-diafragmada, enquanto que *Damudoxylon* é um gênero que apresenta medula maciça. Assim, Merlotti (2009) recombinau esta espécie no gênero *Paulistoxylon*. *Kaokoxyton* já havia sido descrito para a América do Sul (Argentina), mas é a primeira ocorrência dele no Brasil. Por último, *Taeniopitys* era um gênero monoespecífico, descrito apenas para a Antártica, sendo esta a primeira ocorrência dele fora daquele continente. Desta forma, como resultado do presente estudo, houve uma ampliação da ocorrência de dois gêneros para a América do Sul

e um para o Brasil, além do acréscimo de três novos gêneros de lenhos permineralizados (Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 3; PIII, Anexos II e III).

5.3. Considerações sobre a Idade da Formação Motuca

Até momento, a idade da Formação Motuca é motivo de controvérsia (Item 4.2. Bacia do Parnaíba). As figuras 4 e 5 mostram essa formação com idade Permiano precoce, mas outros autores a consideram como parte do Permiano médio. O Permiano precoce engloba os intervalos Asseliano, Sakamariano, Artinskiano e Kunguriano. O Permiano médio é composto pelos intervalos Roadiano, Wordiano e Capitaniano, enquanto que o Permiano tardio engloba o Wuchiapingiano e o Changisiano (fig. 6).

Mussa (1986a) fez uma revisão de todas as formas solenóides publicadas no Gondwana. No Brasil, os gêneros solenóides foram encontrados nas formações Rio Bonito e Irati, da Bacia do Paraná, sendo a primeira considerada como parte do Permiano médio e a segunda, do tardio. Nas Ilhas Malvinas ocorre uma única espécie descrita por Halle (1912), provavelmente, de idade permiana precoce ou média. Na África, Antártica e Índia foram descritas espécies procedentes de idade permiana média. Como a maioria dos espécimes provinha do Permiano médio, a autora propôs a existência de unidade informal denominada de “Biozona solenóide” com esta idade, porém salientou que a maior diversificação desta lignoflora ocorria no Irati, considerada de idade permiana tardia. Desta forma, Mussa (1986a) considerou esta biozona como pertencente ao Permiano médio ao tardio.

Desde 1986, novas formas solenóides foram descritas e também ocorreram mudanças com relação às idades aferidas às formações geológicas que contêm este tipo de material (Aassoumi & Vozenin-Serra 1996; Crisafulli 1995; Merlotti 1989, 2000, 2002; Milani *et al.* 2007). Foi realizado um novo levantamento de lenhos gimnospermóides do Gondwana (Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 3) e também de formas solenóides permianas não pertencentes ao Gondwana (Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 1), e novos resultados foram encontrados (Quadro 2). A maioria das formas solenóides encontra-se em depósitos do Permiano Inferior e apenas duas no

Permiano Superior. Assim, diferente de Mussa (1986a), a “Biozona solenóide” teria sua maior ocorrência no Permiano precoce, mas não estaria restrito a ele.

Permiano tardio	Lopingiano	Changhisiano
		Wuchiapingiano
Permiano médio	Guadalupiano	Capitaniano
		Wordiano
		Roadiano
Permiano precoce	Cisuraliano	Kunguriano
		Artinskiano
		Sakmariano
		Asseliano

Figura 6 – Intervalos englobados no Permiano precoce, médio e tardio.

Além das formas solenóides, é possível citar a ocorrência dos gêneros encontrados na Formação Motuca, *Damudoxylon*, *Kaokoxylon* e *Taeniopitys* (Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 2). *Damudoxylon* e *Kaokoxylon* possuem uma ampla distribuição, enquanto que *Taeniopitys* é bem mais restrito (Item 5.2.2. Comparações taxonômicas). Foi montado um quadro (Quadro 6) com a distribuição temporal das espécies destes gêneros baseadas na literatura corrente (Kurzawe *et al.*, PII, Capítulo 3), excluindo-se as da Bacia do Parnaíba, que são o motivo da discussão. Neste caso, ocorre apenas uma espécie no Permiano precoce, enquanto ocorrem sete no tardio e outras sete sem uma especificidade temporal além de “Permiano”. *Damudoxylon* é o gênero com a maior abrangência, ocorrendo desde o Permiano precoce até o tardio. *Kaokoxylon* ocorreria apenas no Permiano tardio, considerando-se os registros com idade mais precisa. *Taeniopitys*, com a sua única

espécie antártica, não possui nenhuma informação específica sobre a idade além de ser proveniente do Permiano.

Quadro 6 – Distribuição temporal das espécies de *Damudoxylon*, *Kaokoxylo*n e *Taeniopitys*.

Espécies	Permiano precoce	Permiano médio	Permiano tardio	Permiano (sem maior precisão)
<i>Damudoxylon adhariense</i> (Prasad) Pant & Singh 1987				
<i>Damudoxylon arberi</i> (Sahni & Singh) Kurzawe & Merlotti 2009				
<i>Damudoxylon chandrapurensis</i> (Prasad) Pant & Singh 1987				
<i>Damudoxylon indicum</i> (Holden) Maheshwari 1972				
<i>Damudoxylon lukugense</i> (Grambast) Maheshwari 1966				
<i>Damudoxylon maharashtraensis</i> (Prasad) Pant & Singh 1987				
<i>Damudoxylon</i> sp. cf. <i>D. waltonii</i> Maheshwari 1966				
<i>Damudoxylon</i> sp. (Warren) Kurzawe & Merlotti 2009				
<i>Damudoxylon waltonii</i> (Maheshwari) Kurzawe & Merlotti 2009				
<i>Kaokoxylo</i> n <i>durum</i> Kräusel 1956a				
<i>Kaokoxylo</i> n <i>farleyense</i> (Walkom) Maheshwari 1972				
<i>Kaokoxylo</i> n <i>pseudotrime</i> dullaris Prasad 1982				
<i>Kaokoxylo</i> n <i>reunigi</i> Kräusel 1956a				
<i>Kaokoxylo</i> n <i>zalessky</i> (Sahni) Maheshwari 1966				
<i>Taeniopitys scotti</i> Kräusel 1962				

Levando em consideração tanto a distribuição das espécies para a “Biozona solenóide” de Mussa (1986a), quanto para outros sedimentos permianos, não foi possível uma correlação precisa da idade. Enquanto as formas vinculadas à “Biozona solenóide” indicam uma idade permiana precoce para a Formação Motuca, as espécies dos outros gêneros já descritos a aproximam do Permiano tardio. Assim, continuam sendo necessários mais estudos geológicos para chegar a uma conclusão mais precisa com relação à idade desta formação.

5.4. Considerações sobre a Paleofitogeografia

Dolianiti (1972) mencionou, pela primeira vez, que as plantas fossilizadas permianas da Bacia do Parnaíba (como *Psaronius* spp.) mostravam afinidades com os taxa da Europa e da América do Norte, diferentemente daquelas da Bacia do Paraná, onde elementos típicos da flora *Glossopteris* predominavam. A ausência de elementos da flora *Glossopteris* foi utilizada pelo autor como um argumento em favor da afinidade nórdica da flora fóssil da Bacia do Parnaíba. Mais tarde, Coimbra & Mussa (1984) e Mussa & Coimbra (1987) corroboraram esta hipótese através da identificação de alguns gêneros botânicos nórdicos, como *Arthropityx*, esfenófita, e *Amyelon* e *Cycadoxylon*, gimnospermas. Recentemente, Röβler & Galtier (2002a) descreveram novas espécies de *Grammatopteris*, um gênero originalmente restrito ao Hemisfério Norte (Alemanha e França). Por outro lado, Herbst (1986) reconheceu na Bacia do Parnaíba a espécie de pteridófita *Tietea singularis* Solms-Laubach 1913, descrita originalmente para a Bacia do Paraná. O presente estudo incluiu a presença de mais três elementos gondwânicos na Bacia do Parnaíba, *Damudoxylon*, *Kaokoxydon* e *Taeniopityx*.

Em resumo, se torna claro que o registro florístico da Bacia do Parnaíba representa um cinturão florístico transicional entre a Euro-américa e o Gondwana, considerando a presença de gêneros de ambas as unidades fitogeográficas. Este resultado poderia ser esperado, tendo em vista a posição paleogeográfica intermediária e as condições climáticas propostas para o nordeste da América do Sul, onde se localiza a Bacia do Parnaíba (Rees *et al.* 2002). Com o intuito de

entender o contexto fitogeográfico da flora da Bacia do Parnaíba, uma análise preliminar dos gêneros não-endêmicos revela que quase todas as plantas produtoras de esporos mostram uma distribuição euro-americana e/ou cosmopolita, exceto por *Tietea*, enquanto que o contrário ocorre com as plantas com sementes, excluindo o registro do gênero cosmopolita *Cycadoxylon*. Mais estudos são necessários para compreender o significado deste padrão.

Entretanto, a consequência mais notável dos resultados taxonômicos das últimas décadas reside no alto nível de endemismo observado na flora da Bacia do Parnaíba. Entre as plantas permineralizadas há 14 gêneros não-endêmicos (*Amyelon*, *Arthropitys*, *Botryopteris*, *Cycadoxylon*, *Dadoxylon*, *Damudoxylon*, *Grammatopteris*, *Kaokoxylon*, *Pecopteris*, *Psaronius*, *Scolecopteris*, *Sphenophyllum*, *Taenopitys* e *Tietea*), contra oito endêmicos (*Araguainorachis*, *Carolinapitys*, *Cyclomedulloxylon*, *Dernbachia*, *Ductoabietoxylon*, *Parnaiboxylon*, *Scleroabietoxylon* e *Teresinoxylon*). Utilizando um fórmula comumente usado em biogeografia para determinar o nível de endemismo de uma região [número de taxas endêmicos . 100 / número total de taxa] (Cox & Moore 2005), chegamos a 36,4% de gêneros endêmicos nesta flora. Mas o endemismo pode ser ainda mais alto. O gênero *Dadoxylon*, deveria ser retirado desta análise, já que o mesmo deve ser considerado um taxon inválido (Philippe 1993, Bamford & Philippe 2001 e Kurzawe & Merlotti 2009). Neste caso, o nível de endemismo chegaria a 38%. Estes valores são suficientes para sugerir que esta flora pertence a uma unidade fitogeográfica distinta, que talvez poderia ser classificada como uma Região Florística, de acordo com o critério proposto por Wnuk (1996).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise anatômica e taxonômica dos lenhos gimnospermóides coletados nos sedimentos permianos da Formação Motuca, na Bacia do Parnaíba juntamente com o levantamento dos gêneros e espécies encontradas no Permiano do Gondwana permitiram alcançar as seguintes conclusões:

- Para a correta identificação taxonômica de um lenho é estritamente necessário não só a análise crítica de seus caracteres anatômicos, mas também de um retorno às diagnoses genéricas originais. Isto evita não somente a errônea afiliação de um taxon, como também a formação de complexos taxonômicos, como o conhecido complexo *Dadoxylon-Araucarioxylon*;
- A Bacia do Parnaíba vêm sendo estudada por mais de 100 anos, mas ainda restam muitas dúvidas quando se refere à posição estratigráfica dos fósseis e à delimitação geológica e idade de algumas formações, como é o caso das formações Pedra-de-Fogo e Motuca, por isso, mais estudos paleontológicos e geológicos devem ser feitos;
- A maioria dos fósseis vegetais permineralizados é representada pelas pteridófitas, mas uma grande quantidade de gimnospermas também é encontrada. O maior problema, porém, é a condição de fossilização das mesmas, pois a maior parte dos lenhos gimnospermóides permineralizados tem uma preservação muito ruim, não permitindo o estudo anatômico / taxonômico;
- Os três gêneros inéditos (*Ductoabietoxylon*, *Parnaiboxylon* e *Scleroabietoxylon*) erigidos para os sedimentos desta bacia aumentam o caráter exótico desta flora transicional. Até agora, foram encontrados 14 gêneros de plantas permineralizadas, e destes, oito são endêmicos (mais de 50%);
- Os outros três gêneros encontrados (*Damudoxylon*, *Kaokoxyton* e *Taeniopitys*) são inéditos para o Brasil. *Damudoxylon* e *Taeniopitys* eram até agora também inéditos para a América do Sul. Este achado permitiu a ampliação da ocorrência dos mesmos;
- Em relação aos espécimes estudados, foi possível verificar a alta variabilidade anatômica dos lenhos gimnospermóides do Permiano da Bacia do Parnaíba. Ocorrem medulas solenóides, com esclereídeos e com dutos, além dos raios abietóides – característica rara entre os lenhos paleozóicos. Por outro lado, todos os lenhos possuem pontoações nas paredes radiais do

tipo araucarióide – característica comum para os lenhos do Hemisfério Norte (Euro-américa), enquanto que no Hemisfério Sul (Gondwana) o tipo misto é o mais comum;

- Os únicos gêneros encontrados tanto na Bacia do Paraná quanto do Parnaíba são *Psaronius* e *Tietea*, excluindo-se *Dadoxylon* desta análise por este não ser considerado um gênero válido. As floras destas duas bacias possuem espécimes com similaridades (como as medulas solenóides) e diferenças (como as pontoações araucarióides e mistas da Bacia do Paraná e totalmente araucarióides da Bacia do Parnaíba) anatômicas, porém podem ser consideradas muito diferentes com relação à taxonomia;
- Infelizmente, os lenhos gimnospermóides não auxiliaram muito na discussão de idade geológica dos depósitos da Formação Motuca, além de situá-los no Permiano de modo geral;
- Análises paleofitogeográficas preliminares indicam que ao invés de ser entendido como uma flora transicional entre os reinos Gondwana e Euro-america, este registro poderia ser interpretado como uma região única ocupada por uma flora diferenciada que comporia uma unidade fitogeográfica própria. Os dados paleogeográficos, paleoclimáticos e sedimentológicos indicam tratar-se de uma região com feições abióticas exclusivas, o que justificaria o desenvolvimento de uma flora especificamente adaptada a estas características.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aassoumi H & Vozenin-Serra C 1996. Sur un bois silicifié à moelle conservée du Permien du Bassin de Tiddas (Maroc Central), *Mesopityoxylon tiddasense* gen. et sp. nov. – Intérêts phylogénétiques et paléoclimatique. **Review of Palaeobotany and Palynology**, **94**: 57-73.
- Agashe SN & Chitnis SR 1971. Studies on the fossil gymnosperms, part III: *Prototaxoxylon andrewsii* a new species of taxinean wood from the Lower Gondwana strata. **Palaeontographica, Abt. B**, **133**(1-3): 52-60.

- Bamford MK & Philippe M 2001. Jurassic-Early Cretaceous Gondwanan homoxyloous woods: a nomenclatural revision of the genera with taxonomic notes. **Review of Palaeobotany and Palynology**, **113**: 287-297.
- Barberena MC 1972. South American Late Paleozoic tetrapods. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **44**(supl.): 67-75.
- Barbosa O 1957. Observação sobre *Parataxopitys Americana* (Milanez e Dolianiti). **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, **6**(1): 5-6.
- Barbosa O & Gomes FA 1957. Carvão mineral na Bacia Tocantins – Araguaia. DNPM-DGM. Rio de Janeiro. **Boletim** **174**, 35p.
- Biradar NV & Bonde SD 1981. *Nandorioxylon saksenae* gen. et sp. nov. – a new gymnospermous wood from the Kamthi Stage of Chandrapur District, Maharashtra State, India. **Geophytology**, **11**(1): 90-95.
- Brongniart A 1872. Notice sur le *Psaronius brasiliensis*. **Bulletin de la Société Botanique de France**, **19**: 3-10.
- Caldas EB; Mussa D; Lima Filho FPG & Rösler O 1989. Nota sobre a ocorrência de uma floresta petrificada de idade permiana em Teresina, Piauí. **Boletim IG-USP, Publicação Especial**, **7**: 69-87.
- Caputo MV; Iannuzzi R & Fonseca VMM 2005. Bacias Sedimentares Brasileiras. Bacia do Parnaíba. **Phoenix**, **7(81)**: 1-6.
- Coimbra AM & Mussa D 1984. Associação lignitaflorestal na Formação Pedra-de-Fogo, (Arenito Cacunda), Bacia do Maranhão – Piauí, Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1989, Rio de Janeiro. **Anais**: 591-605.
- Costa-Pessôa RHC 1985. Madeiras gimnospérmicas no Irati do Rio Grande do Sul: observações sobre anatomia, sistemática e paleoecologia. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 8, 1985, Brasília. **Coletânea de trabalhos paleontológicos**, **2**:623-639.
- Cox CB & Hubchinson P 1991. Fishes and amphibians from the Late Permian Pedra-de-Fogo Formation of northern Brazil. **Paleontology**, **34**(3): 561-573.
- Cox CB & Moore PD 2005. **Biogeography: An Ecological and Evolutionary Approach**. Blackwell Publishing, Oxford, England.428 p.
- Crisafulli A 1995. *Idioxylon lutzi* nov. gen. et sp. (Coniferopsida) del Pérmico Inferior (Formación Melo) de Uruguay. *In*: CONGRESSO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA Y BIOESTRATIGRAFIA, 6, 1995, Trelew. **Actas**: 91-97.
- Crisafulli A 1998a. Leños gimnospérmicos de la Formación Melo (Pérmico Inferior), Uruguay. Parte II. *Stiloxylon*, *Polysolenoxylon* y *Bageopitys*. **Ameghiniana**, **35**(2): 133-140.

- Crisafulli A 1998b. Leños gimnospérmicos de la Formación Melo (Pérmico Inferior), Uruguay. Parte III. *Paulistoxylon*, *Austroscleromedulloxylon* y *Piracicaboxylon*. **Ameghiniana**, **35**(2): 217-225.
- Dias-Britto D & Castro JC 2005. **Caracterização geológica e paleontológica do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins**. Relatório Interno (não publicado). Rio Claro, UNESP, 33p.
- Dias-Brito D; Rohn R; Castro JC; Dias RR & Rössler R 2007. Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional – o mais exuberante e importante registro florístico tropical-subtropical permiano no Hemisfério Sul. In: Winge M; Schobbenhaus C; Berbert-Born M; Queiroz ET; Campos DA; Souza CRG & Fernandes ACS (ed.) **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. DNPM/CPRM – SIGEP, Brasília. Disponível em:<<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio104/sitio104.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2009.
- Dino R; Antonioli L & Braz SMN 2002. Palynological data from the Trisidela Member of Upper Pedra-de-Fogo Formation (“Upper Permian”) of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, **3**: 24-35.
- Dohms MH 1976. Nova madeira de gimnosperma do Permiano do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geociências**, **6**: 164-182.
- Dolianiti E 1948. A paleobotânica no Brasil. **Boletim do Departamento Nacional da Produção Mineral**, **123**: 87p.
- Dolianiti E 1972. Relações entre as floras paleozóicas do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **44**(suplemento): 113-117.
- Faria Jr LE do C 1984. O Permotriássico na Bacia do Maranhão: um modelo de paleodeserto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. **Anais**, **2**: 777-791.
- Faria Jr LE do C & Truckenbrodt W 1980a. Estratigrafia e petrografia da Formação Pedra-de-Fogo – Permiano da Bacia do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, 1980, Balneário Camboriú. **Anais**, **2**: 740-754.
- Faria Jr LE do C & Truckenbrodt W 1980b. Estromatólitos na Formação Pedra-de-Fogo, Permiano da Bacia do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, 1980, Balneário Camboriú. **Anais**, **5**: 3056-3067.
- Feng Z; Wang J & Rößler R 2010. *Palaeoginkgoxylon zhoui*, a new ginkgophyte wood from the Guadalupian (Permian) of China and its evolutionary implications. **Review of Palaeobotany and Palynology**, **162**: 146-158.

- Goés AMO & Feijó FJ 1994. 5 – Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, **8**(1): 57-67.
- Grambast L 1960a. Étude d'un *Dadoxylon* permien du Congo Belge. **Annales du Musée Royal du Congo Belge, série in 8, science géologiques**, **30**: 1-9.
- Grambast L 1960b. Évolution des structures ligneuses chez lês Coniferophytes. **Bulletin de la Société Botanique de France, Mémoires**, **107**: 30-41.
- Greguss P 1955. **Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy**. Akadémiai Kiadó, Budapest, 263p.
- Guerra M 1975. Presença do gênero *Polysolenoxylon* Formação Irati do Rio Grande do Sul, Brasil. In: CONGRESSO ARGENTÍNO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFIA, 1, 1975, Tucumán. **Actas**, **1**: 371-399.
- Guerra M 1976a. Uma nova madeira petrificada na Formação Irati do Rio Grande do Sul. **Ameghiniana**, **13**(3-4): 254-267.
- Guerra M 1976b. *Vertebraria* (Royle) Schopf 1965, un genre présent dans la Formation Irati du Rio Grande do Sul (Brésil). In: CONGRÈS NATIONAL DES SOCIÉTÉS SAVANTES, 101, 1976, Lille. **Actes 1**: 51-68.
- Guerra-Sommer M 1977. *Damudoxylon* (Maheshwari) Maheshwari, 1972, um gênero ocorrente no Gondwana do Brasil. **Pesquisas**, **7**: 131-144.
- Guerra-Sommer M 1978. Ocorrência de gênero nórdico de conífera no Gondwana sul brasileiro. **Pesquisas**, **10**: 65-76.
- Halle TG 1912. On the geological structure and history of the Falkland Islands. **Bulletin of the Geological Institution, University of Upsala**, **11**: 115-229.
- Herbst R 1985. Nueva descripción de *Psaronius arrojadoi* (Pelourde) (Marattiales), del Pérmico de Brasil. **Ameghiniana**, **21**(2-4): 243-258.
- Herbst R 1986. Studies on Psaroniaceae I. The family Psaroniaceae (Marattiales) and a redescription of *Tietea singularis* Solms-Laubach, from the Permian of Brazil. In: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA, 4, 1986, Mendoza. **Actas 1**: 163-176.
- Herbst R 1992a. Una nueva especie de *Tietea* (Solms) Herbst, del Pérmico de Brasil. In: SIMPOSIO ARGENTINO DE PALEOBOTANICA E PALINOLOGIA, 8, 1992, Buenos Aires. **Publicación Especial 2**: 67-68.
- Herbst R 1992b. Studies on Psaroniaceae. III. *Tietea derbyi* n. sp., from the Permian of Brazil. **Courier Forschungsinstitut Senckenberg**, **147**: 155-161.
- Herbst R 1999. Studies on Psaroniaceae. IV. Two species of *Psaronius* from Araguaina, State of Tocantins, Brazil. **Facena**, **15**: 9-18.

- Herbst R & Crisafulli A 1997. *Kaokoxydon zalessky* (Sahni) Maheshwari (Coniferopsida) en el Pérmico Superior del Cerro Colorado de la Antigua, la Rioja, Argentina. **Ameghiniana**, **34**(4): 447-451.
- Holden R 1913. Contributions to the anatomy of Mesozoic conifers. **Annals of Botany**, **27**(107): 533-545.
- Holden R 1917. On the anatomy of two palaeozoic stems from India. **Annals of Botany**, **31**(123-124): 315-326.
- Iannuzzi R & Scherer CMS 2001. Vegetais fósseis carbonificados na Formação Pedra-de-Fogo, Bacia do Paranaíba, TO-MA: significado paleoambiental. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NE, 2, 1997, Crato. **I e II Simpósios sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste. Comunicações: resumos e trabalhos científicos**: 129-139.
- Japiassú AMS 1970. Contribuição à paleontologia da Formação Morro Pelado, Estado de Santa Catarina, Brasil: *Dadoxylon duartei* n. sp. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **42**:493-500.
- Kräusel R 1928. Fossile Pflanzenreste aus der Karruformation von Deutsch-Südwest Afrika. In: KRÄUSEL, R. & RANGE, P. 1928. Beiträge zur Kenntnis der Karruformation Deutsch-Südwest Afrika. **Beiträge zur geologischen erforschung der deutschen schutzgebiete**, **20**: 1-54.
- Kräusel R 1956a. 4. Der „Versteinerte Wald“ im Kaokoveld, Südwest-Afrika. **Senckenbergiana Lethaea**, **37**(5/6): 411-453.
- Kräusel R 1956b. 5. Hölzer aus dem südlichen Gebiet der Karru-Schichten Südwest-Afrikas. **Senckenbergiana Lethaea**, **37**(5/6): 447-453.
- Kräusel R 1962. Antarctic fossil wood. Appendix. **Scientific Reports Geology**, **9**: 133-140 (Trans-Antarctic Expedition 1955-1958)
- Kräusel R & Dolianiti E 1958. Gymnospermenhölzer aus dem Paläozoikum Brasiliens. **Palaeontographica, Abt. B**, **104**(4-6): 115-137.
- Kurzawe F & Merlotti S 2009. O complexo *Dadoxylon-Araucarioxylon*, Carbonífero e Permiano do Gondwana: estudo taxonômico do gênero *Dadoxylon*. **Pesquisas em Geociências**, **36**(2): 223-232.
- Lima E & Leite JF 1978. Projeto e estudo global dos recursos minerais da Bacia Sedimentar do Paranaíba. In: **Integração Geológica Metalogenética**. Recife, v. 1.
- Maheshwari HK 1966. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 28. On some fossil woods from the Raniganj Stage of the Raniganj Coalfield, Bengal. **Palaeobotanist**, **15**(3): 243-257.

- Maheshwari HK 1972. Permian wood from Antarctica and revision of some Lower Gondwana wood taxa. **Palaeontographica, Abt. B**, **138**(1-4): 1-43.
- Maithy PK 1965. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 19. Two new species of *Dadoxylon* from the Lower Gondwanas of India. **Palaeobotanist**, **13**(1): 89-93.
- Maniero J 1944. *Dadoxylon whitei* sp. n. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, **4**(1-2): 107-112.
- Maniero J 1946. Contribuição ao estudo de *Dadoxylon nummularium* White. **Notas Preliminares e Estudos**, **35**: 1-11.
- Maniero J 1951. *Parataxopitys brasiliensis*, gen. n. sp. n. Madeira nova do Permiano Inferior. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **23**(1): 105-112.
- Marguerier J 1973. Paleoxylologie du Gondwana Africain: etude et affinités du genre *Australoxylon*. **Paleontologia Africana**, **16**: 37-58.
- Merlotti S 1989. Ocorrência de um fragmento de caule tipo Cordaites no Gondwana do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, 1989, Curitiba. **Anais**: 151-161.
- Merlotti S 1998a. *Retemedulloxylon*, novo lenho fóssil com medula diafragmada da Formação Rio Bonito, Estado de Santa Catarina, Brasil. **Acta Geologica Leopoldensia**, **21**(46/47): 27-44.
- Merlotti S 1998b. *Mussaeoxylon*, novo táxon gimnospérmico do Gondwana brasileiro. **Acta Geologica Leopoldensia**, **21**(46/47): 45-54.
- Merlotti S 1999. Um novo lenho gimnospérmico da Formação Rio Bonito, SC, Brasil – *Ateradoxylon solidum* gen. et. sp. nov. **Pesquisas**, **26**(2): 79-89.
- Merlotti S 2000. *Petalopitys rioclarensis*, uma nova espécie do grupo solenóide da Formação Irati, São Paulo, Brasil. **Acta Geológica Leopoldensia**, **23**:43-51.
- Merlotti S 2009. Reavaliação taxonômica de lenhos das formações Irati e Serra Alta, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, **36**(1): 11-21.
- Merlotti 2002. Dois novos taxa lenhosos das Formação Serra Alta (Permiano Superior, Bacia do Paraná), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Universidade Guarulhos – Geociências**, **7**(6): 5-14.
- Merlotti S & Kurzawe F 2006. Estudo taxonômico do gênero *Australoxylon* Marguerier 1973 com a descrição de *A. catarinensis* sp. nov. para o Permiano Inferior, Bacia do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, **9**(1): 73-81.

- Merlotti S & Kurzawe F 2011. Lenhos permianos da Bacia do Paraná, Brasil: síntese e revisão taxonômica. **Gaea**, **7**(1): 19-33.
- Merlotti S & Rosa LM da 2002. Lâminas delgadas de lenhos fósseis. *In*: Tânia Lindner Dutra (Org.). **Técnicas e procedimentos de trabalho com fósseis e formas modernas comparativas**. Unisinos, São Leopoldo, pgs. 36-37.
- Milanez FR & Dolianiti E 1950. Novo gimnosperma do Permiano Inferior. **Arquivos do Jardim Botânico**, **10**: 117-129.
- Milani EJ; Melo JHG; Souza PA; Fernandes LA & França AB 2007. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, **15**(2): 265-287.
- Mussa D 1958. Conífera fóssil do Carbonífero Superior de Santa Catarina. **Boletim do DNPM**, **182**: 1-22.
- Mussa D 1974. Paleoxiloanatomia brasileira. II – Novo gênero de lenho fóssil da Formação Irati, Estado de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **46**(3/4): 617-634.
- Mussa D 1978. *Brasilestioxylon* e *Solenobrasilioxylon*, dois novos gêneros gondwânicos na Formação Irati, Estado de São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo**, **9**: 118-127.
- Mussa D 1978. On the anatomy of wood showing affinities with the genus *Vertebraria* Royle, from the Irati Formation, State of São Paulo, Brazil. **Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo**, **9**: 153-201.
- Mussa D 1980. Ocorrência do gênero *Antarcticoxylon* Seward, na Formação Irati (Permiano) do Estado de São Paulo, Brasil. *In*: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA Y BIOESTRATIGRAFIA y CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 2 e 1, 1978, Buenos Aires. **Actas**, **4**: 139-155.
- Mussa D 1982. Nova forma do complexo *Vertebraria* nos argilitos carbonosos da Formação Rio Bonito, Santa Catarina, Brasil. **Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo**, **13**: 66-74.
- Mussa D 1986a. As formas gondwânicas do grupo solenóide e sua distribuição estratigráfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **58**(1): 61-88.
- Mussa D 1986b. Eustelos gondwânicos de medulas diafragmadas e sua posição estratigráfica. **Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo**, **17**: 11-26.
- Mussa D & Coimbra AM 1987. Novas perspectivas de comparação entre as tafofloras permianas (de lenhos) das bacias do Parnaíba e do Paraná. *In*:

- CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, 1987, Rio de Janeiro. **Anais**: 201-221.
- Mussa D; Gama-de-Carvalho R; Santos PR 1980. Estudo estratigráfico e paleoecológico em ocorrências fossilíferas da Formação Irati, Estado de São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo**, **11**: 142-149.
- Oliveira E de 1934. Ocorrência de plantas carboníferas da flora cosmopolita do Estado do Piauí. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **6**(3): 113-118.
- Pant DD & Singh VK 1987. Xylotomy of some woods from Raniganj Formation (Permian), Raniganj Coalfield, India. **Palaeontographica, Abt. B**, **203**(1-3): 1-82.
- Pelourde F 1912. Observations sur le *Psaronius brasiliensis*. **Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Ser. 9**, **16**: 337-352.
- Petri S & Fulfar VJ 1983. Bacia do Parnaíba. In: **Geologia do Brasil (Fanerozoico)**. TA Queiroz / EDUSP, São Paulo, 110-117.
- Philippe M 1993. Nomenclature générique des trachéidoxyles fossiles mésozoïques à champs araucarioides. **Taxon**, **42**: 74-80.
- Pinto CP & Sad JNG 1986. Revisão da estratigrafia da Formação Pedra-de-Fogo, borda sudoeste da Bacia do Parnaíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, 1986, Goiânia. **Anais**, **1**: 346-358.
- Prasad MNV 1982. An annotated synopsis of Indian palaeozoic gymnospermous woods. **Review of Palaeobotany and Palynology**, **38**(1982): 119-156.
- Price LI 1948. Um anfíbio labirodonte da Formação Pedra-de-Fogo, Estado do Maranhão. **Boletim DNPM**, Rio de Janeiro, 124: 1-32.
- Rau W 1934. *Dadoxylon (Araucarioxylon) butiense*, n. sp. Ein Beitrag zur entwicklung der Holzstruktur der palaeozoischen Koniferen Rio Grande do Suls. **Revista Sudamericana de Botânica**, **1**(6): 169-172.
- Rees PM, Ziegler AM, Gibbs MT, Kutzbach JE, Behling PJ, Rowley DB 2002. Permian phytogeographic patterns and climate data/model comparisons. **Journal of Geology**, **110**: 1-31.
- Rößler R & Galtier J 2002a. First *Grammatopteris* tree ferns from the Southern Hemisphere – new insights in the evolution of the Osmundaceae from the Permian of Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, **121**: 205-230.

- Rößler R & Galtier J 2002b. *Dernbachia brasiliensis* gen. nov. et sp. nov. – a new small tree fern from the Permian of NE Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, **122**: 239-263.
- Rößler R & Galtier J 2003. The first evidence of the fern *Botryopteris* from the Permian of the Southern Hemisphere reflecting growth from diversity. **Review of Palaeobotany and Palynology**, **127**: 99-124.
- Rößler R & Noll R 2002. Der permische versteinerte Wald von Araguaina/Brasilien – Geologie, Taphonomie und Fossilführung. **Veröffentlichung Museum für Naturkunde Chemnitz**, **25**: 5-44.
- Sahni B & Singh TCN 1926. On some specimens of *Dadoxylon arberi* Sew. from New South Wales and Queensland. **The Journal of the Indian Botanical Society**, **5**(3): 103-112.
- Santos RS 1990. Paleoictiofauna da Formação Pedra-de-Fogo, Bacia do Parnaíba, Nordeste do Brasil: Holocephali – Petalodontidae. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **62**(4): 347-355.
- Santos RS 1994. Paleoictiofauna da Formação Pedra-de-Fogo, Bacia do Parnaíba, NE do Brasil. II. Eugeonodontida – Agassizodontidae. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **66**(4): 413-424.
- Santos ME de CM & Carvalho MSS de 2004. **Paleontologia das Bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luíz**. CPRM, Rio de Janeiro, 212p.
- Santos RV, Souza PA, Alvarenga CJS, Dantas EL, Pimentel MM, Oliveira CG, Araújo LM 2006. SHRIMP U-Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. **Gondwana Research**, **9**: 456-463.
- Schopf JM 1962. A preliminary report on plant remains and coal of the sedimentary section in the central range of the Horlick Mountains, Antarctica. **Report of Institute of Polar Studies**, **2**: 1-93.
- Schwanke C & Souto PR de F 2007. Coprólitos espiralados da Formação Pedra do Fogo, Bacia do Parnaíba. *In*: Carvalho I de S (ed) **Paleontologia: cenários de vida**. V.1. Interciência, Rio de Janeiro, p. 111-120.
- Seward AC 1914. Antarctic fossil plants. **Natural History Reports British Antarctic (Terra Nova) Expedition, 1910**. **Geology**, **1**(1): 1-49.
- Surange KR & Maithy PK 1962. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 13. *Barakaroxylon*, a new genus of petrified wood from the Lower Gondwanas of India. **Palaeobotanist**, **10**(1-2): 108-112.

- Tavares TMV 2012. Estudo de Marattiales da “Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional” (Permiano, Bacia do Parnaíba). Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 185p.
- Walkom AB 1928. Fossil plants from the Upper Palaeozoic rocks of New South Wales. **The Proceedings of the Linnean Society of New South Wales**, **53**: 255-269.
- Walton J 1925. On some South African fossil woods. **Annals of the South African Museum**, **22**(1): 1-27.
- Warren E 1912. On some specimens of fossil woods in the Natal Museum. **Annals of the South African Museum**, **2**(3): 345-380.
- Weaver L; McLoughlin S & Drinnan AN 1997. Fossil woods from the Upper Permian Bainmedart Coal Measures, northern Prince Charles Mountains, East Antarctica. **Journal of Australian Geology & Geophysics**, **16**(5): 655-676.
- White IC 1908. **Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brazil**. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 617p.
- Wnuk C 1996. The development of floristic provinciality during the Middle and Late Paleozoic. **Review of Palaeobotany and Palynology**, **90**: 5-40.
- Zalessky M D. 1911. Étude sur l’anatomie *Dadoxylon tchihatcheffi* Göppert sp. **Mémoires du Comité Géologique, nouvelle série**, **68**: 1-29.
- Zeiller R 1895. Note sur la flore fossile des gisements houillers de Rio Grande do Sul (Brésil meridionale). **Bulletin de la Société Géologique de France**, **23**: 601-629.
- Zhang W; Wang Y; Zheng S; Yang X; Li Y; Fu X & Li N 2007. Taxonomic investigations on permineralized conifer woods from the Late Palaeozoic Angaran deposits of northeastern Inner Mongolia, China and their palaeoclimatic significance. **Review of Palaeobotany and Palynology**, **144**: 261-285.

ESTAMPAS

Estampa I

Figura 1 – vista geral da Fazenda Pebas, Filadélfia, TO. Nos fundos as mesetas típicas da região.

Figura 2 – detalhe de um lenho encontrado na Fazenda Pebas, Filadélfia, TO. O fóssil é longo e com um grande diâmetro, porém encontra-se fragmentado.

Figura 3 – vista geral da Fazenda Grotão, Filadélfia, TO, com uma meseta aos fundos.

Figura 4 – detalhe de lenhos encontrados rolados e fragmentados na Fazenda Grotão, Filadélfia, TO.

Figura 5 – vista geral da seção tipo da Formação Pedra-de-Fogo no riacho Pedra-de-Fogo, Pastos Bons, MA.

Figura 6 – detalhe das gretas de contração e carbonatos marinhos encontrados no leito seco do riacho Pedra-de-Fogo, Pastos Bons, MA.

Figura 7 – lenho de pteridófitas nas margens da Represa Boa Esperança, Nova Iorque, MA.

Figura 8 – vista geral da Pedreira em Antônio Almeida, PI. Um lenho foi coletado rolado nos sedimentos.



Estampa II

Figura 1 – lenho ainda no interior dos sedimentos nas margens do Rio Poti, em Teresina, PI.

Figura 2 – lenho removido para a entrada dos visitantes do sítio, nas margens do Rio Poti, em Teresina, PI.

Figura 3 – vista geral de Timon, MA, com alta concentração de lenhos fossilizados.

Figura 4 – um dos maiores lenhos encontrados em Altos, PI (foto cedida por Rodrigo Neregato).

Figura 5 – detalhe de um tronco altamente ferrificado em Timon, MA.

Figura 6 – vista geral sítio fitofossilífero em Timon, MA.



Estampa III

Figura 1 – K5870. Detalhe em corte transversal do centro. Escala = 500 μm .

Figura 2 – K5870. Pontoações 2s nas paredes radiais dos traqueídeos. Escala = 50 μm .

Figura 3 – K5870. Traço no corte radial. Escala = 100 μm .

Figura 4 – K5871. Detalhe do corte transversal do centro. Escala = 250 μm .

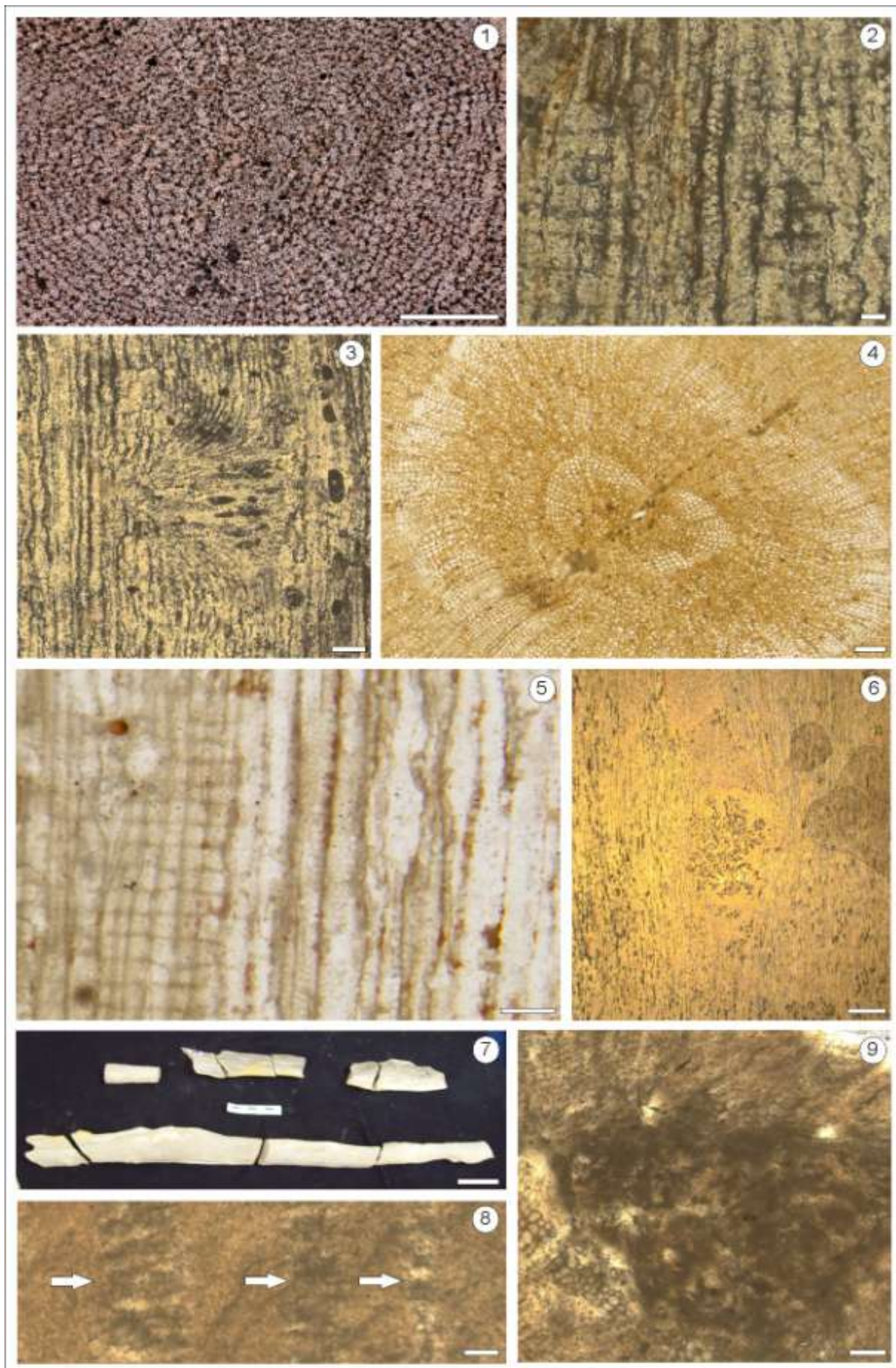
Figura 5 – K5871. Pontoações multisseriadas nas paredes radiais dos traqueídeos. Escala = 100 μm .

Figura 6 – K5871. Traço no corte radial. Escala = 1000 μm .

Figura 7 – TOF188. Vista geral de todos os fragmentos que compõem a amostra. Escala = 5 cm.

Figura 8 – TOF188. Vista geral do xilema secundário em corte transversal, mostrando os falsos anéis de crescimento (setas). Escala = 100 μm .

Figura 9 – TOF188. Vista geral da medula em corte transversal. Escala = 100 μm .



Estampa IV

Figura 1 – TOF188. Vista geral do corte radial, mostrando raios lenhosos unisseriados e baixos, muito alterados. Escala = 100 μm .

Figura 2 – TOF192. Vista geral de todos os fragmentos que compõem a amostra. Escala = 5 cm.

Figura 3 – TOF192. Vista geral da medula em corte transversal. Escala = 100 μm .

Figura 4 – TOF192. Vista geral do xilema secundário em corte transversal, mostrando os falsos anéis de crescimento. Escala = 100 μm .

Figura 5 – TOF210. Espessamentos do xilema primário no corte radial. Escala = 50 μm .

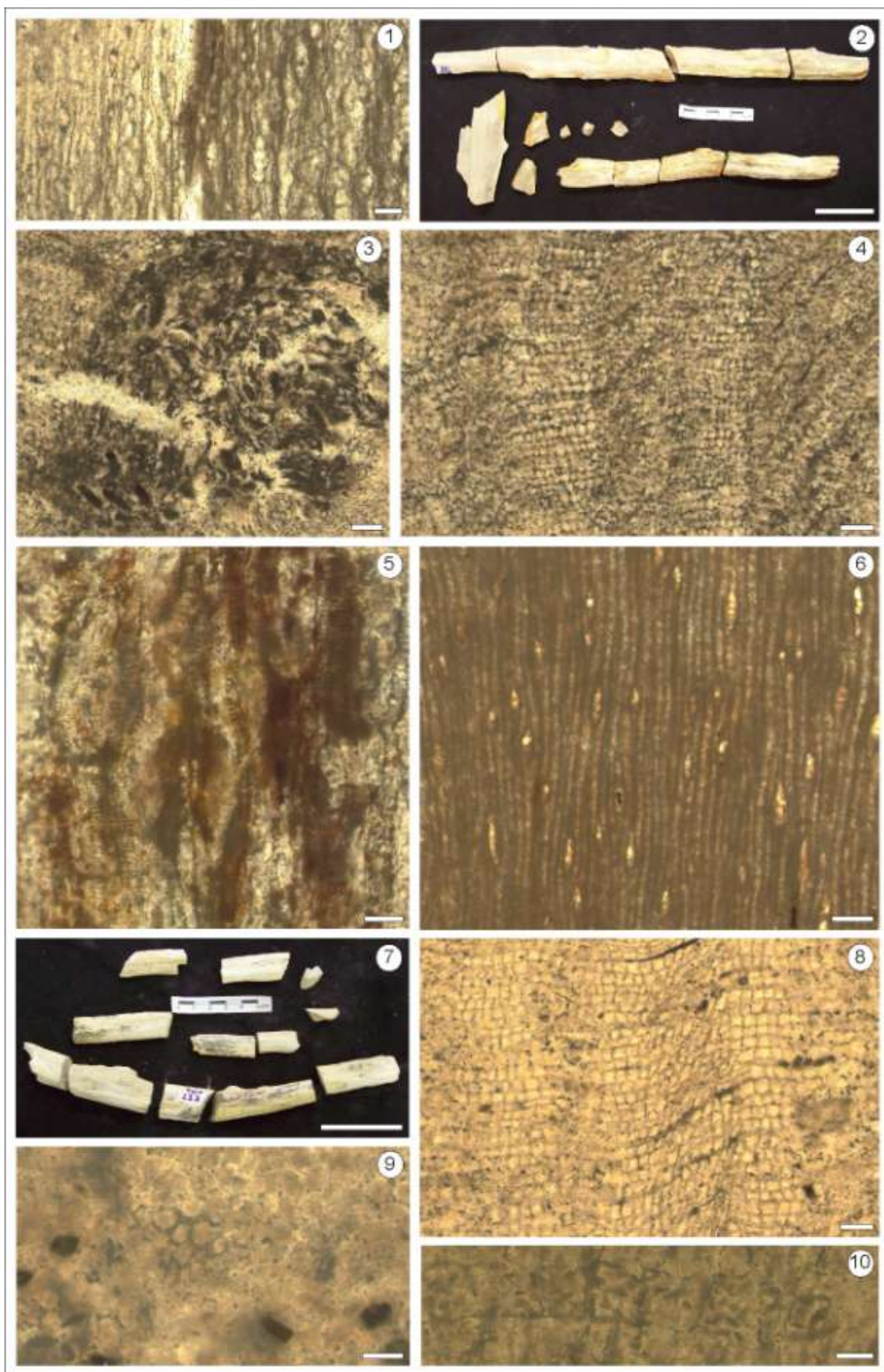
Figura 6 – TOF210. Raios lenhosos unisseriados e baixos. Escala = 100 μm .

Figura 7 – TOF222. Vista geral de todos os fragmentos que compõem a amostra. Escala = 5 cm.

Figura 8 – TOF222. Vista geral do xilema secundário em corte transversal, mostrando os falsos anéis de crescimento. Escala = 100 μm .

Figura 9 – TOF222. Xilema primário endárqueo em corte transversal. Escala = 50 μm .

Figura 10 – TOF222. Campos de cruzamento em vista radial, com 2 a 4 pontoações cada. Escala = 20 μm .



Estampa V

Figura 1 – TOF222. Pontoações das paredes radiais dos traqueídeos mal preservadas e em geral unisseriadas. Escala = 50 μm .

Figura 2 – TOF222. Raios lenhosos unisseriados e baixos. Escala = 50 μm .

Figura 3 – TOF265. Vista geral do xilema secundário com falsos anéis de crescimento. Escala = 100 μm .

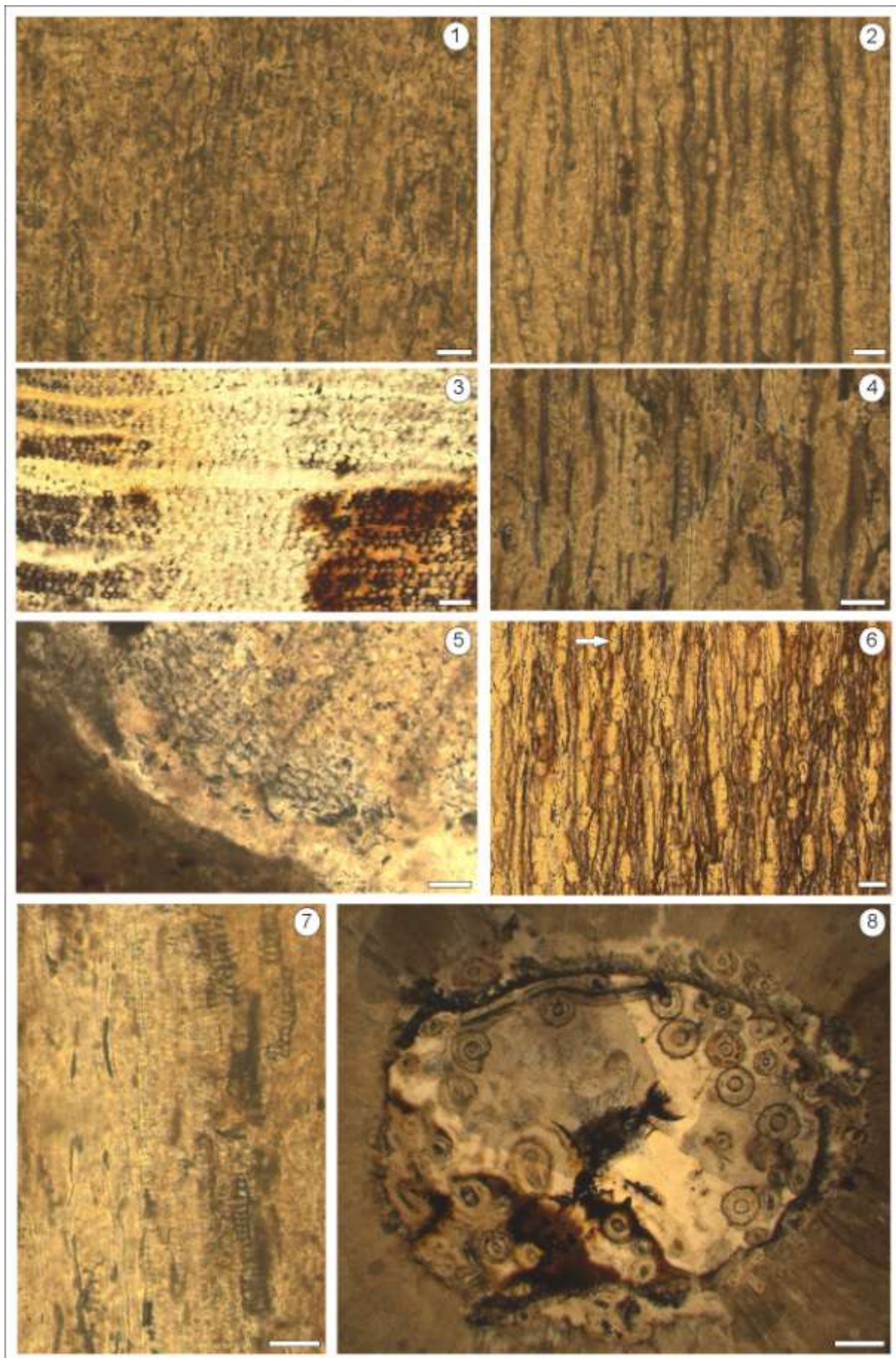
Figura 4 – TOF265. Pontoações unisseriadas das paredes radiais dos traqueídeos. Escala = 50 μm .

Figura 5 – TOF265. Xilema primário visto no corte transversal. Devido à preservação não é possível diferenciar o tipo. No lado esquerdo abaixo é possível ver o conteúdo escuro presente no espaço medular. Escala = 100 μm .

Figura 6 – TOF265. Raios lenhosos unisseriados e baixos, mal preservados. Resquícios de pontoações tangenciais na seta. Escala = 100 μm .

Figura 7 – TOF265. Espessamentos escalariformes do xilema primário vistos no corte radial. Escala = 50 μm .

Figura 8 – MP-Pb 4996. Vista geral do espaço medular, no corte transversal, ocupado por raízes. Escala = 1000 μm .



Estampa VI

Figura 1 – MP-Pb 4996. Detalhe de uma raiz em vista transversal, mostrando radículas (seta). Escala = 100 μm .

Figura 2 – MP-Pb 4996. Detalhe de uma terminação de uma raiz em vista radial. Escala = 100 μm .

Figura 3 – MP-Pb 4996. Resquícios de espessamentos dos elementos do xilema primário. Escala = 50 μm .

Figura 4 – MP-Pb 4996. Vista geral do espaço medular, no corte radial, ocupado por raízes. Escala = 1000 μm .

Figura 5 – MP-Pb 5001. Vista geral do lenho mostrando a estrutura em forma de arco. Escala = 5 cm.

Figura 6 – MP-Pb 5001. Vista transversal das fileiras de células ovais. Escala = 100 μm .

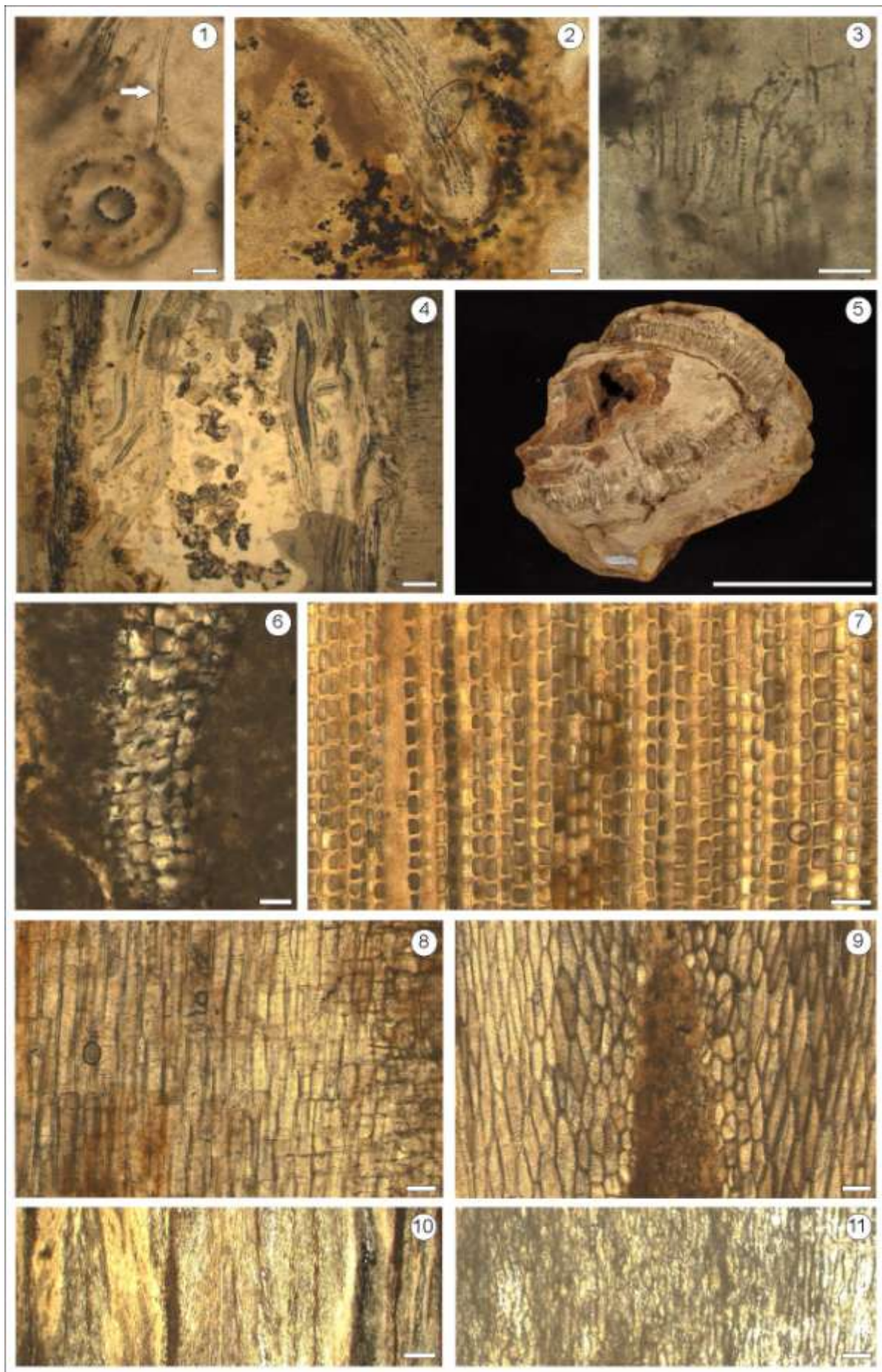
Figura 7 – MP-Pb 5001. Vista transversal das fileiras de células retangulares com paredes grossas. Escala = 100 μm .

Figura 8 – MP-Pb 5001. Vista radial das fileiras de células retangulares e curtas. Escala = 100 μm .

Figura 9 – MP-Pb 5001. Vista tangencial das células fusiformes. Escala = 100 μm .

Figura 10 – MP-Pb 5001. Vista geral do corte tangencial. Escala = 1000 μm .

Figura 11 – MP-Pb 5023. Vista geral dos traqueídeos do corte radial. Escala = 100 μm .



Estampa VII

Figura 1 – MP-Pb 5024. Vista geral do corte transversal mostrando os falsos anéis de crescimento. Escala = 1000 μm .

Figura 2 – MP-Pb 5024. Detalhe do centro da amostra em corte transversal. Escala = 100 μm .

Figura 3 – MP-Pb 5024. Vista geral do corte tangencial com raios unisseriados e baixos. Escala = 100 μm .

Figura 4 – MP-Pb 5025. Vista geral do xilema secundário em corte transversal mostrando dois anéis de crescimento. Escala = 100 μm .

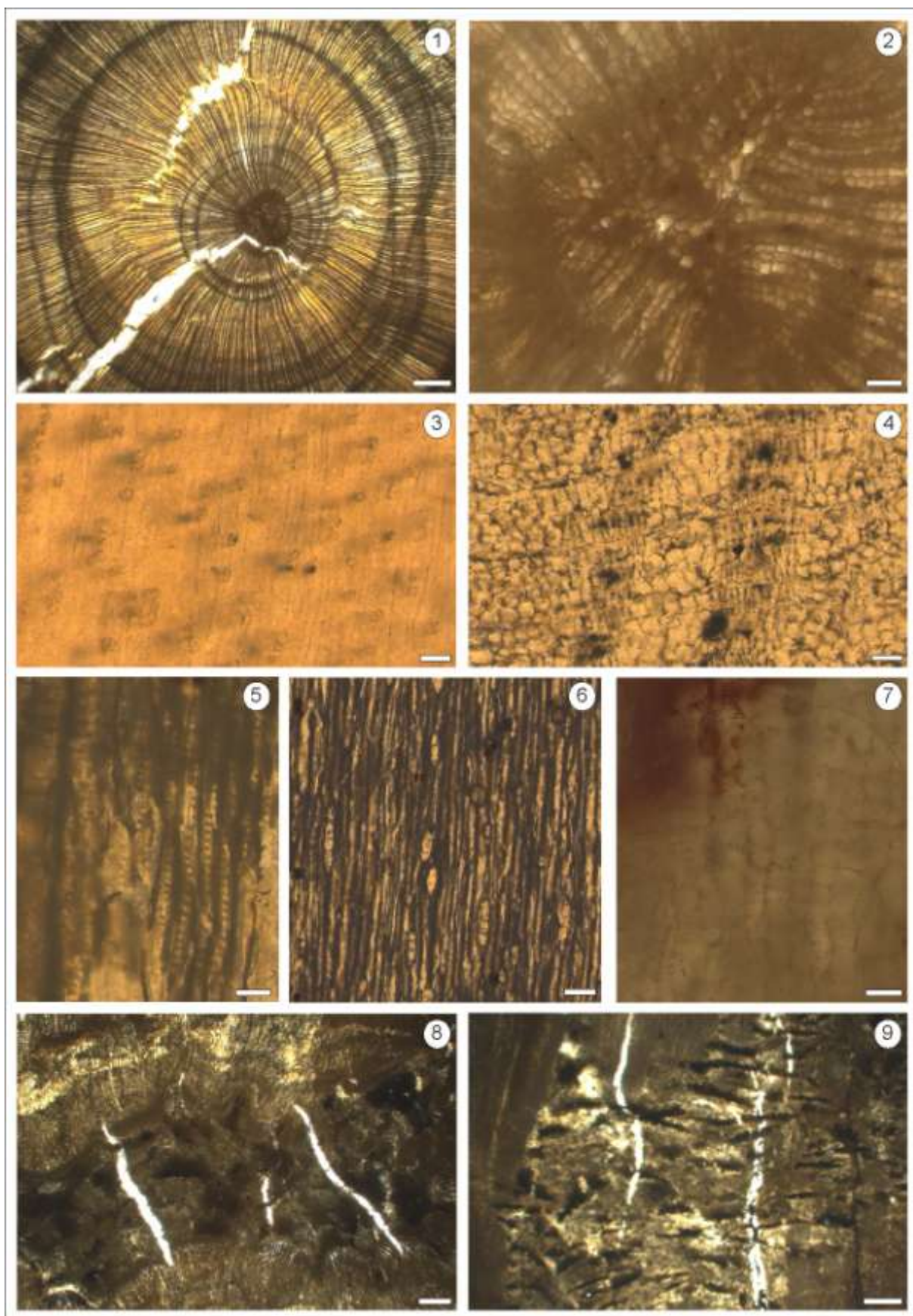
Figura 5 – MP-Pb 5025. Pontoações unisseriadas a bisseriadas nas paredes radiais dos traqueídeos. Escala = 50 μm .

Figura 6 – MP-Pb 5025. Vista geral do corte tangencial, mostrando raios lenhosos unisseriados e baixos. Escala = 50 μm .

Figura 7 – MP-Pb 5026. Resquícios de espessamentos dos elementos do xilema primário em vista radial. Escala = 50 μm .

Figura 8 – MP-Pb 5026. Vista geral do corte transversal, mostrando a medula. Escala = 1000 μm .

Figura 9 – MP-Pb 5026. Vista geral da medula no corte radial, mostrando os ninhos de esclereídeos. Escala = 1000 μm .



Estampa VIII

Figura 1 – MP-Pb 5026. Xilema primário endárqueo em vista transversal. Escala = 100 μm .

Figura 2 – MP-Pb 5026. Vista geral do corte tangencial mostrando os raios lenhosos unisseriados. Escala = 100 μm .

Figura 3 – MP-Pb 5027. Vista geral da medula no corte radial, com células de conteúdo escuro formando fileiras. Escala = 100 μm .

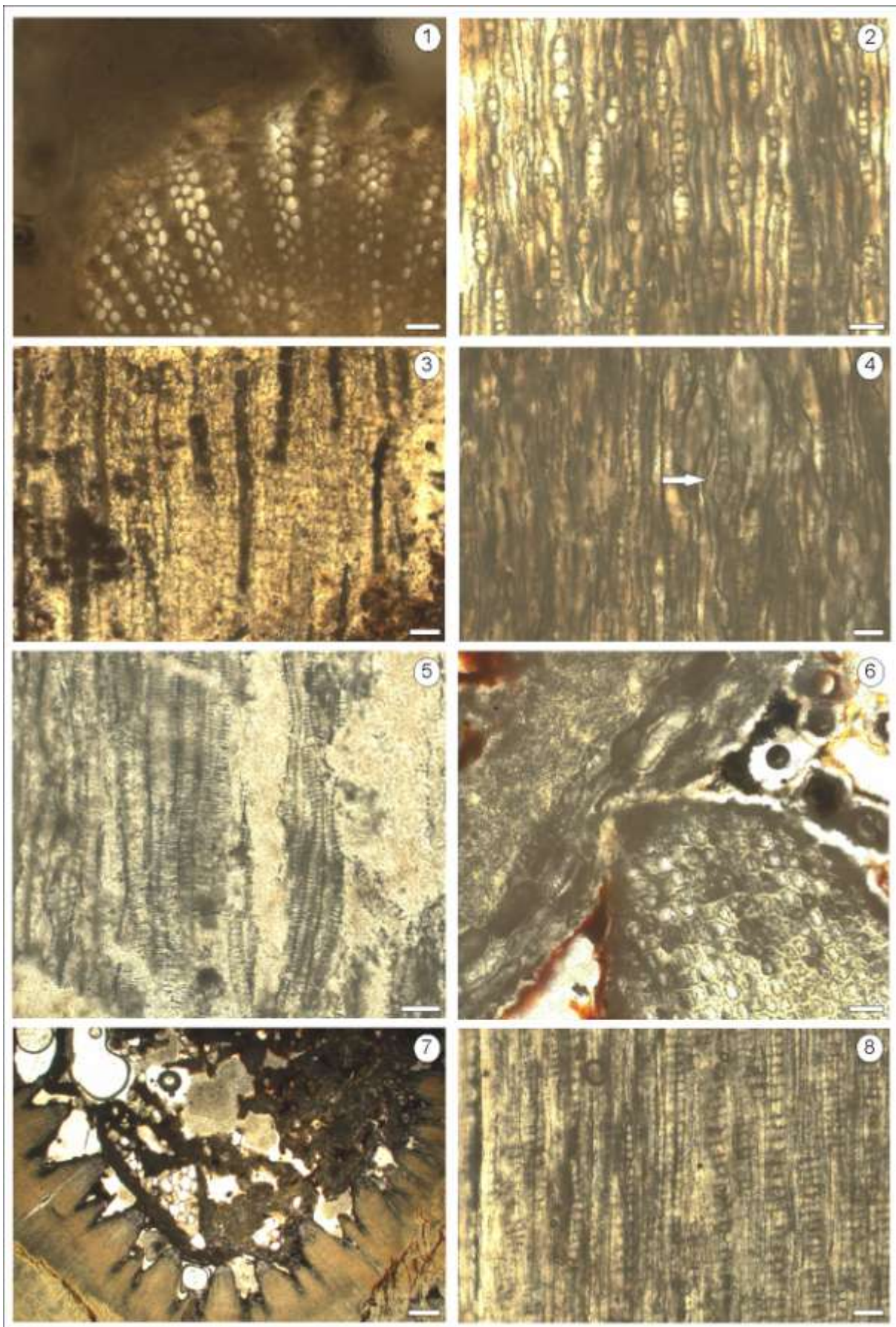
Figura 4 – MP-Pb 5027. Vista geral do corte tangencial mostrando raios lenhosos geralmente unisseriados e um parcialmente bisseriado (seta). Escala = 100 μm .

Figura 5 – MP-Pb 5027. Espessamentos escalariformes dos elementos do xilema primário no corte radial. Escala = 50 μm .

Figura 6 – MP-Pb 5028. Detalhe da fig. 7, mostrando algumas células preservadas da medula e uma cunha de xilema primário. Escala = 100 μm .

Figura 7 – MP-Pb 5028. Vista geral do corte transversal mostrando o espaço ocupado pela medula e as cunhas de xilema primário. Escala = 1000 μm .

Figura 8 – MP-Pb 5028. Vista geral do corte tangencial mostrando os raios lenhosos. Escala = 100 μm .



Estampa IX

Figura 1 – MP-Pb 5030. Vista geral da medula com ninhos de esclereídeos (seta). Escala = 100 μm .

Figura 2 – MP-Pb 5030. Vista geral do corte tangencial mostrando os raios lenhosos e as pontoações tangenciais (seta). Escala = 50 μm .

Figura 3 – MP-Pb 5031. Vista geral do xilema secundário no corte transversal. Escala = 100 μm .

Figura 4 – MP-Pb 5031. Vista geral do corte tangencial mostrando os raios lenhosos unisseriados. Escala = 100 μm .

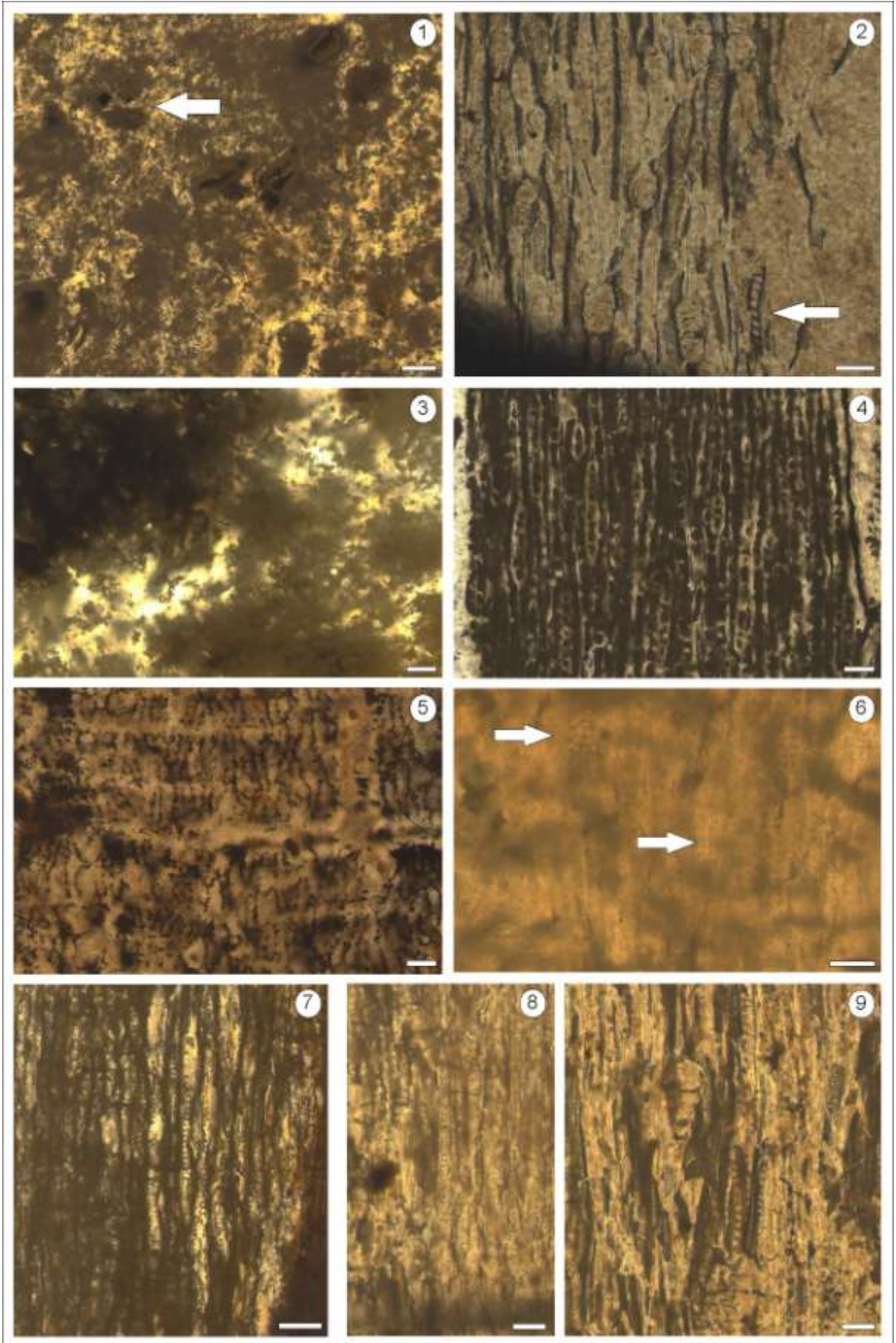
Figura 5 – MP-Pb 5033. Vista geral dos traqueídeos no corte transversal. Escala = 100 μm .

Figura 6 – MP-Pb 5033. Vista geral do corte radial mostrando pontoações unisseriadas (setas). Escala = 50 μm .

Figura 7 – MP-Pb 5036. Vista geral do corte radial mostrando pontoações unisseriadas. Escala = 100 μm .

Figura 8 – MP-Pb 5037. Vista geral do corte radial mostrando pontoações unisseriadas. Escala = 50 μm .

Figura 9 – MP-Pb 5037. Vista geral do corte tangencial mostrando raios lenhosos e pontoações tangenciais. Escala = 50 μm .



Estampa X

Figura 1 – MP-Pb 5037. Vista geral dos traqueídeos no corte transversal, mostrando falsos anéis de crescimento. Escala = 100 μm .

Figura 2 – MP-Pb 5039. Vista geral dos traqueídeos no corte transversal. Escala = 100 μm .

Figura 3 – MP-Pb 5040. Vista geral dos traqueídeos no corte radial. Escala = 100 μm .

Figura 4 – MP-Pb 5040. Vista geral dos traqueídeos no corte tangencial. Escala = 100 μm .

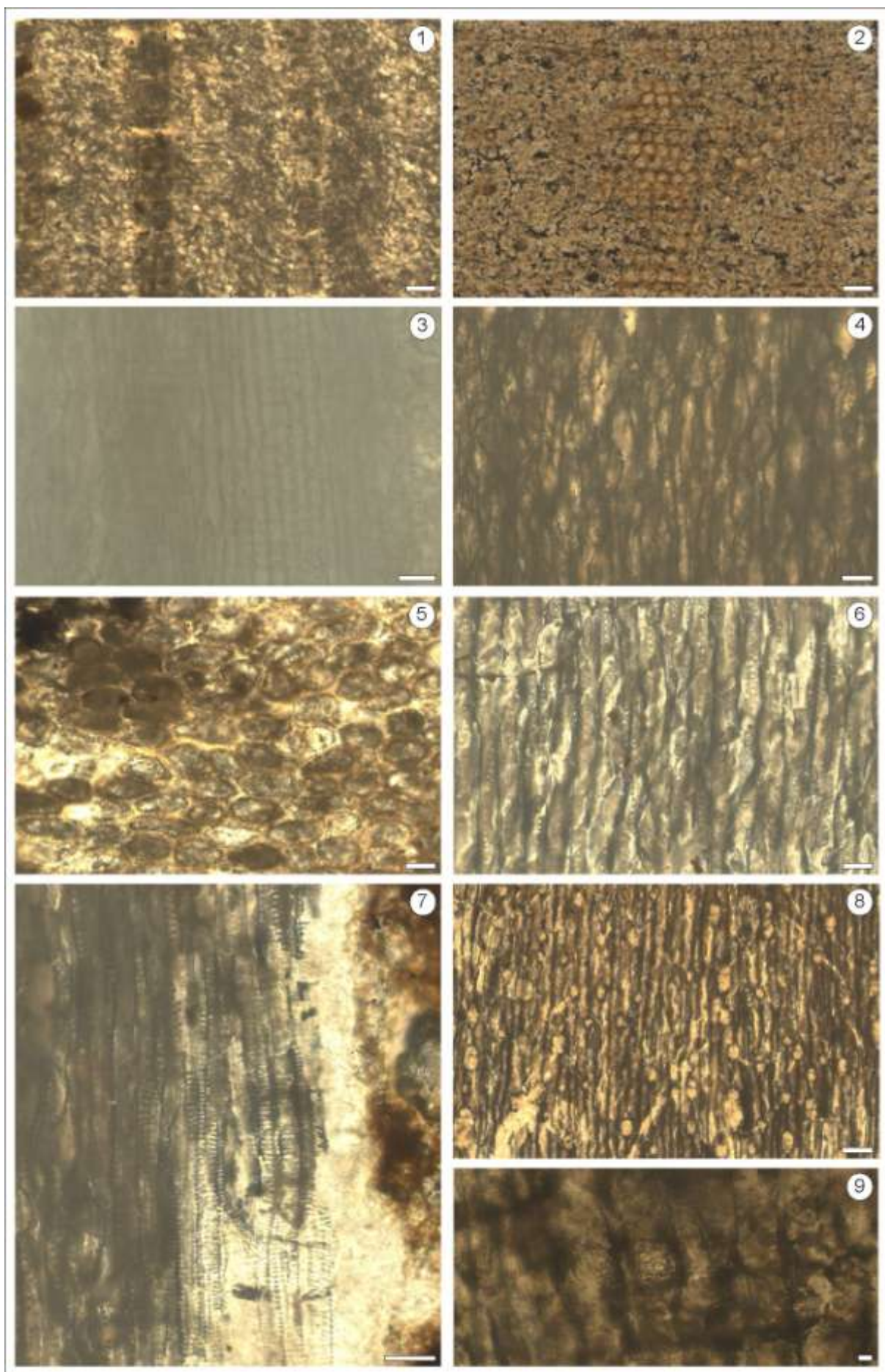
Figura 5 – MP-Pb 5041. Células da medula no corte transversal. Escala = 100 μm .

Figura 6 – MP-Pb 5041. Pontoações unisseriadas das paredes radiais dos traqueídeos. Escala = 50 μm .

Figura 7 – MP-Pb 5041. Elementos do xilema primário com espessamentos. Escala = 50 μm .

Figura 8 – MP-Pb 5041. Vista geral do corte tangencial, mostrando raios lenhosos unisseriados e baixos. Escala = 100 μm .

Figura 9 – MP-Pb 5041. Campo de cruzamento com duas pontoações preservadas. Escala = 10 μm .



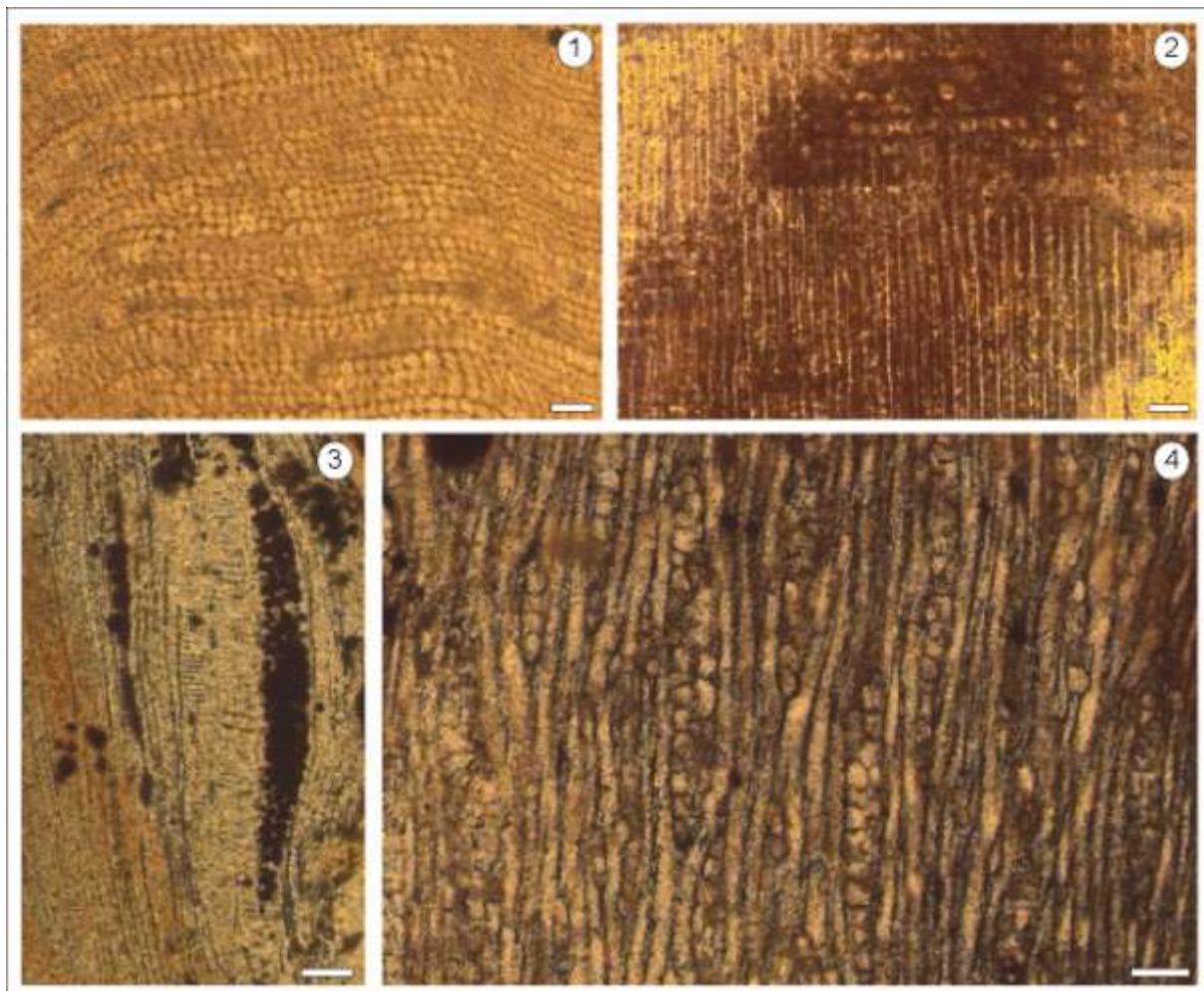
Estampa XI

Figura 1 – MP-Pb 5043. Vista geral do xilema secundário em corte transversal. Escala = 100 μm .

Figura 2 – MP-Pb 5043. Vista geral dos traqueídeos do xilema secundário em corte radial. Escala = 50 μm .

Figura 3 – MP-Pb 5043. Elementos do xilema primário com espessamentos no corte radial. Escala = 50 μm .

Figura 4 – MP-Pb 5043. Vista geral do corte tangencial, mostrando raios lenhosos unisseriados a bisseriados. Escala = 100 μm .



PARTE II

Corpo principal da tese

Manuscritos submetidos e aceitos em forma de artigos de revistas científicas

Capítulo 1

“NEW GYMNOSPERMOUS WOODS FROM THE PERMIAN OF THE PARNAÍBA
BASIN, NORTHEASTERN BRAZIL, PART I: *Ductoabietoxylon*, *Scleroabietoxylon*
and *Parnaiboxylon*”

Kurzawe F; Iannuzzi R, Merlotti S, Rößler R & Noll R. Review of Palaeobotany and
Palynology, submetido.

NEW GYMNOSPERMOUS WOODS FROM THE PERMIAN OF THE PARNAÍBA
BASIN, NORTHEASTERN BRAZIL, PART I: *Ductoabietoxylon*, *Scleroabietoxylon* and
Parnaiboxylon

Francine Kurzawe¹; Roberto Iannuzzi², Sheila Merlotti³, Ronny Rößler⁴ and Robert Noll⁵

¹Corresponding author. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa Postal 15.001, CEP 91.509-900, Porto Alegre, Brazil. E-mail: franly_k@hotmail.com. Phone number: +55 51 33087389; fax number +55 51 3308-7302

²Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa Postal 15.001, CEP 91.509-900, Porto Alegre, Brazil. E-mail: roberto.iannuzzi@ufrgs.br

³Departamento de Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Universitário, CEP 88.040-900, Florianópolis, Brazil. E-mail: sheilamerlotti@hotmail.com

⁴Museum für Naturkunde Chemnitz, Moritzstraße 20, D - 09111, Chemnitz, Germany. E-mail: roessler@naturkunde-chemnitz.de

⁵In den Birkengärten 30, D – 67311, Tiefenthal, Germany. E-mail: r.h.noll@t-online.de

ABSTRACT

The Permian permineralized flora of the Parnaíba Basin, NE Brazil, has been studied since 1872, when the first fern was described for this region. Since then, many fossil pteridophyte plants have been collected and studied; however, the gymnosperms are still little known. The present contribution focuses on the study of gymnospermous woods present in the Permian Motuca Formation deposits of this basin. The first part of this study presents three new taxa and a new form: *Ductoabietoxylon solis* gen. nov. et sp. nov., *Scleroabietoxylon chordas* gen. nov. et sp. nov., *Parnaiboxylon rohnae* gen. nov. et sp. nov. and *Parnaiboxylon* sp. The first two genera have an outstanding feature: the presence of abietoid rays, a rare and derived characteristic. The finding of these several new genera and species in the lowermost Motuca Formation reveals the richness and importance of this area in paleobotanical studies. The second part of this study presents five new taxa and a new form.

Keywords: permineralized woods, Permian, Parnaíba basin, *Ductoabietoxylon*, *Scleroabietoxylon*, *Parnaiboxylon*.

1. Introduction

The Permian permineralized xyloflora from the Parnaíba Basin of NE Brazil has been studied since the second part of the 19th century. In 1872, Brongniart studied and described the marattialean fern *Psaronius brasiliensis*, collected in the region of Oeiras-São Gonçalo do Amarante, southern Piauí state, which is the first permineralized fossil species erected from Brazil. In the early 20th century, Solms-Laubach (1904) analyzed other stems of *Psaronius* from the states of Maranhão and Piauí (*in Dolianiti*, 1948). Later, Pelourde (1912) studied specimens of *Psaronius* housed at the Museum of Natural History in Paris, also collected in Piauí, and proposed a new species for this genus, *P. arrojadoi*. During the 1930s, Oliveira (1934) reported for the first time other kinds of permineralized fossil plants, unidentified gymnospermous fossil woods found along with the species *P. solmsi* and *P. brasiliensis* in Permian sediments of Piauí.

After a long period with no studies on plant fossils from the Permian deposits of the Parnaíba Basin, Faria Jr and Truckenbrodt (1980a, b), while describing the geology of this basin, found stromatolites in the strata of the Pedra-de-Fogo Formation from Maranhão. Later, Mussa (*in Coimbra and Mussa*, 1984) erected three new species of permineralized fossil plants recovered between Araguaína (Tocantins state) and Carolina (Maranhão): *Amyelon bieloi* (a root), *Arthropitys cacundensis* (a calamitalean) and *Carolinapitys maranhensis* (a cordaitalean). In 1985, Herbst, studying some specimens of *Psaronius arrojadoi* from Maranhão, proposed an emendation of the diagnosis of this species. Subsequently, Mussa (*in Mussa and Coimbra*, 1987) described three more species of permineralized fossil stems, also from the Araguaína-Carolina region: *Araguainorachis simplíssima* (a pteridosperm),

Cycadoxylon brasiliense (a cycad) and *Cyclomedulloxylon parnaibense* (a solenoid gymnosperm). Two years later, Mussa (*in Caldas et al.*, 1989) proposed her last species from the Permian strata of this basin, based on a single specimen found in 1977 on the bank of the Poti River in Teresina, named *Teresinoxylon eusebioi* (a cycad). In 1992 and 1999, Herbst described two new species of tree ferns, *Tietea derbyi* from Carolina, and *Psaronius sinuosus* from Araguaina, respectively.

In the past decade, understanding of this Permian flora has been considerably extended. Iannuzzi and Scherer (2001) reported fossil plants preserved as impressions/compressions from the Pedra-de-Fogo Formation (*Cyclostigma brasiliensis sensu Dolianiti*, 1972, *Calamites* sp. and *Pecopteris* sp.), on the right bank of the Tocantins River at Cruzeiro in Tocantins state. Röβler and Galtier (2002a, b) described two new species of ferns, *Grammatopteris freitasii* (the first record of this genus in the Southern Hemisphere) and *Dernbachia brasiliensis* (a new genus), both from Filadélfia in Tocantins. Also, Röβler and Noll (2002) described six specimens of *Arthropitys* (calamitaleans) and seven gymnospermous woods (*Dadoxylon* sp.) from this region. Finally, in 2003, Röβler and Galtier proposed the new species of fern, *Botryopteris nollii* (the first species of this genus found in the Southern Hemisphere), also based on specimens from the Filadélfia area.

Summarizing, the Permian flora found in the Parnaíba Basin is dominated by permineralized rather than compressed/impressed material. Among the permineralized fossils, the gymnospermous woods are still little known (with only four elements described) compared with the fern remains described until now (Table 1). Therefore, this study focuses on the study of gymnospermous woods present in the Permian deposits from this basin to fill, in part, an existing lacuna in our knowledge of fossils of this plant group. In the first part of this study, three new genera, including four new species are proposed. The second part

presents five new species assigned to previously well-known genera, as well as a general discussion of this flora, taking into account the observations described herein.

2. Material and methods

The Parnaíba Basin is located in northeastern Brazil. It covers an area of 60,000 km² and includes the states of Bahia, Ceará, Piauí, Maranhão, Tocantins and Pará. The Permian deposits are represented by two formations, Pedra-de-Fogo and Motuca (Góes and Feijó, 1994, Caputo et al., 2005). Classically, the permineralized fossils were assigned to the Pedra-de-Fogo Formation (Lima and Leite, 1978, Petri and Fulfaro, 1983, Coimbra and Mussa, 1984, Mussa and Coimbra, 1987, Caldas et al., 1989, Goés and Feijó, 1994, Röbller and Galtier, 2002a, b, Röbller and Noll, 2002, Röbller and Galtier, 2003, Santos and Carvalho, 2004). On the other hand, Faria Jr & Truckenbrodt (1980a) and Caputo et al. (2005) considered that besides the Pedra-de-Fogo Formation, the woods also come from the Motuca Formation. However, Dias-Britto and Castro (2005) and Dias-Britto et al. (2007) considered the woods as belonging only to the base of the Motuca Formation. Recently, field projects extending through Tocantins, Maranhão and Piauí demonstrated that permineralized fossil-bearing beds exist in both the Pedra-de-Fogo and Motuca formations, depending on the region where one is searching (RI, pers. comm.).

The material studied herein was collected in northeastern Tocantins, from an area termed by Dernbach (1996) the “Northern Tocantins Petrified Forest” (NTPF). The abundant and well-preserved permineralized stems exposed in the NTPF reveal one of the most important records of the Permian petrified forests in the world (Dernbach, 1996; Dias-Brito et al., 2007). In this region, the Pedra-de-Fogo, Motuca and Sambaíba formations of the Balsas Group are outcropping (Figure 1) (Pinto & Sad, 1986). However, the permineralized fossil-

bearing deposits are attributed only to fluvial beds of the lowermost Motuca Formation (Pinto & Sad, 1986; Dias-Brito et al., 2007).

The Motuca Formation was generated through a fluvial regime of intermittent streams, showing eolian sand dunes and *sabkhas* deposits upwards. The climate was arid to semi-arid (Faria Jr, 1984, Goés and Feijó, 1994, Santos and Carvalho, 2004). Mesner and Wooldridge (1964) also noted the influence of an inland sea, more expressive in the base of the formation. The Motuca Formation was considered Late Permian by Mesner and Wooldridge (1964), Faria Jr and Truckenbrodt (1980) and Goés and Feijó (1994). On the other hand, Petri and Fulfaro (1983) gave the age as Middle Permian, comparing it with the Nova Olinda Formation of the Amazonas Basin. However, reliable stratigraphic facts lack until now.

The fossil woods listed under the prefix TOF belong to the Universidade Estadual Paulista – Campus Rio Claro (UNESP-Rio Claro), Brazil, and under the prefix K belong to the Museum für Naturkunde Chemnitz collection, Germany. From all them, slides of cross, radial longitudinal and tangential longitudinal sections were made, according to Merlotti and Rosa (2002). The thin sections of TOF material were prepared at the Laboratório de Laminação, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) and Laboratório de Laminação, UNESP, while the specimens stored in Germany were prepared at the Museum für Naturkunde Chemnitz. The anatomy of the sections was studied based on Richter et al. (2004) and Merlotti (2011). Between 50 and 100 measurements were made of the tracheids, pits, and ray cells. The photomicrographs were taken with the Kodak C713, Nikon Eclipse ME600 and Zeiss Axio Imager M2m.

3. Systematic results

Division: Gymnospermopsida

DUCTOABIETOXYLON Kurzawe and Merlotti, gen. nov.

Type-species: *Ductoabietoxylon solis* Kurzawe, Merlotti, Rößler and Iannuzzi, sp. nov.

Generic diagnosis: Pith large, solid and heterocellular, with ducts and secretory cells. Primary xylem endarch. Secondary xylem homoxyllic, without growth rings. Araucarioid radial pitting. Abietoid xylem rays, uniseriate to partly biseriate, high. Araucarioid cross-fields.

Etymology: From the Latin prefix, *ductus*, meaning “the act of leading”, and “abieto” after the abietoid rays, in reference to the combination of these two features in this wood.

Discussion: Same as type species.

Ductoabietoxylon solis Kurzawe, Merlotti, Rößler and Iannuzzi, sp. nov.

Holotype: K5503a, slides K5503aTS, K5503aRLS [2 slides], K5503aTLS [2 slides] (Plate I, 1-10).

Repository: Museum für Naturkunde Chemnitz, Chemnitz, Germany.

Type locality: Northeastern Tocantins state, Brazil.

Stratigraphic horizon and age: Lower Motuca Formation, Permian.

Etymology: From Latin *solis*, meaning “of the sun”, in reference to the outline of the pith.

Diagnosis: Pith large (\varnothing 1.3 – 1.9 cm), solid and heterocellular, with ducts and secretory cells. Primary xylem endarch. Secondary xylem homoxyllic, without growth rings. Araucarioid radial pitting, uniseriate to triseriate. Xylem rays pitted, uniseriate to partly biseriate, high (1 to 37 cells high). Araucarioid cross-fields showing up to 5 large and unordered pits.

Description: Macroscopic view: the sample is 2 cm long, with a major diameter of 12.8 cm and a minor diameter of 7.4 cm. It is white to gray, with a sandstone cap; there are projections from the pith to the periphery of the wood, appearing as a “sun” (Plate I, 1). The secondary wood appears to have growth rings. Microscopic view: pith large (\varnothing 1.3 – 1.9 cm), stellar and heterocellular, with small ducts and secretory cells (Plate I, 2-4). The ducts are in the periphery and the secretory cells are scattered among the parenchyma cells (Plate I, 3, 4). The pith has some projections inside the secondary xylem; these projections are simple or with

forked ends, related to leaf traces (Plate I, 2). Parenchyma cells circular to oval in cross-section; mean radial diameter = 84.6 μm (minor diameter = 40 μm and major diameter = 120 μm); mean tangential diameter = 97.2 μm (minor diameter = 40 μm and major diameter = 140 μm). Parenchyma cells rectangular in radial section, often forming rows; mean radial diameter = 93.8 μm (minor diameter = 40 μm and major diameter = 150 μm); mean tangential diameter = 58.8 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 110 μm). Circular to oval secretory cells scattered among parenchyma cells in cross-section, with light to dark brown contents and black dots scattered inside the cells; mean radial diameter = 96.6 μm (minor diameter = 70 μm and major diameter = 120 μm); mean tangential diameter = 109 μm (minor diameter = 70 μm and major diameter = 140 μm). Rectangular secretory cells scattered among parenchyma cells in radial sections; mean radial diameter = 83.4 μm (minor diameter = 60 μm and major diameter = 150 μm); mean tangential diameter = 48.4 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 90 μm). Ducts circular in cross-section, sometimes with dark content; mean radial diameter = 85.8 μm (minor diameter = 60 μm and major diameter = 150 μm); mean tangential diameter = 103.6 μm (minor diameter = 70 μm and major diameter = 160 μm). The endings of the tracheids in the radial section are pointed and sometimes overlapping. Primary xylem endarch; it is only possible to see scalariform thickening due to the poor state of preservation (Plate I, 5, 6). Secondary xylem homoxyllic, without growth rings (Plate I, 7). Tracheids quadrangular to rectangular; mean radial diameter = 37.4 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 57.5 μm); mean tangential diameter = 31.6 μm (minor diameter = 10 μm and major diameter = 52.5 μm) in cross-section. Araucarioid radial pitting, uniseriate to triseriate (mean at 2s, contiguous, hexagonal and alternate); uniseriate pits slightly flattened and contiguous; biseriate pits contiguous, hexagonal and alternate; triseriate pits contiguous, hexagonal and alternate (Plate I, 8). The pits cover the entire wall of the tracheids, and change in seriation occurs within the same tracheid. Xylem rays of abietoid type, uniseriate to partly

biseriate, 1 to 37 (averaging 2-8) cells high (Plate I, 7, 9). Araucarioid cross-fields showing up to 5 large and unordered pits (Plate I, 10). The cross-field parenchyma cells walls are thick. There are three branch traces in tangential view; the traces are in the same line, but the distances among them are variable.

Discussion: The few genera with ducts in the pith include *Corticoxylon* Merlotti, 1989; *Ductosolenoxylon* Merlotti, 2002; *Europoxylon* Vogellehner, 1965; *Megaporoxyton* Kräusel emend. Maheshwari, 1972; *Scleroabietoxylon* Kurzawe and Merlotti *gen. nov.*; *Taeniopitys* Kräusel, 1962 and *Trigonomyelon* Walton emend. Maheshwari, 1972. *Corticoxylon*, from the Permian of Brazil, has a discoid pith, whereas our wood has a solid pith. *Ductosolenoxylon*, from the Permian of Brazil, has canals in the pith, and the wood studied here has only ducts. *Europoxylon*, from the Carboniferous and Triassic of Europe, is very similar to the wood studied here concerning the pith, but it has sclereids and lacks the abietoid rays. Maheshwari emended the genus *Megaporoxyton* Kräusel, 1956, from the Permian of Namibia, citing the secretory cells in the pith, the centrifugal secondary xylem, the endarch primary xylem, the multiseriated pitting on the radial walls of the tracheids, and the large pits in the cross-fields. However, Maheshwari did not cite the ducts in the pith described by Kräusel (1956): “Mark ± rundlich, bis 3 cm weit, seine Zellen dick wandig, von wechselnder Gestalt, im Aufriß oft viereckig, unregelmäßig Längsreihen bildend, das wischen weitere, rundliche, ± kurze, durch Verschmelzung solcher Zellen entstandene, senkrechte Gänge.” (pp. 422-423). This genus with secretory cells and ducts in the pith is very close to our sample, but lacks the pitted rays in *Megaporoxyton*, an important characteristic. *Scleroabietoxylon* differs from the wood studied here by having sclereids in the pith. *Trigonomyelon*, from the Permian of Brazil, and *Taeniopitys*, from the Permian of Antarctica, are the closest genera, with secretory cells and ducts in the pith, araucarioid pitting on the radial walls of the tracheids, and cross-fields with many small pits. However, they differ in lacking pitted rays, and in addition the former has

lobed pith and the latter has mesarch primary xylem. Only a few genera also have pitted rays: *Abietopitys* Kräusel emend Merlotti 2009; *Lhassoxylon* Vozenin-Serra & Pons, 1990; *Palaeoginkgoxylon* Feng et al., 2010 and *Paracupressinoxylon* Holden, 1913. *Abietopitys*, from the Permian of Namibia, *Palaeoginkgoxylon*, from the Permian of China, and *Paracupressinoxylon*, from the Jurassic of England have homocellular pith, while our wood has secretory cells and ducts in the pith. *Lhassoxylon*, from the Cretaceous of Tibet, has pith with canals, whereas our wood has only ducts in the pith, not canals. Because no genus combines the characters of pith with secretory cells and ducts and pitted rays, the creation of a new genus *Ductoabietoxylon*, with the type species *D. solis*, is proposed.

SCLEROABIETOXYLON Kurzawe and Merlotti gen. nov.

Type-species: *Scleroabietoxylon chordas* Kurzawe, Merlotti, Rößler and Iannuzzi, sp. nov.

Generic Diagnosis: Pith medium- to large-sized, solid and heterocellular, with sclereids.

Primary xylem endarch. Secondary xylem homoxylic, with growth rings. Araucarioid radial pitting. Abietoid xylem rays, uniseriate to partly biseriate, high. Araucarioid cross-fields.

Etymology: The prefix ‘sclero’ refers to sclereids and the term ‘abieto’ refers to abietoid rays, in reference to the combination of these two features in this wood.

Discussion: Same as for the type species.

Scleroabietoxylon chordas Kurzawe, Merlotti, Rößler and Iannuzzi, sp. nov.

Holotype: K5869, slides (2)TS, (2)RLS, (2)TLS, (4)TS, (4)RLS [2 slides], (4)TLS (Plate II, 1-9).

Repository: Museum für Naturkunde Chemnitz, Chemnitz, Germany.

Type locality: Northeastern Tocantins state, Brazil.

Stratigraphic horizon and age: Lower Motuca Formation, Permian.

Etymology: From Latin, *chordas*, meaning “strings”, in reference to the strings of sclereids in the pith.

Diagnosis: Pith medium- to large-sized (\varnothing 0.8 – 1 cm), solid and heterocellular, with sclereids.

Inner parenchyma cells larger, surrounded by a sheath of long narrow parenchyma cells.

Between the sheath and the primary xylem are some isolated sclereids. Primary xylem endarch. Secondary xylem homoxyllic, with growth rings. Araucarioid radial pitting, uniseriate to biseriate, rarely triseriate. Xylem rays pitted, uniseriate to partly biseriate, high (1 to 28 cells high). Araucarioid cross-fields showing up to 5 large and unordered pits.

Description: Macroscopic view: the sample is 2.8 cm long, with a major diameter of 6.2 cm and a minor diameter of 5 cm. It is white, yellow and brown; the center of the pith is full of shiny black crystals, and appears to have growth rings. Microscopic view: pith medium- to large-sized (\varnothing 0.8 – 1 cm), stellar, solid and heterocellular, with sclereids (Plate II, 1-4). Inner parenchyma cells larger, surrounded by a sheath of long narrow parenchyma cells. Some sclereids are present between the sheath and the primary xylem (Plate II, 2). Inner large parenchyma cells circular to oval in cross section; mean radial diameter = 130.2 μm (minor diameter = 50 μm and major diameter = 200 μm); mean tangential diameter = 132.6 μm (minor diameter = 50 μm and major diameter = 230 μm). Inner large parenchyma cells quadrangular to rectangular in radial section, often forming rows; mean radial diameter = 127.8 μm (minor diameter = 50 μm and major diameter = 200 μm); mean tangential diameter = 119.4 μm (minor diameter = 40 μm and major diameter = 200 μm). Outer rectangular parenchyma cells forming a sheath in cross-section; mean radial diameter = 34.8 μm (minor diameter = 15 μm and major diameter = 50 μm); mean tangential diameter = 110.7 μm (minor diameter = 55 μm and major diameter = 165 μm). Outer parenchyma cells long and narrow, but generally twisted, in radial section, and forming rows; mean radial diameter = 39 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 65 μm); mean tangential diameter = 113 μm

(minor diameter = 60 μm and major diameter = 175 μm). Sclereids circular in cross section; mean radial diameter = 79.6 μm (minor diameter = 40 μm and major diameter = 160 μm); mean tangential diameter = 78.8 μm (minor diameter = 55 μm and major diameter = 120 μm). Sclereids forming strings in radial section (Plate II, 3); mean radial diameter = 51.7 μm (minor diameter = 40 μm and major diameter = 70 μm); mean tangential diameter = 58.6 μm (minor diameter = 40 μm and major diameter = 80 μm). Primary xylem endarch; it is possible to see only scalariform thickening because of the poor state of preservation; a few pitted tracheids are visible (Plate II, 2-3). Secondary xylem homoxylic, with growth rings (Plate II, 5). Tracheids quadrangular to rectangular; mean radial diameter = 34.8 μm (minor diameter = 25 μm and major diameter = 50 μm); mean tangential diameter = 29.7 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 50 μm) in cross-section. Spring wood with more than 100 cells, late wood with no more than 3 cells. The late wood cells are only slightly smaller. Araucarioid radial pitting, uniseriate to biseriate, rarely triseriate (average 2s, contiguous, slightly flattened and alternate); uniseriate pits slightly flattened and contiguous; biseriate pits contiguous, slightly flattened and alternate; triseriate pits contiguous, slightly flattened and alternate (Plate II, 7). Xylem rays of abietoid type, pitted on all walls, uniseriate to partly biseriate, 1 to 28 (averaging 1-2) cells high (Plate II, 6, 8). Araucarioid cross-fields showing up to 5 large and unordered pits (Plate II, 9).

Discussion: The few genera with pitted rays and preserved pith include *Abietopitys* Kräusel emend. Merlotti, 2009; *Ductoabietoxylon* Kurzawe and Merlotti gen. nov.; *Lhassoxylon* Vozenin-Serra & Pons, 1990; *Palaeoginkgoxylon* Feng et al., 2010 and *Paracupressinoxylon* Holden, 1913. *Abietopitys*, from the Permian of Namibia, *Palaeoginkgoxylon*, from the Permian of China, and *Paracupressinoxylon*, from the Jurassic of England, have parenchymatic pith, whereas our wood has sclereids in the pith. *Ductoabietoxylon* has ducts and secretory cells in the pith, whereas the wood under study has no secretory tissues in the

pith. *Lhassoxylon*, from the Cretaceous of Tibet, has solenoid pith, and the wood under study has no canals in the pith. On the other hand, many genera have sclereids in the pith: *Atlanticoxylon* Mussa, 1986a; *Austroscleromedulloxylon* Mussa, 1986b; *Barakaroxylon* Surange & Maithy emend. Kulkarni et al., 1969; *Brasilestiloxylon* Mussa, 1978; *Carolinapitys* Mussa, 1984 (in Coimbra & Mussa, 1984); *Catarinapitys* Mussa, 1986a; *Eristophyton* Zalessky, 1911; *Europoxylon* Vogellehner, 1965; *Herbstiloxylon* Gnaedinger, 2007; *Idioxylon* Crisafulli, 1995; *Kaokoxylon* Kräusel, 1956; *Medullopitys* Kräusel, 1928; *Mesopityoxylon* Aassoumi & Vozenin-Serra, 1996; *Mussaeoxylon* Merlotti, 1998; *Parataxopitys* Maniero, 1951 (in Kräusel & Dolianiti, 1958); *Paulistoxylon* Mussa, 1986b; *Petalopitys* Mussa, 1986a; *Piracicaboxylon* Mussa, 1986b; *Scleromedulloxylon* Doubinger & Marguerier, 1975; *Sclerospiroxylon* Prasad, 1982; *Septomedulloxylon* Merlotti, 2002; *Shenoxylon* Feng et al., 2011; *Solenobrasilioxylon* Mussa emend. Mussa, 1986a; *Sommerxylon* Pires & Guerra-Sommer, 2004 and *Stiloxylon* Crisafulli, 1998. *Atlanticoxylon*, *Catarinapitys*, *Petalopitys* and *Solenobrasilioxylon*, from the Permian of Brazil, *Barakaroxylon*, from the Permian of India, *Idioxylon*, from the Permian of Uruguay, and *Mesopityoxylon*, from the Permian of Morocco, have solenoid pith, differing from our wood, which has no canals in the pith. *Austroscleromedulloxylon*, *Paulistoxylon*, *Piracicaboxylon* and *Septomedulloxylon*, from the Permian of Brazil, *Carolinapitys*, from the Motuca Formation, *Scleromedulloxylon*, from the Permian of France, and *Sommerxylon*, from the Triassic of Brazil, have septate pith, whereas the wood studied here has solid pith. *Brasilestiloxylon*, from the Permian of Brazil, has sclereids forming strings in radial section, similarly to our wood, but the pith is serrated and the primary xylem is endarch and mesarch. *Eristophyton*, from the Carboniferous of Germany, has sclereids forming nests in the pith. *Medullopitys*, from the Permian of Namibia, has nests of sclereids intercalated among the parenchyma cells of the pith. *Mussaeoxylon*, from the Permian of Brazil, has sclereids among

the parenchyma cells of the pith, without forming groups or strings. *Shenoxylon*, from the Permian of China, has sclereid tissue in the pith and axial parenchyma. Our wood has sclereids forming strings in radial section. *Europoxylon*, from the Carboniferous and Triassic of Europe, in addition to the sclereids, has secretory cells and ducts in the pith. *Herbstiloxylon*, from the Jurassic of Argentina, *Parataxopitys*, from the Permian of Brazil, *Sclerospiroxylon*, from the Permian of India, and *Stiloxylon*, from the Permian of Uruguay, have spiral thickenings on the radial walls of the tracheids, whereas the wood studied here has only bordered pits on the radial walls. *Kaokoxylon*, from the Permian of Namibia, is the wood most similar to ours, with sclereids forming strings, but lacks one very important character, the abietoid xylem rays. No presently defined genus has the characteristics of pith with strings of sclereids and abietoid xylem rays, and therefore a new genus and a new species are proposed: *Scleroabietoxylon chordas*.

PARNAIBOXYLON Kurzawe and Merlotti, gen. nov.

Type-species: Parnaiboxylon rohnae Kurzawe Merlotti and Iannuzzi, sp. nov.

Generic diagnosis: Medium to large pith, with peripheral resiniferous canals and ducts and homocellular or heterocellular, with secretory cells. Primary xylem endarch to mesarch.

Secondary xylem homoxyllic, with false growth rings. Araucarioid radial pitting. Xylem rays homogeneous, predominantly uniseriate, rarely partially biseriate, medium. Araucarioid cross-fields.

Etymology: This genus is named after Parnaíba Basin, the sedimentary basin from which the material was first found, in 2000.

Discussion: Same as for the type species.

Parnaiboxylon rohnae Kurzawe, Merlotti and Iannuzzi, sp. nov.

Holotype: TOF 221 (3 pieces), slides TOF221R, TOF221TA and TOF221TR (Plate III, 1-10).

Repository: Museu de Paleontologia e Estratigrafia Professor Dr. Paulo Milton Barbosa Landim, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP – Campus de Rio Claro, São Paulo, Brazil.

Type locality: Buritirana Farm, Filadélfia, northeastern Tocantins state, Brazil.

Stratigraphic horizon and age: Lower Motuca Formation, Permian.

Etymology: This species is named in honor of Dr. Rosemarie Rohn from UNESP-Rio Claro, Brazil. In 2006 she collected this material during a field trip to Tocantins. Dr. Rohn is a brilliant paleobotanist, who for several years has been successfully involved in research on Permian fossil floras.

Diagnosis: Medium to large pith, with peripheral resiniferous canals and ducts and homocellular, with cells with dark content. Primary xylem endarch to mesarch. Secondary xylem homoxyllic, with false growth rings. Araucarioid radial pitting, uniseriate to pluriseriate and in groups. Xylem rays homogeneous, predominantly uniseriate, rarely partially biseriate, medium (1 to 9 cells high). Cross-fields showing 1 to 9 unordered pits.

Description: Macroscopic view: the sample is composed of 3 pieces: A – 6.86 cm long, major diameter = 2.31 cm and minor diameter = 1.69 cm, white and light brown, with three branch traces on the same level. B – 7.24 cm long, major diameter = 2.57 cm and minor diameter = 1.8 cm, white and light brown, with three branch traces on the same level. C – 7.35 cm long, major diameter = 5.4 cm and minor diameter = 4.76 cm, white, appears to have growth rings, some cracks, probably due to weathering, with three branch leaves on the same level, one of them with a piece of a branch (Plate III, 10). Microscopic view of C: medium to large pith (\varnothing 0.84 – 1.6 cm), flattened, rectangular in outline, solenoid with 12 longitudinal peripheral resiniferous canals and ducts and homocellular, with cells with dark content (Plate III, 1-2, 4). The canals are delimited by a layer of cells with dark content (Plate III, 2). Canals flattened in

cross-section, mean minor diameter = 0.47 mm (minor diameter = 0.31 mm and major diameter = 0.69 mm), mean major diameter = 0.99 mm (minor diameter = 0.84 mm and major diameter = 1.22 mm). Parenchyma cells square to oval in cross-section, mean radial diameter = 53.75 μm (minor diameter = 40 μm and major diameter = 70 μm), mean tangential diameter = 72.5 μm (minor diameter = 60 μm and major diameter = 100 μm). Parenchyma cells circular to oval in radial section, mean radial diameter = 43.23 μm (minor diameter = 25 μm and major diameter = 95 μm), mean tangential diameter = 62.06 μm (minor diameter = 30 μm and major diameter = 130 μm). Primary xylem endarch to mesarch, with annular to scalariform thickening (Plate III, 3, 6). At some places the pith appears to be in direct contact with the secondary xylem. Secondary xylem homoxylic, with false growth rings (Plate III, 5). Tracheids square to rectangular, but rather twisted, no longer possessing the original size or outline, mean radial diameter = 70.7 μm (minor diameter = 35 μm and major diameter = 135 μm), mean tangential diameter = 49.8 μm (minor diameter = 25 μm and major diameter = 75 μm) in cross-section. Araucarioid radial pitting, uniseriate to tetraseriate (average 3s, contiguous, circular, alternate) and in groups, uniseriate pits slightly flattened and contiguous, biseriate pits contiguous, slightly flattened and alternate, triseriate and tetraseriate pits contiguous, circular and alternate (Plate III, 8). Xylem rays homogeneous, predominantly uniseriate, rarely partially biseriate, 1 to 9 (averaging 1-3) cells high (Plate III, 7). Cross-fields showing 1 to 9 (average 4-7) ordered pits (Plate III, 9).

Discussion: Among the woods included in the solenoid group comparable with the sample studied here, are *Atlanticoxylon* Mussa, 1986a; *Barakaroxylon* Surange and Maithy emend. Kulkarni et al., 1969; *Catarinapityis* Mussa, 1986a; *Ductosolenoxylon* Merlotti, 2002; *Idioxylon* Crisafulli, 1995; *Mesopityoxylon* Aassoumi and Vozenin-Serra, 1996; *Metacordaites* Renault, 1896; *Petalopityis* Mussa, 1986a; *Polysolenoxylon* Kräusel and Dolianiti, 1958; *Septomedullopityis* Lepekhina, 1969 (*in* Lepekhina, 1972);

Solenobrasilioxylon Mussa emend. Mussa, 1986a; *Solenopitys* Kräusel and Dolianiti, 1958 and *Solenoxylon* Kräusel, 1956. The genera *Atlanticoxylon*, *Petalopitys*, *Polysolenoxylon*, *Solenobrasilioxylon*, all from the Permian of Brazil, *Septomedullopitys*, from the Permian of Russia, and *Solenoxylon*, from the Permian of Namibia, have septate pith, thus differentiating them from the sample studied, which has solid pith. *Barakaroxylon*, from the Permian of India, and *Catarinapitys*, from the Permian of Brazil, have a central canal that sends horizontal branches to the peripheral canals; the sample studied has only peripheral canals. *Idioxylon*, from the Permian of Uruguay, has only one peripheral canal at the pith, and this contains secretory and parenchyma cells, sclerenchyma and idioblasts; and *Mesopityoxylon*, from the Permian of Morocco, has strings of primary xylem crossing the pith, resiniferous cells and sclerenchyma nests, these last crossed by canals. Therefore, these two genera have a very different wood plan than our sample. *Solenopitys*, from the Permian of Brazil, and *Metacordaites*, from the Carboniferous of France, have solid pith with parenchyma and secretory cells and peripheral canals, but both lack the ducts. *Ductosolenoxylon*, from the Permian of Brazil, is the closest genus to the wood under study, in having secretory ducts and peripheral canals; however, *Ductosolenoxylon* also has a central canal, which differs from our wood. Thus, a new genus is proposed, to accommodate solenoid woods with peripheral canals and ducts: *Parnaiboxylon*, with the species *P. rohnae*.

***Parnaiboxylon* sp. 1**

Material: K4862a, b, c and d, slides K4862dRLS, K4862dTS and K4862dTLS (Plate IV, 1-7).

Repository: Museum für Naturkunde Chemnitz, Chemnitz, Germany.

Type locality: Northeastern Tocantins, Brazil.

Stratigraphic horizon and age: Lower Motuca Formation, Permian.

Description: Macroscopic view: the sample is composed of 4 pieces: A – 1.7 cm long, major diameter = 9.4 cm and minor diameter = 6.8 cm, white, yellow, gray and brown, transverse polished surface, appears to have growth rings (Plate IV, 1). B – 8.6 cm long, major diameter = 6.1 cm and minor diameter = 5.5 cm, white, yellow, gray and brown, with one small branch, where it is possible to see the pith with the canals, longitudinal polished surface. C – 9.2 cm long, major diameter = 7.2 cm and minor diameter = 5.6 cm, white, yellow, gray and brown, with one small branch cut in half, where it is possible to see the pith with the canals, longitudinal polished surface (Plate IV, 2). D – 9.4 cm long, major diameter = 7.2 cm and minor diameter = 7 cm, white, yellow, gray and brown, longitudinal polished surface, with three branch traces. Microscopic view of D: large pith ($\varnothing \pm 1$ cm), stellar, solenoid with 12 longitudinal peripheral canals, and ducts scattered through the pith, and heterocellular, with secretory cells (Plate IV, 1-3, 5). The preservation is poor, but it is possible to see layers of cells surrounding the canal (resiniferous) (Plate IV, 3). Canals oval in cross-section; mean radial diameter = 1 mm (minor diameter = 0.4 mm and major diameter = 1.7 mm); mean tangential diameter = 0.6 mm (minor diameter = 0.2 mm and major diameter = 1 mm). Parenchyma cells are destroyed. The ducts and the secretory cells appear the same in the cross section, but they are not outlined. Secretory cells square in radial section, often forming rolls; mean radial diameter = 53 μm (minor diameter = 30 μm and major diameter = 90 μm); mean tangential diameter = 79 μm (minor diameter = 40 μm and major diameter = 150 μm). The ducts are scattered through the pith and generally have dark content. Primary xylem not preserved in cross-section, but it is possible to see scalariform thickening in radial section (Plate IV, 4). Homoxylic secondary xylem, with growth rings (Plate IV, 7). Square to rectangular tracheids in spring wood; mean radial diameter = 144.6 μm (minor diameter = 80 μm and major diameter = 210 μm); mean tangential diameter = 111.2 μm (minor diameter = 50 μm and major diameter = 160 μm) in cross-section. Tracheids square to rectangular in late

wood; mean radial diameter = 74.6 μm (minor diameter = 40 μm and major diameter = 120 μm); mean tangential diameter = 118.7 μm (minor diameter = 70 μm and major diameter = 200 μm) in cross-section. Araucarioid radial pitting, uniseriate to triseriate (average 1s, contiguous, slightly flattened); uniseriate pits circular to slightly flattened and contiguous to sparse; biseriate pits contiguous, slightly flattened and alternate to opposite; triseriate pits contiguous, slightly flattened and alternate (Plate IV, 7). Xylem rays homogeneous, predominantly uniseriate, rarely partially biseriate, 1 to 20 (averaging 2-5) cells high. Cross-fields showing up to 6 unordered pits. There is tangential pitting, poorly preserved, 1s, circular and sparse.

Discussion: Several genera of fossil wood have canals in the pith, including *Atlanticoxylon* Mussa, 1986a; *Barakaroxylon* Surange & Maithy emend. Kulkarni et al., 1969; *Catarinapitys* Mussa, 1986a; *Corticoxylon* Merlotti, 1989; *Cyclomedulloxylon* Mussa (in Mussa & Coimbra, 1987); *Ductosolenoxylon* Merlotti, 2002; *Idioxylon* Crisafulli, 1995; *Mesopityoxylon* Aassoumi & Vozenin-Serra, 1996; *Parnaiboxylon* Kurzawe and Merlotti *gen. nov.*; *Petalopitys* Mussa, 1986a; *Polysolenoxylon* Kräusel & Dolianiti, 1958; *Septomedullopitys* Lepekhina, 1969 (in Lepekhina, 1972); *Solenobrasilioxylon* Mussa emend. Mussa, 1986a; *Solenopitys* Kräusel & Dolianiti, 1958; and *Solenoxylon* Kräusel, 1928. *Atlanticoxylon*, *Corticoxylon*, *Petalopitys* and *Solenobrasilioxylon*, from the Permian of Brazil, *Septomedullopitys*, from the Permian of Russia, and *Solenoxylon*, from the Permian of Namibia, have septate pith, whereas our wood has solid pith. *Barakaroxylon*, from the Permian of India, has vertical and horizontal canals, whereas the wood under study has only vertical canals. *Catarinapitys* and *Ductosolenoxylon*, from the Permian of Brazil, have a central canal in addition to the peripheral ones. *Cyclomedulloxylon*, from the Motuca Formation, has secretory sacs along with the canals. *Idioxylon*, from the Permian of Uruguay, has sclerenchyma and idioblasts with contents and crystals, in addition to the parenchyma and

secretory cells in the pith. *Mesopityoxylon*, from the Permian of Morocco, has strings of primary xylem, resin cells and sclerenchyma in the pith. *Polysolenoxylon*, from the Permian of Brazil, has canals scattered through the pith, not only at the periphery as in the wood studied here. *Parnaiboxylon*, from the Motuca Formation, and *Solenoptiys*, from the Permian of Brazil, are the closest genera to the wood under study. The latter has a ring of peripheral canals in the pith, but lacks the ducts. The former has pith with a ring of peripheral canals and ducts scattered through the pith, so the present form is allocated to this genus.

Parnaiboxylon has only one species, *P. rohnae* Kurzawe, Merlotti and Iannuzzi sp. nov., described herein from the Motuca Formation. This species differs from the form under study in having homocellular pith, pitting in radial walls tetraseriate and in groups, xylem rays less than 10 cells high, and up to 9 pits in the cross-fields. The preservation of the wood under study is rather poor: the primary xylem was badly preserved, so this form is only assigned to this genus, as *Parnaiboxylon* sp1.

4. Conclusions

Research on plant fossils of the Permian from the Parnaíba Basin began 140 years ago, and many samples have been collected and studied. However, even with a rich fossil flora, the gymnosperms remain poorly known. During this time span, most paleobotanists described mainly sporophytic plants, e.g., ferns and sphenopsids; up to the present, only a few seed-plants were identified and described by Mussa and Coimbra (1987), as probable pteridosperms / cycads and cordaitaleans. The fossils found at the NTPF come from the sediments of the basal Motuca Formation, and until now it has only been possible to state that this unit is Permian in age, not to assign it more precisely as Early to Late.

This first part of this study clearly shows that this area contains a rich fossil flora, with diversified anatomical patterns. There are woods with secretory ducts (*Ductoabietoxylon solis*

Kurzawe, Merlotti, Rößler and Iannuzzi sp. nov.) or strings of sclereids (*Scleroabietoxylon chordas* Kurzawe, Merlotti, Rößler and Iannuzzi sp. nov.), and solenoid piths (*Parnaioboxylon rohnae* Kurzawe, Merlotti and Iannuzzi sp. nov. and *Parnaioboxylon* sp1. Kurzawe, Merlotti, Rößler and Iannuzzi). Moreover, two of them, *D. solis* and *S. chordas*, have an outstanding characteristic, the abietoid rays. Because of this, three new genera and the four new forms (three species and one morphotype) are proposed herein based on these singular features. On the other hand, all the woods have araucarioid pitting in the radial walls of tracheids.

Following Grambast (1960a, b), among the three types of pitting on radial walls of tracheids - araucarioid, mixed and abietoid – the first is the most primitive, while the abietoid is the most derived. In the Northern Hemisphere, the mixed and abietoid types of pitting appeared only in the Mesozoic, while in the Southern Hemisphere these types were common since Late Paleozoic times. Therefore, the kind of gymnospermous woods found in the Motuca Formation are not typical for Gondwana, because during the Permian, araucarioid pitting was rarely found among the anatomical patterns of the plants from this floral realm. The high level of probable endemism observed in this xyloflora is evidenced by the creation of three new genera, *Ductoabietoxylon*, *Scleroabietoxylon*, *Parnaioboxylon*, reinforces the richness of the floral paleocommunity from the Motuca Formation. This suggests that a probable, still inadequately delimited floristic province existed between the typical Permian Euramerican and southern Gondwanan realms, as a floral transition from the tropical to the subtropical/temperate zone, in a supposedly dry climatic belt, according to currently accepted paleogeographical reconstructions (see Rees et al., 2002). Rößler (2006) already noted the close relationship between Euramerican floras and those found in Tocantins. This relationship is closer than anyone to typical Gondwana floras.

Acknowledgements

This study is part of the Ph.D. thesis of the senior author, and was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico of Brazil (CNPQ), as a PhD scholarship to the senior author FK (Process 140923/2008-0), and a grant and fellowships to RI (Processes 483704/2010-5 and PQ305687/2010-7). We also thank Rosemarie Rohn of the UNESP- Campus Rio Claro, Brazil, who kindly lent the samples of petrified wood collected by her and her students and colleagues during field trips in Tocantins. We thank Janet Reid for reviewing the English version of this work.

References

- Aassoumi, H., Vozenin-Serra, C. 1996. Sur un bois silicifié à moelle conservée du Permien du Bassin de Tiddas (Maroc Central), *Mesopityoxylon tiddasense* gen. et sp. nov. – Intérêts phylogénétiques et paléoclimatique. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 94: 57-73.
- Brongniart, A. 1872. Notice sur le *Psaronius brasiliensis*. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 19: 3-10.
- Caldas, E. B., Mussa, D., Lima Filho, F. P. G. and Rösler, O. 1989. Nota sobre a ocorrência de uma floresta petrificada de idade permiana em Teresina, Piauí. *Boletim IG-USP, Publicação Especial*, 7: 69-87.
- Caputo, M. V., Iannuzzi, R. and Fonseca, V. M. M. 2005. Bacias Sedimentares Brasileiras. Bacia do Parnaíba. *Phoenix*, 7: 1-6.
- Coimbra, A.M., Mussa, D. 1984. Associação lignitaflorística na Formação Pedra-de-Fogo, (Arenito Cacunda), Bacia do Maranhão – Piauí, Brasil. XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, Rio de Janeiro, p. 591-605.

- Crisafulli, A. 1995. *Idioxylon lutzi* nov. gen. et sp. (Coniferopsida) del Pérmico Inferior (Formación Melo) de Uruguay. VI Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Trelew, p. 91-97.
- Crisafulli, A. 1998. Leños gimnospermiados de la Formación Melo (Pérmico Inferior), Uruguay. Parte II. *Stiloxylon*, *Polysolenoxylon* y *Bageopitys*. *Ameghiniana*, 35: 133-140.
- Dernbach, U. 1996. Petrified forests: the world's 31 most beautiful petrified forests. D'oro Verlag, Heppenheim.
- Dias-Britto, D. and Castro, J. C. 2005. Caracterização geológica e paleontológica do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins. Internal Report (unpublished), UNESP, Rio Claro.
- Dias-Brito, D., Rohn, R., Castro, J. C., Dias, R. R. and Rössler, R. 2007. Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional – o mais exuberante e importante registro florístico tropical-subtropical permiano no Hemisfério Sul. In: Winge, M., Schobbenhaus, C., Berbert-Born, M., Queiroz, E. T., Campos, D. A., Souza, C. R. G. and Fernandes, A. C. S. (eds.) Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. DNPM/CPRM – SIGEP, Brasília. Available at: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio104/sitio104.pdf>>. Accessed on: 8 Oct. 2009.
- Dolianiti, E. 1948. A paleobotânica no Brasil. *Boletim do Departamento Nacional da Produção Mineral*, 123: 87p.
- Dolianiti, E. 1972. Relações entre as floras paleozóicas do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 44: 113-118.
- Doubinger, J., Marguerier, J. 1975. Paléoxylologie: étude anatomique comparée de *Scleromedulloxylon aveyronense* nov. gen. nov. sp. du Permien de St. Afrique (Aveyron, France); considérations taxinomiques et stratigraphiques. *Geobios*, 8: 25-59.

- Faria, Jr, L. E. C. 1984. O Permotriássico na Bacia do Maranhão: um modelo de paleodeserto. XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, Rio de Janeiro, pp. 777-791.
- Faria Jr, L. E. C., Truckenbrodt, W. 1980a. Estratigrafia e petrografia da Formação Pedra de Fogo – Permiano da Bacia do Maranhão. XXXI Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, Balneário Camboriú, pp. 740-754.
- Faria Jr, L. E. C. and Truckenbrodt, W. 1980b. Estromatólitos na Formação Pedra de Fogo, Permiano da Bacia do Maranhão. XXXI Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, Balneário Camboriú, pp. 3056-3067.
- Feng, Z., Wang, J., Rößler, R. 2010. *Palaeoginkgoxylon zhoui*, a new ginkgophyte wood from the Guadalupian (Permian) of China and its evolutionary implications. Review of Palaeobotany and Palynology, 162: 146-158.
- Feng, Z., Wang, J., Rößler, R. 2011. A unique gymnosperm from the latest Permian of China, and its ecophysiological implications. Review of Palaeobotany and Palynology, 165: 27-40.
- Gnaedinger, S. 2007. *Planoxylon* Stopes, *Protelicoxylon* Philippe y *Herbstiloxylon* nov. gen. (Coniferales) de la Formación La Matilde (Jurásico Medio), provincia de Santa Cruz, Argentina. Ameghiniana, 44: 321-335.
- Goés, A. M. O. and Feijó, F. J. 1994. 5 – Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da Petrobrás, 8: 57-67.
- Grambast, L. 1960a. Évolution des structures ligneuses chez lês Coniferophytes. Bulletin de la Société Botanique de France, Mémoires, 107: 30-41.
- Grambast, L. 1960b. Remarques sur les *Dadoxylon* permo-carbonifères des territoires à flore de Gondwana. Annales du Musée Royal du Congo Belge, série in 8, sciences géologiques, 30: 11-21.

- Herbst, R. 1985. Nueva descripción de *Psaronius arrojadoi* (Pelourde) (Marattiales), del Pérmico de Brasil. *Ameghiniana*, 21: 243-258.
- Herbst, R. 1992. Studies on Psaroniaceae. III. *Tietea derbyi* n. sp., from the Permian of Brazil. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 147: 155-161.
- Herbst, R. 1999. Studies on Psaroniaceae. IV. Two species of *Psaronius* from Araguaina, State of Tocantins, Brazil. *Facena*, 15: 9-18.
- Holden, R. 1913. Contributions to the anatomy of Mesozoic conifers. *Annals of Botany*, 27(107): 533-545.
- Iannuzzi, R. and Scherer, C. M. S. 2001. Vegetais fósseis carbonificados na Formação Pedra-de-Fogo, bacia do Parnaíba, TO-MA: significado paleoambiental. In: II Simpósio sobre a bacia do Araripe e bacias interiores do Nordeste. Universidade Regional do Cariri, Crato, pp. 129-139.
- Kräusel, R. 1928. Fossile Pflanzenreste aus der Karruformation von Deutsch-Südwest Afrika. In: Kräusel, R., Range, P. 1928. Beiträge zur Kenntnis der Karruformation Deutsch-Südwest Afrika. *Beiträge zur geologischen Erforschung der deutschen Schutzgebiete*, 20: 1-54.
- Kräusel, R. 1956. 4. Der „Versteinerte Wald“ im Kaokoveld, Südwest-Afrika. *Senckenbergiana Lethaea*, 37(5/6): 411-453.
- Kräusel, R. 1962. Antarctic fossil wood. Appendix. *Scientific Reports Geology*, 9: 133-140 (Trans-Antarctic Expedition 1955-1958).
- Kräusel, R., Dolianiti, E. 1958. Gymnospermenhölzer aus dem Paläozoikum Brasiliens. *Palaeontographica*, Abt. B, 104(4-6): 115-137.
- Kulkarni, S., Maithy, P. K., Surange, K. R. 1969. On *Barakaroxylon jhariense*. *Palaeobotanist*, 18(3): 305-308.
- Lepekhina, V.G. 1972. Woods of palaeozoic pycnoxylic gymnosperms with special reference to North Eurasia representatives. *Palaeontographica*, Abt. B, 138(1-4): 44-106.

- Lima, E. and Leite, J. F. 1978. Projeto e estudo global dos recursos minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba. In: Integração Geológica Metalogenética. Recife, v. 1.
- Maheshwari, H. K. 1972. Permian wood from Antarctica and revision of some Lower Gondwana wood taxa. *Palaeontographica, Abt. B*, 138(1-4): 1-43.
- Maniero, J. 1951. *Parataxopitys brasiliana*, gen. n. sp. n. Madeira nova do Permiano Inferior. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 23: 105-112.
- Merlotti, S. 1989. Ocorrência de um fragmento de caule tipo *Cordaites* no Gondwana do Brasil. XI Congresso Brasileiro de Paleontologia. Sociedade Brasileira de Paleontologia, Curitiba, p. 151-161.
- Merlotti, S. 1998. *Mussaeoxyylon*, novo táxon gimnospérmico do Gondwana brasileiro. *Acta Geologica Leopoldensia*, 21(46/47): 45-54.
- Merlotti, S. 2002. Dois novos *taxa* lenhosos da Formação Serra Alta (Permiano Superior, Bacia do Paraná), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Universidade Guarulhos/Geociências*, 7: 5-14.
- Merlotti, S. 2009. Reavaliação taxonômica de lenhos das formações Irati e Serra Alta, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 36: 11-21.
- Merlotti, S. 2011. Método de estudo paleoanatômico aplicado à taxonomia de lenhos gimnospérmicos gondvânicos (Paleozóico Superior). *Pesquisas em Geociências*, 38: 29-53.
- Merlotti, S. and Rosa, L. M. 2002. Lâminas delgadas de lenhos fósseis. In: Tânia Lindner Dutra (Org.), técnicas e procedimentos de trabalho com fósseis e formas modernas comparativas. Unisinos, São Leopoldo, pp. 36-37.
- Mesner, J. C. & Wooldridge, L. C. P. 1964. Estratigrafia das bacias paleozóicas e cretáceas do Maranhão. *Boletim Técnico da Petrobrás*, 7: 137-164.

- Mussa, D. 1978. *Brasilestiloxylon* e *Solenobrasilioxylon*, dois novos gêneros gondwânicos na Formação Irati, Estado de São Paulo, Brasil. Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 9: 118-127.
- Mussa, D. 1986a. As formas gondwânicas do grupo solenóide e sua distribuição estratigráfica. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 58: 61-88.
- Mussa, D. 1986b. Eustelos gondwânicos de medulas diafragmadas e sua posição estratigráfica. Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 17: 11-26.
- Mussa, D., Coimbra, A.M. 1987. Novas perspectivas de comparação entre as tafofloras permianas (de lenhos) das bacias do Parnaíba e do Paraná. X Congresso Brasileiro de Paleontologia. Sociedade Brasileira de Paleontologia, Rio de Janeiro, p. 201-221.
- Oliveira, E. 1934. Ocorrência de plantas carboníferas da flora cosmopolita do Estado do Piauí. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 6: 113-118.
- Pelourde, F. 1912. Observations sur le *Psaronius brasiliensis*. Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Sér. 9, 16: 337-352.
- Petri, S. and Fulfaro, V. J. 1983. Bacia do Parnaíba. In: Petri, S. and Fulfaro, V. J. Geologia do Brasil (Fanerozóico). TA Queiroz / EDUSP, São Paulo, pp. 110-117.
- Pinto, C. P. and Sad, J. N. G. 1986. Revisão da estratigrafia da Formação Pedra de Fogo, borda sudoeste da Bacia do Parnaíba. XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Paleontologia, Goiânia, p. 346-358.
- Pires, E. E., Guerra-Sommer, M. 2004. *Sommerxylon spiralosus* from Upper Triassic in southernmost Paraná Basin (Brazil): a new taxon with taxacean affinity. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 76: 595-609.
- Prasad, M.N.V. 1982. An annotated synopsis of Indian palaeozoic gymnospermous woods. Review of Palaeobotany and Palynology, 38(1982): 119-156.

- Rees, P. M., Ziegler, A. M., Gibbs, M. T., Kutzbach, J. E., Behling, P. J., Rowley, D. B. 2002. Permian phytogeographic patterns and climate data/model comparisons. *Journal of Geology*, 110: 1-31.
- Renault, M. B. 1896. Sur le genre *Métacordaïte*. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Autun*, 9: 90-104.
- Richter, H. G., Grosser, D., Heinz, I. and Gasson, P. E. 2004. IAWA list of microscopic features for softwood identification. *IAWA Journal*, 25(1): 1-70.
- Rößler, R., 2006. Two remarkable Permian petrified forests: correlation, comparison and significance. In: Lucas, S.G.; Cassinis, G. & Schneider, J.W. (Eds) *Non-Marine Permian Biostratigraphy and Biochronology*. Geological Society, London, Special Publ. 265, 39-63.
- Rößler, R. and Galtier, J. 2002a. First *Grammatopteris* tree ferns from the Southern Hemisphere – new insights in the evolution of the Osmundaceae from the Permian of Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 121: 205-230.
- Rößler, R. and Galtier, J. 2002b. *Dernbachia brasiliensis* gen. nov. et sp. nov. – a new small tree fern from the Permian of NE Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 122: 239-263.
- Rößler, R. and Noll, R. 2002. Der permische versteinerte Wald von Araguaina/Brasilien – Geologie, Taphonomie und Fossilführung. *Veröffentlichung des Museums für Naturkunde Chemnitz*, 25: 5-44.
- Rößler, R. and Galtier, J. 2003. The first evidence of the fern *Botryopteris* from the Permian of the Southern Hemisphere reflecting growth from diversity. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 127: 99-124.
- Santos, M. E. C. M. and Carvalho, M. S. S. 2004. *Paleontologia das Bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luíz*. CPRM, Rio de Janeiro.

Vogellehner, D. 1965. Untersuchungen zur Anatomie und Systematik der verkieselten Hölzer aus dem fränkischen und südthüringischen Keuper. Erlanger Geologische Abhandlung, 59: 3-76.

Vozenin-Serra, C., Pons, D. 1990. Intérêts phylogénétique et paléoécologique des structures ligneuses homoxylées découvertes dans le Cretacé Inferieur du Tibet Méridional.

Palaeontographica, Abt. B, 216(1-4): 107-127.

Zalessky, M.D. 1911. Étude sur l'anatomie *Dadoxylon tchihatcheffi* Göppert sp. Mémoires du Comité Géologique, nouvelle série, 68: 1-29.

Figure. 1. Geological map of the Northern Tocantins Petrified Forest, according to Pinto & Sad (1986).

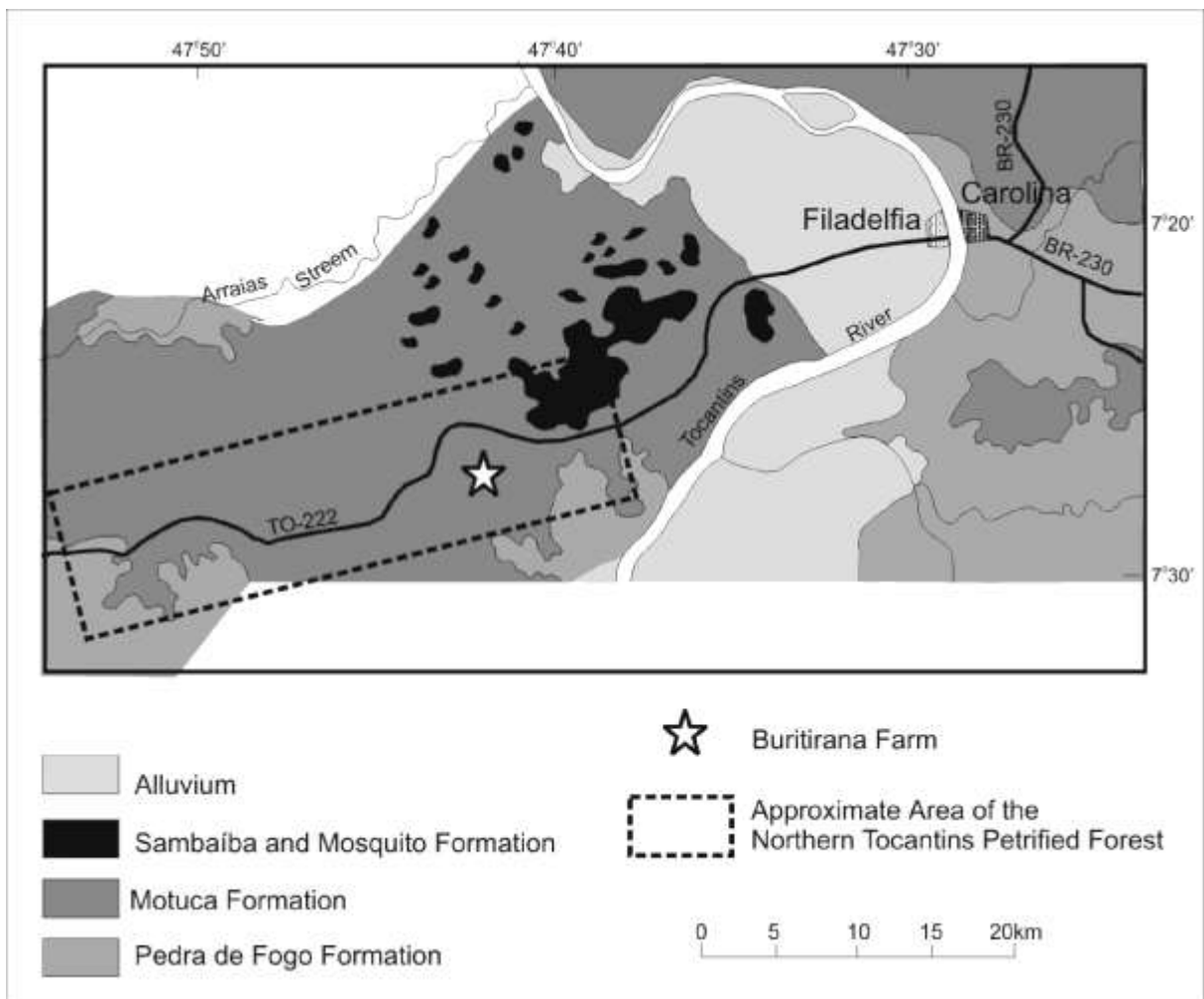


Table 1. Synthesis of Permian permineralized taxa described to the Parnaíba Basin.

<i>Taxa</i>	Botanical affinity Smith <i>et al.</i> (2006)	Record in Parnaíba Basin	Authors	Other records of genera
<i>Psaronius brasiliensis</i>	Order Marattiales	Oieras / São Gonçalo do Amarante (PI); Araguaína / Filadélfia (TO)	Brongniart (1872); Röbller & Noll (2002)	Brazil (Paraná Basin), Germany, France, USA, China
<i>Psaronius arrojadoi</i>		Chapada do Jaboti (MA)	Pelourde (1914); Herbst (1985)	
<i>Psaronius sinuosus</i>		Araguaína (TO)	Herbst (1999); Röbller & Noll (2002)	
<i>Psaronius</i> sp.		Araguaína (TO)	Herbst (1999)	
<i>Tietea singularis</i>	Order Marattiales	Araguaína (TO)	Herbst (1986); Röbller & Noll (2002)	Brazil (Paraná Basin)
<i>Tietea derbyi</i>		Carolina (MA)	Herbst (1992)	
<i>Scolecopteris (Pecopteris)</i>	Order Marattiales	Araguaína (TO)	Röbller & Noll (2002)	Germany, USA, China, Antarctica
<i>Grammatopteris freitasii</i>	Order Filicales	Araguaína / Filadélfia (TO)	Röbller & Galtier (2002a)	Germany, France
<i>Dernbachia brasiliensis</i>	Order Filicales?	Araguaína / Filadélfia (TO)	Röbller & Galtier (2002b)	--
<i>Botryopteris nollii</i>	Order Filicales	Araguaína / Filadélfia (TO)	Röbller & Galtier (2003)	Germany, France, Belgian, USA, China
<i>Arthropitys cacundensis</i>	Family Calamitaceae	Araguaína (TO) / Carolina (MA)	Coimbra & Mussa (1984)	Euroamerican and Angarian Provinces
<i>Arthropitys</i> sp.		Araguaína / Filadélfia (TO)	Röbller & Noll (2002)	
<i>Sphenophyllum</i> sp.	Order Sphenophyllales	Araguaína / Filadélfia (TO)	Röbller & Noll (2002)	Cosmopolitan
<i>Dadoxylon</i> sp.	Order Cordaitales? / Coniferales?	Araguaína / Filadélfia (TO)	Röbller & Noll (2002)	Cosmopolitan
<i>Amyelon bieloi</i>	Order Cordaitales	Araguaína (TO) / Carolina (MA)	Coimbra & Mussa (1984)	France, England, USA, China
<i>Carolinapitys maranhensis</i>	Order Cordaitales?	Araguaína (TO) / Carolina (MA)	Coimbra & Mussa (1984)	--
<i>Cyclomedulloxylon parnaibense</i>	Order Pteridospermales?	Carolina-Riachão (MA) / Araguaína (TO)	Mussa & Coimbra (1987)	--
<i>Araguainorachis simplissima</i>	Order Pteridospermales?	Carolina-Riachão (MA) / Araguaína (TO)	Mussa & Coimbra (1987)	--
<i>Cycadoxylon brasiliense</i>	Order Pteridospermales (Cycadoxyleae)	Carolina-Riachão (MA) / Araguaína (TO)	Mussa & Coimbra (1987)	Cosmopolitan
<i>Teresinoxylon euzebioi</i>	Order Pteridospermales (Cycadoxyleae)	Teresina (PI)	Caldas <i>et al.</i> (1989)	--

Plate I

Fig. 1 – *Ductoabietoxylon solis* gen. et sp. nov. General view of K5503a showing the pith and the secondary xylem. Scale bar = 1 cm.

Fig. 2 – *Ductoabietoxylon solis* gen. et sp. nov. General view showing the pith with ducts, the projections of the pith and the secondary xylem. Scale bar = 1000 μm . Sample no. K5503aTS.

Fig. 3 – *Ductoabietoxylon solis* gen. et sp. nov. Cross-section showing the pith with ducts (uppermost side) and the secretory cells (lowermost side). Scale bar = 100 μm . Sample no. K5503aTS.

Fig. 4 – *Ductoabietoxylon solis* gen. et sp. nov. Radial longitudinal section showing the pith with a duct on the right side, parenchyma cells and secretory cells. Scale bar = 100 μm . Sample no. K5503aRLS.

Fig. 5 – *Ductoabietoxylon solis* gen. et sp. nov. Cross-section showing the endarch primary xylem. Scale bar = 100 μm . Sample no. K5503aTS.

Fig. 6 – *Ductoabietoxylon solis* gen. et sp. nov. Radial longitudinal section showing scalariform thickenings. Scale bar = 50 μm . Sample no. K5503aRLS.

Fig. 7 – *Ductoabietoxylon solis* gen. et sp. nov. Cross-section showing tracheids of the secondary xylem and the pitted xylem rays. Scale bar = 100 μm . Sample no. K5503aTS.

Fig. 8 – *Ductoabietoxylon solis* gen. et sp. nov. Radial longitudinal section showing the pitting on the radial walls of tracheids. a – triseriate pitting. b – uni- to biseriate pitting. Scale bar = 50 μm . Sample no. K5503aRLS.

Fig. 9 – *Ductoabietoxylon solis* gen. et sp. nov. Tangential longitudinal section showing uniseriate to partly biseriate xylem rays. Scale bar = 100 μm . Sample no. K5503aTLS.

Fig. 10 – *Ductoabietoxylon solis* gen. et sp. nov. Radial longitudinal section showing a cross-field with one pit. Scale bar = 20 μm . Sample no. K5503aRLS.

Plate II

Fig. 1 – *Scleroabietoxylon chordas* gen. et sp. nov. General view showing the pith and the secondary xylem. Scale bar = 1000 μm . Sample no. (4)TS.

Fig. 2 – *Scleroabietoxylon chordas* gen. et sp. nov. Cross-section showing the pith and the primary xylem. The uppermost arrow shows a sclereid and the lowermost arrow shows the sheath of outer parenchyma cells. The middle arrow shows the endarch primary xylem. Scale bar = 100 μm . Sample no. (4)TS.

Fig. 3 – *Scleroabietoxylon chordas* gen. et sp. nov. Radial longitudinal section showing scalariform thickening (lowermost side) and a string of sclereids (uppermost side). Scale bar = 100 μm . Sample no. (4)RLS.

Fig. 4 – *Scleroabietoxylon chordas* gen. et sp. nov. Radial longitudinal section showing the inner parenchyma cells (left side) and outer parenchyma cells (middle) of the pith and the primary xylem (right side). Scale bar = 200 μm . Sample no. (4)RLS.

Fig. 5 – *Scleroabietoxylon chordas* gen. et sp. nov. Cross-section showing a growth ring. Scale bar = 100 μm . Sample no. (4)TS.

Fig. 6 – *Scleroabietoxylon chordas* gen. et sp. nov. Cross-section showing the tracheids of the secondary xylem and the pitted xylem rays. Scale bar = 100 μm . Sample no. (4)TS.

Fig. 7 – *Scleroabietoxylon chordas* gen. et sp. nov. Radial longitudinal section showing the pitting on the radial walls of tracheids. a – biseriate pitting. b – uniseriate pitting. Scale bar = 50 μm . Sample no. (4)RLS.

Fig. 8 – *Scleroabietoxylon chordas* gen. et sp. nov. Tangential longitudinal section showing uniseriate to partly biseriate xylem rays, some of them pitted. Scale bar = 50 μm . Sample no. (4)TLS.

Fig. 9 – *Scleroabietoxylon chordas* gen. et sp. nov. Radial longitudinal section showing a cross-field with two pits. Scale bar = 20 μm . Sample no. (4)RLS.

Plate III

Fig. 1 – *Parnaiboxylon rohnae* gen. et sp. nov. General view showing the pith with canals and the secondary xylem with false growth rings. Scale bar = 1000 μm . Sample no. TOF221TR.

Fig. 2 – *Parnaiboxylon rohnae* gen. et sp. nov. Cross-section showing a canal filled by a dark substance and delimited by cells with dark content. Scale bar = 100 μm . Sample no. TOF221TR.

Fig. 3 – *Parnaiboxylon rohnae* gen. et sp. nov. Radial longitudinal section showing scalariform thickening. Scale bar = 50 μm . Sample no. TOF221R.

Fig. 4 – *Parnaiboxylon rohnae* gen. et sp. nov. Radial longitudinal section showing the pith with cells with dark content and two canals. Scale bar = 100 μm . Sample no. TOF221R.

Fig. 5 – *Parnaiboxylon rohnae* gen. et sp. nov. Cross-section showing the false rings of the secondary xylem. Scale bar = 100 μm . Sample no. TOF221TR.

Fig. 6 – *Parnaiboxylon rohnae* gen. et sp. nov. Cross-section showing the primary xylem. a – endarch primary xylem. b – mesarch primary xylem. Scale bar = 50 μm . Sample no. TOF221TR.

Fig. 7 – *Parnaiboxylon rohnae* gen. et sp. nov. Tangential longitudinal section showing predominantly uniseriate rays and a partially biseriate ray (arrow). Scale bar = 50 μm . Sample no. TOF221TA.

Fig. 8 – *Parnaiboxylon rohnae* gen. et sp. nov. Radial longitudinal section showing araucarioid pitting, covering the entire wall of the tracheids. Scale bar = 50 μm . Sample no. TOF221R.

Fig. 9 – *Parnaiboxylon rohnae* gen. et sp. nov. Radial longitudinal section showing cross-fields with small and disordered pits (arrows). Scale bar = 20 μm . Sample no. TOF221R.

Fig. 10 – *Parnaiboxylon rohnae* gen. et sp. nov. General view of TOF221C, showing two branch traces. Scale bar = 1 cm.

Plate IV

Fig. 1 – *Parnaiboxylon* sp. General view showing the pith with canals and the secondary xylem with growth rings. Scale bar = 1 cm. Sample no. K4862A.

Fig. 2 – *Parnaiboxylon* sp. General view showing the pith with canals in the radial section. Scale bar = 1 cm. Sample no. K4862C.

Fig. 3 – *Parnaiboxylon* sp. Cross-section showing a canal surrounding by layers of cells. Scale bar = 100 μ m. Sample no. K4862dTS.

Fig. 4 – *Parnaiboxylon* sp. Radial longitudinal section showing scalariform thickening. Scale bar = 10 μ m. Sample no. K4862dRLS.

Fig. 5 – *Parnaiboxylon* sp. Radial section showing a canal in the pith. Scale bar = 100 μ m. Sample no. K4862dRLS.

Fig. 6 – *Parnaiboxylon* sp. Cross-section showing the growth rings of the secondary xylem. Scale bar = 100 μ m. Sample no. K4862dTS.

Fig. 7 – *Parnaiboxylon* sp. Radial longitudinal section showing araucarioid pitting, covering the entire wall of the tracheids. Scale bar = 10 μ m. Sample no. K4862dRLS.

Plate I

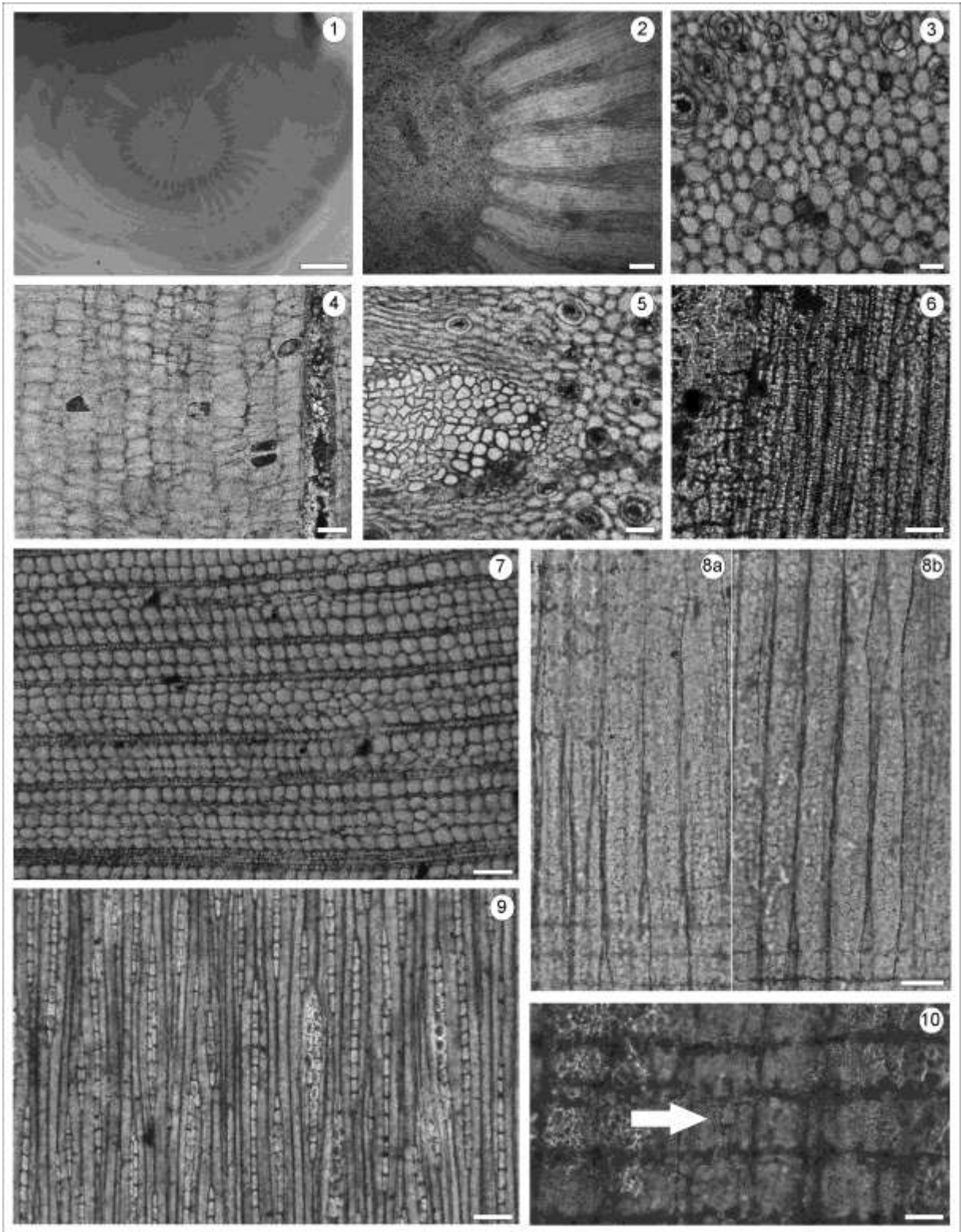


Plate II

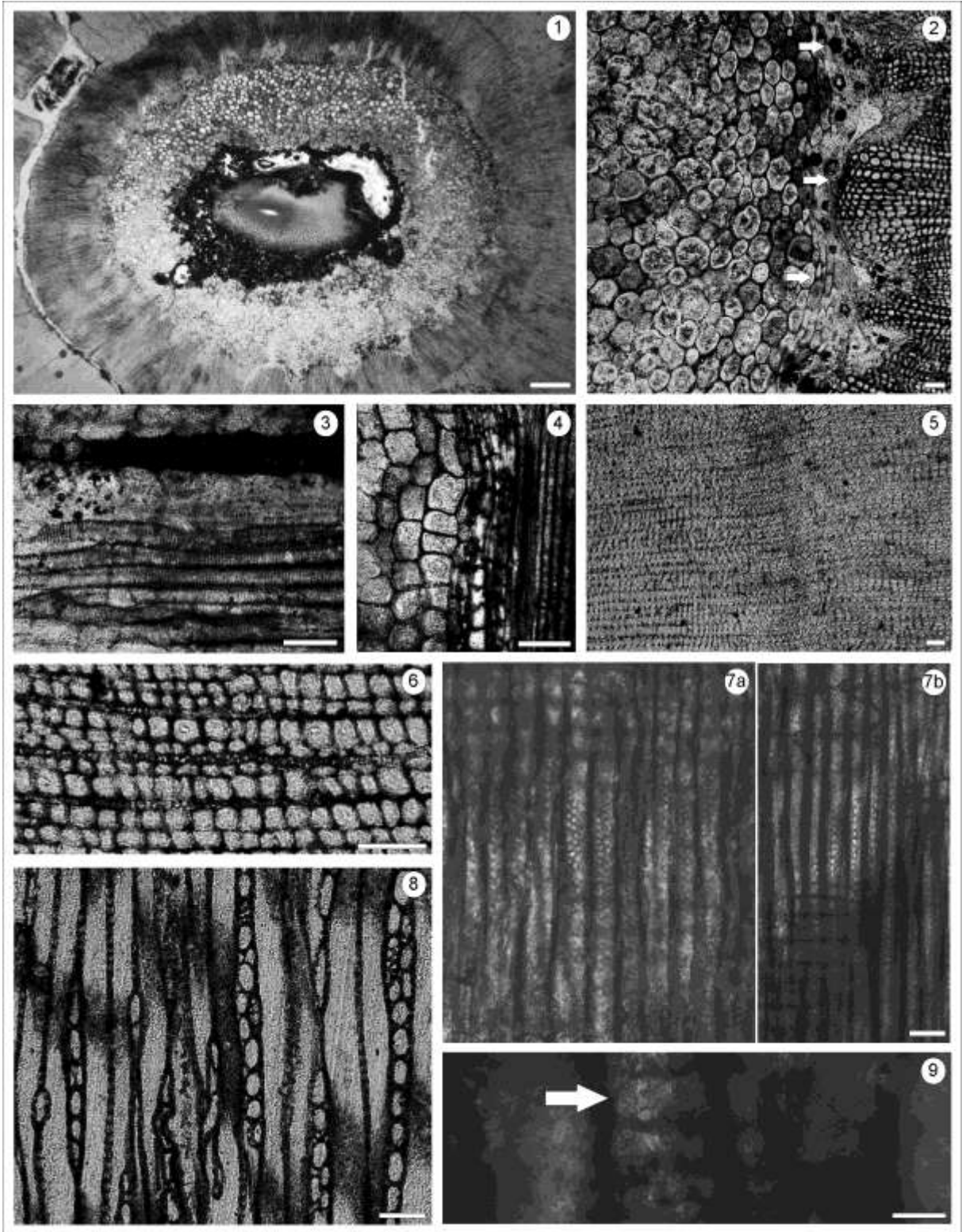


Plate III

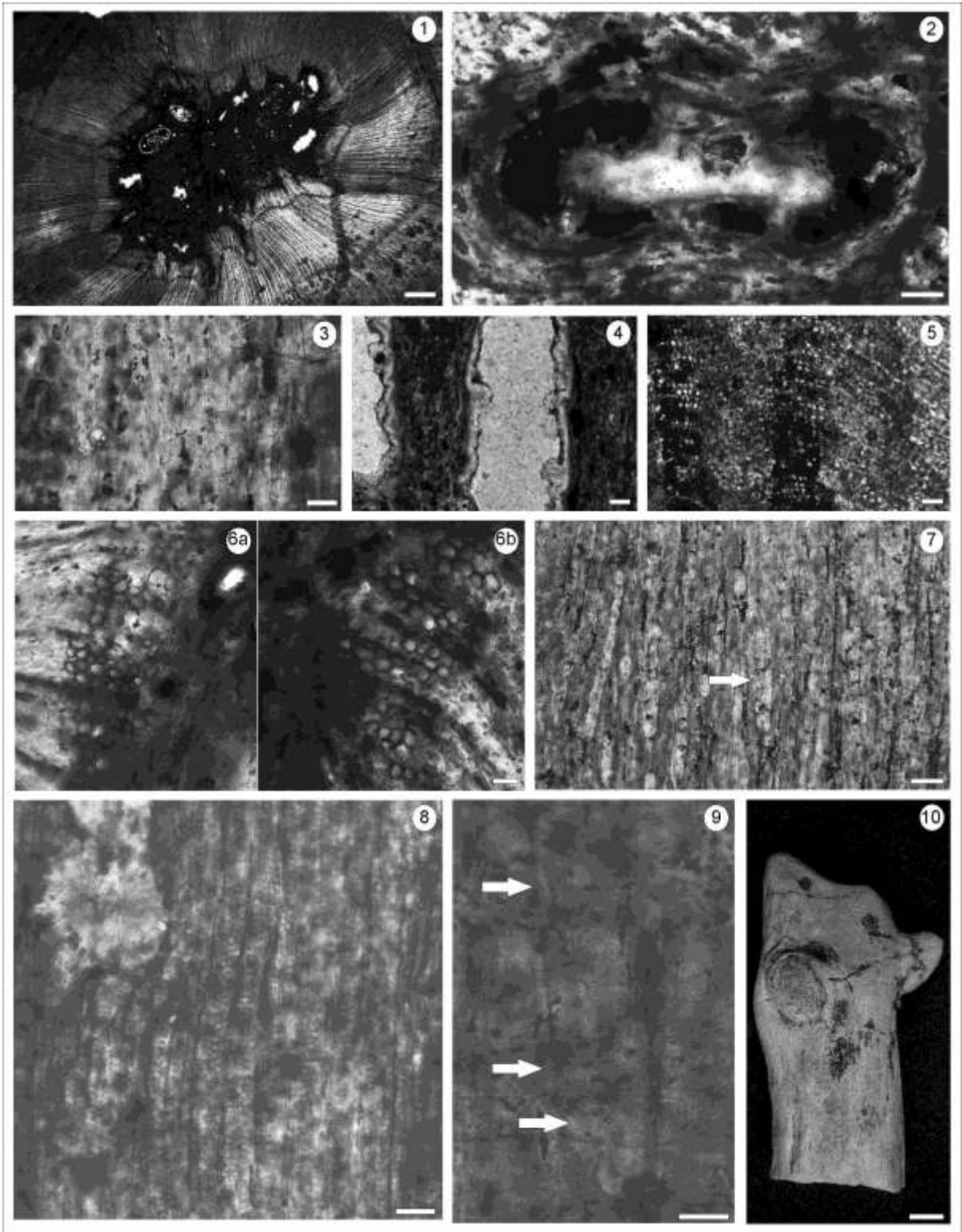
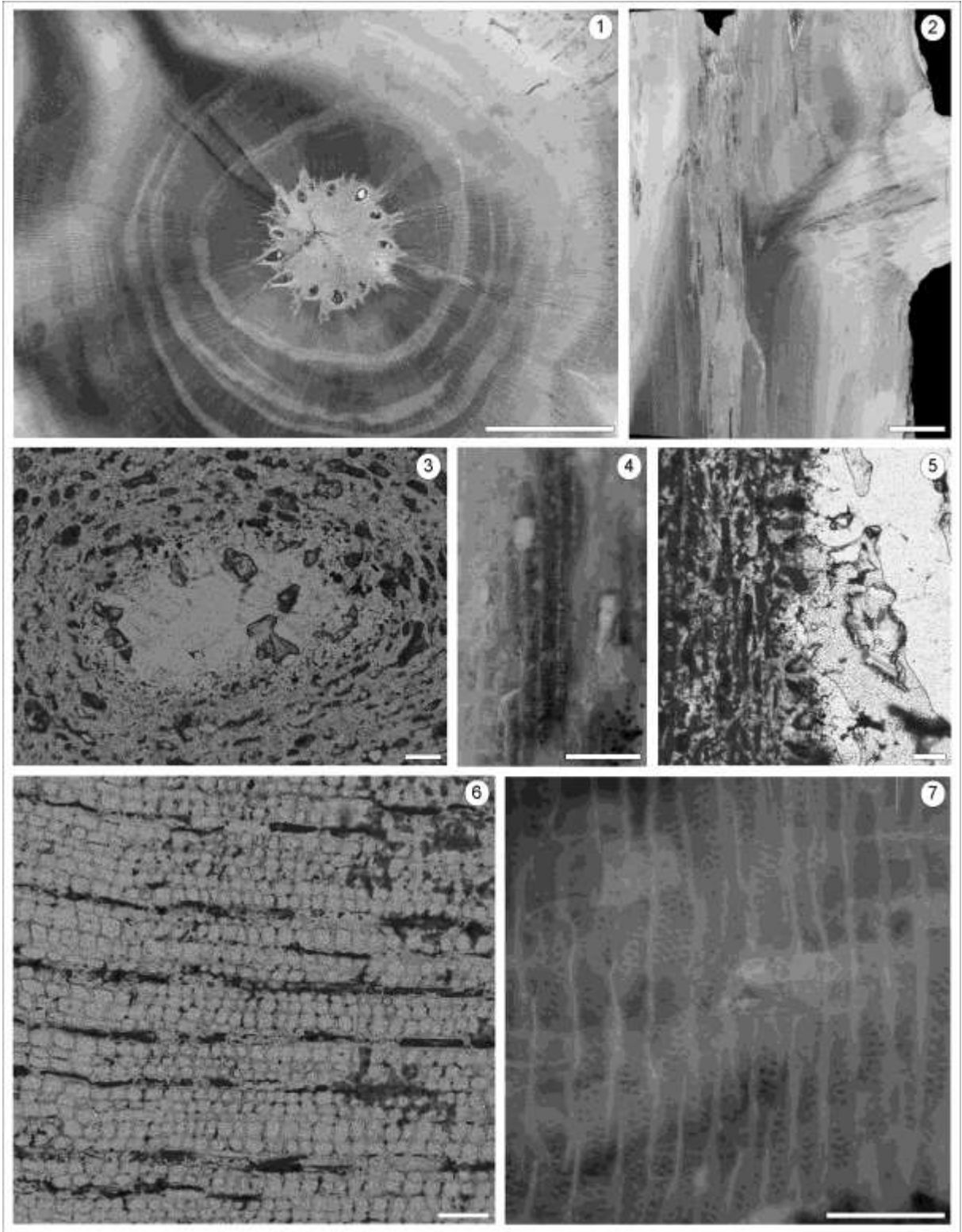


Plate IV



Capítulo 2

“NEW GYMNOSPERMOUS WOODS FROM THE PERMIAN OF THE PARNAÍBA
BASIN, NORTHEASTERN BRAZIL, PART II: *Damudoxylon*, *Kaokoxyton* and
Taeniopitys”

Kurzawe F; Iannuzzi R, Merlotti S & Rohn R. Review of Palaeobotany and
Palynology, submetido.

NEW GYMNOSPERMOUS WOODS FROM THE PERMIAN OF THE PARNAÍBA
BASIN, NORTHEASTERN BRAZIL, PART II: *Damudoxylon*, *Kaokoxylon* and *Taeniopitys*

Francine Kurzawe¹, Roberto Iannuzzi², Sheila Merlotti³ and Rosemarie Rohn⁴

¹Corresponding author. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa Postal 15.001, CEP 91.509-900, Porto Alegre, Brazil. E-mail: franly_k@hotmail.com. Phone number: +55 51 33087389; fax number +55 51 3308-7302

²Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa Postal 15.001, CEP 91.509-900, Porto Alegre, Brazil. E-mail: roberto.iannuzzi@ufrgs.br

³Departamento de Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Universitário, CEP 88.040-900, Florianópolis, Brazil. E-mail: sheilamerlotti@hotmail.com

⁴Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro, Rio Claro, Brazil. E-mail: rohn@rc.unesp.br

ABSTRACT

The Permian permineralized flora of Parnaíba Basin, NE Brazil, has been studied since 1872, when the first fern was described for this region. Since that time, many fossil sporophytic plants have been collected and studied. However, unfortunately, the gymnosperms are still little known. The present contribution focuses on the study of gymnosperm woods present in the Permian Motuca Formation deposits of this basin. In this second part of the work, five new species of gymnospermous wood are described: *Damudoxylon buritiranaensis* sp. nov., *D. humile* sp. nov., *D. rosslerii* sp. nov., *Kaokoxylon punctatum* sp. nov. and *Taeniopitys tocantinensis* sp. nov., and one new form, *Taeniopitys* sp. 1. The woods varied widely in their anatomy, mainly in their pith. They ranged from simple parenchymatic pith to solenoid piths with canals and ducts, as well as different cells, such as secretory and sclerenchymatic cells. However, all of them have one characteristic in common – araucarioid pitting in the radial walls of the tracheids. During the Permian, the mixed and abietoid types of pitting were more

common than araucarioid pitting in woods of the Gondwana Realm. Therefore, this lignoflora has a peculiarity that resembles floras found in the Northern Hemisphere.

Keywords: permineralized wood, Permian, Parnaíba Basin, *Damudoxylon*, *Kaokoxylon*, *Taeniopitys*.

1. Introduction

The Permian permineralized flora from the Parnaíba Basin of NE Brazil has been known since the second half of the 19th century (Brongniart, 1872). However, among permineralized fossils, the gymnospermous woods are still poorly known compared with spore-producing plants described up to the present. This contribution focuses on the study of gymnospermous woods present in the Permian deposits from this basin. The first part of this study proposed three new genera (Kurzawe et al., personal communication). This second part describes new species assigned to presently well-known genera, and provides a preliminary discussion about the phytogeographical context of this flora, taking into account the observations detailed herein.

2. Material and methods

The material studied was collected in northeastern Tocantins state, from an area termed by Dernbach (1996) the “Northern Tocantins Petrified Forest” (NTPF). In the NTPF region, the permineralized fossil-bearing deposits are attributed only to fluvial beds of the lowermost Motuca Formation (Dias-Brito et al., 2007). For details regarding the geological context as well as the fossil record in this region, see the first part of this contribution (Kurzawe et al., personal communication).

The fossil woods under the prefix TOF belong to the Universidade Estadual Paulista – Campus Rio Claro (UNESP-Rio Claro), Brazil. The samples under prefix MP-Pb were

collected in a field trip to Filadélfia, Tocantins, and were deposited at the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), southern Brazil. From all fossil woods, slides of cross, radial longitudinal and tangential longitudinal sections were made according to Merlotti and Rosa (2002). The thin sections were prepared at the Laboratório de Laminação, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) and the Laboratório de Laminação, UNESP. The anatomy of the sections was studied based on Richter et al. (2004) and Merlotti (2011). Between 50 and 100 measurements were made of the tracheids, pits, and ray cells. The photomicrographs were taken with a Zeiss Axio Imager M2m.

3. Systematic results

Division: Gymnospermopsida

Genus: *Damudoxylon* Maheshwari emend. Maheshwari, 1972

Damudoxylon buritiranaensis Kurzawe, Merlotti, Rohn and Iannuzzi, sp. nov.

Holotype: TOF 125, slides TOF125R, TOF125TA and TOF125TR (Pl. I, 1-8).

Repository: Museu de Paleontologia e Estratigrafia Professor Dr. Paulo Milton Barbosa Landim, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP – Campus de Rio Claro, São Paulo, Brazil.

Type locality: Buritirana Farm, Filadélfia, Tocantins State, Brazil.

Stratigraphic horizon and age: Lower Motuca Formation, Permian.

Etymology: This genus is named after Buritirana Farm, where the material was found.

Diagnosis: Pith small to medium in size (\varnothing 0.07 – 0.98 cm), solid and heterocellular, with secretory cells. Primary xylem endarch. Secondary xylem homoxylic, with growth rings. Araucarioid radial pitting, uniseriate, rarely biseriate. Xylem rays homogeneous, uniseriate, medium (1 to 10 cells high). Araucarioid cross-fields showing up to 8 large and unordered pits.

Description: Macroscopic view: the sample is 15 cm long, with a major diameter of 4.41 cm and a minor diameter of 3.22 cm. It is white and light yellow and has some faults, probably due to weathering, with growth rings. Microscopic view: Pith small to medium size (\varnothing 0.07 – 0.98 cm), flattened, solid and heterocellular, with secretory cells (Pl. I, 1-3). Circular to quadrangular parenchyma cells in cross section, mean radial diameter = 40 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 75 μm), mean tangential diameter = 43.71 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 70 μm). Parenchyma cells with different shapes (triangular, rectangular, quadrangular, circular) in radial section, mean radial diameter = 66.5 μm (minor diameter = 30 μm and major diameter = 105 μm), mean tangential diameter = 63 μm (minor diameter = 35 μm and major diameter = 100 μm) (Pl. I, 2-3). Only two secretory cells could be seen in cross section, a circular one (55x65 μm) and a flattened one (30x55 μm). Primary xylem endarch (Pl. I, 3); it is only possible to see scalariform thickening because of the poor preservation (Pl. I, 8). Homoxylic secondary xylem, with true and false growth rings (Pl. I, 1, 5). The spring wood has circular to oval tracheids, mean radial diameter = 47.3 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 77.5 μm), mean tangential diameter = 52.13 μm (minor diameter = 15 μm and major diameter = 102.5 μm) in cross-section. The late wood has rectangular tracheids, mean radial diameter = 16.68 μm (minor diameter = 10.53 μm and major diameter = 28.95 μm), mean tangential diameter = 21.65 μm (minor diameter = 10.53 μm and major diameter = 34.21 μm) in cross-section (Pl. I, 5). Araucarioid radial pitting, uniseriate, rarely biseriate (average 1s, contiguous, slightly flattened), uniseriate pits circular and sparse to flattened and contiguous, biseriate pits contiguous, slightly flattened and opposite to alternate (Pl. I, 4). Xylem rays homogeneous, uniseriate, 1 to 10 (averaging 2) cells high (Pl. I, 6). Araucarioid cross-fields showing up to 8 large and unordered pits (Pl. I, 7).

Discussion: Woods with a solid and heterocellular pith, compound by parenchyma and secretory cells are common among wood genera, but generally this configuration comes

together with other characteristics, such as secretory ducts in *Megaporoxylon* Kräusel, 1956 or the presence of sclereids in *Medullopitys* Kräusel, 1928. Only a few genera have solid piths with secretory cells in addition to parenchyma cells. Among these are *Damudoxylon* Maheshwari emend. Maheshwari, 1972, *Palaeospiroxylon* Prasad and Chandra, 1980 and *Protopodocarpitys* Mussa, 1974. *Protopodocarpitys*, from southeast Brazil, has a sheath of secretory cells at the periphery of the pith. The new form described here has secretory cells scattered in the pith, so it cannot be related to this genus. *Palaeospiroxylon*, from the Permian of India, has solid pith with scattered cells among the parenchyma cells, as in the sample under study. However, this genus has an outstanding characteristic in the secondary xylem: spiral thickening, peculiarity not found in our sample. Finally, the genus *Damudoxylon*, also from the Permian of India, in which the pith is solid and homo- or heterocellular with scattered secretory cells. The last case is identical to the sample under study, which indicates that this form is appropriately included in this genus. The *Damudoxylon* species most similar to the wood under study are *D. waltonii* Maheshwari, 1966, *D. sp. cf. D. waltonii* Maheshwari, 1972 and *D. indicum* (Holden) Maheshwari, 1972, all from the Permian of India. *D. indicum* resembles our sample by the presence of the secretory cells, endarch primary xylem, uniseriate to biseriate radial bordered pits and xylem rays solely uniseriate, but differs by having 1 to 4 oopore pits in cross-fields, and by the division of the pith into two tissues, one internal secretory and one external parenchymatous. *D. waltonii* and *D. sp. cf. D. waltonii* have in common with the sample in study the presence of secretory cells in pith, the endarch primary xylem, the number of the pits in the cross-fields (up to 9 and up to 11, respectively) and the xylem rays generally uniseriate. But both differ in the tracheidal radial pitting, having uniseriate to triseriate, and *D. waltonii* also tetraseriate pitting, and the xylem rays are slightly more numerous (up to 14 and 17, respectively). The sample under study has generally

uniseriate pitting, rarely biseriate, and xylem rays up to 10 cells high. Therefore, this wood should be designated a new species, named *Damudoxylon buritiranaensis*.

Damudoxylon humile Kurzawe, Merlotti and Iannuzzi, sp. nov.

Holotype: MP-Pb 5032, slides MP-Pb 5032 01-06 (Pl. II, 1-8).

Repository: Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

Type locality: Peba Farm, Filadélfia, Tocantins State, Brazil.

Stratigraphic horizon and age: Lower Motuca Formation, Permian.

Etimology: From latin, *humile*, which means low, in reference to the low height of the xylem rays.

Diagnosis: Pith small (\varnothing 0.25 – 0.38 cm), solid and homocellular. Primary xylem endarch. Homoxylic secondary xylem, without growth rings. Araucarioid radial pitting, uniseriate. Xylem rays homogeneous, uniseriate, short (1 to 3 cells high). Araucarioid cross-fields showing up to 8 small and unordered pits.

Description: Macroscopic view: the sample is 4.1 cm long, major diameter = 5.8 cm and minor diameter = 4.7 cm, white and brown, appears to have growth rings. Microscopic view: pith small (\varnothing 0.25 – 0.38 cm), flattened, outline stellar with 5 projections to the periphery, solid and homocellular, with parenchyma cells with dark content (Pl. II, 1-2). Circular to oval parenchyma cells in cross section, mean radial diameter = 55.2 μ m (minor diameter = 35 μ m and major diameter = 100 μ m), mean tangential diameter = 47.6 μ m (minor diameter = 20 μ m and major diameter = 90 μ m). Parenchyma cells with a bad preservation in radial section, generally elongated and thin, mean radial diameter = 23.75 μ m (minor diameter = 20 μ m and major diameter = 35 μ m), mean tangential diameter = 52.5 μ m (minor diameter = 45 μ m and major diameter = 65 μ m) (Pl. II, 2). Primary xylem endarch, with annular, spiral and

scalariform thickening (Pl. II, 3, 5). Homoxylic secondary xylem, without growth rings.

Circular to square tracheids, sometimes flattened, mean radial diameter = 31.43 μm (minor diameter = 17.5 μm and major diameter = 42.5 μm), mean tangential diameter = 32.63 μm (minor diameter = 17.5 μm and major diameter = 47.5 μm) in cross-section (Pl. II, 8).

Araucarioid radial pitting, uniseriate, contiguous and circular to flattened (average 1s, contiguous, slightly flattened to flattened) (Pl. II, 6). Xylem rays homogeneous, uniseriate, 1 to 3 (averaging 1) cells high (Pl. II, 7). Araucarioid cross-fields showing up to 8 small and unordered pits (Pl. II, 4). Tangential pitting uniseriate, contiguous and slightly flattened (Pl. II, 7).

Discussion: The configuration of this wood pith, solid and homocellular, is common in many Paleozoic genera such as *Abietopitys* Kräusel emend. Merlotti, 2009; *Arauspiropitys* Pant and Singh, 1987; *Catervoxylon* Pant and Singh, 1987; *Chapmanoxylon* Pant and Singh emend. Zhang et al., 2007; *Damudoxylon* Maheshwari emend. Maheshwari, 1972; *Kendoxylon* Pant and Singh, 1987; *Nandorioxylon* Biradar and Bonde, 1981; *Palaeoginkgoxylon* Feng et al., 2010; *Paracupressinoxylon* Holden, 1913; *Parapitys* Zalessky, 1911; *Phyllocladopitys* Kräusel, 1928; *Prototaxopitys* Agashe, 1977 (in Agashe and Chitnis 1971); and *Taxopitys* Kräusel, 1928. *Abietopitys*, from the Permian of Namibia, has pitted wood rays, a characteristic not found in the sample under study. *Arauspiropitys* and *Prototaxopitys*, both from the Permian of India, and *Taxopitys*, from the Permian of Namibia, have tracheids with spiral thickenings. Our wood has no such spiral thickenings. In *Catervoxylon*, also from the Permian of India, the pitting of the tracheidal radial walls is typically arranged in stellate groups of two to many, different from our wood, which has only uniseriate tracheidal pitting. *Kendoxylon*, also from the Permian of India, has a peripheral ring of pith cells different from the inner cells, and also has taxodioid cross-fields. *Nandorioxylon*, from the Permian of India, has lobed pith, and typically has parenchymatous tissue with smaller cells than those of the

pith located between the pith and the primary xylem, and has xylem rays with up to 36 cells high. The pith of our wood has the same kind of cells all through it, and the xylem rays are only up to 3 cells high. *Palaeoginkgoxylon*, from the Permian of China, has pitted parenchyma cells in the pith, cupressoid cross-fields, pitted xylem rays and axial parenchyma, completely different from the sample under study. *Paracupressinoxylon*, from the Jurassic of England, has uniseriate pitting on the radial walls of tracheids, similarly to our wood, but it has resinous wood rays, with thick pitted walls. The wood under study does not have rays with pitted walls. *Parapitys*, from the Carboniferous of England, has mesarch primary xylem, whereas our wood has endarch primary xylem. *Phyllocladopitys*, from the Permian of Namibia, has oopores in cross-fields, not oculipore pits as does our wood. The most similar genera are *Chapmanoxylon* and *Damudoxylon*, both from the Permian of India. These genera have solid and homocellular pith, and many pits in their cross-fields. The description of the genus *Chapmanoxylon* by Pant and Singh, 1987 was inserted into the description of *Damudoxylon* (pith homogeneous, primary xylem endarch, tracheids with uniseriate to multiseriate pits, cross-field pits two to many). The authors ignored the diagnosis of *Damudoxylon* as including samples with homocellular pith, and transferred the species with homocellular pith to *Chapmanoxylon*. Zhang et al. (2007) emended the diagnosis of *Chapmanoxylon*, adding two characteristics: the presence of air-spaces between the parenchyma cells of the pith, and the similarity of the pits of the cross-fields to the pits of the radial walls (both have the same shape and size). With this emendation, *Chapmanoxylon* differs more distinctly from the sample from study, which has no air-spaces and the pits of the cross-fields are smaller than the tracheidal radial walls. Thus, *Damudoxylon* is the most similar genus, with homocellular pith, araucarioid radial pitting and many pits in the cross-fields.

The most similar *Damudoxylon* species comparable with our sample are *D. indicum* (Holden) Maheshwari, 1972, from the Permian of India, and the other forms described here, *D. buritiranaensis* and *D. rosslerii*. This last has homocellular pith similarly to the sample under study, but the pitting of the radial tracheidal walls is 1-3 seriated and the cross-fields are cupressoid. *D. indicum* and *D. buritiranaensis* differ from our wood in having pith with secretory cells, rather than homocellular pith. In addition, *D. indicum* has pith with two different parenchymatic tissues, one internal and the other external, and it has oopores in the cross-fields. *D. buritiranaensis* is the most similar to our wood, having an average radial tracheidal wall pitting of uniseriate, and up to 8 araucarioid pits in the cross-fields. Only the xylem rays are slightly higher (1-10 cells high). However, its pith is heterocellular, an important feature that cannot be ignored. Thus, a new species, *Damudoxylon humile*, is proposed here.

Damudoxylon rosslerii Kurzawe, Merlotti and Iannuzzi, sp. nov.

Holotype: TOF 195 (6 pieces), slides TOF195R, TOF195TA (2 slides) and TOF195TR (Pl. III, 1-9).

Repository: Museu de Paleontologia e Estratigrafia Professor Dr. Paulo Milton Barbosa Landim, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro, São Paulo, Brazil.

Type locality: Filadélfia, Tocantins state, Brazil.

Stratigraphic horizon and age: Lower Motuca Formation, Permian.

Etymology: This species is named in honor of Dr. Ronny Rößler from the Museum für Naturkunde Chemnitz, Chemnitz, Germany. In 2006, he collected this material together with Dr. Rosemarie Rohn and students during a field trip to Tocantins. Dr. Rößler is a brilliant

paleobotanist who for several years has been successfully involved in research on Permian fossil permineralized floras.

Diagnosis: Small pith, solid and homocellular. Primary xylem endarch. Homoxyllic secondary xylem, with growth rings. Araucarioid radial pitting, uniseriate to triseriate. Xylem rays homogeneous, uniseriate, short to medium (1 to 6 cells high). Cupressoid cross-fields showing 4 to 6 pits.

Description: Macroscopic view: the sample is composed of 6 pieces (Pl. III, 7). A - 12.5 cm long, major diameter = 2.72 cm and minor diameter = 2.31 cm, white and light brown, appears to have growth rings in one of the transverse views, and there are five branch traces in different levels (Pl. III, 4). B - 11.88 cm long, major diameter = 3.28 cm and minor diameter = 2.66 cm, white, with two branch traces at the same level, two are arranged in a spiral and one is isolated, A and B have a connection. C - 9.24 cm long, major diameter = 3.34 cm and minor diameter = 2.41 cm, white, the pith appears hollow on one of the sides, with two branch traces in a spiral. D - 7.48 cm long, major diameter = 3.49 cm and minor diameter = 2.78 cm, white, appears to have growth rings, the pith appears hollow. E - 4.36 cm long, major diameter = 1.58 cm and minor diameter = 1.12 cm, white and light brown, with a piece of a small branch. F - 11.82 cm long, major diameter = 1.98 cm and minor diameter = 1.69 cm, white, one of the transverse sides appears to have growth rings and hollow pith, with one branch trace.

Microscopic view of A: small pith (\varnothing 0.25 – 0.29 cm), outline stellar with 8 projections to the periphery, solid and homocellular (Pl. III, 1). The cells are generally destroyed and with dark content (probably due to fossilization) (Pl. III, 3). Circular to oval cells in cross-section, mean radial diameter = 97.5 μ m (minor diameter = 80 μ m and major diameter = 125 μ m), mean tangential diameter = 85 μ m (minor diameter = 75 μ m and major diameter = 100 μ m). Cells square in radial section, mean radial diameter = 62.39 μ m (minor diameter = 35 μ m and major diameter = 95 μ m), mean tangential diameter = 71.09 μ m (minor diameter = 30 μ m and major

diameter = 120 μm). Primary xylem endarch, and it is possible to see annular, scalariform and reticulate thickening, but only remnants (Pl. III, 3, 6). Homoxylic secondary xylem, with growth rings, but the cells of the late wood are generally destroyed (Pl. III, 1-2). Circular to square tracheids, mean radial diameter = 30.55 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 47.5 μm), mean tangential diameter = 26.55 μm (minor diameter = 15 μm and major diameter = 37.5 μm) in cross-section. Araucarioid radial pitting, uniseriate to triseriate (average 1-2s, contiguous, circular to slightly flattened, alternate), uniseriate pits circular to slightly flattened and contiguous to sparse, biseriate pits contiguous, circular to slightly flattened and alternate, triseriate contiguous, slightly flattened and alternate (Pl. III, 5). Xylem rays homogeneous, uniseriate, 1 to 6 (averaging 1) cells high (Pl. III, 9). Cupressoid cross-fields showing 4 to 6 pits arranged in rows (Pl. III, 8).

Discussion: As mentioned above, many genera of wood have a solid and homocellular pith. However, these genera have pith with two kinds of parenchyma cells (*Kendoxylon* and *Nandorioxylon*) or air spaces between the cells of the pith (*Chapmanoxylon*), primary xylem mesarch (*Parapityis*), spiral thickenings (*Arauspiropityis*, *Prototaxopityis* and *Taxopityis*), oopores in the cross-fields (*Phyllocladopityis*) or pitting in the wood rays (*Abietopityis*, *Palaeoginkgoxylon* and *Paracupressinoxylon*). None of these characteristics is shared with the sample under study. The most similar genus is *Damudoxylon*, with homocellular pith, araucarioid radial pitting and many pits in the cross-fields. The *Damudoxylon* species closest to the sample under study are *D. indicum* (Holden) Maheshwari, 1972 and *D. maharashtraensis* (Prasad) Pant and Singh, 1987, both from the Permian of India, and *D. sp.* (Warren) Kurzawe and Merlotti, 2009, from the Permian of South Africa. *D. indicum* resembles our wood in having the primary xylem endarch, pitting 1-2 seriate at the tracheidal radial walls, and uniseriate and short xylem rays (up to 7 cells high). However, the pith and the cross-fields are different. The pith has two tissues, one internal secretory and one external

parenchymatous, besides the scattered secretory cells. The cross-fields contain 2-4 oopores. *D. maharashtraensis* is similar because of the endarch primary xylem, 1-3 (averaging 2) seriated pits on the tracheidal radial walls and 5-6 pits in the cross-fields; however, the pith contains secretory cells and the xylem rays are higher (up to 16 cells high). Last, *Damudoxylon* sp. is very similar to the present sample. It has homocellular pith, tracheidal radial walls 1-3 pitted, cupressoid cross-fields with 2-5 pits, and xylem rays uniseriate and around 7 cells high. But it has wood parenchyma and resin in many ray cells, characteristics not found in the wood under study. Therefore, a new species, *Damudoxylon rosslerii*, is proposed for this sample

Genus: Kaokoxylon Kräusel, 1956

Kaokoxylon punctatum Kurzawe, Merlotti and Iannuzzi, sp. nov.

Holotype: MP-Pb 5038, slides MP-Pb 5038 01-03 (Pl. IV, 1-10).

Repository: Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

Type locality: Peba Farm, Filadélfia, Tocantins, Brazil.

Stratigraphic horizon and age: Lower Motuca Formation, Permian.

Etymology: From the Latin *punctatum*, meaning pits, in reference to the pitted cells of the pith.

Diagnosis: Medium pith (\varnothing 0.68 – 0.78 cm), solid and heterocellular, with nests of sclereids.

Few parenchyma cells are pitted. Primary xylem endarch. Secondary xylem homoxylic,

without growth rings. Radial pitting araucarioid, uniseriate to biseriate. Xylem rays

homogeneous, uniseriate, medium (1 to 13 cells high). Araucarioid cross-fields showing 1-3

unordered pits.

Description: Macroscopic view: the sample is a small piece of wood, 3 cm long, major

diameter = 3.9 cm and minor diameter = 2.7 cm, reddish. Microscopic view: medium pith (\varnothing

0.68 – 0.78 cm), with circular to stellar outline, with 6 projections to the periphery, solid and

heterocellular, with sclereids, organized in nests in both cross- and radial longitudinal views (Pl. IV, 1-2, 8). Circular to oval parenchyma cells in cross section, sometimes pitted, mean radial diameter = 72.4 μm (minor diameter = 40 μm and major diameter = 100 μm), mean tangential diameter = 62.5 μm (minor diameter = 30 μm and major diameter = 110 μm) (Pl. IV, 1). The sclereids form dark nests in cross-section, mean radial diameter = 57.86 μm (minor diameter = 40 μm and major diameter = 92.5 μm), mean tangential diameter = 56.43 μm (minor diameter = 32.5 μm and major diameter = 75 μm) (Pl. IV, 1). Parenchyma cells rectangular in radial section, compressed vertically, mean radial diameter = 59.4 μm (minor diameter = 30 μm and major diameter = 90 μm), mean tangential diameter = 108 μm (minor diameter = 50 μm and major diameter = 190 μm). The sclereids also form dark nests in radial section, mean radial diameter = 51.25 μm (minor diameter = 37.5 μm and major diameter = 67.5 μm), mean tangential diameter = 67 μm (minor diameter = 45 μm and major diameter = 110 μm) (Pl. IV, 2, 7). Primary xylem endarch, annular to scalariform thickening (Pl. IV, 3, 9). Secondary xylem homoxyllic, without growth rings, rectangular to quadrangular tracheids, mean radial diameter = 45.93 μm (minor diameter = 22.5 μm and major diameter = 75 μm), mean tangential diameter = 39.95 μm (minor diameter = 22.5 μm and major diameter = 65 μm) in cross-section (Pl. IV, 4, 8). Araucarioid radial pitting, uniseriate to biseriate (average 1-2s, contiguous, slightly flattened, alternate), uniseriate pits contiguous and slightly flattened, biseriate pits contiguous, slightly flattened and alternate (Pl. IV, 10). Xylem rays homogeneous, uniseriate, 1 to 13 (averaging 2-3) cells high (Pl. IV, 6). Araucarioid cross-fields showing 1-3 unordered pits (Pl. IV, 5).

Discussion: Many genera have sclereids in the pith, including *Atlanticoxylon* Mussa, 1986a; *Austroscleromedulloxylon* Mussa, 1986b; *Barakaroxylon* Surange and Maithy emend. Kulkarni et al., 1969; *Brasilestiloxylon* Mussa, 1978; *Carolinapitys* Mussa, 1984 (in Coimbra and Mussa, 1984); *Catarinapitys* Mussa, 1986a; *Europoxylon* Vogellehner, 1965;

Herbstiloxylon Gnaedinger, 2007; *Idioxylon* Crisafulli, 1995; *Kaokoxylon* Kräusel, 1956; *Medullopitys* Kräusel, 1928; *Mesopityoxylon* Aassoumi and Vozenin-Serra, 1996; *Mussaeoxylon* Merlotti, 1998; *Parataxopitys* Maniero, 1951 (in Kräusel and Dolianiti, 1958); *Paulistoxylon* Mussa, 1986b; *Petalopitys* Mussa, 1986a; *Piracicaboxylon* Mussa, 1986b; *Scleromedulloxylon* Doubinger and Marguerier, 1975; *Sclerospiroxylon* Prasad, 1982; *Septomedulloxylon* Merlotti, 2002; *Shenoxylon* Feng et al., 2011; *Solenobrasilioxylon* Mussa emend. Mussa, 1986a; *Sommerxylon* Pires and Guerra-Sommer, 2004 and *Stiloxylon* Crisafulli, 1998. *Atlanticoxylon*, *Catarinapitys*, *Petalopitys* and *Solenobrasilioxylon*, from the Permian of Brazil, *Barakaroxylon*, from the Permian of India, *Idioxylon*, from the Permian of Uruguay, and *Mesopityoxylon*, from the Permian of Morocco, are solenoid; and *Austroscleromedulloxylon*, *Paulistoxylon*, *Piracicaboxylon* and *Septomedulloxylon*, from the Permian of Brazil, *Carolinapitys*, from the Parnaíba Basin, *Scleromedulloxylon*, from the Permian of France, and *Sommerxylon*, from the Triassic of Brazil, have a septate pith, differing from the wood under study, which has a solid pith with no canals. *Europoxylon*, from the Carboniferous and Triassic of Europe, has ducts and secretory cells in the pith. The wood under study has only sclereids in addition to the parenchyma cells. *Herbstiloxylon*, from the Jurassic of Argentina, has sclereids among the parenchyma cells and thickening on the radial walls of the tracheids. *Stiloxylon*, from the Permian of Uruguay, has a sclerenchymatic tissue between the pith and the primary xylem, and the tracheids have thickening on the radial walls. *Parataxopitys*, from the Permian of Brazil, and *Sclerospiroxylon*, from the Permian of India, have strings of sclereids and thickenings on the walls of tracheids. The wood under study has nests of sclereids in the pith and no thickenings on the walls of the tracheids. *Brasilestiloxylon*, from the Permian of Brazil, has strings of sclereids. *Mussaeoxylon*, also from the Permian of Brazil, has isolated sclereids among the parenchyma cells. *Shenoxylon*, from the Permian of China, has a ring of sclerenchyma tissue in the inner region of the pith,

and some isolated sclereids in the outer region of the pith. The wood under study has only sclereids forming nests. *Kaokoxydon* and *Medullopitys*, from the Permian of Namibia, are the woods most similar to the wood studied here, having sclerenchyma nests in the pith and araucarioid pitting on the radial walls of the tracheids. However, *Medullopitys* has oopores at the cross-fields. Therefore, inclusion of this wood in the genus *Kaokoxydon* is suggested. The species of *Kaokoxydon* closest to the wood under study are *K. farleyense* (Walkom) Maheshwari, 1972, from the Permian of New South Wales; *K. pseudotrimeudullaris* Prasad, 1982, from the Permian of India; and *K. reuningi* Kräusel, 1956, from the Permian of Namibia. *K. farleyense* has pitting on radial walls 1-2s, similarly to the wood under study, but the xylem rays are higher (2-21 cells) and there are more pits in the cross-fields (up to 7), and thus this species has the tangential walls pitted. *K. pseudotrimeudullaris* has pitting on the radial walls identical to the wood under study, 1-2s, but the xylem rays are higher (up to 22 cells), including the average (5-6 cells), and there are more pits in the cross-fields (up to 6). *K. reuningi* has radial pitting 1-2s and xylem rays 1s, similarly to the wood under study, but has up to 5 cross-fields pits and xylem rays up to 20 cells high. In addition, the wood under study has medullary parenchyma cells that are sometimes pitted, differing from the other species of this genus. Therefore, the new species *Kaokoxydon punctatum* is created here.

Genus: Taeniopitys Kräusel, 1962

Taeniopitys tocaninensis Kurzawe, Merlotti and Iannuzzi, sp. nov.

Holotype: MP-Pb 5044, slides MP-Pb 5044 01-03 (Pl. V, 1-10).

Repository: Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

Type locality: Peba Farm, Filadélfia, Tocantins, Brazil.

Stratigraphic horizon and age: Lower Motuca Formation, Permian.

Etymology: This species is named after the Brazilian state of Tocantins, where the material was found.

Diagnosis: Medium pith (\varnothing 0.5 – 0.57 cm), solid and homocellular, with ducts. Primary xylem endarch and mesarch. Secondary xylem homoxylic, with growth rings. Araucarioid radial pitting, uniseriate to triseriate. Xylem rays homogeneous, generally uniseriate, rarely partly biseriate, medium (1 to 12 cells high). Araucarioid cross-fields showing 2-5 unordered pits. Tangential pits present.

Description: Medium pith (\varnothing 0.5 – 0.57 cm), with circular to stellar outline, with 18 projections to the periphery, solid and homocellular, with ducts (Pl. V, 1-3). Circular to oval parenchyma cells in cross-section, mean radial diameter = 65.5 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 95 μm), mean tangential diameter = 62.5 μm (minor diameter = 25 μm and major diameter = 100 μm) (Pl. V, 2). Parenchyma cells rectangular to oval in radial section, mean radial diameter = 66.96 μm (minor diameter = 40 μm and major diameter = 100 μm), mean tangential diameter = 68.92 μm (minor diameter = 35 μm and major diameter = 105 μm) (Pl. V, 3). Primary xylem endarch and mesarch, annular to scalariform thickening (Pl. V, 4, 6). Secondary xylem homoxylic, with growth rings, broad spring wood, with 3.38 to 4 mm width (67 to 93 tracheids), rectangular to oval cells, mean radial diameter = 45.23 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 65 μm), mean tangential diameter = 37.95 μm (minor diameter = 15 μm and major diameter = 55 μm), small late wood, with 0.13 to 0.38 mm width (6 to 11 tracheids), quadrangular to rectangular cells, mean radial diameter = 24.75 μm (minor diameter = 12.5 μm and major diameter = 42.5 μm), mean tangential diameter = 31.41 μm (minor diameter = 15 μm and major diameter = 52.5 μm) in cross-section (Pl. V, 1, 10). Araucarioid radial pitting, uniseriate to triseriate (average 1-2s, contiguous, slightly flattened, alternate), uniseriate pits contiguous to sparse and slightly flattened, biseriate pits contiguous, slightly flattened and opposite to alternate; triseriate pits contiguous, slightly

flattened and alternate (Pl. V, 8). Xylem rays homogeneous, predominantly uniseriate, rarely partly biseriate, 1 to 12 (averaging 2-3) cells high (Pl. V, 9). Araucarioid cross-fields showing 2-5 unordered pits (Pl. V, 7). Tangential pits similar to radial pits, uniseriate to biseriate, rarely triseriate (averaging 1s, contiguous, slightly flattened), uniseriate contiguous to sparse, circular to slightly flattened, biseriate contiguous, circular to slightly flattened and alternate, triseriate contiguous, slightly flattened and alternate (Pl. V, 5).

Discussion: The few genera with ducts in the pith include *Corticoxylon* Merlotti, 1989; *Ductosolenoxylon* Merlotti, 2002; *Europoxylon* Vogellehner, 1965; *Megaporoxyton* Kräusel emend. Maheshwari, 1972; *Taeniopitys* Kräusel, 1962 and *Trigonomyelon* Walton emend. Maheshwari, 1972. *Corticoxylon*, from the Permian of Brazil, differing from the other genera, has a septate pith. *Ductosolenoxylon*, from the Permian of Brazil, has pith with a system of secretory canals. *Europoxylon*, from the Carboniferous and Triassic of Europe, has secretory cells and sclereids in the pith, whereas the sample studied here has only parenchyma cells in addition to the ducts. Our wood has solid pith, similarly to *Megaporoxyton*, from the Permian of Namibia; *Taeniopitys*, from the Permian of Antarctica; and *Trigonomyelon*, from the Permian of Brazil. When Maheshwari emended *Megaporoxyton* Kräusel, 1956, he did not cite the ducts in the pith, but they were described by Kräusel (1956, pp. 421-423). In addition to this genus having ducts in the pith, the cross-field pits are oopores, whereas our wood has small pits in the cross-fields. *Trigonomyelon*, in addition to having araucarioid pitting on the radial walls and araucarioid cross-fields similar to our wood, has a singular characteristic: lobed pith. *Taeniopitys* is the most similar genus to the wood studied here, with secretory ducts in the pith, primary xylem endarch and mesarch, araucarioid radial pitting and cross-fields. Therefore, it is proposed to include this form in this genus. *Taeniopitys* is a monospecific genus. The type-species, *T. scotti* Kräusel, 1962 is very similar to the wood under study, with well marked growth rings, araucarioid pitting on the radial walls of

tracheids 1-3s, xylem rays generally 1s and up to 12 cells high and cross-field pits up to 6.

However, it differs in having a parenchyma sheath between the pith and the secondary xylem.

In addition, the wood under study has pitting on the tangential walls of the tracheids.

Therefore, the creation of a new species, *T. tocantinensis*, is proposed.

Taeniopitys sp.

Material: MP-Pb 5034, slides MP-Pb 5034 01-03 (Pl. VI, 1-8).

Repository: Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

Type locality: Peba Farm, Filadélfia, Tocantins, Brazil.

Stratigraphic horizon and age: Lower Motuca Formation, Permian.

Description: Macroscopic view: the sample is 13.2 cm long, major diameter = 3.5 cm and minor diameter = 2.4 cm, white, light brown and gray, appears to have growth rings.

Microscopic view: the wood is poorly preserved. Pith small (\varnothing 0.15 – 0.19 cm), stellar, solid and homocellular, with parenchyma cells with dark content and ducts scattered among the parenchyma cells (Pl. VI, 1-3). These are not distinguishable. Circular to oval parenchyma cells with dark content in cross section, mean radial diameter = 52.2 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 90 μm), mean tangential diameter = 44.6 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 70 μm) (Pl. VI, 3). Parenchyma cells rectangular to quadrangular with dark content in radial section, sometimes forming strings, mean radial diameter = 43.8 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 80 μm), mean tangential diameter = 70.8 μm (minor diameter = 20 μm and major diameter = 110 μm) (Pl. VI, 2). Primary xylem not preserved in cross-section, but it is possible to see annular and scalariform thickening in radial section (Pl. VI, 3, 5). Homoxyle secondary xylem, without true growth rings (Pl. VI, 1).

Tracheids rectangular to quadrangular, mean radial diameter = 40.33 μm (minor diameter =

25 μm and major diameter = 62.5 μm), mean tangential diameter = 29.13 μm (minor diameter = 15 μm and major diameter = 47.5 μm) in cross-section (Pl. VI, 6). Araucarioid radial pitting, uniseriate to tetraseriate (average 2-3s, contiguous, slightly flattened, alternate), uniseriate pits slightly flattened and contiguous, multiseriate pits contiguous, slightly flattened and alternate (Pl. VI, 8). Xylem rays homogeneous, uniseriate, 1 to 11 (averaging 2) cells high (Pl. VI, 7). Araucarioid cross-fields showing up to 2 small and unordered pits (Pl. VI, 4).

Discussion: As mentioned above, few wood genera have ducts: *Corticoxylon*, *Ductosolenoxylon*, *Europoxylon*, *Megaporoxylon* and *Taeniopitys*. Among these, *Taeniopitys* is closest to the wood under study, having pith with secretory cells and ducts, primary xylem mesarch, araucarioid multiseriate pitting on the radial walls of the tracheids, and many cross-field pits. The wood under study has ducts and dark-content cells (secretory?) in the pith, araucarioid multiseriate pitting on the radial walls of the tracheids and araucarioid cross-fields with small pits. The only problem is that our wood has altered primary xylem, and it is not possible to differentiate it. Because all other characters are similar to *Taeniopitys*, we decided to include this wood in this genus, but termed only *Taeniopitys* sp.

4. Final Considerations

As a result of this second part, five new species of gymnospermous wood (*Damudoxylon buritiranaensis* sp. nov., *D. humile* sp. nov., *D. rosslerii* sp. nov., *Kaokoxylon punctatum* sp. nov. and *Taeniopitys tocantinensis* sp. nov.), and the new form (*Taeniopitys* sp.) were assigned to the lower Motuca Formation. The genus *Damudoxylon* is widespread, with different species occurring through vast areas of Gondwana (Africa, India, Antarctica, Oceania), and, until now, South America was the only continent with no record of species of *Damudoxylon* during the Permian. Thus, the three new species found in the Motuca Formation expand the area of occurrence of this genus. Similarly to *Damudoxylon*,

Kaokoxydon has a widespread occurrence (Africa, India, Oceania and South America); Antarctica was the only continent of Gondwana with no record of this genus. The new species proposed herein, *K. punctatum*, now extends the occurrence of the genus *Kaokoxydon* to Brazil. *Taeniopitys* was a monospecific genus found only in Antarctica. Here, its geographical distribution is extended by the proposal of one new species, *T. tocantinensis*, and one new form, *Taeniopitys* sp. Summarizing, these are the first records of the above-mentioned genera in Brazil.

The results from the complete study of gymnospermous woods (parts I and II) revealed the extensive anatomical variability of these woody plants, which was previously unknown. The thin sections of the woods show a range of pith types, including simple parenchymatic pith (*Damudoxylon humile* sp. nov. and *D. rosslerii* sp. nov.), parenchymatic pith with secretory cells (*Damudoxylon buritiranaensis* sp. nov.) and with nests (*Kaokoxydon punctatum* sp. nov.) or strings of sclereids (*Scleroabietoxylon chordas*), secretory ducts (*Taeniopitys tocantinensis* sp. nov., *Taeniopitys* sp. and *Ductoabietoxylon solis*) and solenoid piths with canals (*Parnaiboxylon rohnae* and *Parnaiboxylon* sp.). Moreover, two of them, *Ductoabietoxylon solis* and *Scleroabietoxylon chordas*, have an outstanding characteristic: the abietoid rays. On the other hand, all the woods have araucarioid pitting in the radial walls of the tracheids.

Lepekhina (1972) considered that woods with only parenchymatic pith are less derived than solenoid piths, and Greguss (1955) considered abietoid rays to be a late evolutionary stage from the wood rays with thin walls. Therefore, this flora shows woods with a wide range of evolutionary stages. Moreover, Grambast (1960a, b) considered araucarioid pitting as the most primitive kind of pitting, while mixed could be an intermediate stage and abietoid the most modern type. During the Permian, the mixed and abietoid types became more common in the floras of Gondwana, while in the Northern Hemisphere the araucarioid type of

pitting was the rule. This, alongside the findings of Rößler and Galtier (2002a, b, 2003), indicates a closer similarity of the Motuca Formation flora to those from the Northern Hemisphere.

Dolianiti (1972), for the first time, mentioned that Permian fossil plants from the Parnaíba Basin (such as *Psaronius* spp.) showed closer affinities to taxa from Europe and North America, differing from those of the Paraná Basin (southern Brazil), where the typical elements of the *Glossopteris* Flora predominated. Dolianiti also emphasized the absence of glossopterids as a strong argument in favor of the northern relationships of the fossil flora from the Parnaíba Basin. Later, Coimbra & Mussa (1984) and Mussa & Coimbra (1987) corroborated this hypothesis through the identification of some northern plant genera, such as *Arthropitys* among the sphenopsids, and *Amyelon* and *Cycadoxylon* among the gymnosperms. More recently, Rößler and Galtier (2002a) described a new species of *Grammatopteris*, a genus originally restricted to Northern Hemisphere terrains (Germany and France). On the other hand, Herbst (1986) recognized in the Parnaíba Basin, *Tietea singularis* Solms-Laubach, 1913, a tree fern previously known from the Paraná Basin. The present study established the presence of three more Gondwanan elements in the Parnaíba Basin, e.g., *Damudoxylon*, *Kaokoxylon* and *Taeniopitys*.

In summary, it has become clear that the floral record from the Parnaíba Basin represents a transitional floral belt between traditional Euramerican and southern Gondwanan realms, considering the presence of genera from both phylogeographic units. This result could be expected, in view of the intermediate paleogeographical position and climatic conditions proposed for northeastern South America, where the Parnaíba Basin is located (synthesis by Rees et al., 2002). In order to understand the phylogeographical context of the Parnaíba flora, a preliminary analysis of only the so-called shared genera (in contrast to endemic ones) reveals that almost all the spore-producing plants show Euroamerican and/or comopolitan

distributions, except for *Tietea*, while the situation for seed plants is otherwise except for the record of the cosmopolitan genus *Cycadoxylon*. Further studies are required to comprehend the meaning of this pattern.

The most conspicuous consequence of the taxonomic findings of recent decades resides in the high level of endemism observed in the Parnaíba flora. The permineralized plants include 14 shared genera (*Psaronius*, *Tietea*, *Scolecoperis*, *Pecopteris*, *Grammatopteris*, *Botryopteris*, *Arthropitys*, *Sphenophyllum*, *Dadoxylon*, *Amyelon*, *Cycadoxylon*, *Damudoxylon*, *Kaokoxylon*, *Taeniopitys*) versus 8 endemic ones (*Dernbachia*, *Carolinapitys*, *Cyclomedulloxylon*, *Araguainorachis*, *Teresinoxylon*, *Ductoabietoxylon*, *Scleroabietoxylon*, *Parnaiboxylon*). Applying a simple formula commonly used in biogeography to determine the level of endemism of a region (Cox and Moore, 2005), i.e., [number of endemic taxa . 100 / total number of taxa], results in an estimate of 36.4% endemic genera for this flora. However, the degree of endemism could be even higher. The genus *Dadoxylon* should be excluded from this analysis because it can be considered as an invalid taxon (Bamford and Philippe, 2001), corresponding probably to a part (= secondary wood) of one of the valid taxa already described. In this case, the level of endemism would increase to 38%. These values suggest that this flora belongs to a distinct phytogeographical unit, which could perhaps rank as a Floral Region, according to criteria proposed by Wnuk (1996). Therefore, instead of being understood as a transitional floral belt, this floral record should be considered a unique region occupied by a differentiated flora, forming its own phytogeographic unit. The paleogeographical, climatic and sedimentary data support this conclusion, indicating a set of abiotic features exclusive to this region, which explains the development of a diverse flora adapted to these conditions.

Acknowledgements

This study was supported by the “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico” of Brazil (CNPQ), as a PhD scholarship to the senior author FK (Process 140923/2008-0), and a grant and fellowships to RI (Processes 483704/2010-5 and PQ305687/2010-7). We thank Dermeval A. do Carmo of the Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, Brazil, who provided logistical support for the field trip to Filadélfia, Tocantins. We thank Janet Reid for reviewing the English version of this work.

References

- Aassoumi, H., Vozenin-Serra, C., 1996. Sur un bois silicifié à moelle conservée du Permien du Bassin de Tiddas (Maroc Central), *Mesopityoxylon tiddasense* gen. et sp. nov. – Intérêts phylogénétiques et paléoclimatique. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 94: 57-73.
- Agashe, S. N. 1977. *Prototaxopitys andrewsii*, a new combination for *Prototaxoxylon andrewsii* Agashe & Chitnis. *Geophytology*, 7(2): 278-279.
- Agashe, S.N., Chitnis, S.R., 1971. Studies on the fossil gymnosperms, part II: *Prototaxoxylon andrewsii* a new species of taxinean wood from the Lower Gondwana Strata. *Palaeontographica, Abt. B*, 133(1-3): 52-60.
- Bamford, M., Philippe, M., 2001. Jurassic-Early Cretaceous Gondwanan homoxylous woods: a nomenclatural revision of the genera with taxonomic notes. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 113: 287-297.
- Biradar, N.V., Bonde, S.D., 1981. *Nandorioxylon saksenae* gen. et sp. nov. – a new gymnospermous wood from the Kamthi Stage of Chandrapur District, Maharashtra State, India. *Geophytology*, 11: 90-95.
- Brongniart, A., 1872. Notice sur le *Psaronius brasiliensis*. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 19: 3-10.

- Coimbra, A.M., Mussa, D., 1984. Associação lignitaflorística na Formação Pedra-de-Fogo, (Arenito Cacunda), Bacia do Maranhão – Piauí, Brasil. XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, Rio de Janeiro, pp. 591-605.
- Cox, C.B., Moore, P.D., 2005. Biogeography: An Ecological and Evolutionary Approach. Blackwell Publishing, Oxford.
- Crisafulli, A., 1995. *Idioxylon lutzi* nov. gen. et sp. (Coniferopsida) del Pérmico Inferior (Formación Melo) de Uruguay. VI Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Trelew, pp. 91-97.
- Crisafulli, A., 1998. Leños gimnospérmicos de la Formación Melo (Pérmico Inferior), Uruguay. Parte II. *Stiloxylon*, *Polysolenoxylon* y *Bageopitys*. *Ameghiniana*, 35: 133-140.
- Dernbach, U., 1996. Versteinerte Wälder. Die 30 schönsten Versteinerten Wälder der Erde. D'Oro, Heppenheim.
- Dias-Brito, D., Rohn, R., Castro, J. C., Dias, R. R., Rössler, R., 2007. Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional – o mais exuberante e importante registro florístico tropical-subtropical permiano no Hemisfério Sul. In: Winge, M., Schobbenhaus, C., Berbert-Born, M., Queiroz, E. T., Campos, D. A., Souza, C. R. G., Fernandes, A. C. S. (Eds.), sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. DNPM/CPRM – SIGEP, Brasília. Available at:<<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio104/sitio104.pdf>>. Accessed in: 8 Oct. 2009.
- Dolianiti, E., 1972. Relações entre as floras paleozóicas do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 44 (supl.): 113-118.
- Doubinger, J., Marguerier, J., 1975. Paléoxylologie: étude anatomique comparée de *Scleromedulloxylon aveyronense* nov. gen. nov. sp. du Permien de St. Afrique (Aveyron, France), considérations taxinomiques et stratigraphiques. *Geobios*, 8: 25-59.

Feng, Z., Wang, J., Rößler, R., 2010. *Palaeoginkgoxylon zhoui*, a new ginkgophyte wood from the Guadalupian (Permian) of China and its evolutionary implications. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162: 146-158.

Feng, Z., Wang, J., Rößler, R., 2011. A unique gymnosperm from the latest Permian of China, and its ecophysiological implications. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 165: 27-40.

Gnaedinger, S., 2007. *Planoxylon* Stopes, *Protelicoxylon* Philippe y *Herbstiloxylon* nov. gen. (Coniferales) de la Formación La Matilde (Jurásico Medio), provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana*, 44: 321-335.

Grambast, L., 1960a. Évolution des structures ligneuses chez les Coniferophytes. *Bulletin de la Société Botanique de France, Mémoires*, 107: 30-41.

Grambast, L., 1960b. Remarques sur les *Dadoxylon* permo-carbonifères des territoires à flore de Gondwana. *Annales du Musée Royal du Congo Belge, série in 8, Sciences Géologiques*, 30: 11-21.

Greguss, P., 1955. Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy. *Akadémiai Kiadó, Budapest*.

Herbst, R., 1986. Studies on Psaroniaceae I. The family Psaroniaceae (Marattiales) and a redescription of *Tietea singularis* Solms-Laubach, from the Permian of Brazil. In: IV Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía. Mendoza, p. 163–176.

Holden, R., 1913. Contributions to the anatomy of Mesozoic conifers. *Annals of Botany*, 27(107): 533-545.

Kräusel, R., 1928. Fossile Pflanzenreste aus der Karruformation von Deutsch-Südwest Afrika. In: Kräusel, R., Range, P. Beiträge zur Kenntnis der Karruformation Deutsch-Südwest Afrika. Beiträge zur Geologischen Erforschung der Deutschen Schutzgebiete, 20: 1-54.

Kräusel, R., 1956. 4. Der „Versteinerte Wald“ im Kaokoveld, Südwest-Afrika.

Senckenbergiana Lethaea, 37(5/6): 411-453.

- Kräusel, R., 1962. Antarctic fossil wood. Appendix. Scientific Reports Geology, 9: 133-140 (Trans-Antarctic Expedition 1955-1958).
- Kräusel, R., Dolianiti, E., 1958. Gymnospermenhölzer aus dem Paläozoikum Brasiliens. Palaeontographica, Abt. B, 104(4-6): 115-137.
- Kulkarni, S., Maithy, P.K., Surange, K.R., 1969. On *Barakaroxylon jhariense*. Palaeobotanist, 18: 305-308.
- Kurzawe, F., Merlotti, S., 2009. O complexo *Dadoxylon-Araucarioxylon*, Carbonífero e Permiano do Gondwana: estudo taxonômico do gênero *Dadoxylon*. Pesquisas em Geociências, 36: 223-232.
- Lepekhina, V.G., 1972. Woods of Palaeozoic pycnoxylic gymnosperms with special reference to North Eurasia representatives. Palaeontographica, Abt. B, 138(1-4): 44-106.
- Maheshwari, H.K., 1966. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 28. On some fossil woods from the Raniganj Stage of the Raniganj Coalfield, Bengal. Palaeobotanist, 15: 243-257.
- Maheshwari, H.K., 1972. Permian wood from Antarctica and revision of some Lower Gondwana wood taxa. Palaeontographica, Abt. B, 138: 1-43.
- Maniero, J., 1951. *Parataxopitys brasiliana*, gen. n. sp. n. Madeira nova do Permiano Inferior. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 23: 105-112.
- Merlotti, S., 1989. Ocorrência de um fragmento de caule tipo *Cordaites* no Gondwana do Brasil. XI Congresso Brasileiro de Paleontologia. Sociedade Brasileira de Paleontologia, Curitiba. pp. 151-161.
- Merlotti, S., 1998. *Mussaexylon*, novo táxon gimnospérmico do Gondvana brasileiro. Acta Geologica Leopoldensia, 21(46/47): 45-54.

- Merlotti, S., 2002. Dois novos taxa lenhosos da Formação Serra Alta (Permiano Superior, Bacia do Paraná), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Universidade Guarulhos/Geociências*, 7: 5-14.
- Merlotti, S., 2009. Reavaliação taxonômica de lenhos das formações Irati e Serra Alta, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 36: 11-21.
- Merlotti, S., 2011. Método de estudo paleoanatômico aplicado à taxonomia de lenhos gimnosperâmicos gondwânicos (Paleozóico Superior). *Pesquisas em Geociências*, 38: 29-53.
- Merlotti, S., Rosa, L.M. 2002. Lâminas delgadas de lenhos fósseis. In: Tânia Lindner Dutra (Org.), *Técnicas e Procedimentos de Trabalho com Fósseis e Formas Modernas Comparativas*. Unisinos, São Leopoldo, pp. 36-37.
- Mussa, D., 1974. Paleoxiloanatomia brasileira. II – Novo gênero de lenho fóssil da Formação Irati, Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 46: 617-634.
- Mussa, D., 1978. *Brasilestiloxylon* e *Solenobrasiloxylon*, dois novos gêneros gondwânicos na Formação Irati, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo*, 9: 118-127.
- Mussa, D., 1986a. As formas gondwânicas do grupo solenóide e sua distribuição estratigráfica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 58: 61-88.
- Mussa, D., 1986b. Eustelos gondwânicos de medulas diafragmadas e sua posição estratigráfica. *Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo*, 17: 11-26.
- Mussa, D., Coimbra, A.M., 1987. Novas perspectivas de comparação entre as tafofloras permianas (de lenhos) das bacias do Parnaíba e do Paraná. X Congresso Brasileiro de Paleontologia. Sociedade Brasileira de Paleontologia, Rio de Janeiro, pp. 201-221.
- Pant, D.D., Singh, V.K., 1987. Xylotomy of some woods from Raniganj Formation (Permian), Raniganj Coalfield, India. *Palaeontographica, Abt. B*, 203: 1-82.

- Pires, E.E., Guerra-Sommer, M., 2004. *Sommerxylon spiralosus* from Upper Triassic in southernmost Paraná Basin (Brazil): a new taxon with taxacean affinity. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 76: 595-609.
- Prasad, M.N.V., 1982. An annotated synopsis of Indian palaeozoic gymnospermous woods. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 38(1982): 119-156.
- Prasad, M.N.V., Chandra, S., 1980. *Palaeospiroxylon* – a new gymnospermous wood from Raniganj Coalfield, India. *Palaeobotanist*, 26: 230-236.
- Rees, P.M., Ziegler, A.M., Gibbs, M.T., Kutzbach, J.E., Behling, P.J., Rowley, D.B., 2002. Permian phytogeographic patterns and climate data/model comparisons. *Journal of Geology*, 110: 1-31.
- Richter, H.G., Grosser, D., Heinz, I., Gasson, P.E., 2004. IAWA list of microscopic features for softwood identification. *IAWA Journal*, 25: 1-70.
- Röbber, R., Galtier, J., 2002a. First *Grammatopteris* tree ferns from the Southern Hemisphere – new insights in the evolution of the Osmundaceae from the Permian of Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 121: 205-230.
- Röbber, R., Galtier, J., 2002b. *Dernbachia brasiliensis* gen. nov. et sp. nov. – a new small tree fern from the Permian of NE Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 122: 239-263.
- Röbber, R., Galtier, J., 2003. The first evidence of the fern *Botryopteris* from the Permian of the Southern Hemisphere reflecting growth form diversity. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 127: 99-124.
- Vogellehner, D., 1965. Untersuchungen zur Anatomie und Systematik der verkieselten Hölzer aus dem fränkischen und südthüringischen Keuper. *Erlanger Geologische Abhandlungen*, 59: 3-76.
- Wnuk, C., 1996. The development of floristic provinciality during the Middle and Late Paleozoic. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 90: 5-40.

Zalessky, M.D., 1911. Étude sur l'anatomie *Dadoxylon tchihatcheffi* Göppert sp. Mémoires du Comité Géologique, nouvelle série, 68: 1-29.

Zhang, W., Wang, Y., Zheng, S., Yang, X., Li, Y., Fu X., Li, N., 2007. Taxonomic investigations on permineralized conifer woods from the Late Palaeozoic Angaran deposits of northeastern Inner Mongolia, China and their palaeoclimatic significance. Review of Palaeobotany and Palynology, 144: 261-285.

Plate I

Fig. 1 – *Damudoxylon buritiranaensis* sp. nov. General view showing the pith and the secondary xylem, with true and false growth rings. Scale bar = 1000 µm. Sample no. TOF125TR.

Fig. 2 - *Damudoxylon buritiranaensis* sp. nov. Cross-section showing secretory (arrow) and parenchyma cells. Scale bar = 100 µm. Sample no. TOF125TR.

Fig. 3 - *Damudoxylon buritiranaensis* sp. nov. Cross-section showing the endarch primary xylem and a secretory cell (arrow). Scale bar = 50 µm. Sample no. TOF125TR.

Fig. 4 - *Damudoxylon buritiranaensis* sp. nov. Radial longitudinal section showing the pitting on the radial walls of tracheids. a – focus on uniseriate pitting. b – focus on biseriate pitting. Scale bar = 50 µm. Sample no. TOF125R.

Fig. 5 - *Damudoxylon buritiranaensis* sp. nov. Cross-section showing the secondary xylem. A false ring on the left side and a true ring in the middle. Scale bar = 100 µm. Sample no. TOF125TR.

Fig. 6 - *Damudoxylon buritiranaensis* sp. nov. Tangential longitudinal section showing uniseriate short xylem rays. Scale bar = 100 µm. Sample no. TOF125TA.

Fig. 7 - *Damudoxylon buritiranaensis* sp. nov. Radial longitudinal section showing a cross-field with remnants of pits. Scale bar = 50 µm. Sample no. TOF125R.

Fig. 8 - *Damudoxylon buritiranaensis* sp. nov. Radial longitudinal section showing scalariform thickening; the pith is on the upper side and the secondary xylem is on the lowermost side. Scale bar = 50 µm. Sample no. TOF125R.

Plate II

Fig. 1 – *Damudoxylon humile* sp. nov. General view showing the pith and the secondary xylem. Scale bar = 1000 µm. Sample no. MPPB5032-05.

Fig. 2 – *Damudoxylon humile* sp. nov. Cross-section of the pith showing the parenchyma cells with dark content. Scale bar = 100 μ m. Sample no. MPPB5032-05.

Fig. 3 – *Damudoxylon humile* sp. nov. Cross-section showing the endarch primary xylem. Scale bar = 50 μ m. Sample no. MPPB5032-05.

Fig. 4 – *Damudoxylon humile* sp. nov. Radial longitudinal section showing a cross-field with pits. Scale bar = 20 μ m. Sample no. MPPB5032-01.

Fig. 5 – *Damudoxylon humile* sp. nov. Radial longitudinal section showing annular (left), scalariform (middle) and simple (right) thickening in the primary xylem. Scale bar = 50 μ m. Sample no. MPPB5032-01.

Fig. 6 – *Damudoxylon humile* sp. nov. Radial longitudinal section showing uniseriate pitting on the radial walls of tracheids. Scale bar = 50 μ m. Sample no. MPPB5032-01.

Fig. 7 – *Damudoxylon humile* sp. nov. Tangential longitudinal section showing short uniseriate xylem rays and tangential pitting (arrows). Scale bar = 100 μ m. Sample no. MPPB5032-03.

Fig. 8 – *Damudoxylon humile* sp. nov. Cross-section showing the tracheids of the secondary xylem. Scale bar = 100 μ m. Sample no. MPPB5032-05.

Plate III

Fig. 1 – *Damudoxylon rosslerii* sp. nov. Cross-section showing the pith and the secondary xylem, with a growth ring. Scale bar = 1000 μ m. Sample no. TOF195TR.

Fig. 2 – *Damudoxylon rosslerii* sp. nov. Cross-section showing the secondary xylem with a growth ring. Scale bar = 100 μ m. Sample no. TOF195TR.

Fig. 3 – *Damudoxylon rosslerii* sp. nov. Cross-section showing the endarch primary xylem (left) and the pith with parenchyma cells with dark content (right). Scale bar = 100 μ m. Sample no. TOF195TR.

Fig. 4 – *Damudoxylon rosslerii* sp. nov. General view of sample TOF195A, with three branch traces (arrows). Scale bar = 1 cm.

Fig. 5 – *Damudoxylon rosslerii* sp. nov. Radial longitudinal section showing pitting on the radial walls of tracheids. a – biseriate pitting (arrow). b – uniseriate pitting. Scale bar = 50 μ m. Sample no. TOF195R.

Fig. 6 – *Damudoxylon rosslerii* sp. nov. Radial longitudinal section showing scalariform thickening. Scale bar = 50 μ m. Sample no. TOF195R.

Fig. 7 – *Damudoxylon rosslerii* sp. nov. General view of all samples (A to F). Scale bar = 1 cm.

Fig. 8 – *Damudoxylon rosslerii* sp. nov. Radial longitudinal section showing a cross-field with four pits (arrow). Scale bar = 20 μ m. Sample no. TOF195R.

Fig. 9 – *Damudoxylon rosslerii* sp. nov. Tangential longitudinal section showing uniseriate and generally short xylem rays. Scale bar = 100 μ m. Sample no. TOF195TA.

Plate IV

Fig. 1 – *Kaokoxydon punctatum* sp. nov. Cross-section showing the pith, with a nest of sclereids (lowermost arrow) and a pitted parenchyma cell (uppermost arrow). Scale bar = 100 μ m. Sample no. MNPB5038-03.

Fig. 2 – *Kaokoxydon punctatum* sp. nov. Radial longitudinal section showing the pith with a nest of sclereids. Scale bar = 100 μ m. Sample no. MNPB5038-01.

Fig. 3 – *Kaokoxydon punctatum* sp. nov. Cross-section showing the endarch primary xylem. Scale bar = 100 μ m. Sample no. MNPB5038-03.

Fig. 4 – *Kaokoxydon punctatum* sp. nov. Cross-section showing the tracheids of the secondary xylem. Scale bar = 100 μ m. Sample no. MNPB5038-03.

Fig. 5 – *Kaokoxydon punctatum* sp. nov. Radial longitudinal section showing a cross-field with two pits. Scale bar = 20 μ m. Sample no. MNPB5038-01.

Fig. 6 – *Kaokoxydon punctatum* sp. nov. Tangential longitudinal section showing uniseriate xylem rays. Scale bar = 50 μ m. Sample no. MNPB5038-02.

Fig. 7 – *Kaokoxydon punctatum* sp. nov. Radial longitudinal section showing the pith, with two sclereid nests, one on the left and the other on the right. The center of the pith is on the lowermost side and the xylem on the uppermost side. Scale bar = 100 μ m. Sample no. MNPB5038-01.

Fig. 8 – *Kaokoxydon punctatum* sp. nov. General view showing the pith and the secondary xylem. Scale bar = 1000 μ m. Sample no. MNPB5038-03.

Fig. 9 – *Kaokoxydon punctatum* sp. nov. Radial longitudinal section showing annular and scalariform thickening. Scale bar = 50 μ m. Sample no. MNPB5038-01.

Fig. 10 – *Kaokoxydon punctatum* sp. nov. Radial longitudinal section showing the pitting on the radial walls of tracheids. a – uniseriate pitting. b – biseriate pitting. Scale bar = 50 μ m. Sample no. MNPB5038-01.

Plate V

Fig. 1 – *Taeniopitys tocaninensis* sp. nov. General view showing the pith with ducts and the secondary xylem with growth rings. Scale bar = 1000 μ m. Sample no. MPPB5044-03.

Fig. 2 – *Taeniopitys tocaninensis* sp. nov. Cross-section showing the pith with ducts. Scale bar = 100 μ m. Sample no. MPPB5044-03.

Fig. 3 – *Taeniopitys tocaninensis* sp. nov. Radial longitudinal section showing the pith, with parenchyma cells and ducts. Scale bar = 100 μ m. Sample no. MPPB5044-01.

Fig. 4 – *Taeniopitys tocaninensis* sp. nov. Cross-section showing the primary xylem. a – mesarch primary xylem. b – primary endarch. Scale bar = 50 μ m. Sample no. MPPB5044-03.

Fig. 5 – *Taeniopitys tocaninensis* sp. nov. Tangential longitudinal section showing the pitting on tangential walls of tracheids. Scale bar = 50 μ m. Sample no. MPPB5044-02.

Fig. 6 – *Taeniopitys tocaninensis* sp. nov. Radial longitudinal section showing scalariform thickening. Scale bar = 50 μ m. Sample no. MPPB5044-01.

Fig. 7 – *Taeniopitys tocaninensis* sp. nov. Radial longitudinal section showing a cross-field with five pits. Scale bar = 20 μ m. Sample no. MPPB5044-01.

Fig. 8 – *Taeniopitys tocaninensis* sp. nov. Radial longitudinal section showing the pitting on radial walls of tracheids. a – triseriate pitting. b – uni- to biseriate pitting. Scale bar = 50 μ m. Sample no. MPPB5044-01.

Fig. 9 – *Taeniopitys tocaninensis* sp. nov. Tangential longitudinal section showing generally uniseriate, rarely partly biseriate (arrow) rays. Scale bar = 50 μ m. Sample no. MPPB5044-02.

Fig. 10 – *Taeniopitys tocaninensis* sp. nov. Cross-section showing a growth ring. Scale bar = 100 μ m. Sample no. MPPB5044-03.

Plate VI

Fig. 1 – *Taeniopitys* sp. General view showing the pith and the secondary xylem. Scale bar = 1000 μ m. Sample no. MPPB5034-03.

Fig. 2 – *Taeniopitys* sp. Radial longitudinal section showing the pith, with cells with dark content and ducts. Scale bar = 100 μ m. Sample no. MPPB5034-01.

Fig. 3 – *Taeniopitys* sp. Cross-section showing the pith and the secondary xylem. Scale bar = 100 μ m. Sample no. MPPB5034-03.

Fig. 4 – *Taeniopitys* sp. Radial longitudinal section showing a cross-field with two pits (arrow). Scale bar = 50 μ m. Sample no. MPPB5034-01.

Fig. 5 – *Taeniopitys* sp. Radial longitudinal section showing scalariform thickening. Scale bar = 50 μ m. Sample no. MPPB5034-01.

Fig. 6 – *Taeniopitys* sp. Cross-section showing tracheids of the secondary xylem. Scale bar = 100 μ m. Sample no. MPPB5034-03.

Fig. 7 – *Taeniopitys* sp. Tangential longitudinal section showing uniseriate xylem rays. Scale bar = 100 μ m. Sample no. MPPB5034-02.

Fig. 8 – *Taeniopitys* sp. Radial longitudinal section showing the araucarioid pitting on the radial walls of tracheids. Scale bar = 50 μ m. Sample no. MPPB5034-01.

Plate I

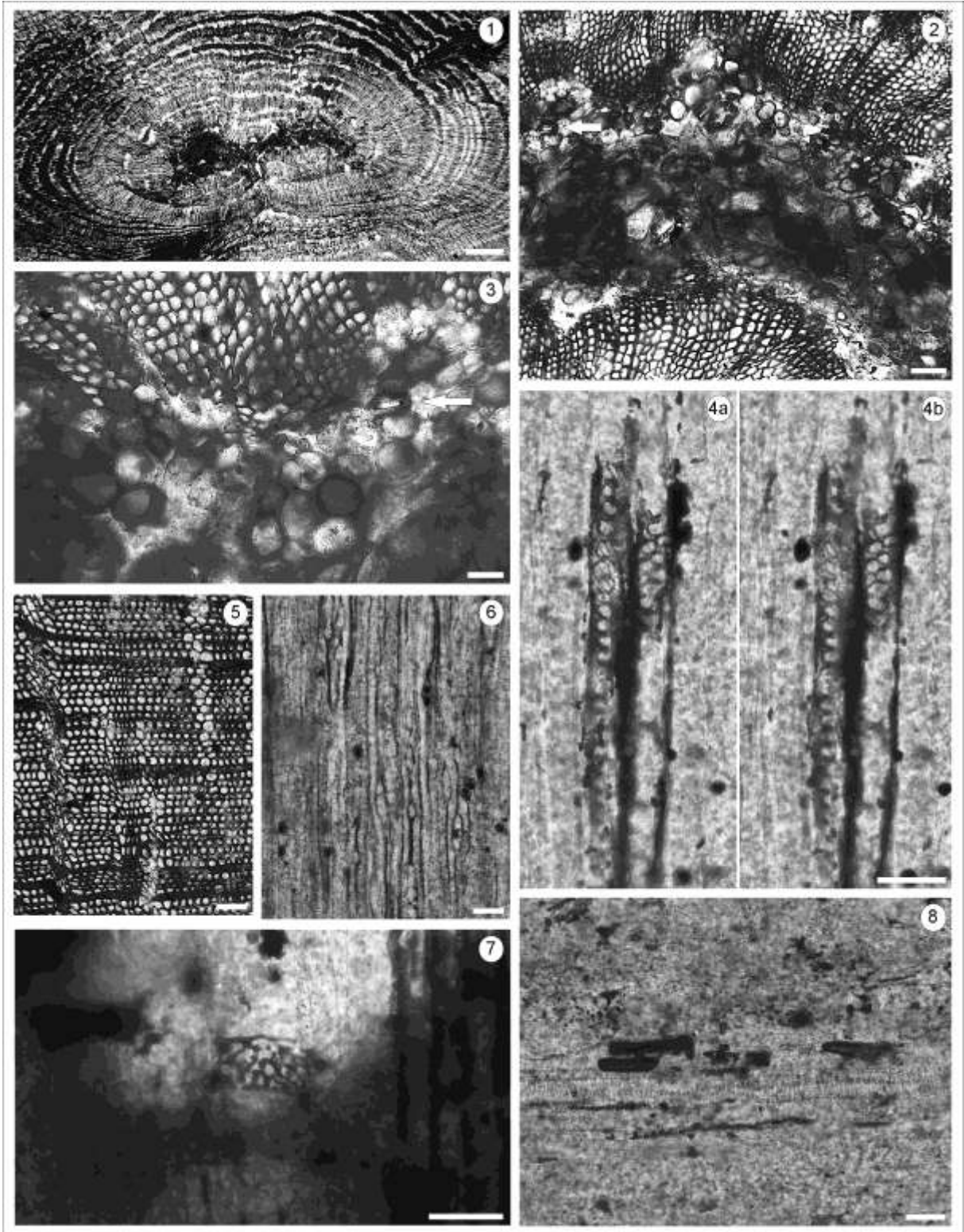


Plate II

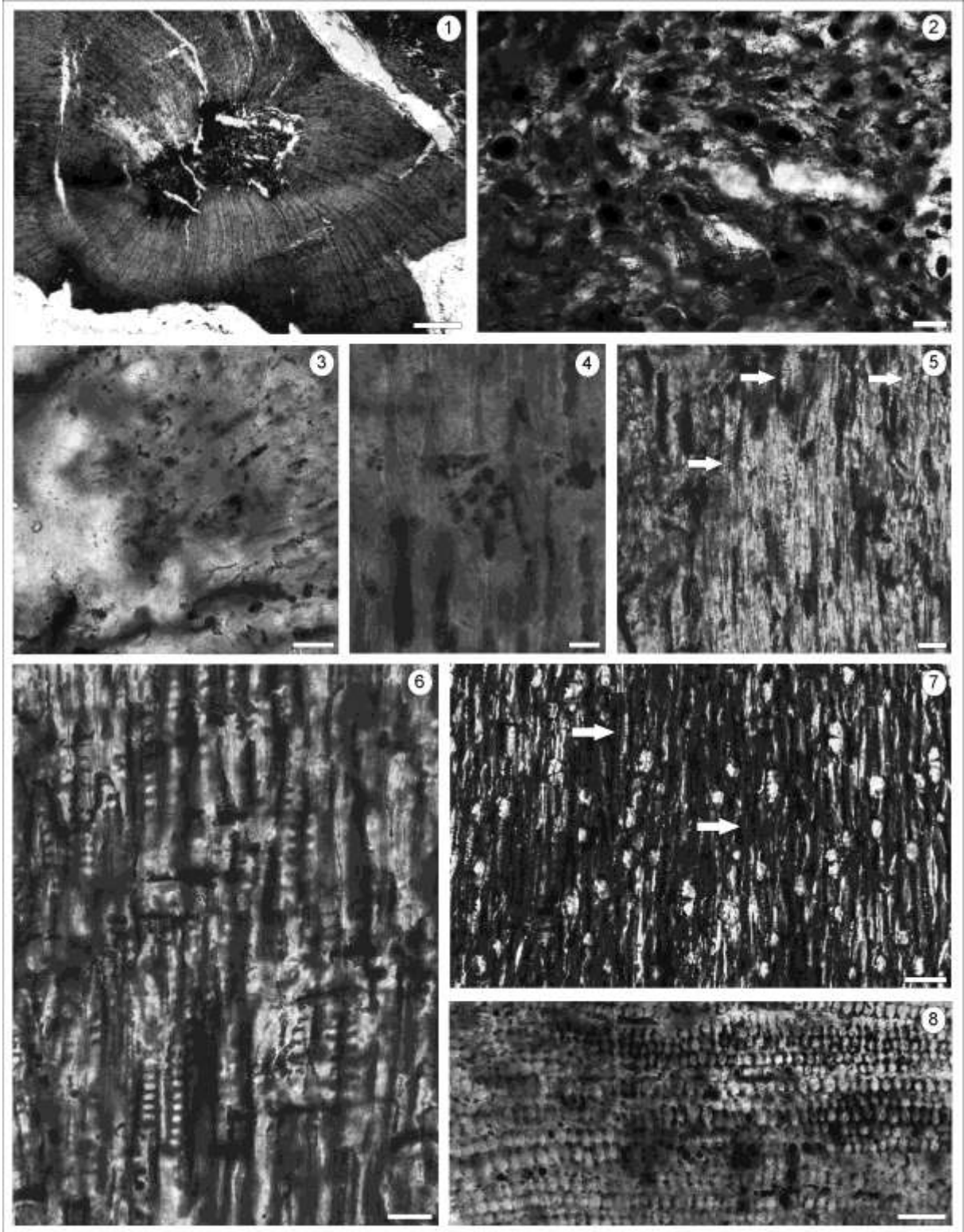


Plate III

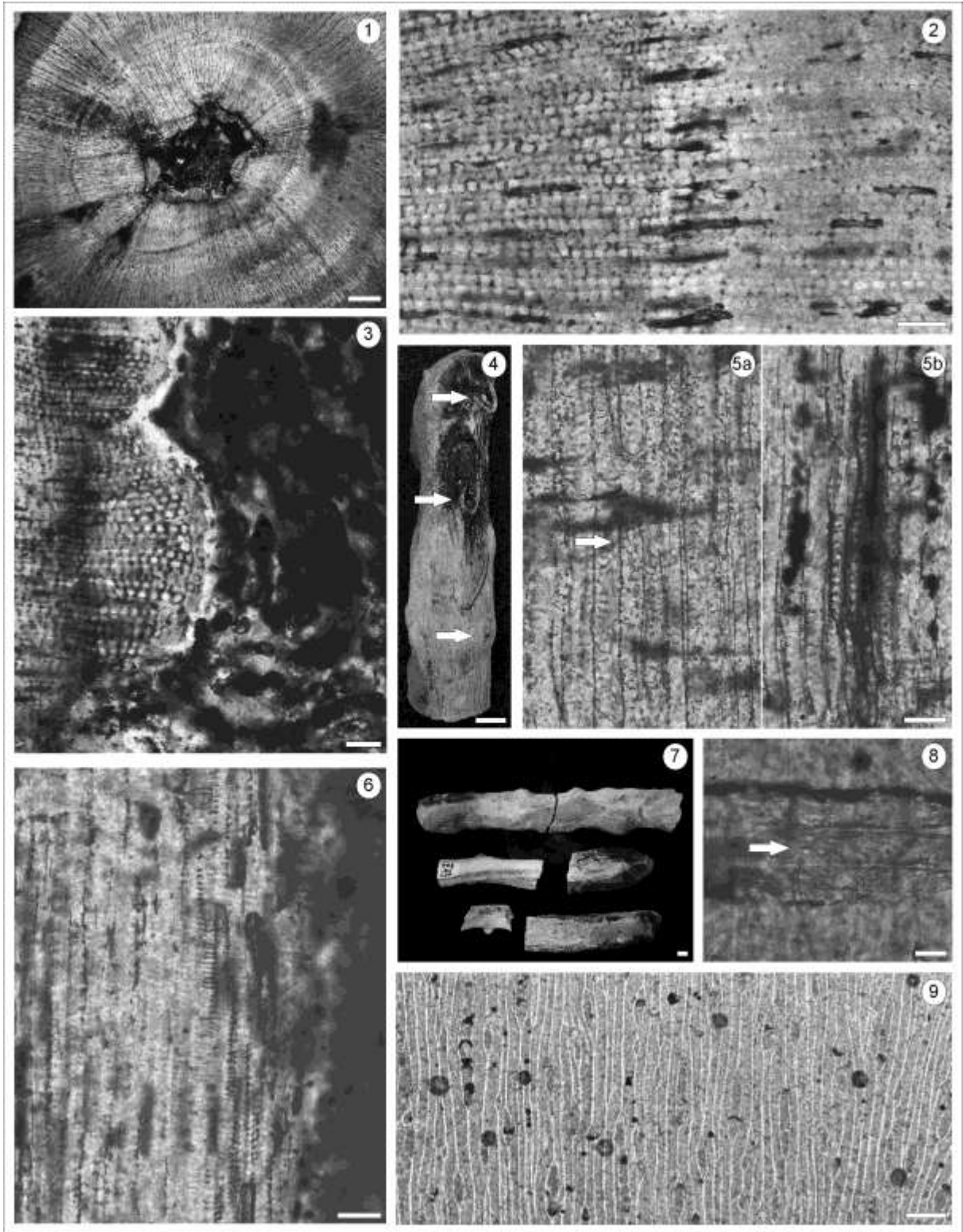


Plate IV

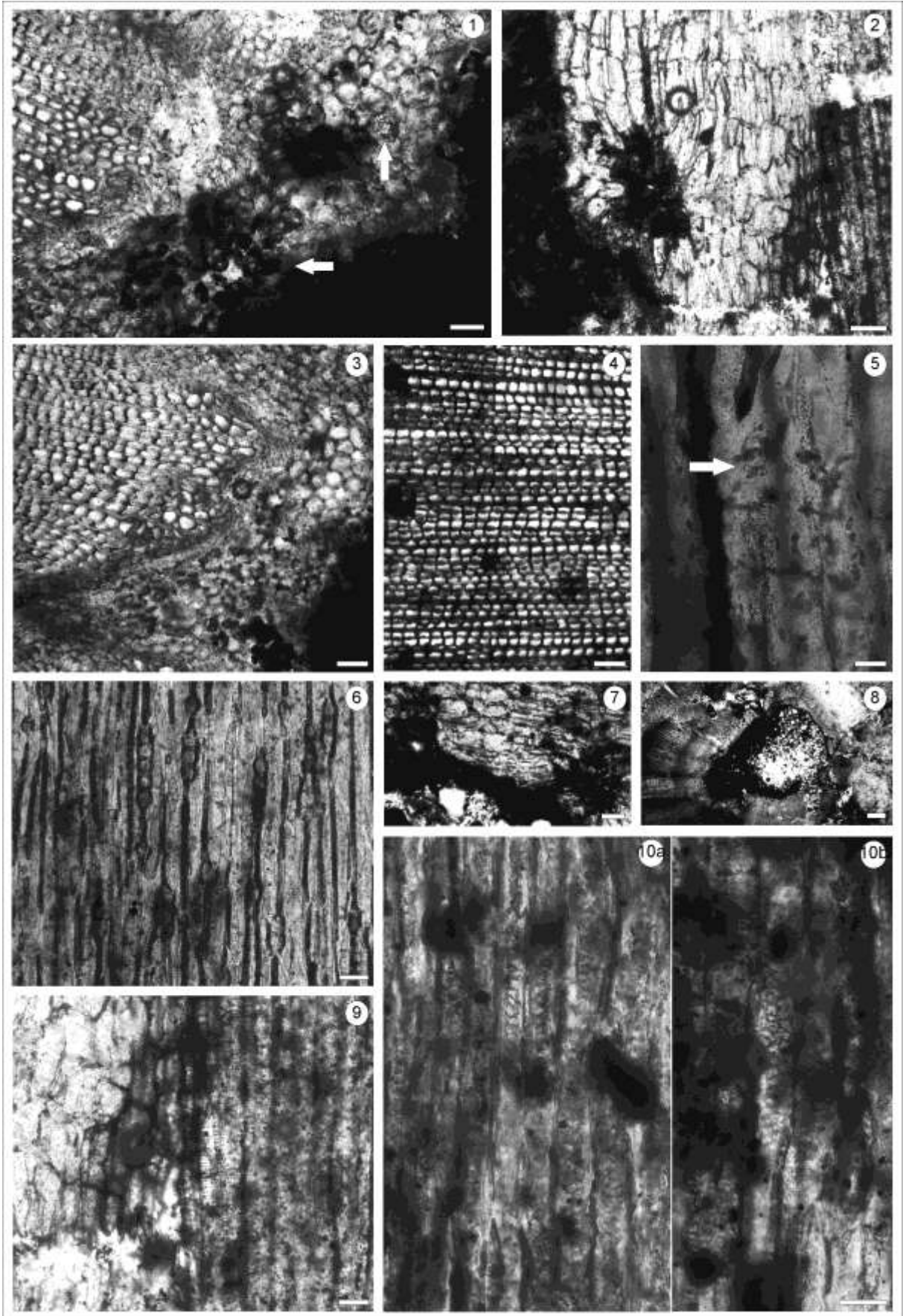


Plate V

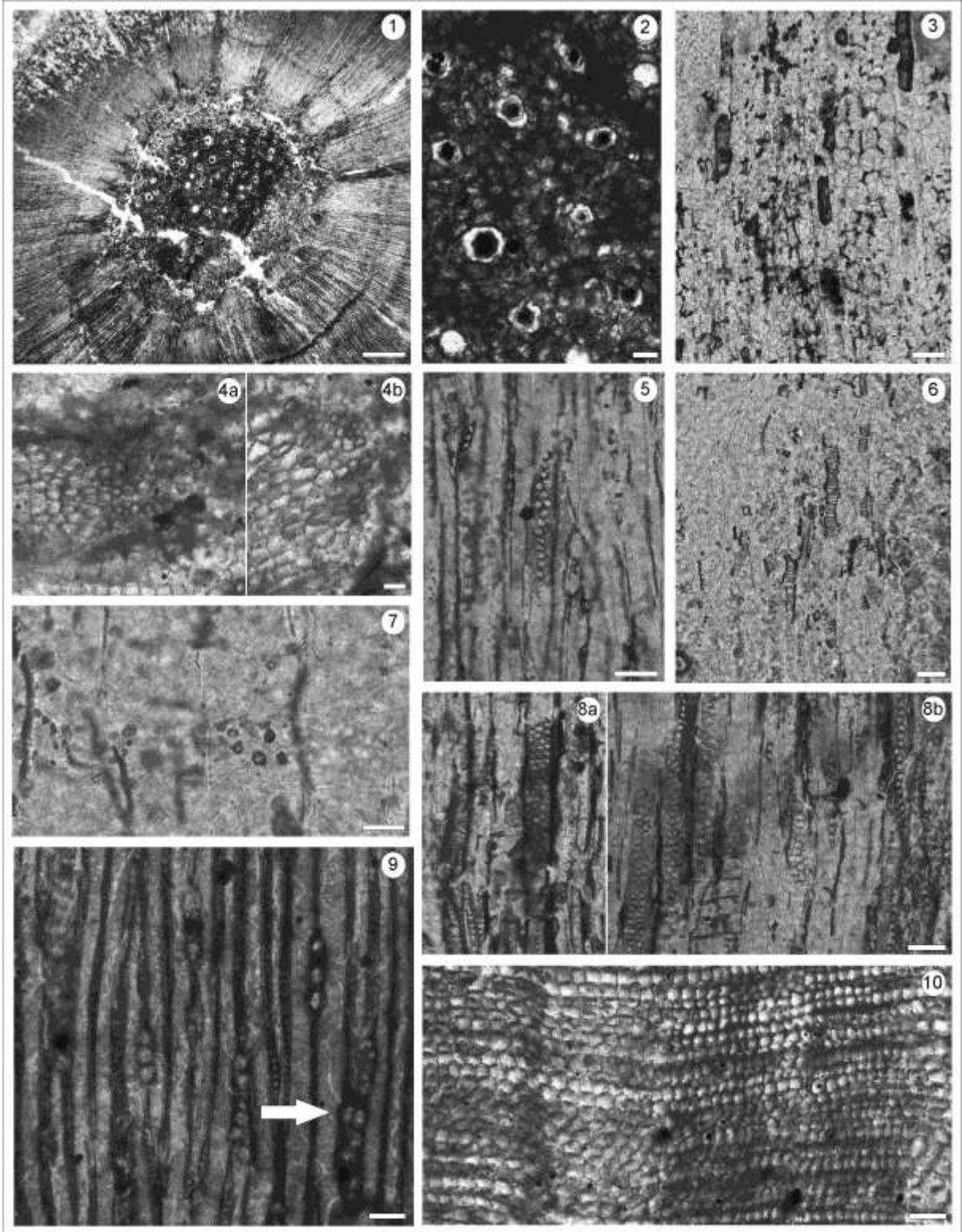
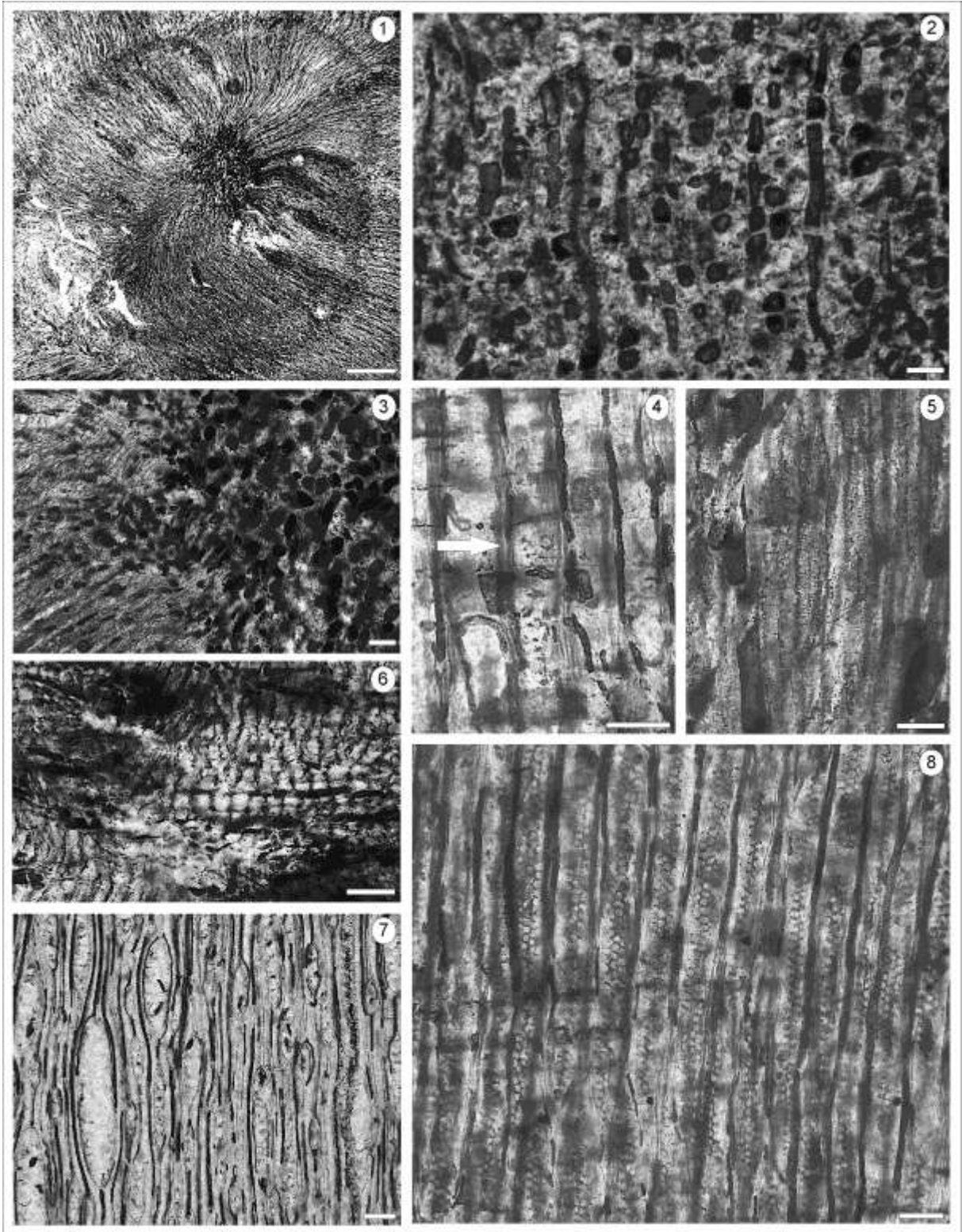


Plate VI



Capítulo 3

“GONDWANAN PERMIAN XYLOFLORAS”

Kurzawe F; Iannuzzi R & Merlotti S. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, submetido.

GONDWANAN PERMIAN XYLOFLORAS

Francine Kurzawe¹; Roberto Iannuzzi² and Sheila Merlotti³

¹Corresponding author. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa Postal 15.001, CEP 91.509-900, Porto Alegre, Brazil. E-mail: franly_k@hotmail.com. Phone number: +55 51 33087389; fax number +55 51 3308-7302

²Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa Postal 15.001, CEP 91.509-900, Porto Alegre, Brazil. E-mail: roberto.iannuzzi@ufrgs.br

³Departamento de Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Universitário, CEP 88.040-900, Florianópolis, Brazil. E-mail: sheilamerlotti@hotmail.com

Abstract

We present a literature-based survey on permineralized wood species found in the Permian of Gondwana. There are 85 genera and 244 species, known from Africa, Antarctica, India, Oceania and South America. South America contains 45 endemic genera, 20 of them monospecific. The probable main cause of this highest richness in South America is taxonomic inflation by researchers; and also this is the only continent that has a transitional flora with the Northern Hemisphere, i.e., the Parnaíba Basin flora in northwestern Brazil. When one takes into account the latitudes during the Permian, most genera (67) were positioned between 30° and 60°. To calculate the similarity among the paleoxylofloras, the Jaccard and Otsuka indices were applied, and showed a marked resemblance among Africa, Antarctica, India and Oceania, with Antarctica and India being the most similar to each other. Although a close similarity was expected between Africa and South America, these had a lower similarity index. This probably occurred because of the large number of endemic genera in South America (all other continents combined have only 17 endemic genera), the

presence of the transitional flora, and finally, because this continent has the largest number of published studies. Finally, it became clear that Gondwanan gymnosperms have araucarioid and mixed pitting on the tracheidal radial walls, whereas Northern Hemisphere gymnosperms have almost entirely araucarioid pitting on their tracheidal radial walls. This indicates a significant difference in evolutionary rate between the floras of these two hemispheres.

Keywords: Permian; Gondwana; xylofloras; analysis of similarity.

1. Introduction

The Gondwanan flora from the Permian is represented in the fossil record mainly by compressions / impressions of leaves and reproductive organs. However, there are common and abundant wood fragments, preserved through cell permineralization. This kind of fossilization, according to Schopf (1975), most accurately represents how the organism would appear in life. In permineralization, the plant remains absorb soluble minerals in the surrounding water and chemically react with the decomposition products, producing compounds that are insoluble or have a simpler molecular structure. As these products precipitate, the water is expelled as a result of sediment compaction. This process solidifies the remains along with minerals, leading to the fossilization of the plant (Arnold, 1947). However, because the plant begins to disintegrate shortly after death and considering that plant tissues differ in their resistance to fossilization and that mechanical agents commonly produce loss of vascular tissues outside the cylinder, partial preservation of the trunks is common. The wood generally lacks the outer tissues, such as the cortex, secondary phloem and part of the secondary xylem, and less resistant tissues such as the pith and / or primary phloem.

In the case of gymnosperm woods, when they are fully preserved, paleobotanical study consists of the observation of pith and xylem characteristics (Mussa, 1982a; Pant and Singh, 1987; Philippe, 1995) in cross, radial longitudinal and tangential longitudinal thin sections. The most important characteristics for the pith analyses are the cellular composition (homo- or heterocellular) and its nature (solid, septated, with cavities and / or canals). The size (large – greater than 1 cm; medium – from 0.5 cm to 1 cm; small – less than 0.5 cm), outline (circular, lobed, elliptical, square, stellar or asymmetrical) and location (centric or eccentric) of the pith are also analyzed. For the primary xylem, its maturation (exarch, mesarch or endarch) and the type of thickening elements (annular, spiral, scalariform, reticulate and / or pitted) are analyzed. The study of the secondary xylem is based mainly on the type of tracheidal radial wall pitting (araucarioid, abietoid or mixed) and the type of the crossfields (araucarioid, cupressoid, dactrydioid, phyllocladoid, podocarpoid or taxodioid). Also important are the nature, seriation and longitudinal wall structure of the wood rays. These last analyses are applied both to fully preserved woods (with pith and primary and secondary xylems) and to partially preserved woods or tracheidoxyls (with only the secondary xylem preserved) (Creber, 1972). This duality is also represented in the wood genera, which are classified in the same way.

As well as gymnosperms, the Permian Gondwanan wood record also includes fern woods, which are studied quite differently. The diagnostic characteristics are observed with the naked eye and with the aid of a stereoscopic microscope, on a polished transverse section of the trunk. The analysis is based on the symmetry of the transverse cells, the arrangement of the stele, the meristele (arrangement of vascular bundles, presence or absence of protoxylem and phloem), the sclerenchyma (presence or absence and type of arrangement, when present), the arrangement of leaf traces, and the roots (place of origin, definition of the mantle and differentiation of the zones) (Herbst, 1987a).

We carried out a survey of the genera and species of wood found in the Permian of Gondwana, including ferns and gymnosperms (both fully preserved and tracheidoxyls). We also made an extensive literature search, to contribute to syntheses of Paleozoic wood morphotaxa of the Southern Hemisphere.

2. Taxonomic complexes

Over time, certain problems have arisen regarding the classification of types, mostly with gymnosperms. These have resulted in generation of the so-called “taxonomic complexes”. One of the most famous of these is the *Dadoxylon-Araucarioxylon* complex. Both genera were created more than 100 years ago, but their descriptions were unclear, causing problems for later researchers that continue to the present. Most paleobotanists currently consider both genera invalid and have recommended the removal of their species to other genera (Bamford and Philippe 2001; Kurzawe and Merlotti 2009, 2010; Pant and Singh, 1987; Philippe and Bamford 2008). Three examples of such problems are mentioned here.

The first is related to the proposal of Marguerier (1973a, b) to create the genus *Australoxylon* for tracheidoxyls. This genus includes several species, most of which were previously classified as *Dadoxylon*. According to Merlotti and Kurzawe (2006), the problem began with the creation of a micro-taxonomic complex, when different researchers included in this genus, fully preserved species such as *Dadoxylon arberi* Sahni and Singh, 1926; *D. farleyense* Walkom, 1928; *D. jhariense* Surange and Sah, 1956; *D. lafoniense* Halle, 1912; *D. whitei* Maniero, 1944 and *D. zalesskyi* Sahni, 1933. Further, the original paper of Marguerier (1973a) cited different species whose secondary xylem showed characteristics similar to those found in *Australoxylon*. Later authors (Giraud, 1991; Pant and Singh, 1987; Prasad, 1982) considered these mentions as new combinations, increasing the confusion.

The second problem, similar to the first case, began with the proposal by Bamford and Philippe (2001) to transfer different species of *Dadoxylon* to *Agathoxylon*. This genus also included only tracheidoxyls, but Gnaedinger and Herbst (2009) transferred to it the species *Dadoxylon (Araucarioxylon) malaimbandense* Marguerier, 1976, which has pith and primary and secondary xylems.

The final group of problems concerns *Bageopitys* Dohms, 1976. This genus was established based on pith (large and homocellular), primary xylem (mesarch), and the disposition of the tracheid radial wall pitting (1-3s, contiguous or separate). However, according to Merlotti (2009), the most diagnostic characteristic of this wood is the thick and pitted horizontal and vertical wood ray walls, which, together with the mesarch primary xylem, is typical of *Abietopitys*. Therefore Merlotti (2009) transferred the type species *B. articulate* to *Abietopitys*, invalidating *Bageopitys*. Nevertheless, Crisafulli (1998a, 2001) described two types of wood in this genus, *Bageopitys* sp. and the new species *B. herbstii*. Because these types have not yet been transferred to another, valid genus, we chose to include them in the results.

These cases illustrate the difficulty of obtaining a linear pattern for the classification of gymnosperm fossil woods. This may explain why in the last decade, several review papers that attempt to clarify the classification of fossil woods have appeared (Bamford and Philippe 2001; Kurzawe and Merlotti 2009, 2010; Philippe and Bamford 2008).

3. Results

3.1. Wood genera from Permian of Gondwana

The literature review indicated the occurrence of 85 genera and 244 species of permineralized wood in the Permian sediments throughout Gondwana, distributed among Africa, Antarctica,

India, Oceania and South America (Table 1). The genera and species list is presented in Table 2.

Table 1. List of the genera found in the Permian of Gondwana, by continent.

Table 2. List of the species found in the Permian of Gondwana, with references.

We made an attempt to show the stratigraphic distribution of the Permian genera, but most authors did not provide the precise stratigraphic position of the taxon, but merely whether the wood belonged to the Lower or Upper Permian. However, the analysis revealed that most of the exclusive genera are found in the Lower Permian, 24 in total, while the Upper Permian has only 14. Lower Permian exclusive genera are *Amyelon*, *Aterradoxylon*, *Atlanticoxylon*, *Austroscleromedulloxylon*, *Barakaroxylon*, *Brasilestiloxylo*, *Carolinapitys*, *Catarinapitys*, *Corticoxylon*, *Ductosolenoxylon*, *Idioxylon*, *Mesopityoxylon*, *Mussaeoxylon*, *Myelontordoxylon*, *Parataxopitys*, *Paulistoxylon*, *Petalopitys*, *Piracicaboxylon*, *Protopodocarpitys*, *Prototaxopitys*, *Retemedulloxylon*, *Septomedulloxylon*, *Solenobrasilioxylon* and *Tordoxylon*. Upper Permian exclusive genera are *Araguainorachis*, *Brachyoxylon*, *Cicadoxylon*, *Eoguptioxylon*, *Guairea*, *Indoxylon*, *Nandorioxylon*, *Palaeosmunda*, *Palaeospiroxylon*, *Parapaleoxylon*, *Sahnioxylon*, *Scleromedulloxylon*, *Teresinoxylon* and *Tuvichapteris*. The other genera span the entire Permian period.

3.2. Aspects of the anatomy of woods

There are 85 genera of permineralized woods in the Permian of Gondwana. Of this total, 12 (14%) are Pteridophyta and 72 (85%) are Gymnospermae (Table 3). One member of Sphenophyta, *Arthropitys*, was not included in the table. Among the Gymnospermae, three genera, *Araucarioxylon*, *Bageopitys* and *Dadoxylon* are considered invalid (see item 2), and their species require reassignment. The genus *Amyelon* corresponds to a root, rather than a

trunk as are the others in the list. *Vertebraria* is still debated, and may represent either a root or a basal portion of a gymnosperm trunk.

Table 3. List of genera belonging to Pteridophyta and Gymnospermae.

Among the valid taxa of gymnosperms, 17 genera (25%) include tracheidoxyls and 51 genera (75%) are fully preserved wood (Table 4). Considering the number of species in each group, the difference between the percentages decreases, with 81 wood species (41%) being tracheidoxyls and 119 being fully preserved woods (59%). Finally, when one takes into account the number of samples studied, the two groups became nearly equivalent, with 128 samples of tracheidoxyls and 142 samples of fully preserved woods.

Table 4. List of genera corresponding to tracheidoxyls and to fully preserved woods.

4. Discussion

4.1. Endemism

According to the survey, of a total of 85 genera, 62 are endemic to the Permian in one of the five continents (Fig. 1; Tables 5-9). There are no endemic genera in Antarctica. Oceania has only three endemic genera: *Palaeosmunda*, *Sahnioxylon* and *Tsugoxylon*. Africa has four: *Medullopitys*, *Mesopityoxylon*, *Phyllocladopitys* and *Solenoxylon*. India has 10: *Indoxylon*, *Kamthioxylon*, *Nandorioxylon*, *Palaeospiroxylon*, *Parapaleoxylon*, *Parapaleospiroxylon*, *Protocupressinoxylon*, *Prototaxopitys*, *Sclerospiroxylon* and *Trigonomyelon*.

Figure 1. Map of Gondwana during the Permian, with the plotting of genera, grouped according to geographical location. The genera represented are listed in Tables 5 to 9.

Table 5. List of species in groups 1 to 4, located in Africa. Number of samples of each species in parentheses; no number indicates that only one sample exists.

South America contains the majority of endemic genera in the Permian, 45 in total (more than 50% of the total genera): *Amyelon*, *Antarcticoxylon*, *Araguainorachis*, *Arthropitys*, *Aterradoxylon*, *Atlanticoxylon*, *Austroscleromedulloxylon*, *Bageopitys*, *Botryopteris*, *Brasilestiloxyton*, *Carolinapitys*, *Catarinapitys*, *Corticoxylon*, *Cycadoxylon*, *Cyclomedulloxylon*, *Dernbachia*, *Ductoabietoxylon*, *Ductosolenoxylon*, *Eoguptioxylon*, *Grammatopteris*, *Guairea*, *Idioxylon*, *Kendoxylon*, *Mussaeoxylon*, *Myelontordoxylon*, *Parataxopitys*, *Parnaiboxylon*, *Paulistoxylon*, *Petalopitys*, *Piracicaboxylon*, *Podocarpoxyton*, *Protopodocarpitys*, *Psaronius*, *Retemedulloxylon*, *Scalaroxylon*, *Schopficaulia*, *Scleroabietoxylon*, *Septomedulloxylon*, *Solenobrasilioxylon*, *Stiloxylon*, *Teresinoxylon*, *Tietea*, *Tordoxylon*, *Tuvichapteris* and *Woodworthia*. All other genera occur in two or more continents, and *Australoxylon* and *Damudoxylon* are found in all five continents.

Table 6. List of species in groups 5 to 7, located in the Indian subcontinent. Number of samples of each species in parentheses; no number indicates that only one sample exists.

Table 7. List of species in group 8, located in Oceania. Number of samples of each species in parentheses; no number indicates that only one sample exists.

Of the 85 genera present in the Permian of Gondwana, 28 (about 33% of the total) are monospecific, and of the latter, 22 (about 26%) are in South America: *Araguainorachis*, *Aterradoxylon*, *Austroscleromedulloxylon*, *Brasilestiloxyton*, *Carolinapitys*, *Catarinapitys*, *Corticoxylon*, *Cyclomedulloxylon*, *Dernbachia*, *Ductoabietoxylon*, *Ductosolenoxylon*, *Mussaeoxylon*, *Protopodocarpitys*, *Schopficaulia*, *Scleroabietoxylon*, *Septomedulloxylon*, *Solenobrasilioxylon* and *Teresinoxylon*, described from Brazil; *Eoguptioxylon* from Argentina; and *Idioxylon*, *Stiloxylon* and *Tuvichapteris* from Uruguay and Paraguay. India has five known monoespecific genera: *Indoxylon*, *Nandorioxylon*, *Palaeospiroxylon*, *Parapaleoxylon* and *Sclerospiroxylon*. Africa has one monospecific genus, *Mesopityoxylon*. Antarctica has no monoespecific genera.

Table 8. List of species in groups 9 to 11, located in Antarctica. Number of samples of each species in parentheses; no number indicates that only one sample exists.

The genera with the most species are *Agathoxylon* (14 species), *Australoxylon* (15), *Damudoxylon* (12) and *Zalesskioxylon* (15), all tracheidoxyls except for *Damudoxylon*. Genera with only one species for the Permian of Gondwana, but not monospecific, are *Amyelon*, *Botryopteris*, *Cycadoxylon*, *Grammatopteris*, *Guairea*, *Kendoxylon*, *Lobatoxylon*, *Medullopitys*, *Parataxopitys*, *Prototaxopitys*, *Sahnioxylon*, *Scalaroxylon*, *Tordoxylon*, *Tsugoxylon* and *Woodworthia*. All other genera are represented by two to 10 species.

Table 9. List of species in groups 12 to 19, located in South America. Number of samples of each species in parentheses; no number indicates that only one sample exists.

4.2. Similarity indices

To analyze the affinity among the assemblages found in different Gondwanan continents, we used two similarity indices, Jaccard and Otsuka. The former is widely used in ecology because of its simplicity (Margalef, 1995). However, when dealing with fossil material, sampling is not always as broad as in ecological studies, such as in the present analysis. Therefore we used another index for comparison, the Otsuka Index, which is less sensitive to differences in sample size (Raymond et al., 1985). The results are seen in Table 10.

Table 10. Data obtained with the calculation of the Jaccard and Otsuka indices, from the distribution list of genera (Table 1).

As seen in Table 10, Africa, Antarctica, India and Oceania are the continents with the greatest similarity of taxa, and South America has the lowest index. Among the former group, India and Antarctica are the most similar to each other. Although a close similarity between South America and Africa would be expected, nevertheless these two continents have indices with low values. There are three possible explanations for this.

First, South America is the continent with the most endemic taxa (45), whereas all other continents together have only 17. These data alone are sufficient to generate a wide disparity in indexes, obscuring the result. Next, the Parnaíba Basin flora, northwest of Brazil, has typical elements of the Nordic flora, because it is probably transitional between the Euramerican and Gondwanan provinces (Dias-Britto et al., 2007). Therefore, these taxa are not comparable with others in the Southern Hemisphere, further distancing, in terms of taxonomic composition, South America from the rest of Gondwana. Finally, this continent concentrates most of the studies on Palaeozoic woods, together with India. The studies of samples from Africa and Antarctica were done by non-native researchers, who made the collections and worked with samples from these continents (Aassoumi and Vozenin-Serra, 1996; Dupéron-Laudoneix and Lejal-Nicol, 1981; Kräusel, 1928, 1956a, b, 1962; Maheshwari, 1972; Maithy, 1977; Marguerier, 1973a, 1976; Schopf, 1962; Weaver et al., 1997). In Australia, Mesozoic woods have been the subject of extensive research, with relatively few studies on Palaeozoic woods. India has 26 genera and 80 species, i.e., approximately three species per genus. South America has 63 genera and 120 species, for a species / genus ratio less than two. It appears that, whereas in India there was an inflation of species, in South America the opposite, an inflation of genera, occurred. This is probably because researchers use the same taxonomic criteria, but a different hierarchical level. Thus, the same pith characteristic could be used as a criterion of intergeneric or interspecific differentiation, depending whether the researcher is South American or Indian, and this is true for all wood characterization.

4.3. Latitudinal distribution

Another way to analyze the results is by grouping the genera on the map according to the main latitudinal lines during the Permian (Fig. 1). The following distribution of translatitudinal patterns was found. Within the range of high latitudes, above 60°S (cold belt), 13 genera were found, of which only one is endemic for this region, *Kendoxylon*. This might be partly explained because it has only one species in the Permian of Gondwana. The majority of genera (67) were found between latitudes 30° and 60°S (temperate belt). Of these, 11 were found at latitudes higher than 60°: *Agathoxylon*, *Antarcticoxylon*, *Araucarioxylon*, *Australoxylon*, *Damudoxylon*, *Megaporoxylon*, *Polysolenoxylon*, *Protophyllocladoxylon*, *Solenopitys*, *Vertebraria* and *Zalesskioxylon*. Only four, *Dadoxylon*, *Damudoxylon*, *Kaokoxylon* and *Tietea*, were found at lower latitudes.

Between the Equator and latitude 30° (tropical belt), 19 genera were recorded, and of these five, *Dadoxylon*, *Damudoxylon*, *Kaokoxylon*, *Taeniopitys* and *Tietea*, also have species in higher latitudes. All these represent taxa found in the Parnaíba Basin in northwestern Brazil, except for *Dadoxylon sudanense*, which was found in Egypt, northeast Africa. Above the Equator, only one genus was found in northern Africa: *Mesopityoxylon*, with only one species described, *M. tiddasense*.

4.4. Anatomical aspects of the evolution of the secondary xylem

One final point is the evolution of the anatomy of the secondary xylem and its paleophytogeographical significance. The secondary xylem of gymnosperm genera may have three main types of radial tracheid wall pitting: araucarioid, mixed, and abietoid. There are 34 genera with araucarioid pitting, 27 mixed and only 3 with abietoid pitting (Fig. 2).

Figure 2. Types of tracheid radial wall pitting, arranged in evolutionary sequence, as suggested by Grambast (1960a).

Grambast (1960a) considered the mixed arrangement of pits in the tracheid radial walls as an intermediate evolutionary stage between the older araucarioid and the newer abietoid pitting.

Different gymnosperm lineages began to show the abietoid pitting in the Mesozoic.

Comparing woods in the Northern and Southern hemispheres during the Palaeozoic, those of the Northern Hemisphere, i.e., Euramerica, have almost exclusively the araucarioid pitting arrangement, and mixed pits began to appear in taxa from this hemisphere only in the Mesozoic. In Gondwana, in contrast, the mixed and abietoid arrangement of pits began to appear in the Upper Palaeozoic. Grambast (1960a) suggested that this difference in evolution between the hemispheres has a plausible explanation. In Gondwana, the climate conditions were more differentiated, while in Euramerica the climate was more homogeneous. Therefore, the Gondwanan floras were subjected to more stimuli from the environment, and it is natural that they evolved at higher levels, undergoing rapid adaptive changes in response to the various conditions present throughout this supercontinent.

The genus *Scalaroxylon* do not has pits, only thickenings, so it was not included in Figure 2.

Also, *Dadoxylon* and *Araucarioxylon* are not discussed here because they include species with a wide variety of features that cannot be unified in a single genus, as discussed in section 2.

Amyelon, being a root, was not included in Figure 2 too.

5. Conclusions

The genera *Dadoxylon* and *Araucarioxylon*, although considered invalid by Pant and Singh (1987), Philippe, (1993), Bamford and Philippe (2001) and Kurzawe and Merlotti (2009, 2010), continue to be used by many authors because several of their species have not been reassigned. For taxonomic identification of a wood, it is necessary to return to the original

generic diagnoses to prevent the formation of new taxonomic complexes, as is occurring with *Agathoxylon* and *Australoxylon*.

This survey of the genera from the Permian of Gondwana indicated paleoxylofloras composed of 85 genera and 244 species in Africa, Antarctica, India, Oceania and South America. One of several problems was the lack of information on the precise stratigraphic position of the wood, since often there is only a general mention of the Permian in the articles. The limited data indicate that most of the genera are from the Lower Permian. The majority of woods belong to Gymnospermae; of these, 75% are fully preserved and 25% are tracheidoxylys, but comparing the number of samples, the percentage is almost the same. Of the 85 genera, 62 (73%) are endemic to a single continent. Monospecific genera comprise a significant group (28), equivalent to 33% of the total, with 21 (25%) recorded from South America. The genera *Zallesskioxylon* and *Australoxylon* have the largest numbers of species (15); the latter genus is present on all five continents altogether with *Damudoxylon* (10 species). South America has the majority of endemic genera (45), mainly because of inflation of taxa by South American researchers; but is also the only continent with a record of a transitional flora with the Northern Hemisphere, the Parnaíba Basin flora. The similarity indices placed Africa, Antarctica, India and Oceania in the same group, and excluded South America, probably because this continent has the majority of endemic genera. Most genera occurred between latitudes 30° and 60°S during the Permian; the Parnaíba Basin flora was located between the Equator and latitude 30°S, and only one monospecific genus was found above the Equator. The Gondwana paleoxylofloras have tracheidal radial walls with mixed pitting, whereas in the Northern Hemisphere (Euramerica), araucarioid pitting is more common, revealing the early emergence of more derived features in Gondwanan forms, and consequently, a higher evolutionary rate of the floras of this phytogeographic province.

Acknowledgments

This study was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico of Brazil (CNPQ), as a PhD scholarship to the senior author FK (Process 140923/2008-0), and a grant and fellowships to RI (Processes 483463/2007-8, PQ309322/2007-3, and PQ305687/2010-7); and by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) (Process PqG1015846), as a grant to RI. We thank Janet Reid for reviewing the English version of this work.

References

- Aassoumi, H. and Vozenin-Serra, C., 1996. Sur un bois silicifié à moelle conservée du Permien du Bassin de Tiddas (Maroc Central), *Mesopityoxylon tiddasense* gen. et sp. nov. – Intérêts phylogénétique et paléoclimatique. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 94, 57-73.
- Agashe, S. N. and Chitnis, S. R., 1971. Studies on the fossil gymnosperms, part III: *Prototaxoxylon andrewsii* a new species of taxinean wood from the Lower Gondwana strata. *Palaeontographica, Abt. B*, 133, 52-60.
- Agashe, S. N. and Gowda, P. R., 1978. Anatomical study of a gymnospermous wood from Lower Gondwana strata of Maharashtra. *Phytomorphology*, 28, 269-275.
- Agashe, S. N. and Kumar, M. S. S., 1996. Studies in fossil gymnospermous woods – part VIII. A new species of *Araucarioxylon* – *A. wejgaoense* from Lower Gondwana of Chandrapur District, Maharashtra. *Palaeobotanist*, 45, 15-19.
- Agashe, S. N. and Kumar, M. S. S., 2002. Record of new species of *Prototaxoxylon* from Indian Lower Gondwana. *Current Science*, 82, 138-140.

- Agashe, S. N. and Prasad, K. R., 1989. Studies in fossil gymnospermous woods, part VII: 6 new species of Lower Gondwana (Permian) gymnospermous woods from Chandrapur District, Maharashtra State, India. *Palaeontographica*, Abt. B, 212, 71-102.
- Agashe, S. N., Prasad, K. R. and Suresh, F. C., 1981. Two new species, *Araucarioxylon surangei* and *A. lathiense*, of petrified woods from Lower Gondwana strata. *Palaeobotanist*, 28-29, 122-127.
- Arber, E. A. N., 1905. Catalogue of the fossil plants of the *Glossopteris* flora in the Department of Geology, British Museum (Natural History): Monograph of the permo-carboniferous flora of India and the Southern Hemisphere. London, Stephen Austin and Sons, 255p.
- Arnold, C. A., 1947. An Introduction to Paleobotany. New York, McGraw-Hill, 133p.
- Bajpai, U. and Singh, V. K., 1986. *Araucarioxylon kumarpurensis*, a new gymnospermous wood from the Upper Permian of West Bengal. *Palaeobotanist*, 35, 53-56.
- Bajpai, U. and Singh, V. K., 1997. On a fossil wood from the Garu Formation (Permian) of Arenachal Pradesh, India. *Palaeobotanist*, 46, 73-78.
- Bamford, M., 1999. Permo-Triassic fossil woods from the South African Karoo Basin. *Palaeontographica Africana*, 35, 25-40.
- Bamford, M. and Philippe, M., 2001. Jurassic-Early Cretaceous Gondwanan homoxylous woods: A nomenclatural revision of the genera with taxonomic notes. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 113, 287-297.
- Caldas, E. B., Mussa, D., Lima Filho, F. P. and Rösler, O., 1989. Nota sobre a ocorrência de uma floresta petrificada de idade permiana em Teresina, Piauí. *Boletim do Instituto de Geociências*, 7, 69-87.

Coimbra, A. M. and Mussa, D., 1984. Associação lignitaflorística na Formação Pedra-de-Fogo, (Arenito Cacunda), Bacia do Maranhão – Piauí, Brasil. 33º Congresso Brasileiro de Geologia. Rio de Janeiro, Brazil, 591-605.

Creber, G. T., 1972. Gymnospermous wood from the Kimmeridgian of East Sutherland and from the Sandringham Sands of Norfolk. *Palaeontology*, 15, 655-661.

Crisafulli, A., 1995. *Idioxylon lutzi* nov. gen. et sp. (Coniferopsida) del Pérmico Inferior (Formación Melo) de Uruguay. 6º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Trelew, Argentina, 91-97.

Crisafulli, A., 1998a. Leños gimnospérmicos de la Formación Melo (Pérmico Inferior) Uruguay. Parte II. *Stiloxylon*, *Polysolenoxylon* y *Bageopitys*. *Ameghiniana*, 35, 133-140.

Crisafulli, A., 1998b. Leños gimnospérmicos de la Formación Melo (Pérmico Inferior) Uruguay. Parte III. *Paulistoxylon*, *Austroscleromedulloxylon* y *Piracicaboxylon*. *Ameghiniana*, 35, 217-225.

Crisafulli, A., 2000. Presencia de leños de coniferales em el Pérmico Superior de Paraguay. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*, Corrientes, Argentina. <
http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/2000/6_biologicas/b_pdf/b_012.pdf> Last accessed October 12, 2011.

Crisafulli, A., 2001. Leños pérmicos de la Formación Yaguarí. República Oriental del Uruguay. *Ameghiniana*, 38, 61-72.

Crisafulli, A., 2002. Contribución a la paleoxiloflora de la Formación Yaguarí, Pérmico Superior de Uruguay. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 4, 45-54.

Crisafulli, A. and Herbst, R., 2008. Maderas gimnospérmicas de la Formación Solca (Pérmico Inferior), provincia de la Rioja, Argentina. *Ameghiniana*, 45, 737-751.

- Crisafulli, A. and Herbst, R., 2009. Gymnospermous woods (Coniferales, Taxales, and Ginkgoales) from the Upper Permian Tacuary Formation, Eastern Paraguay. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 89, 85-109.
- Crisafulli, A., Herbst, R. and Storti, L. M., 2009. Maderas gimnospérmicas de la Formación Tres Islas (Pérmico Inferior) de Uruguay. *Gaea*, 5, 1-14.
- Crisafulli, A. and Lutz, A., 1997. Leños gimnospérmicos de la Formación Melo (Pérmico Inferior), Uruguay. Parte I: *Barakaroxylon* Surange y Maithy, 1962 y *Araucarioxylon* Kraus, 1870. *Ameghiniana*, 34, 437-445.
- Crisafulli, A. and Lutz, A., 2007. *Eoguptioxylon antiqua* gen. et sp. nov. (Pteridospermae) del Pérmico Superior (Formación la Antigua), provincia de La Rioja, Argentina. *Ameghiniana*, 44, 197-204.
- Crisafulli, A., Lutz, A. and Melchor, R., 2000. Maderas gimnospérmicas de la Formación Carapacha (Pérmico), provincia de la Pampa, Argentina. *Ameghiniana*, 37, 181-191.
- Dias-Brito, D., Rohn, R., Castro, J. C., Dias, R. R. and Rössler, R. 2007. Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional – o mais exuberante e importante registro florístico tropical-subtropical permiano no Hemisfério Sul. In: Winge, M., Schobbenhaus, C., Berbert-Born, M., Queiroz, E. T., Campos, D. A., Souza, C. R. G. and Fernandes, A. C. S. (Eds.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. DNPM/CPRM – SIGEP, Brasília, Brazil.* <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio104/sitio104.pdf>>. Last accessed October 12, 2011.
- Dohms, M. H., 1976. Nova madeira de gimnosperma do Permiano do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Geociências*, 6, 164-181.
- Dupéron-Laudoneix, M. and Lejal-Nicol, A., 1981. Sur deux bois homoxylés du sud-ouest de l'Égypte. 106^e Congrès National des Sociétés Savantes. Perpignan, France, 29-40.

- Feng, Z., Wang, J. and Shen, G. L., 2008. *Zalesskioxylon xiaheyense* sp. nov., a gymnospermous wood of the Stephanian (Late Pennsylvanian) from Ningxia, northwestern China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 33, 219-228.
- Giraud, B. 1991. Les espèces du genre *Dadoxylon* depuis 1962: leur répartition et leur évolution du Permien à la fin du Mésozoïque. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 67, 13-69.
- Gnaedinger, S. and Herbst, R., 2009. Primer registro de maderas gimnospérmicas de la Formación Roca Blanca (Jurásico Inferior), provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana*, 46, 59-71.
- Grambast, L., 1960a. Évolution des structures ligneuses chez les Coniférophytes. *Bulletin de la Société Botanique de France, Mémoires*, 107, 30-41.
- Grambast, L., 1960b. Etude d'un *Dadoxylon* permien du Congo belge et remarques sur les *Dadoxylon* permo-carbonifères des territoires à flore de Gondwana. *Annales du Musée du Congo Belge sér. In-8° Sciences Géologiques*, 30, 1-21.
- Guerra, M., 1976. *Vertebraria* (Royle) Schopf 1965. Un genre présent dans la Formation Irati du Rio Grande do Sul (Brésil). 101^e Congrès National des Sociétés Savantes. Lille, France, 51-68.
- Halle, T.G., 1912. On the geological structure and history of the Falkland Islands. *Bulletin of the Geological Institute, University of Uppsala*, 11, 115-229.
- Herbst, R., 1981. *Guairea milleri* nov. gen. et sp. y Guaireaceae, nueva Familia de las Osmundales (*sensu lato*) del Pérmico Superior de Paraguay. *Ameghiniana*, 18, 35-50.
- Herbst, R., 1985. Nueva description de *Psaronius arrojadoi* (Pelourde) (Marattiales), del Pérmico de Brasil. *Ameghiniana*, 21, 243-258.

- Herbst, R., 1987a. Studies on Psaroniaceae. I. The Family Psaroniaceae (Marattiales) and a redescription of *Tietea singularis* Solms-Laubach, from the Permian of Brazil. 4° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Mendoza, Argentina, 163-176.
- Herbst, R., 1987b. Studies on Psaroniaceae. II. *Tuvichapteris solmsi* nov. gen. et nov. sp. from the Permian of Paraguay and Uruguay. 4° Congreso Latinoamericano de Paleontología. Santa Cruz, Bolivia, 267-282.
- Herbst, R., 1992. Studies on Psaroniaceae. III. *Tietea derbyi* nov. sp., from the Permian of Brazil. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 147, 155-161.
- Herbst, R., 1999. Studies on Psaroniaceae. IV. Two species of *Psaronius* from Araguaina, State of Tocantins, Brazil. Facena, 15, 9-18.
- Herbst, R. and Crisafulli, A., 1997. *Kaokoxydon zalessky* (Sahni) Maheshwari (Coniferopsida) en el Pérmico Superior del Cerro Colorado de la Antigua, la Rioja, Argentina. Ameghiniana, 34, 447-451.
- Holden, R., 1917. On the anatomy of two Palaeozoic stems from India. Annals of Botany, 31, 315-326.
- Japiassú, A. M. S., 1970. Contribuição à paleontologia da Formação Morro Pelado, Estado de Santa Catarina, Brasil: *Dadoxylon duartei* n. sp. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 42, 493-500.
- Knowlton, F. H., 1891. A revision of the genus *Araucarioxylon* of Kraus, with compiled descriptions and partial synonymy of the species. Proceedings of the United States National Museum, 12, 601-617.
- Kräusel, R., 1928. Fossile Pflanzenreste aus der Karruformation von Deutsch-Südwest Afrika. In: Kräusel, R. and Range, P., 1928. Beiträge zur Kenntnis der Karruformation Deutsch-Südwest Afrika. Beiträge zur Geologischen Erforschung der Deutschen Schutzgebiete, 20, 1-54.

- Kräusel, R., 1956a. 4. Der „Versteinerte Wald“ im Kaokoveld, Südwest-Afrika. *Senckenbergiana Lethaea*, 37, 411-453.
- Kräusel, R., 1956b. 5. Hölzer aus dem südlichen Gebiet der Karru-Schichten Südwest-Afrikas. *Senckenbergiana Lethaea*, 37, 447-453.
- Kräusel, R., 1962. Antarctic fossil wood. Appendix. *Scientific Reports Geology*, 9, 133-140 (Trans-Antarctic Expedition 1955-1958).
- Kräusel, R. and Dolianiti, E., 1958. Gymnospermenhölzer aus dem Paläozoikum Brasiliens. *Palaeontographica*, Abt. B, 104, 115-137.
- Kulkarni, S., 1971. *Barakaroxylon monocanalosum* sp. nov. from Jharia Coalfield. *Palaeobotanist*, 18, 309-311.
- Kulkarni, S., Maithy, P. K. and Surange, K. R., 1971. On *Barakaroxylon jhariense*. *Palaeobotanist*, 18, 305-308.
- Kurzawe, F. and Merlotti, S., 2009. O Complexo *Dadoxylon-Araucarioxylon*, Carbonífero e Permiano do Gondwana: estudo taxonômico do gênero *Dadoxylon*. *Pesquisas em Geociências*, 36, 223-232.
- Kurzawe, F. and Merlotti, S., 2010. O Complexo *Dadoxylon-Araucarioxylon* do Permo-Carbonífero da Província Gondvânica: estudo taxonômico – parte II. *Araucarioxylon*. *Pesquisas em Geociências*, 37, 41-50.
- Kurzawe, F., Iannuzzi, R. and Merlotti, S., in press. On the Permian permineralized woods of the “Fossil Flora of the Coal Measures of Brazil” (D. White, 1908): taxonomic reevaluation. *Palaeobotanist*.
- Kurzawe, F., Iannuzzi, R., Merlotti, S., Rößler, R. and Noll, R., personal communication. New Gymnosperms Woods from Permian of Parnaíba Basin, NE Brazil, part I: *Ductoabietoxylon*, *Scleroabietoxylon* and *Parnaiboxylon*.

- Kurzawe, F., Iannuzzi, R., Merlotti, S., Rohni, R., personal communication. New Gymnosperms Woods from Permian of Parnaíba Basin, NE Brazil, part II: *Damudoxylon*, *Kaokoxylon* and *Taeniopitys*.
- Maheshwari, H., 1965. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 24. On two new species of fossil wood from the Raniganj Stage of Raniganj Coalfield, Bengal. *Palaeobotanist*, 13, 148-152.
- Maheshwari, H., 1967. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 28. On some fossil woods from the Raniganj Stage of the Raniganj Coalfield, Bengal. *Palaeobotanist*, 15, 243-257.
- Maheshwari, H., 1972. Permian wood from Antarctica and revision of some Lower Gondwana wood taxa. *Palaeontographica*, Abt. B, 138, 1-43.
- Maithy, P. K., 1965a. Studies in the *Glossopteris* Flora of India – 19. Two new species of *Dadoxylon* from the Lower Gondwanas of India. *Palaeobotanist*, 13, 89-93.
- Maithy, P. K., 1965b. Studies in the *Glossopteris* Flora of India – 26. *Glossopteridales* from the Karharbari Beds, Giridih Coalfield, India. *Palaeobotanist*, 13, 248-263.
- Maithy, P. K., 1977. A new species of *Zalesskioxylon* from the *Glossopteris* bearing beds of Zambesi Basin, Mozambique. *Geophytology*, 7, 24-28.
- Maniero, J., 1944. *Dadoxylon whitei* sp. nov. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, 45, 107-112.
- Maniero, J., 1946. Uma nova madeira fóssil do Brasil meridional, *Dadoxylon roxoi* sp. nov. *Revista do Instituto Adolf Lutz*, 6, 37-58.
- Margalef, R., 1995. *Ecología*. Omega, Barcelona, 951p.
- Marguerier, J., 1973a. Palaeoxylologie du Gondwana Africain: étude et affinités du genre *Australoxylon*. *Palaeontologia Africana*, 16, 37-58.
- Marguerier, J., 1973b. Le genre *Australoxylon* dans la flore gondwanienne. 96^e Congrès National des Sociétés Savantes. Toulouse, France, 99-105.

- Marguerier, J., 1976. Paléoxylologie du Karoo Malgache: étude d'un bois fossile de la Sakamena (District de Mahabo) *Dadoxylon (Araucarioxylon) malaimbandense* n. sp. 97^e Congrès National des Sociétés Savantes. Perpignan, France, 29-40. Nantes, France, 87-105.
- McLoughlin, S., 1992. Late Permian plant megafossils from the Bowen Basin, Queensland, Australia: Part I. *Palaeontographica, Abt. B*, 228, 105-149.
- Merlotti, S., 1989. Ocorrência de um fragmento de caule tipo *Cordaites* no Gondwana do Brasil. 11^o Congresso Brasileiro de Paleontologia. Curitiba, Brazil, 151-161.
- Merlotti, S., 1998a. *Mussaeoxylon*, novo táxon gimnospérmico do Gondvana brasileiro. *Acta Geologica Leopoldensia*, 21, 45-54.
- Merlotti, S., 1998b. *Retemedulloxylon*, novo lenho fóssil com medula diafragmada da Formação Rio Bonito, Estado de Santa Catarina, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, 21, 27-44.
- Merlotti, S., 1999. Um novo lenho gimnospérmico da Formação Rio Bonito, SC, Brasil – *Aterradoxylon solidum* gen. et sp. nov. *Pesquisas em Geociências*, 26, 79-89.
- Merlotti, S., 2000. *Petalopitys rioclarensis*, uma nova espécie do grupo solenóide da Formação Irati, São Paulo, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, 23, 43-51.
- Merlotti, S., 2002. Dois novos *taxa* lenhosos da Formação Serra Alta (Permiano Superior, Bacia do Paraná), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Geociências, Universidade Guarulhos*, 7, 5-14.
- Merlotti, S., 2009. Reavaliação taxonômica de lenhos das formações Irati e Serra Alta, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 36, 11-21.
- Merlotti, S. and Kurzawe, F., 2006. Estudo taxonômico do gênero *Australoxylon* Marguerier 1973 com a descrição de *A. catarinensis* sp. nov. para o Permiano Inferior, Bacia do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 9, 73-81.

- Mussa, D., 1958. Conífera fóssil do Carbonífero Superior de Santa Catarina. Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral, 182, 1-29.
- Mussa, D., 1974. Paleoxiloanatomia brasileira II – novo gênero de lenho fóssil da Formação Irati, Estado de São Paulo. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 46, 617-634.
- Mussa, D., 1978a. *Brasilestiloxylon* e *Solenobrasilioxylon*, dois novos gêneros gondwânicos da Formação Irati, Estado de São Paulo, Brasil. Boletim do Instituto de Geociências, 9, 118-127.
- Mussa, D., 1978b. On the anatomy of wood showing affinities with the genus *Vertebraria* Royle, from the Irati Formation, State of São Paulo, Brazil. Boletim do Instituto de Geociências, 9, 153-201.
- Mussa, D., 1980. Ocorrência do gênero *Antarcticoxylon* Seward na Formação Irati (Permiano) do Estado de São Paulo, Brasil. 2º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y 1º Congreso Latinoamericano de Paleontología. Buenos Aires, Argentina, 139-155.
- Mussa, D., 1982a. Lignitaflooras permianas da Bacia do Paraná, Brasil (Estados de São Paulo e Santa Catarina). Ph. D. Thesis, Universidade de São Paulo.
- Mussa, D., 1982b. Nova forma do complexo *Vertebraria* nos argilitos carbonosos da Formação Rio Bonito, Santa Catarina, Brasil. Boletim do Instituto de Geociências, 13, 66-74.
- Mussa, D., 1986a. As formas gondwânicas do grupo solenóide e sua distribuição estratigráfica. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 58, 61-88.
- Mussa, D., 1986b. Eustelos gondwânicos de medulas diafragmadas e sua distribuição estratigráfica. Boletim do Instituto de Geociências, 17, 11-26.
- Mussa, D. and Coimbra, A. M., 1987. Novas perspectivas de comparação entre as taflooras permianas (de lenhos) das bacias do Parnaíba e do Paraná. 10º Congresso Brasileiro de Paleontologia. Rio de Janeiro, Brazil, 201-211.

- Pant, D. D. and Singh, V. K., 1987. Xylotomy of some woods from Raniganj Formation (Permian), Ranigang Coalfield, India. *Palaeontographica, Abt. B*, 203, 1-82.
- Philippe, M., 1993. Nomenclature générique des trachéidoxyles fossiles mésozoïques à champs araucarioïdes. *Taxon*, 42, 74-80.
- Philippe, M., 1995. Bois fossiles du Jurassique de Franche-Comté (NE-France). *Palaeontographica, Abt. B*, 236, 45-103.
- Philippe, M. and Bamford, M. K., 2008. A key to morphogenera used for Mesozoic conifer-like woods. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 148, 184-207.
- Prakash, U. and Srivastava, K., 1961. On a gymnospermous fossil wood from Sitapuri, District Dhar in Madhya Pradesh. *Palaeobotanist*, 10, 10-17.
- Prasad, M. N. V., 1982. An annotated synopsis of Indian Palaeozoic gymnospermous woods. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 38, 119-156.
- Prasad, M. N. V. and Chandra, S., 1978. *Australoxylon* from the Kamthi beds of Lower Gondwana, India. *Current Science*, 47, 597.
- Prasad, M. N. V. and Chandra, S., 1980. *Palaeospiroxylon* – a new gymnospermous wood from Raniganj Coalfield, India. *Palaeobotanist*, 26, 230-236.
- Prasad, M. N. V. and Chandra, S., 1981. Two species of *Australoxylon* from the Kamthi Formation of Chandrapur District, Maharashtra. *Geophytology*, 11, 1-5.
- Rao, H. S., 1935. On a sphaerosiderite, containing a new species of *Dadoxylon* (*D. parbeliense*) from the Lower Gondwana Coal Measures of India. *Records of the Geological Survey of India*, 69, 174-183.
- Rau, W., 1934. *Dadoxylon* (*Araucarioxylon*) *butiense* n. sp. Ein Beitrag zur Entwicklung der Holzstruktur der palaeozoischen Koniferen Rio Grande do Suls. *Revista Sudamericana de Botânica*, 1, 169-172.

- Raymond, A., Parker, W. C. and Barrett, S. F., 1985. Early Devonian phytogeography. In: Tiffney, B. (Ed.), *Geological Factors and the Evolution of Plants*. Yale University Press, New Haven and London, 129-167.
- Rößler, R. and Galtier, J., 2002a. First *Grammatopteris* tree ferns from the Southern Hemisphere – new insights in the evolution of the Osmundaceae from the Permian of Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 121, 205-230.
- Rößler, R. and Galtier, J., 2002b. *Dernbachia brasiliensis* gen. nov. et sp. nov. – a new small tree fern from the Permian of NE Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 122, 239-263.
- Rößler, R. and Galtier, J., 2003. The first evidence of the fern *Botryopteris* from the Permian of the Southern Hemisphere reflecting growth from diversity. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 127, 99-124.
- Rößler, R. and Noll, R., 2002. Der permische versteinerte Wald von Araguaina/Brasilien – Geologie, Taphonomie und Fossilführung. *Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz*, 25, 5-44.
- Sahni, B., 1933. *Dadoxylon zalesskyi*, a new species of cordaitan trees from the Lower Gondwana of India. *Records of the Geological Survey of India*, 66, 414-429.
- Sahni, B. and Singh, T. C. N., 1926. On some specimens of *Dadoxylon arberi* (Sew.) from Queensland and New South Wales. *Journal of the Indian Botanical Society*, 5, 103-112.
- Salard, M., 1968. Contribution à la connaissance de la flore fossile de la Nouvelle Calédonie. *Palaeontographica, Abt. B*, 124, 1-44.
- Schopf, J. M., 1962. A preliminary report on plant remains and coal of the sedimentary section in the central range of the Horlick Mountains, Antarctica. *Report of Institute of Polar Studies*, 2, 1-93.

- Schopf, J. M., 1975. Modes of fossil preservation. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 20, 27-53.
- Schultze-Motel, J., 1966. Gymnospermen-Hölzer aus dem oberkretazischen Umamba-Schichten von Ost-Pondoland (S-Afrika). *Senckenbergiana Lethaea*, 47, 279-337.
- Surange, K. R. and Maheshwari, H. K., 1962. Studies in the *Glossopteris* Flora of India – 11. Some observations on *Vertebraria* from the Lower Gondwanas of India. *Palaeobotanist*, 9, 61-67.
- Surange, K. R. and Maithy, P. K., 1962. Studies in the *Glossopteris* flora of India – *Barakaroxylon*, a new genus of petrified wood from the lower Gondwana of India. *Palaeobotanist*, 10, 108-113.
- Surange, K. R. and Maithy, P. K., 1963. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 14. Two new fossil woods from the Lower Gondwanas of India. *Palaeobotanist*, 11, 96-102.
- Surange, K. R. and Sah, S. C. D., 1956. Studies in the *Glossopteris* Flora of India – 7. *Dadoxylon jhariense* sp. nov. from the Jharia Coalfield, Bihar. *Palaeobotanist*, 5, 100-103.
- Surange, K. P. and Saxena, Y. N., 1959. Studies in the *Glossopteris* Flora of India – 10. *Dadoxylon barakarensis* sp. nov. from the Jharia Coalfield, India. *Palaeobotanist*, 7, 1-5.
- Vagyani, B. A. and Mahabale, T. S., 1974. A new species of fossil gymnospermous wood *Planoxylon* Stopes from Adhari (M. S.). *Palaeobotanist*, 21, 211-215.
- Vagyani, B. A. and Raju, A. V. V., 1981. A new species of fossil gymnospermous wood *Araucarioxylon* Kraus from Nandori, Maharashtra State. *Biovigyanam*, 7, 11-13.
- Vozenin-Serra, C. and Salard-Cheboldaeff, M., 1992. Le bois minéralisés Permo-Triasiques de Nouvelle Calédonie. Implications phylogénétique et paléogéographique. *Palaeontographica*, Abt. B, 225, 1-25.
- Walkom, A.B., 1928. Fossil plants from the Upper Palaeozoic rocks of New South Wales. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 53, 255-269.

Walton, J., 1925. On some South African fossil woods. *Annals of the South African Museum*, 22, 1-26.

Warren, E., 1912. On some specimens of fossil woods in the Natal Museum. *Annals of the South African Museum*, 2, 345-380.

Weaver, L., McLoughlin, S. and Drinnan, A. N., 1997. Fossil woods from the Upper Permian Bainmedart Coal Measures, northern Prince Charles Mountains, East Antarctica. *Journal of Australian Geology and Geophysics*, 16, 655-676.

White, I. C., 1908. Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brazil. Imprensa Nacional, Rio de Janeiro, 617p.

Zamuner, A. B., 1987. Primeros restos de leños picnoxilicos gimnospermicos de la Formación Melo (Pérmico Inferior), R. O. del Uruguay. 7° Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología. Buenos Aires, Argentina, 79-81.

Zamuner, A. B., 1996. *Araucarioxylon petriellae* n. sp., una possible Glossopterid de la Formación Melo (Pérmico Inferior), Uruguay. *Ameghiniana*, 33, 77-82.

Table 1. List of the genera found in the Permian of Gondwana, by continent.

Genera	Africa	Antarctica	India	Oceania	South America
<i>Abietopitys</i>	X				X
<i>Agathoxylon</i>	X	X	X		X
<i>Amyelon</i>					X
<i>Antarcticoxylon</i>					X
<i>Araguainorachis</i>					X
<i>Araucarioxylon</i>		X	X	X	X
<i>Arthropitys</i>					X
<i>Ateradoxylon</i>					X
<i>Atlanticoxylon</i>					X
<i>Australoxylon</i>	X	X	X	X	X
<i>Austroscleromedulloxylon</i>					X
<i>Bageopitys</i>					X
<i>Baieroxylon</i>			X		X
<i>Barakaroxylon</i>			X		X
<i>Botryopteris</i>					X
<i>Brachyoxylon</i>			X		
<i>Brasillestiloxylon</i>					X
<i>Carolinapitys</i>					X
<i>Catarinapitys</i>					X

<i>Chapmanoxylon</i>	X		X	X	X
<i>Corticoxylon</i>					X
<i>Cycadoxylon</i>					X
<i>Cyclomedulloxylon</i>					X
<i>Dadoxylon</i>	X			X	X
<i>Damudoxylon</i>	X	X	X	X	X
<i>Dernbachia</i>					X
<i>Ductoabietoxylon</i>					X
<i>Ductosolenoxylon</i>					X
<i>Eoguptioxylon</i>					X
<i>Grammatopteris</i>					X
<i>Guairia</i>					X
<i>Idioxylon</i>					X
<i>Indoxylon</i>			X		
<i>Kamthioxylon</i>			X		
<i>Kaokoxylon</i>	X		X	X	X
<i>Kendoxylon</i>					X
<i>Lobatoxylon</i>	X				X
<i>Medullopitys</i>	X				
<i>Megaporoxylon</i>	X	X	X		
<i>Mesopityoxylon</i>	X				
<i>Mussaeoxylon</i>					X
<i>Myelontordoxylon</i>					X
<i>Nandorioxylon</i>			X		
<i>Palaeosmunda</i>				X	
<i>Palaeospiroxylon</i>			X		
<i>Parapaleoxylon</i>			X		
<i>Parapaleospiroxylon</i>			X		
<i>Parataxopitys</i>					X
<i>Parnaiboxylon</i>					X
<i>Paulistoxylon</i>					X
<i>Petalopitys</i>					X
<i>Phyllocladopitys</i>	X				
<i>Phyllocladoxylon</i>		X			X
<i>Piracicaboxylon</i>					X
<i>Planoxylon</i>			X	X	
<i>Podocarpoxyton</i>					X
<i>Polysolenoxylon</i>		X	X		X
<i>Protocupressinoxylon</i>			X		
<i>Protophyllocladoxylon</i>	X	X			X
<i>Protopodocarpitys</i>					X
<i>Prototaxopitys</i>			X		
<i>Prototaxoxylon</i>	X		X		X
<i>Psaronius</i>					X
<i>Retemedulloxylon</i>					X
<i>Sahnioxylon</i>				X	
<i>Scalaroxylon</i>					X
<i>Sclerospiroxylon</i>			X		
<i>Schopfiicaulia</i>					X
<i>Scleroabietoxylon</i>					X
<i>Septomedulloxylon</i>					X
<i>Solenobrasiliioxylon</i>					X
<i>Solenopitys</i>		X			X
<i>Solenoxylon</i>	X				
<i>Stiloxylon</i>					X
<i>Taeniopitys</i>		X			X
<i>Taxopitys</i>	X		X		X

<i>Teresinoxylon</i>				X
<i>Tietea</i>				X
<i>Tordoxylon</i>				X
<i>Trigonomyelon</i>		X		
<i>Tsugoxylon</i>			X	
<i>Tuvichapteris</i>				X
<i>Vertebraria</i>	X	X	X	X
<i>Woodworthia</i>				X
<i>Zalesskioxylon</i>	X	X		X

Table 2. List of the species found in the Permian of Gondwana, with references.

Genera	Species	Bibliography
<i>Abietopitys</i> Kräusel, 1928	<i>A. articulata</i> (Dohms)	Merlotti, 2009: 14-16, fig. 1. G, fig. 2. A-C.
	Merlotti, 2009	
<i>Agathoxylon</i> Hartig, 1948	<i>A. perforata</i> Kräusel, 1928	Kräusel, 1928: 30-35, pl. 3. figs. 1-6, pl. 4. figs. 1-4, pl. 5. figs. 3-5, text-figs. 8-13. Kräusel, 1956b: 453, pl. 10. figs. 37-38.
	<i>A. africanum</i> (Bamford) Kurzawe and Merlotii, 2010	Bamford, 1999: 34, figs. 17-20.
	<i>A. allani</i> (Kräusel) Gnaedinger and Herbst, 2009	Maheshwari, 1972: 23-24, pl. 3. figs. 1-3, pl. 4, text-fig. 9. Crisafulli, Lutz and Melchor, 2000: 186-187, fig. 3. D-F, fig. 6. Crisafulli, Herbst and Stortti, 2009: 2-3, fig. 3. A-C, tab. 1.
	<i>A. bengalense</i> (Holden) Crisafulli and Lutz, 2008	Holden, 1917: 320-322, pl. 20. figs. 19-22. Prasad, 1982: 141.
	<i>A. gondwanense</i> (Maithy) Crisafulli and Lutz, 2008	Maithy, 1965a: 89-91, pl. 1, figs. 1-4, text-figs. 1-2.
	<i>A. karoensis</i> (Bamford) Kurzawe and Merlotti, 2010	Bamford, 1999: 34-37, figs. 21-24.
	<i>A. kumarpurensis</i> (Bajpai and Singh) Crisafulli and Herbst, 2008	Bajpai and Singh, 1986: 53-56, pl. 1, figs. 1-5, text-fig. 1. A-E. Crisafulli and Herbst, 2008: 743-744, fig. 6. 4-5, fig. 7. 1-2. Crisafulli, Herbst and Stortti, 2009: 3-4, fig. 3. D-E, tab. 1.
	<i>A. lathiense</i> (Agashe, Prasad and Suresh) Crisafulli and Herbst, 2008	Agashe, Prasad and Suresh, 1981: 123, pl. 1, figs. 1-7, text-fig. 1. A-J.
	<i>A. loharense</i> (Agashe and Gowda) Crisafulli and Herbst, 2008	Agashe and Gowda, 1978: 270-274, text-fig. 1. A-I, text-fig. 2. A-G, tab. 1.
	<i>A. malaimbandense</i> (Marguerier) Gnaedinger and Herbst, 2009	Marguerier, 1976: 87-97, pls. 1-5, text-figs. 2-4.
	<i>A. nandorii</i> (Vagyani and Raju) Kurzawe and Merlotti, 2010	Vagyani and Raju, 1981: 11-12, pl. 3. figs. 1-6, pl. 4. figs. 1-6.
	<i>A. ningahense</i> (Maheshwari) Crisafulli and Herbst, 2008	Maheshwari, 1965: 149-152, pl. 2. figs. 7-12, text-figs. 1-3. Crisafulli and Lutz, 1997: 442-444, pl. 2. figs. 1-5, text-fig. 2.

- A. petriellae* (Zamuner) Kurzawe and Merlotti, 2010 Zamuner, 1996: 77-82, text-figs. 1-9, tab. 1.
- A. vesturaense* Agashe and Prasad, 1989 Agashe and Prasad, 1989: 89-91, pl. 4, text-fig. 4, tabs. 1, 4.
- A. zaranense* Agashe and Prasad, 1989 Agashe and Prasad, 1989: 85-89, pl. 3, text-fig. 4, tabs. 1, 4.
- Amyelon* Williamson, 1874 *A. bieloi* Mussa, 1984 Coimbra and Mussa, 1984: 598-599, pl. 2, figs. 6-9
- Antarcticoxylon* Seward, 1914 *A. sewardii* Mussa, 1980 Mussa, 1980: 139-147, pls. 1-4.
- A. sp. cf. A. priestleyi* Schopf, 1962 Schopf, 1962: 21-26, pls. 6-7, text-fig. 3.
- Araguainorachis* Mussa and Coimbra, 1987 *A. simplissima* Mussa and Coimbra, 1987 Mussa and Coimbra, 1987: 911-912, pl. 2, fig. 12, pl. 3, figs. 15-17.
- Araucarioxylon* Kraus, 1870 *A. kothariensis* Agashe and Prasad, 1989 Agashe and Prasad, 1989: tab. 2.
- A. meyenii* Agashe and Gowda, 1978 Agashe and Prasad, 1989: 79, tab. 2.
- A. robertianum* Schenk, 1882 Knowlton, 1891: 617.
- A. roxoi* (Maniero) Maheshwari, 1972 Maniero, 1946: 65, figs. 1-5. Crisafulli, 2001: 67-69, fig. 3. H, fig. 6, fig. 7. A-C.
- A. schmidianum* (Schleiden) Felix, 1882 Knowlton, 1891: 616.
- A. sp. cf. Australoxylon ningahense* (Maheshwari) Maheshwari, 1972 Maheshwari, 1972: 21-23, pl. 2, figs. 2-6, pl. 3, fig. 4, text-fig. 8.
- A. sp.* Zamuner, 1987 Zamuner, 1987: 79-80, pl. 1.
- A. sp.* McLoughlin, 1992 McLoughlin, 1992: 135-136, pl. 7, figs. 6-8, pl. 8, figs. 5, 7, 9-10, pl. 9, figs. 5-6, 8-10.
- A. sp.* Crisafulli and Lutz, 1997 Crisafulli and Lutz, 1997: 444, pl. 2, figs. 6-8.
- Arthropitys* Goeppert, 1864 *A. cacundensis* Mussa, 1984 Coimbra and Mussa, 1984: 593-596, pl. 1, pl. 2, figs. 1-5.
- A. sp. A1* Rößler and Noll, 2002 Rößler and Noll, 2002: 22-25, text-figs. 44-53.
- A. sp. A2* Rößler and Noll, 2002 Rößler and Noll, 2002: 25, text-figs. 54-58.
- A. sp. A3* Rößler and Noll, 2002 Rößler and Noll, 2002: 25-27, text-figs. 59-62.
- A. sp. A4* Rößler and Noll, 2002 Rößler and Noll, 2002: 28-29, text-figs. 63-72.
- A. sp. B1* Rößler and Noll, 2002 Rößler and Noll, 2002: 29-32, text-figs. 73-75.
- A. sp. B2* Rößler and Noll, 2002 Rößler and Noll, 2002: 32-33, text-figs. 76-82.
- Ateradoxylon* Merlotti, 1999 *A. solidum* Merlotti, 1999 Merlotti, 1999: 79-89, figs. 1-5, chart 1.
- Atlanticoxylon* Mussa, 1986 *A. foraminatum* Mussa, 1986 Mussa, 1986a: 86, pl. 7, figs. 58, 60, 65.
- A. salpicatum* Mussa, 1986 Mussa, 1986a: 82-86, pl. 7, figs. 59, 61-64.
- Australoxylon* Marguerier, 1973 *A. acevedoae* Crisafulli, Herbst and Storti, 2009 Crisafulli, Herbst and Storti, 2009: 5-6, fig. 4. E-F, fig. 5. A-C, fig. 9.
- A. bainii* Weaver, Weaver, McLoughlin and Drinnan, 1997: 658-661, fig. 3, fig. 8. A-D, G,

- McLoughlin and Drinnan 1997 fig. 9.
- A. barakarensis* (Surange and Saxena) Marguerier, 1973 Surange and Saxena, 1959: 1-3, pl. 1, text-figs. 1-6.
- A. catarinensis* Merlotti and Kurzawe, 2006 Merlotti and Kurzawe, 2006: 77-80, fig. 1, tab. 1.
- A. duartei* (Japiassú) Marguerier, 1973 Japiassú, 1970: 494-497, pls. 1-3, text-figs. 1-4.
- A. kanhargaoense* Prasad and Chandra, 1978 Prasad and Chandra, 1978: 597, text-figs. 1-3.
- A. kharkhariense* (Maithy) Marguerier, 1973 Crisafulli, Lutz and Melchor, 2000: 187-188, fig. 3. G-H, fig. 8. A-C. Maithy, 1965a: 92, pl. 1. figs. 5-8, text-figs. 3-4.
- A. longicellularis* Prasad and Chandra, 1981 Prasad and Chandra, 1981: 1-4, pl. 1. figs. 3-7, text-figs. 1. E-H, tab. A.
- A. mondii* Weaver, McLoughlin and Drinnan, 1997 Weaver, McLoughlin and Drinnan, 1997: 661, figs. 4-7, fig. 8. E-F, H-O, figs. 10-12.
- A. natalense* Marguerier, 1973 Marguerier, 1973a: 43-47, pl. 1. fig. 4, pl. 2. figs. 2-3, pl. 3. fig. 3, pl. 4. figs. 1-2, pl. 5. fig. 4, pl. 6. figs. 1-2, 4-5, text-figs. 5-7.
- A. nicoli* (Seward, Walton) Marguerier, 1973 McLoughlin, 1992: 134-135, pl. 7. figs. 1-5, pl. 8. figs. 1, 3-4, 6, 8, pl. 9. figs. 1, 2-4, 7. Bamford, 1999: tab. 1. Merlotti and Kurzawe, 2006: 76-77.
- A. parbeliense* (Rao) Prasad, 1982 Rao, 1935: 177-178, pl. 12. figs. 1-7, pl. 13. figs. 1-8, text-fig. 1, tab. 1.
- A. ranaensis* Pant and Singh, 1987 Pant and Singh, 1987: 59-62, pl. 15. figs. 139-146, text-fig. 22. A-J.
- A. teixeirae* Marguerier, 1973 Marguerier, 1973a: 39-42, pl. 1. figs. 1-3, 5, pl. 2. figs. 1, 4, pl. 3. figs. 1-2, 4, pl. 4. figs. 3-5, pl. 5. figs. 1-2, text-figs. 2-4. Bamford, 1999: tabs. 1-2. Crisafulli, 2002: 47-48, figs. 2. A-D, fig. 3. A, fig. 4. Crisafulli and Herbst, 2009: 100-102, fig. 3. F-G, fig. 4. Maithy, 1977: 24-26, pl. 1, text-fig. 1, tabs. 1-2.
- A. zambesiensis* (Maithy) Pant and Singh, 1987
- Austroscleromedulloxylon* Mussa, 1980 *A. geraldinii* Mussa, 1986 Mussa, 1986b: 20-21, pl. 2. figs. 23, 28-29, text-figs. 3. E, I. Crisafulli, 1998b: 220-221, pl. 1. figs. 5-6, pl. 2. fig. 1, text-figs. 2-4.
- A. tabulatum* Mussa, 1986 Mussa, 1986b: 21, pl. 2, figs. 18, 25, text-figs. 3. D, H.
- Bageopitys* Dohms, 1976 *B. herbstii* Crisafulli, 2001 Crisafulli, 2001: 69-70, fig. 7. D-G, figs. 8-9. Crisafulli and Herbst, 2009: 96-98, fig. 3. A-E.
- B. sp. A* Crisafulli, 1998 Crisafulli, 1998a: 138-139, fig. 3.
- Baieroxylon* Greguss, 1961 *B. cicatricum* Prasad and Lele 1981 Crisafulli, 2001: 62-66, fig. 2. A-G, fig. 4. Crisafulli and Herbst, 2009: 104-106, fig. 5. H, fig. 6. A-E.
- B. multiseriale* Prasad, 1982 Prasad, 1982: 145, pl. 5. figs. 1-6.
- Barakaroxylon* Surange and Maithy emend. Kulkarni, Maithy and Surange, 1971 *B. jhariense* Surange and Maithy emend. Kulkarni, Maithy and Surange, 1971 Kulkarni, Maithy and Surange, 1971: 305-308, pl. 1, text-fig. 1. Surange and Maithy, 1962: 108-111, pl. 1. figs. 1-2. Crisafulli and Lutz, 1997: 438-442, pl. 1, text-fig. 1. Crisafulli, 2001: 66-67, fig. 2. H-I, fig. 3. A-G, fig. 5.
- B. monocanalosum* Kulkarni, 1971 Kulkarni, 1971: 309-310, pl. 1, text-figs. 1-2.

- Botryopteris* Renault, 1875 *B. nollii* Rößler and Galtier, 2003 Rößler and Galtier, 2003: 107-122, pls. 1-4, 6-9, text-fig. 1.
- Brachyoxylon* Hollick and Jeffrey, 1909 *B. nummularium* (White) Kurzawe, Iannuzzi and Merlotti, *in press* Kurzawe, Iannuzzi and Merlotti, *in press*: pl. 1, figs. 1.3, 2-5.
- Brasilestiloxylon* Mussa, 1978 *B. semibisseriatum* (Pant and Singh) Kurzawe and Merlotti, 2010 Pant and Singh, 1987: 20-24, pl. 3. figs. 20-26, text-fig. 4. A-F, text-fig. 5. A-E.
- Carolinapitys* Mussa, 1984 *B. piracicabense* Mussa, 1978a: 118-122, pl. 1, figs. 1-5.
- Catarinapitys* Mussa, 1986 *C. maranhensis* Mussa, 1984: 596-598, pls. 3-4.
- Chapmanoxylon* Pant and Singh, 1987 *C. bittancourtii* Mussa, 1986 Mussa, 1986a: 66-67, pl. 1. figs. 1-8, pl. 2. fig. 9.
- C. daintreii* (Chapman) Pant and Singh, 1987 Pant and Singh, 1987: tab. 3.
- C. jamuriense* (Maheshwari) Pant and Singh, 1987 Maheshwari, 1965: 148-149, pl. 1, pl. 2. fig. 6.
- C. kraeuselii* (Sahni) Pant and Singh, 1987 Crisafulli and Herbst, 2008: 739-740, fig. 3. 1-4, fig. 4. 1-2, chart 1.
- C. parenchymosum* (Surange and Maithy) Pant and Singh, 1987 Crisafulli, Herbst and Stortti, 2009: 7-8, fig. 5. D-G, fig. 6, tab. 1.
- C. oltaense* Crisafulli and Herbst, 2008 Surange and Maithy, 1963: 100-101, pl. 2, text-figs. 4-5.
- C. porosum* (Kräusel) Pant and Singh, 1987 Crisafulli and Herbst, 2008: 740-742, fig. 3. 5-6, fig. 5, chart 1.
- C. rangei* (Kräusel) Pant and Singh, 1987 Pant and Singh, 1987: tab. 3.
- C. ampla* Merlotti, 1989 Pant and Singh, 1987: tab. 3.
- Cycadoxylon* Renault, 1879 *C. brasiliense* Mussa and Coimbra, 1987 Mussa and Coimbra, 1987: 909-911, pl. 3. figs. 18-22, pl. 4.
- Cyclomedulloxylon* Mussa and Coimbra, 1987 *C. parnaibense* Mussa and Coimbra, 1987 Mussa and Coimbra, 1987: 907-909, pl. 1, pl. 2. figs. 7-11, 13-14.
- Dadoxylon* Endlicher, 1847 *D. binneyi* Shirley, 1898 Arber, 1905: 14, pl. 26.
- D. brisbanense* Shirley, 1898 Arber, 1905: 14, pl. 25.
- D. butiense* Rau, 1934 Rau, 1934: 169-172, pl. 2. figs. 1-4, pl. 3. figs. 5-6, pl. 4. figs. 8-9, text-figs. 1-2.
- D. maitlandi* Shirley, 1898 Arber, 1905: 14.
- D. manieroii* Kräusel and Dolianiti, 1958 Kräusel and Dolianiti, 1958: 130-131, pl. 26.
- D. sp.* Rößler and Noll, 2002 Rößler and Noll, 2002: 34-42, figs. 86-109.
- D. sudanense* Dupéron-Laudoneix and Lejal-Nicol, 1981 Dupéron-Laudoneix and Lejal-Nicol, 1981: 31-34, pl. 1. figs. 1-7, text-figs. 2-4.
- D. torodoxyloides* Vozenin-Serra and Salard-Cheboldaëff, 1992 Vozenin-Serra and Salard-Cheboldaëff, 1992: 3-6, pls. 1-2.

- Damudoxylon*
Maheshwari emend.
Maheshwari, 1972
- D. williamsoni* Shirley, 1898 Arber, 1905: 15.
- D. adhariense* (Prasad) Pant and Singh, 1987 Prasad, 1982: 125, pl. 2. figs. 3-4.
- D. arberi* (Sahni and Singh) Kurzawe and Merlotti, 2009 Sahni and Singh, 1926: 105-109, pls. 1-3.
- D. chandrapurensis* (Prasad) Pant and Singh, 1987 Prasad, 1982: 123, pl. 1. figs. 1-2.
- D. goiantiensis* Kurzawe, Merlotti and Iannuzzi personal communication Kurzawe et al b: personal communication
- D. humili* Kurzawe, Merlotti and Iannuzzi personal communication Kurzawe et al b: personal communication
- D. indicum* (Holden) Maheshwari, 1972 Maheshwari, 1972: 11.
- D. lukugense* (Grambast) Grambast, 1960b: 3-9, pls. 1-3, text-figs. 1-2. Maheshwari, 1966
- D. maharashtraensis* (Prasad) Pant and Singh, 1987 Prasad, 1982: 125, pl. 1. figs. 3-4.
- D. rosslerii* Kurzawe, Merlotti and Iannuzzi personal communication Kurzawe et al b: personal communication
- D. sp. cf. D. waltonii* Maheshwari, 1966 Maheshwari, 1972: 28-29, pl. 8, pl. 9. figs. 2-5.
- D. sp.* (Warren) Warren, 1912: 347-355, pl. 25. figs. 1-9, 27, pl. 26. fig. 15, pl. 27. figs. 23-26, text-fig. 1. A-C, text-fig. 2. B-C, tabs. 1-2. Kurzawe and Merlotti, 2009
- D. waltonii* (Maheshwari) Maheshwari, 1967: 247-250, pls. 2-3, text-fig. 4, text-fig. 5 A-C, text-fig. 6 A-B, text-fig. 7. Kurzawe and Merlotti, 2009
- Dernbachia* Rößler and Galtier, 2002 *D. brasiliensis* Rößler and Galtier, 2002 Rößler and Galtier, 2002b: 241-254, pls. 1-5, text-figs. 2-4.
- Ductoabietoxylon* Kurzawe & Merlotti personal communication *D. solis* Kurzawe, Merlotti, Iannuzzi and Rößler personal communication Kurzawe et al a: personal communication
- Ductosolenoxylon* Merlotti, 2002 *D. guerrae* Merlotti, 2002 Merlotti, 2002: 7-9, pl. 1, text-fig. 2. A.
- Eoguptioxylon* Crisafulli and Lutz, 2007 *E. antiqua* Crisafulli and Lutz, 2007 Crisafulli and Lutz, 2007: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-70142007000100014&lng=es&ndrm=iso>, figs. 2-4, chart 1. Rößler and Galtier, 2002a: 209-221, pls. 1-6, text-figs. 2-6, tab. 1.
- Grammatopteris* Renault, 1891 *G. freitasii* Rößler and Galtier, 2002 Rößler and Galtier, 2002
- Guairea* Herbst, 1981 *G. milleri* Herbst, 1981 Herbst, 1981: 40-45, pl. 1. figs. 2-6, pls. 2-3.
- Idioxylon* Crisafulli, 1995 *I. lutzii* Crisafulli, 1995 Crisafulli, 1995: 92-96, pl. 1, text-figs. 2-3, chart 1.
- Indoxylon* Surange and Maithy, 1963 *I. canalosum* Surange and Maithy, 1963 Surange and Maithy, 1963: 96-100, pl. 1, text-figs. 1-3.

<i>Kamthioxylon</i> Mahabale and Vagyani, 1980	<i>K. adhariense</i> Mahabale and Vagyani, 1980	Agashe and Prasad, 1989: 91, tab. 5.
	<i>K. chandrapurensis</i> Agashe and Prasad, 1989	Agashe and Prasad, 1989: 91-93, pl. 5, text-fig. 5, tabs. 1, 5.
	<i>K. mahabalei</i> Agashe and Prasad, 1989	Agashe and Prasad, 1989: 94-96, pl. 6, text-fig. 6, tabs. 1, 5.
<i>Kaokoxydon</i> Kräusel, 1956	<i>K. durum</i> Kräusel, 1956	Kräusel, 1956a: 424-425, pl. 6. fig. 26.
	<i>K. farleyense</i> (Walkom) Maheshwari, 1972	Marguerier, 1973a: 48.
	<i>K. pseudotrimeridularis</i> Prasad, 1982	Prasad, 1982: 130, pl. 3. figs. 1-3.
	<i>K. punctis</i> Kurzawe, Merlotti and Iannuzzi personal communication	Kurzawe et al b: personal communication
	<i>K. reunigi</i> Kräusel, 1956	Kräusel, 1956a: 423-424, pl. 6. fig. 25.
	<i>K. zaleskyi</i> (Sahni) Maheshwari, 1967	Maheshwari, 1967: 254. Herbst and Crisafulli, 1997: 448-451, figs. 2-3, chart 1.
<i>Kendoxylon</i> Pant and Singh, 1987	<i>K. bakeri</i> (Seward and Walton) Pant and Singh, 1987	Pant and Singh, 1987: tab. 8.
<i>Lobatoxydon</i> Kräusel, 1956	<i>L. kaokense</i> Kräusel, 1956	Kräusel, 1956a: 420-421, pl. 2. fig. 10, pl. 4. fig. 17, pl. 5.
<i>Medullopitys</i> Kräusel, 1928	<i>M. sclerotica</i> Kräusel, 1928	Kräusel, 1928: 22-30, pl. 1. fig. 11, pl. 2. figs. 2-6, pl. 3. figs. 1-5, text-figs. 4-7.
<i>Megaporoxylon</i> Kräusel, 1956	<i>M. antarcticum</i> Maheshwari, 1972	Maheshwari, 1972: 29-31, pl. 9. figs. 6-7, pl. 10, pl. 11. figs. 1-4, text-fig. 13.
	<i>M. canalosum</i> Maheshwari, 1972	Maheshwari, 1972: 31-32, pl. 11. fig. 5, pl. 12. figs. 1-6, text-fig. 14.
	<i>M. kaokense</i> Kräusel, 1956	Kräusel, 1956a: 421-423, pl. 6. figs. 22-24, text-fig. 4. A.
	<i>M. krauselii</i> Maheshwari, 1967	Maheshwari, 1967: 250-254, pl. 3, text-figs. 8-10.
	<i>M. maheshwarii</i> Bajpai and Singh, 1997	Bajpai and Singh, 1997: 74-78, pls. 1-2, tab. 1.
	<i>M. scherzi</i> Kräusel, 1956	Kräusel, 1956b: 447-448, pl. 6. fig. 27, pl. 7. figs. 28-29, text-fig. 4. B.
	<i>M. zellei</i> Kräusel, 1956	Kräusel, 1956b: 448-449, pl. 8. figs. 30-31.
<i>Mesopityoxylon</i> Aassoumi and Vozenin-Serra, 1996	<i>M. tiddasense</i> Aassoumi and Vozenin-Serra, 1996	Aassoumi and Vozenin-Serra, 1996: 58-68, pls. 1-4, text-fig. 5.
<i>Mussaioxylon</i> Merlotti, 1998	<i>M. seclusum</i> Merlotti, 1998	Merlotti, 1998a: 45-54, pls. 1-3, text-figs. 1-3.
<i>Myelontordoxylon</i> Mussa emend. Merlotti, 2009	<i>M. brasiliense</i> Mussa, 1978	Mussa, 1978b: 173-174, pl. 7, pl. 8. figs. 46-48.
	<i>M. camposii</i> (Mussa) Merlotti, 2009	Mussa, 1978b: 174-177, pl. 8. figs. 49-51, pls. 9-11, text-fig. 3. C, text-fig. 6.
	<i>M. vittii</i> Mussa, 1978	Mussa, 1978b: 170-173, pls. 4-5, pl. 6. figs. 30-37, text-fig. 3. B, text-fig. 5.
<i>Nandorioxylon</i> Biradar and Bonde, 1981	<i>N. saksenae</i> Birabav and Bonde, 1981	Prasad, 1982: 138.
<i>Palaeosmunda</i> Gould,	<i>P. playfordii</i> Gould,	McLoughlin, 1992: 133-134, pl. 6.

1970	1970 <i>P. williamsii</i> Gould,	McLoughlin, 1992: 133.
<i>Palaeospiroxylon</i> Prasad and Chandra, 1980	1970 <i>P. heterocellularis</i> Prasad and Chandra, 1980	Prasad and Chandra, 1980: 231-233, pl. 1, text-fig. 1, tabs. 1-2.
<i>Parapaleoxylon</i> Prasad, 1982	<i>P. satnauriense</i> (Varadpande) Prasad, 1982	Prasad, 1982: 149.
<i>Parapaleospiroxylon</i> Pant and Singh, 1987	<i>P. burmudianaensis</i> Pant and Singh, 1987 <i>P. multiseriale</i> (Prasad) Pant and Singh, 1987	Pant and Singh, 1987: 41-42, pl. 8. figs. 75-77, pl. 9. figs. 78-86, text-figs. 12-13. Prasad, 1982: 145-147, pl. 5. figs. 1-6, text-fig. 16.
<i>Parataxopitys</i> Maniero, 1951	<i>P. americana</i> (Milanez and Dolianiti) Kräusel and Dolianiti, 1958	Kräusel and Dolianiti, 1958: 116-118, pl. 16, pl. 17. figs. 7-8
<i>Parnaiboxylon</i> Kurzawe and Merlotti personal communication	<i>P. rohnii</i> Kurzawe, Merlotti and Iannuzzi personal communication <i>P. sp.</i> Kurzawe, Merlotti, Iannuzzi and Rößler in Kurzawe et al	Kurzawe et al a: personal communication Kurzawe et al a: personal communication
<i>Paulistoxylon</i> Mussa, 1986	<i>P. formosum</i> Mussa, 1986 <i>P. inflatum</i> Mussa, 1986 <i>P. iratienis</i> (Guerra-Sommer) Merlotti, 2009 <i>P. sp. 1</i> Mussa, 1986 <i>P. sp. 2</i> Mussa, 1986	Mussa, 1986b: 16-17, pl. 1. figs. 13-14, 16, text-fig. 3. C. Mussa, 1986b: 15-16, pl. 1. figs. 5-8, pl. 2. figs. 21, 24, 27, text-fig. 3. B, G, I, text-fig. 4. I. Crisafulli, 1998b: 218-220, pl. 1. figs. 1-4, text-fig. 1. Merlotti, 2009: 16, fig. 2. D-F. Mussa, 1986b: 17, pl. 1. fig. 9. Mussa, 1986b: 17, pl. 1. figs. 11-12.
<i>Petalopitys</i> Mussa, 1986	<i>P. rioclarensis</i> Merlotti, 2000 <i>P. sclerionata</i> Mussa, 1986 <i>P. surangei</i> Mussa, 1986 <i>P. ? porangabensis</i> Mussa, 1986	Merlotti, 2000: 43-51, pls. 1-5. Mussa, 1986a: 81, pl. 6. figs. 53, 55-57. Mussa, 1986a: 80-81, pl. 6, figs. 52-54. Mussa, 1986a: 82, pl. 7. fig. 65.
<i>Phyllocladopitys</i> Kräusel, 1928	<i>P. capensis</i> Kräusel, 1956 <i>P. martini</i> Kräusel, 1956	Kräusel, 1956b: 450-451, pl. 9. figs. 34-35, text-fig. 5. B. Kräusel, 1956b: 451-452, pl. 8. figs. 32-33, pl. 10. fig. 36, text-fig. 5. A.
<i>Piracicaboxylon</i> Mussa, 1986	<i>P. agrestinum</i> Mussa, 1986 <i>P. meloi</i> Crisafulli, 1998	Mussa, 1986b: 22, pl. 1. fig. 15, pl. 2. figs. 17, 19-20, 22, 26, text-fig. 3. F, text-fig. 4. S. Crisafulli, 1998b: 221-224, pl. 2. figs. 2-7, text-fig. 5.
<i>Planoxylon</i> Stopes, 1916	<i>P. australe</i> (Salard) Vozenin-Serra and Salard-Cheboldaëff, 1992 <i>P. indicum</i> Vagyani and Mahabale, 1974	Vozenin-Serra and Salard-Cheboldaëff, 1992: 10-14, pls. 7-9. Vagyani and Mahabale, 1974: 211-215, pl. 1, text-figs. 1-9, tab. 1.

- P. lacunosum* Salard, 1968 Salard, 1968: 22-27, pls. 9-11, tab.
- P. neocaledonicum* Salard, 1968 Salard, 1968: 19-22, pls. 7-8, tab.
- Podocarpoxylon* Gothan, 1905
P. aff. Paralatifolium Crisafulli, 2000: 2.
P. indicum (Bhardwaj) Bose and Maheshwari, 1974 Crisafulli and Herbst, 2008: 746-749, fig. 8. 4-6, fig. 10, text-fig. 11. 1-2.
P. paralatifolium Vozenin-Serra and Grant Mackie Crisafulli and Herbst, 2009: 102, fig. 4. E-F, fig. 5. A-C, text-fig. 2.
- Polysolenoxylon* Kräusel and Dolianiti, 1958
P. kraeuselii (Surange and Maithy) Maheshwari, 1972 Surange and Maithy, 1962: 11-112, pl. 1. figs. 3-7, text-figs. 1-5.
P. manieroi Mussa, 1986 Maheshwari, 1972: 33-34, pl. 14, text-fig. 15.
P. resiniferum (Guerra) Mussa, 1986 Mussa, 1986a: 72-74, pl. 4. figs. 37-38, pl. 5. figs. 39, 41-45.
P. septosum Mussa, 1986 Mussa, 1986a: 78-80.
P. sp. cf. P. whitei (Maniero) Kräusel and Dolianiti, 1958 Mussa, 1986a: 76-80, pl. 5. figs. 40, 42.
P. taguaiense Mussa, 1986 Crisafulli 1998a: 136-138, fig. 2.
P. whitei (Maniero) Kräusel and Dolianiti, 1958 Mussa, 1986a: 74-76, pl. 4. figs. 30-36.
Protocupressinoxylon Eckhold, 1923
P. bhivkundense (Agashe and Prasad) Kurzawe and Merlotti, 2010 Agashe and Prasad, 1989: 79-82, pl. 1, text-fig. 1, tabs. 1-2.
P. surangei (Agashe, Prasad and Suresh) Kurzawe and Merlotti, 2010 Agashe, Prasad and Suresh, 1981: 123-124, pl. 1. figs. 8-14, text-fig. 2. A-K.
P. wejgaoense (Agashe and Kumar) Kurzawe and Merlotti, 2010 Agashe and Kumar, 1996: 18, pl. 1, tab. 1.
- Protophyllocladoxylon* Kräusel, 1939
P. derbyi (Oliveira) Maheshwari, 1972 Kräusel and Dolianiti, 1958: 131-132.
P. dolianitii Mussa, 1958 Mussa, 1958: 7-23, pls. 1-4, text-figs. 1-3.
P. natalense (Warren) Schultze-Motel, 1961 Maheshwari, 1972: 26-28, pls. 6-7, pl. 9. fig. 1, text-figs. 11-12.
P. röslerii Mussa, 1974 Crisafulli and Herbst, 2009: 102-104, fig. 5. D-G.
Schultze-Motel, 1961: tab. 1
- Protopodocarpitys* Mussa, 1974 Mussa, 1974: 617-634, pls. 1-4, text-figs. 1-6.
- Prototaxopitys* Agashe, 1977
P. andrewsii (Agashe and Chitnis) Agashe, 1977 Agashe and Chitnis, 1971: 54-57, pls. 17-18, text-figs. 1-2.
- Prototaxoxylon* Kräusel and Dolianiti, 1958
P. africanum (Walton) Kräusel and Dolianiti, 1958 Kräusel and Dolianiti, 1958: tab. 1.
P. brasilianum Kräusel Kräusel and Dolianiti, 1958: 126-128, pl. 24. figs. 49-51.

- and Dolianiti, 1958
- P. chandrapurensis* Agashe and Gowda, 1981
- P. gondwanensis* Agashe, Gowda, Suresh and Geetha, 1983
- P. indicum* (Mehta) Prakash and Srivastava, 1961
- P. intratappeum* Prakash and Srivastava, 1961
- P. mahabalei* Birabar and Bonde
- P. maithyii* Prasad, 1982
- P. rangenapalliensis* Agashe and Kumar, 2002
- P. uniseriale* Prasad, 1982
- Psaronius* Cotta, 1832
- P. arrojadoi* Pelourde emend. Herbst, 1985
- P. brasiliensis* Brongniart, 1827
- P. sinuosus* Herbst, 1999
- P. sp.* Herbst, 1999
- R. refertum* Merlotti, 1998
- R. reliquum* Merlotti, 1998
- Sahnioxylon* Bose and Sah, 1954
- Scalaroxylon* Vogellehner, 1967
- Sclerobietoxylon* Kurzawe and Merlotti personal communication
- Sclerospirioxylon* Prasad, 1982
- Schopfifcaulia* Mussa, 1982
- Septomedulloxylon* Merlotti, 2002
- Solenobrasilioxylon* Mussa emend. Mussa, 1986
- Solenopitys* Kräusel and Dolianiti, 1958
- Crisafulli and Herbst, 2009: 106, fig. 6. F-G.
- Crisafulli, Herbst and Stortti, 2009: 10, fig. 8, tab. 1
- Agashe and Kumar, 2002: 139, tab. 1.
- Agashe and Kumar, 2002: 139, tab. 1.
- Prakash and Srivastava, 1961: 15, tab. 1.
- Prakash and Srivastava, 1961: 10-13, pl. 1, text-figs. 1-16, tab. 1.
- Agashe and Kumar, 2002: 139, tab. 1.
- Prasad, 1982: 144, pl. 3. fig. 7, pl. 5. fig. 8.
- Agashe and Kumar, 2002: 138-140, figs. 1-2, tab. 1.
- Prasad, 1982: 144, pl. 3. figs. 4-6.
- Herbst, 1985: 244-258, pls. 1-2, text-figs. 1-2, 5.
- Coimbra and Mussa, 1984: 592.
- Herbst, 1999: 10-13, text-figs. 2-4.
- Herbst, 1999: 13-14, text-figs. 5-6.
- Merlotti, 1998b: 28-30, pls. 1-4, chart 1.
- Merlotti, 1998b: 30-31, pls. 5-8, chart 2.
- Salard, 1968: 27-28, pl. 12.
- Kurzawe, Iannuzzi and Merlotti, *in press*: pl. 1, figs. 1.1, 6, pl. 2, figs. 1-3.
- Kurzawe et al a: personal communication
- Prasad, 1982: 137-138, pl. 4. figs. 5-6.
- Mussa, 1982b: 66-74, pls. 1-2.
- Crisafulli, Lutz and Melchor, 2000: 183-186, fig. 3. A-C, figs. 4-5.
- Merlotti, 2002: 9-11, pl. 2, text-fig. 2. B.
- Mussa, 1978a: 122-126, pl. 2.
- Maheshwari, 1972: 32-33, pl. 12. fig. 7, pl. 13.
- Mussa, 1986a: 70.
- Kräusel and Dolianiti, 1958: 120-122, ests. 18-19, pl. 20. figs. 24-28.
- Mussa, 1986a: 68-70, pl. 3. figs. 18-19, 22-29.

	1986	
	<i>S. rusticana</i> Mussa,	Mussa, 1986a: 67-68, pl. 2. figs. 11-17, pl. 3. fig. 20.
	1986	
<i>Solenoxylon</i> Kräusel,	<i>S. kurzi</i> Kräusel, 1956	Kräusel, 1956a: 417-419, pl. 2. fig. 9, pl. 3. figs. 12-15, pl. 4. fig. 14, text-fig. 3. A.
1956a	<i>S. oberholzeri</i> Kräusel,	Kräusel, 1956a: 419, pl. 4. figs. 15-16, text-fig. 3. B.
	1956	
	<i>S. sp.</i> Kräusel, 1956	Kräusel, 1956a: 419.
	<i>S. wissi</i> Kräusel, 1956	Kräusel, 1956a: 414-417, pl. 1, pl. 2. figs. 5-8, pl. 3. fig. 11.
<i>Stiloxylon</i> Crisafulli, 1998	<i>S. ferrandoi</i> Crisafulli,	Crisafulli, 1998a: 133-136, pl. 1, text-fig. 1.
	1998	
<i>Taeniopitys</i> Kräusel, 1962	<i>T. scottii</i> Kräusel, 1962	Kräusel, 1962: 38, pl. 25, pl. 26. figs. 1-7, pl. 28. fig. 1.
	<i>T. sp.</i> Kurzawe,	Kurzawe et al b: personal communication
	Merlotti and Iannuzzi	
	personal	
	communication	
	<i>T. tocantinensis</i>	Kurzawe et al b: personal communication
	Kurzawe, Merlotti and	
	Iannuzzi personal	
	communication	
<i>Taxopitys</i> Kräusel, 1928	<i>T. africana</i> Kräusel,	Kräusel, 1928: 46-50, pl. 10. fig. 3, pl. 4. fig. 11, pl. 11. figs. 1-5, text-figs. 17-18.
	1928	
	<i>T. alves-pintoi</i> Kräusel	Kräusel and Dolianiti, 1958: 122-125, pl. 20. fig. 29, pls. 21-23, pl. 24.
	and Dolianiti, 1958	figs. 45-48.
	<i>T. indica</i> Prasad and	Prasad, 1982: 133
	Chandra, 1978	
	<i>T. surangei</i> Prasad,	Prasad, 1982: 133-134, pl. 4. figs. 1-4.
	1982	
<i>Teresinoxylon</i> Mussa,	<i>T. eusebioi</i> Mussa,	Caldas, Mussa, Lima Filho and Rösler, 1989: 73-78, pls. 2-4, text-figs. 4-5.
1989	1989	
<i>Tietea</i> Solms-Laubach	<i>T. derbyi</i> Herbst, 1992	Herbst, 1992: 156-160, text-figs. 1-8.
emend. Herbst, 1986		
	<i>T. singularis</i> Solms-	Herbst, 1987a: 167-170, pls. 1-5.
	Laubach, 1913	
<i>Tordoxyton</i> Kräusel	<i>T. sanpaulense</i> Mussa,	Mussa, 1978b: 166-170, pls. 1-3, pl. 6. fig. 38, text-fig. 2. A-B, text-fig. 3.
emend. Mussa, 1978	1978	A, text-fig. 4.
<i>Trigonomyelon</i> Walton,	<i>T. kamthiensis</i> Prasad,	Prasad, 1982: 128-129, pl. 2. figs. 1-2.
1925	1982	
	<i>T. pedroi</i> (Zeiller)	Walton, 1925: 12.
	Walton, 1925	White, 1908: 574-579.
	<i>T. raniganjense</i>	Maheshwari, 1967: 244-247, pl. 1, pl. 2. fig. 9, text-figs. 1-3.
	Maheshwari, 1967	
<i>Tsugoxylon</i> Vozenin-Serra	<i>T. primaevum</i>	Vozenin-Serra and Salard-Cheboldaeff, 1992: 9-10, pls. 5-6.
and Salard-Cheboldaeff,	Vozenin-Serra and	
1992	Salard-Cheboldaeff,	
	1992	
<i>Tuvichapteris</i> Herbst, 1987	<i>T. solmsi</i> Herbst, 1987	Herbst, 1987b: 269-275, pls. 1-2, text-figs. 1-6
<i>Vertebraria</i> Royle, 1839	<i>V. gondwanensis</i>	Maithy, 1965b: 258-260, pl. 5. figs. 35-39, text-figs. 6-7.
	Maithy, 1965	
	<i>V. indica</i> Royle, 1939	Guerra, 1976: 51-68, pls. 1-5, text-figs. 1-3.
		McLoughlin, 1992: 136-137, pl. 3. fig. 6, pl. 10.
		McLoughlin, 1992: 136.
	<i>V. raniganjensis</i>	Surange and Maheshwari, 1962: 61-62, pl. 1. figs. 1-7.
	Surange and	
	Maheshwari, 1962	
	<i>V. sp.</i> Weaver,	Weaver, McLoughlin and Drinnan, 1997: 661.
	McLoughlin and	

<i>Woodworthia</i> Jeffrey, 1910	Drinnan, 1997	
<i>Zaleskioxylon</i> Lepekhina and Yatsenko-Khmelevsky, 1966	<i>W. sp.</i> Maniero, 1948	Dohms, 1976: 179.
	<i>Z. andrewsii</i> Agashe and Kumar, 1997	Feng, Wang and Shen, 2008:223, tab. 1.
	<i>Z. barakarensis</i> Agashe and Gowda, 1981	Agashe and Prasad, 1989: 83, tab. 3.
	<i>Z. chandaensis</i> (Chitale) Lepekhina, 1972	Agashe and Prasad, 1989: 83, tab. 3.
	<i>Z. gondwanaensis</i> Pant and Singh, 1987	Pant and Singh, 1987: 28, pl. 5. figs. 36-45, text-figs. 6-7, text-fig. 21. C-F.
	<i>Z. gondwanense</i> Agashe and Prasad, 1984	Agashe and Prasad, 1989: tab. 3.
	<i>Z. jamudhiense</i> (Maheshwari) Lepekhina, 1972	Agashe and Prasad, 1989: 83, tab. 3. Crisafulli, Lutz and Melchor, 2000: 188-190, fig. 8. D-H, fig. 9.
	<i>Z. lepekhinae</i> Prasad and Chandra, 1979	Agashe and Prasad, 1989: tab. 3.
	<i>Z. nagarajii</i> Agashe and Kumar, 2002	Feng, Wang and Shen, 2008: 223, tab. 1.
	<i>Z. nautiyalii</i> Agashe and Kumar, 2002	Feng, Wang and Shen, 2008: 223, tab. 1.
	<i>Z. raniganjensis</i> Pant and Singh, 1987	Pant and Singh, 1987: 26, pl. 4. figs. 27-35, text-fig. 6.
	<i>Z. sahnii</i> Lepekhina, 1972	Crisafulli, 2002: 50-51, fig. 3. C, fig. 5. A-C.
	<i>Z. sarandensis</i> Agashe and Prasad, 1989	Agashe and Prasad, 1989: 83-85, pl. 2, text-fig. 2, tabs. 1, 3.
	<i>Z. simplexum</i> Prasad and Chandra, 1979	Agashe and Prasad, 1989: 83, tab. 3.
	<i>Z. unisseriatum</i> Pant and Singh, 1987	Pant and Singh, 1987: 28-30, pl. 6. figs. 46-53, text-fig. 8. Crisafulli, 2002: 48-50, fig. 2. E-H, fig. 3. B.
	<i>Z. weaverense</i> (Maheshwari) Pant and Singh, 1987	Maheshwari, 1972: 24-26, pl. 5, text-fig. 10.

Table 3. List of genera belonging to Pteridophyta and Gymnospermae.

Pteridophyta	Gymnospermae			
<i>Araguainorachis</i>	<i>Abietopitys</i>	<i>Agathoxylon</i>	<i>Amyelon</i>	<i>Antarcticoxylon</i>
<i>Botryopteris</i>	<i>Araucarioxylon</i>	<i>Aterradoxylon</i>	<i>Atlanticoxylon</i>	<i>Australoxylon</i>
<i>Carolinapitys</i>	<i>Austroscleromedulloxylon</i>	<i>Bageopitys</i>	<i>Baieroxylon</i>	<i>Barakaroxylon</i>
<i>Cycadoxylon</i>	<i>Brachyoxylon</i>	<i>Brasilestioxylon</i>	<i>Catarinapitys</i>	<i>Chapmanoxylon</i>
<i>Dernbachia</i>	<i>Corticoxylon</i>	<i>Cyclomedulloxylon</i>	<i>Dadoxylon</i>	<i>Damudoxylon</i>
<i>Grammatopteris</i>	<i>Ductoabietoxylon</i>	<i>Ductosolenoxylon</i>	<i>Eoguptioxylon</i>	<i>Idioxylon</i>
<i>Guaierea</i>	<i>Indoxylon</i>	<i>Kamthioxylon</i>	<i>Kaokoxylon</i>	<i>Kendoxylon</i>
<i>Palaeosmunda</i>	<i>Lobatoxylon</i>	<i>Medullopitys</i>	<i>Megaporoxylo</i>	<i>Mesopityoxylon</i>
<i>Psaronius</i>	<i>Mussaeoxylon</i>	<i>Myelontordoxylon</i>	<i>Nandorioxylon</i>	<i>Palaeospiroxylon</i>
<i>Teresinoxylon</i>	<i>Parapaleoxylon</i>	<i>Parapaleospiroxylon</i>	<i>Parataxopitys</i>	<i>Parnaiboxylon</i>
<i>Tietea</i>	<i>Paulistoxylon</i>	<i>Petalopitys</i>	<i>Phyllocladopitys</i>	<i>Phyllocladoxylon</i>
<i>Tuvichapteris</i>	<i>Piracicaboxylon</i>	<i>Planoxylon</i>	<i>Podocarpoxylo</i>	<i>Protocupressino</i>

	<i>Protophyllocladoxylon</i>	<i>Protopodocarpitys</i>	<i>Prototaxopitys</i>	<i>Prototaxoxylon</i>
	<i>Retemedulloxylon</i>	<i>Sahnioxylon</i>	<i>Scalaroxylon</i>	<i>Schopfiicaulia</i>
	<i>Scleroabietoxylon</i>	<i>Sclerospiroxylon</i>	<i>Septomedulloxylon</i>	<i>Solenobrasilioxylon</i>
	<i>Solenopitys</i>	<i>Solenoxylon</i>	<i>Stiloxylon</i>	<i>Taeniopitys</i>
	<i>Taxopitys</i>	<i>Tordoxylon</i>	<i>Trigonomyelon</i>	<i>Tsugoxylon</i>
	<i>Vertebraria</i>	<i>Woodworthia</i>	<i>Zalesskioxylon</i>	

Table 4. List of genera corresponding to tracheidoxyls and to fully preserved woods.

Tracheidoxyls	Full preserved woods		
<i>Agathoxylon</i>	<i>Abietopitys</i>	<i>Antarcticoxylon</i>	<i>Aterradoxylon</i>
<i>Australoxylon</i>	<i>Atlanticoxylon</i>	<i>Austroscleromedulloxylon</i>	<i>Barakaroxylon</i>
<i>Baieroxylon</i>	<i>Brasilestiloxylon</i>	<i>Catarinapitys</i>	<i>Chapmanoxylon</i>
<i>Brachyoxylon</i>	<i>Corticoxylon</i>	<i>Cycadoxylon</i>	<i>Cyclomedulloxylon</i>
<i>Kamthioxylon</i>	<i>Damudoxylon</i>	<i>Ductoabietoxylon</i>	<i>Ductosolenoxylon</i>
<i>Nandorioxylon</i>	<i>Eoguptioxylon</i>	<i>Idioxylon</i>	<i>Indoxylon</i>
<i>Parapaleospiroxylon</i>	<i>Kaokoxylon</i>	<i>Kendoxylon</i>	<i>Lobatoxylon</i>
<i>Parapaleoxylon</i>	<i>Medullopitys</i>	<i>Megaporoxylon</i>	<i>Mesopityoxylon</i>
<i>Planoxylon</i>	<i>Mussaioxylon</i>	<i>Myelontordoxylon</i>	<i>Palaeospiroxylon</i>
<i>Podocarpoxylon</i>	<i>Parataxopitys</i>	<i>Parnaiboxylon</i>	<i>Paulistoxylon</i>
<i>Protocupressinoxylon</i>	<i>Petalopitys</i>	<i>Phyllocladopitys</i>	<i>Piracicaboxylon</i>
<i>Protophyllocladoxylon</i>	<i>Polysolenoxylon</i>	<i>Protopodocarpitys</i>	<i>Prototaxopitys</i>
<i>Prototaxoxylon</i>	<i>Retemedulloxylon</i>	<i>Schopfiicaulia</i>	<i>Scleroabietoxylon</i>
<i>Sahnioxylon</i>	<i>Sclerospiroxylon</i>	<i>Septomedulloxylon</i>	<i>Solenobrasilioxylon</i>
<i>Scalaroxylon</i>	<i>Solenopitys</i>	<i>Solenoxylon</i>	<i>Stiloxylon</i>
<i>Woodworthia</i>	<i>Taeniopitys</i>	<i>Taxopitys</i>	<i>Tordoxylon</i>
<i>Zalesskioxylon</i>	<i>Trigonomyelon</i>	<i>Tsugoxylon</i>	<i>Vertebraria</i>

Table 5. List of species in groups 1 to 4, located in Africa. Number of samples of each species in parentheses; no number indicates that only one sample exists.

Group	Species		
Group 01 – Morocco	<i>Mesopityoxylon tiddasense</i>		
Group 02 - Egypt	<i>Dadoxylon sudanense</i>		
Group 03 - Congo	<i>Damudoxylon lukugense</i>		
	<i>Abietopitys perforata</i>	<i>Agathoxylon africanum</i>	<i>Agathoxylon karoensis</i>
	<i>Agathoxylon kumarpurensis</i>	<i>Agathoxylon malaimbandense</i>	<i>Australoxylon natalense</i>
	<i>Australoxylon nicoli</i> (3)	<i>Australoxylon teixeirae</i> (4)	<i>Australoxylon zambesiensis</i>
	<i>Chapmanoxylon porosum</i>	<i>Chapmanoxylon rangei</i>	<i>Damudoxylon</i> sp.
Group 04 – South of Africa	<i>Kaokoxylon durum</i>	<i>Kaokoxylon reunigi</i>	<i>Lobatoxylon kaokense</i>
	<i>Medullopitys sclerotica</i>	<i>Megaporoxylon kaokense</i>	<i>Megaporoxylon scherzi</i>
	<i>Megaporoxylon zellei</i>	<i>Phyllocladopitys capensis</i>	<i>Phyllocladopitys martini</i>
	<i>Prototaxoxylon africanum</i> (2)	<i>Prototaxoxylon uniseriale</i>	<i>Solenoxylon kurzi</i>
	<i>Solenoxylon oberholzeri</i>	<i>Solenoxylon</i> sp.	<i>Solenoxylon wissi</i>
	<i>Taxopitys africana</i>		

Table 6. List of species in groups 5 to 7, located in the Indian subcontinent. Number of samples of each species in parentheses; no number indicates that only one sample exists.

Groups	Species			
Group 05 – South of India	<i>Araucarioxylon schmidianum</i>			
Group 06 – West of India	<i>Agathoxylon loharense</i>	<i>Agathoxylon lathiense</i>	<i>Agathoxylon nandorii</i>	
	<i>Agathoxylon vesturaense</i>	<i>Agathoxylon zaranense</i>	<i>Araucarioxylon kothariensis</i>	
	<i>Araucarioxylon meyenii</i>	<i>Australoxylon kanhargaoense</i>	<i>Australoxylon longicellularis</i>	
	<i>Baieroxylon multiseriale</i>	<i>Chapmanoxylon parenchymosum</i>	<i>Damudoxylon adhariense</i>	
	<i>Damudoxylon chandrapurensis</i>	<i>Damudoxylon maharashtraensis</i>	<i>Kamthioxylon adhariense</i>	
	<i>Kamthioxylon chandrapurensis</i>	<i>Kamthioxylon mahabalei</i>	<i>Kaokoxylo pseudotrimerullaris</i>	
	<i>Nandorioxylon saksenae</i>	<i>Parapaleoxylon satnauriense</i>	<i>Planoxylon indicum</i>	
	<i>Protocupressinoxylon bhivkundense</i>	<i>Protocupressinoxylon surangei</i>	<i>Protocupressinoxylon wejgaoense</i>	
	<i>Prototaxoxylon chandrapurensis</i>	<i>Prototaxoxylon gondwanense</i>	<i>Prototaxoxylon indicum</i>	
	<i>Prototaxoxylon intratappeum</i>	<i>Prototaxoxylon mahabaleii</i>	<i>Prototaxoxylon maithyii</i>	
	<i>Prototaxoxylon rangenapalliense</i>	<i>Prototaxoxylon uniseriale</i>	<i>Sclerospiroxylon marguerienae</i>	
	<i>Taxopitys indica</i>	<i>Taxopitys surangei</i>	<i>Trigonomyelon kamthiense</i>	
	<i>Zalesskioxylon andrewsii</i>	<i>Zalesskioxylon barakarensis</i>	<i>Zalesskioxylon chandaensis</i>	
	<i>Zalesskioxylon gondwanense</i>	<i>Zalesskioxylon lepekhinae</i>	<i>Zalesskioxylon nagarajii</i>	
	<i>Zalesskioxylon nautiyalii</i>	<i>Zalesskioxylon sarandensis</i>	<i>Zalesskioxylon simplexum</i>	
	Group 07 - East of India	<i>Agathoxylon bengalense</i>	<i>Agathoxylon gondwanense</i>	<i>Agathoxylon kumarpurensis</i> (3)
		<i>Agathoxylon ningahense</i>	<i>Araucarioxylon robertianum</i>	<i>Australoxylon barakarensis</i>
<i>Australoxylon kharkhariense</i>		<i>Australoxylon parbeliense</i>	<i>Australoxylon ranaensis</i>	
<i>Australoxylon teixeirae</i>		<i>Barakaroxylon jhariense</i>	<i>Barakaroxylon monocanalosum</i>	
<i>Brachyoxylon semibisseriatum</i>		<i>Chapmanoxylon jamuriense</i>	<i>Chapmanoxylon parenchymosum</i>	
<i>Damudoxylon indicum</i>		<i>Damudoxylon waltonii</i>	<i>Indoxylon canalosum</i>	
<i>Kaokoxylo zalesskyi</i>		<i>Megaporoxylon kraeuselii</i>	<i>Megaporoxylon maheshwarii</i>	
<i>Palaeospiroxylon heterocellularis</i>		<i>Parapaleospiroxylon burmudiaensis</i>	<i>Parapaleospiroxylon multiseriale</i>	
<i>Polysolenoxylon kraeuselii</i>		<i>Prototaxopitys andrewsii</i>	<i>Trigonomyelon raniganjense</i>	
<i>Vertebraria gondwanensis</i>		<i>Vertebraria indica</i>	<i>Vertebraria raniganjensis</i>	
<i>Zalesskioxylon gondwanaensis</i>		<i>Zalesskioxylon jamudhiense</i>	<i>Zalesskioxylon raniganjensis</i>	
<i>Zalesskioxylon unisseriatum</i>				

Table 7. List of species in group 8, located in Oceania. Number of samples of each species in parentheses; no number indicates that only one sample exists.

Group	Species		
Group 08 - Oceania	<i>Araucarioxylon</i> sp. (3)	<i>Australoxylon nicoli</i> (12)	<i>Chapmanoxylon daintreii</i>
	<i>Chapmanoxylon kraeuselii</i>	<i>Dadoxylon binneyi</i>	<i>Dadoxylon brisbanense</i>
	<i>Dadoxylon maitlandi</i>	<i>Dadoxylon tordoxylloides</i>	<i>Dadoxylon williamsoni</i>
	<i>Damudoxylon arberi</i>	<i>Kaokoxylo farleyense</i>	<i>Palaeosmunda playfordii</i> (4)
	<i>Palaeosmunda williamsii</i>	<i>Planoxylon austral</i>	<i>Planoxylon lacunosum</i> (2)
	<i>Planoxylon</i>	<i>Sahnioxylon boureaui</i>	<i>Tsugoxylon primaevum</i>

neocaledonicum
Vertebraria indica (9)

Table 8. List of species in groups 9 to 11, located in Antarctica. Number of samples of each species in parentheses; no number indicates that only one sample exists.

Groups	Especies	
Group 09 – Southeast of Antarctica	<i>Agathoxylon allani</i>	
Group 10 – South of Antarctica	<i>Agathoxylon allani</i> (3)	<i>Agathoxylon bengalense</i>
	<i>Antarcticoxylon</i> sp. cf. <i>A. priestley</i>	<i>Araucarioxylon</i> sp. cf. <i>Australoxylon ningahense</i> (2)
	<i>Australoxylon bainii</i>	<i>Australoxylon mondii</i>
	<i>Damudoxylon</i> sp. cf. <i>D. waltonii</i> (2)	<i>Megaporoxyton antarcticum</i>
	<i>Megaporoxyton canalosum</i>	<i>Polysolenoxylon krauselii</i>
	<i>Protophyllocladoxylon dolianitii</i>	<i>Solenopitys lafoniensis</i>
	<i>Taeniopitys scottii</i>	<i>Vertebraria</i> sp.
Group 11 – North of Antarctica	<i>Megaporoxyton antarcticum</i>	<i>Zaleskioxylon weaverense</i>

Table 9. List of species in groups 12 to 19, located in South America. Number of samples of each species in parentheses; no number indicates that only one sample exists.

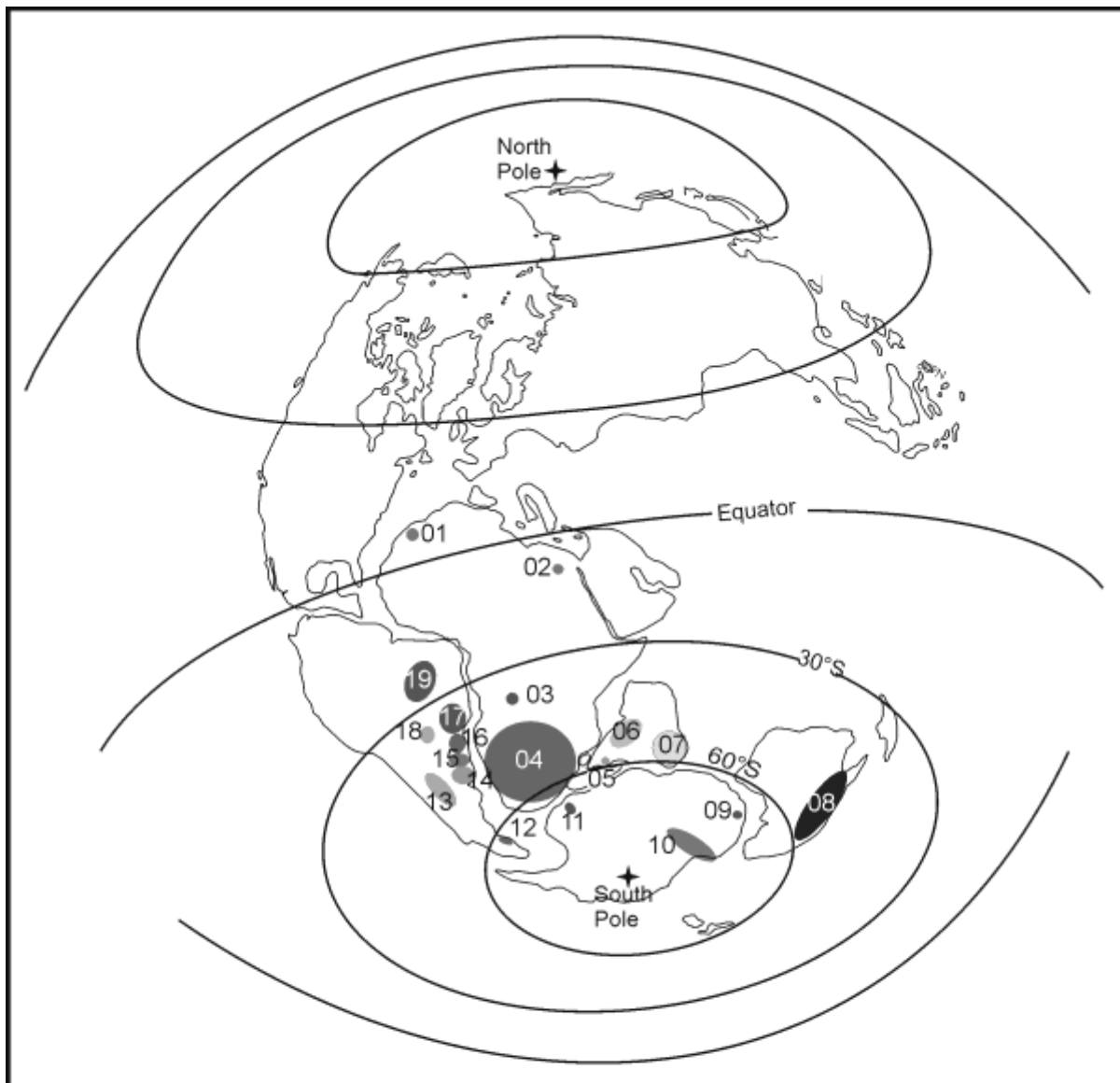
Groups	Species		
Group 12 – Falkland Islands	<i>Australoxylon nicoli</i>	<i>Kendoxylon bakeri</i>	<i>Solenopitys lafonienses</i>
Group 13 - Argentina	<i>Agathoxylon allanii</i>	<i>Agathoxylon kumarpurensis</i>	<i>Agathoxylon ningahense</i>
	<i>Australoxylon kharkhariense</i>	<i>Australoxylon teixeirae</i>	<i>Chapmanoxylon jamuriense</i>
	<i>Chapmanoxylon oltaense</i>	<i>Eoguptioxylon antiqua</i>	<i>Kaokoxyton zalesky</i>
	<i>Podocarpoxyton indicum</i>	<i>Zaleskioxylon jamudhiense</i>	
Group 14 - Uruguay	<i>Agathoxylon allanii</i>	<i>Agathoxylon kumarpurensis</i>	<i>Agathoxylon nigahense</i>
	<i>Agathoxylon petriellae</i>	<i>Araucarioxylon</i> sp. Zamuner	<i>Araucarioxylon</i> sp. Crisafulli and Lutz
	<i>Australoxylon acevedoae</i>	<i>Australoxylon teixeirae</i> (2)	<i>Austroscleromedulloxyton geraldinii</i>
	<i>Bageopitys herbstii</i>	<i>Bageopitys</i> sp.	<i>Baieroxyton cicatricum</i>
	<i>Barakaroxylon jhariense</i>	<i>Chapmanoxylon jamuriense</i>	<i>Idioxyton lutzi</i>
	<i>Paulistoxylon inflatum</i>	<i>Piracicaboxyton meloi</i>	<i>Polysolenoxylon</i> sp. cf. <i>P. whitei</i>
	<i>Prototaxoxyton brasilianum</i>	<i>Stiloxylon ferrandoi</i>	<i>Tuvichapteris solmsi</i> (2)
Group 15 – Rio Grande do Sul State / Brazil	<i>Zaleskioxylon jamudhiense</i>	<i>Zaleskioxylon sahnii</i>	<i>Zaleskioxylon unisseriatum</i>
	<i>Abietopitys articulata</i>	<i>Brachyoxylon nummularium</i>	<i>Corticoxyton ampla</i>
	<i>Dadoxylon butiense</i>	<i>Dadoxylon manieroii</i>	<i>Ductosolenoxylon guerrae</i>
	<i>Paulistoxylon iratiensis</i>	<i>Polysolenoxylon resiniferum</i>	<i>Scalaroxylon muralis</i>
	<i>Septomedulloxyton sclerotica</i>	<i>Trigonomyelon pedroi</i>	<i>Vertebraria indica</i>
Group 16 - Santa	<i>Aterradoxyton solidum</i>	<i>Australoxylon catarinensis</i>	<i>Australoxylon duartei</i>
	<i>Catarinapitys bittancourtii</i>	<i>Mussaeoxyton seclusum</i>	<i>Paulistoxylon formosum</i>

Catarina State / Brazil	<i>Paulistoxylon</i> sp. 1 <i>Retemedulloxylon refertum</i> <i>Tietea singularis</i> (2)	<i>Paulistoxylon</i> sp. 2 <i>Retemedulloxylon reliquum</i>	<i>Protophyllocladoxylon dolianitii</i> <i>Schopfificaulia peripaludica</i>
Group 17 – São Paulo State / Brazil	<i>Antarcticoxylon seawardii</i>	<i>Araucarioxylon roxoi</i>	<i>Atlanticoxylon salpicatum</i>
	<i>Atlanticoxylon foraminatum</i>	<i>Austroscleromedulloxylon geraldinii</i> (2)	<i>Austroscleromedulloxylon tabulatum</i>
	<i>Brasilestiloxylon piracicabense</i>	<i>Myelontordoxylon brasiliense</i>	<i>Myelontordoxylon camposii</i>
	<i>Myelontordoxylon vittii</i>	<i>Parataxopitys americana</i>	<i>Paulistoxylon inflatum</i>
	<i>Petalopitys rioclarensis</i>	<i>Petalopitys sclerionata</i>	<i>Petalopitys surangei</i>
	<i>Petalopitys ? porangabensis</i>	<i>Piracicaboxylon agrestinum</i>	<i>Polysolenoxylon manieroii</i>
	<i>Polysolenoxylon septosum</i>	<i>Polysolenoxylon taguaiense</i>	<i>Polysolenoxylon whitei</i>
	<i>Protophyllocladoxylon derbyi</i>	<i>Protopodocarpitys röslerii</i>	<i>Prototaxoxylon brasilianum</i>
	<i>Solenobrasilioxylon irinei</i> (2)	<i>Solenopitys paulistana</i>	<i>Solenopitys picturata</i>
	<i>Solenopitys rusticana</i>	<i>Taxopitys alves-pintoii</i>	<i>Tietea singularis</i> (3)
<i>Tordoxylon sanpaulense</i>	<i>Woodworthia</i> sp.		
Group 18 - Paraguay	<i>Australoxylon teixeirae</i>	<i>Bageopitys herbstii</i>	<i>Baieroxylon cicatricum</i>
	<i>Guairea milleri</i>	<i>Podocarpoxyylon aff. paralatifolium</i>	<i>Podocarpoxyylon paralatifolium</i>
	<i>Protophyllocladoxylon dolianitii</i>	<i>Prototaxoxylon brasilianum</i>	<i>Tuvichapteris solmsi</i> (2)
Group 19 – Parnaíba Basin	<i>Amyelon bieloi</i>	<i>Araguainorachis simplissima</i>	<i>Arthropitys cacundensis</i>
	<i>Arthropitys</i> sp. A1	<i>Arthropitys</i> sp. A2	<i>Arthropitys</i> sp. A3
	<i>Arthropitys</i> sp. A4	<i>Arthropitys</i> sp. B1	<i>Arthropitys</i> sp. B2
	<i>Botryopteris nollii</i>	<i>Carolinapitys maranhensis</i>	<i>Cycadoxylon brasiliense</i>
	<i>Cyclomedulloxylon parnaibense</i>	<i>Dadoxylon</i> sp.	<i>Damudoxylon goiantiensis</i>
	<i>Damudoxylon humili</i>	<i>Damudoxylon rosslerii</i>	<i>Dernbachia brasiliensis</i>
	<i>Ductoabietoxylon solis</i>	<i>Grammatopteris freitasii</i>	<i>Kaokoxylon punctis</i>
	<i>Parnaiboxylon rohnii</i>	<i>Parnaiboxylon</i> sp.	<i>Psaronius arrojadoi</i>
	<i>Psaronius brasiliensis</i>	<i>Psaronius sinuosus</i>	<i>Psaronius</i> sp.
	<i>Scleroabietoxylon chordas</i>	<i>Taeniopitys</i> sp.	<i>Taeniopitys tocantinensis</i>
<i>Teresinoxylon eusebioi</i>	<i>Tietea derbyi</i>	<i>Tietea singularis</i> (5)	

Table 10. Data obtained with the calculation of the Jaccard and Otsuka indices, from the distribution list of genera (Table 1).

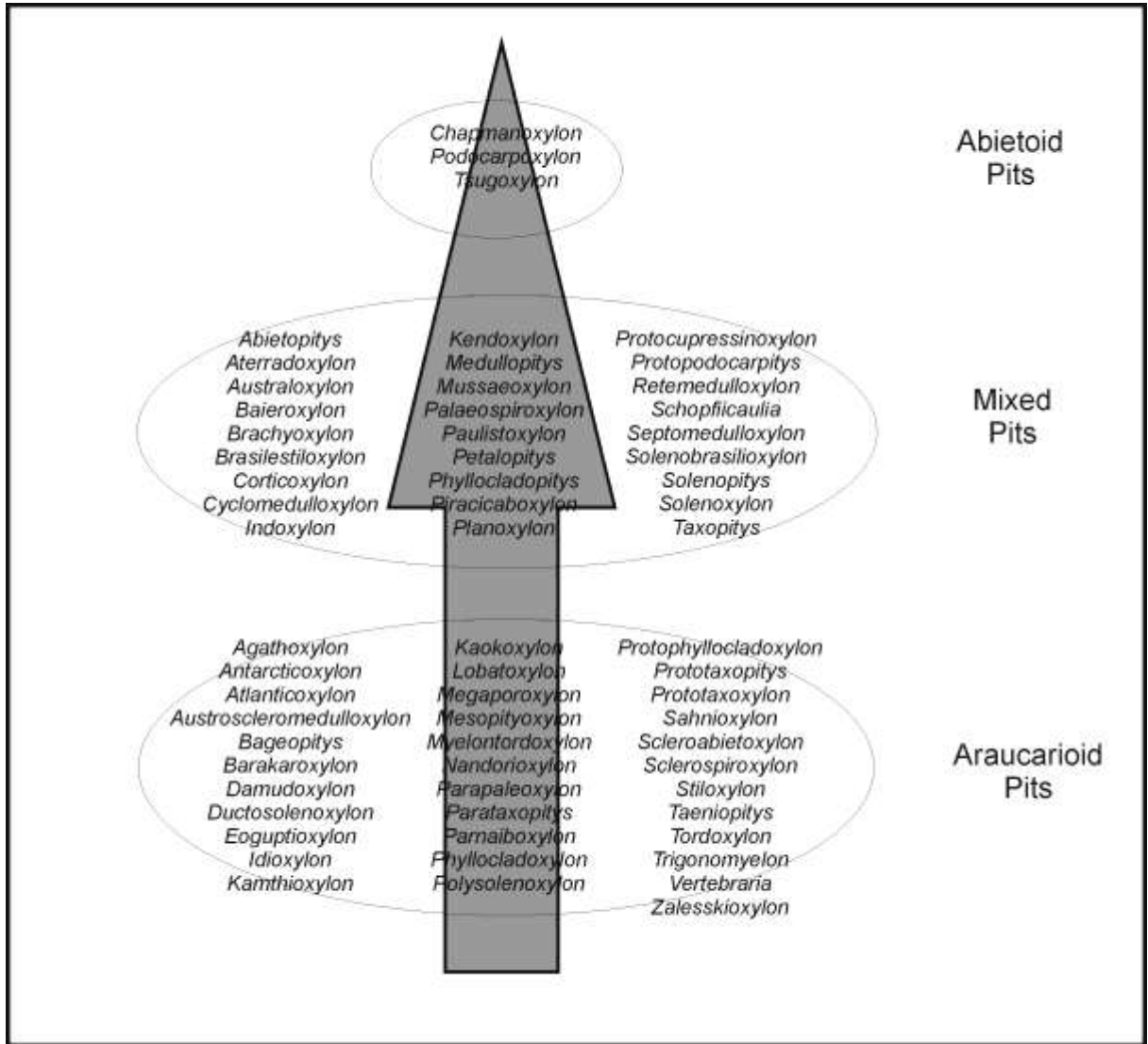
Otsuka	Jaccard Index					
	Antarctica	Africa	South America	India	Oceania	
I	Antarctica	X	22	16	27	23
N	Africa	3	X	17	24	17
D	South America	2	1	X	18	11
E	India	3	2	1	X	23
X	Oceania	3	2	1	2	X

Figure 1. Map of Gondwana during the Permian, with the plotting of genera, grouped according to geographical location. The genera represented are listed in Tables 5 to 9.



- | | |
|-----------------------------------|--|
| Group 01: Morocco | Group 11: North of Antarctica |
| Group 02: Egypt | Group 12: Falkland Islands |
| Group 03: Congo | Group 13: Argentina |
| Group 04: South of Africa | Group 14: Uruguay |
| Group 05: South of India | Group 15: Rio Grande do Sul State / Brazil |
| Group 06: West of India | Group 16: Santa Catarina State / Brazil |
| Group 07: East of India | Group 17: São Paulo State / Brazil |
| Group 08: Oceania | Group 18: Paraguay |
| Group 09: Southeast of Antarctica | Group 19: Parnaíba Basin |
| Group 10: South of Antarctica | |

Figure 2. Types of tracheid radial wall pitting, arranged in evolutionary sequence, as suggested by Grambast (1960a).



Capítulo 4

“ON THE PERMIAN PERMINERALIZED WOODS OF THE "FOSSIL FLORA OF THE COAL MEASURES OF BRAZIL" (D. WHITE, 1908): TAXONOMIC RE-EVALUATION”

Kurzawe F; Iannuzzi R & Merlotti S. *Palaeobotanist*, 61. 2012. Aceito.

On the Permian permineralized woods of the "Fossil Flora of the Coal Measures of Brazil" (D. White, 1908): taxonomic re-evaluation

FRANCINE KURZAWÉ^{1*}, ROBERTO IANNUZZI² AND SHEILA MERLOTTI³

¹Curso de Pós-Graduação em Geociências, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa Postal 15.001, CEP 91.509-900, Porto Alegre, Brazil.

²Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa Postal 15.001, CEP 91.509-900, Porto Alegre, Brazil.

³Departamento de Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Universitário, CEP 88.040-900, Florianópolis, Brazil

*Corresponding author: franly_k@hotmail.com

(Received 00 Month, 200x; revised version accepted 00 Month, 200x)

ABSTRACT

Kurzawe F, Iannuzzi R & Merlotti S 2012. On the Permian permineralized woods of the "Fossil Flora of the Coal Measures of Brazil" (D. White, 1908): taxonomic re-evaluation.

D. White published, in 1908, the "Report on the Fossil Flora of the Coal Measures of Brazil", an important work that became a reference for the study of fossil plants collected mainly from Early Permian sediments of the Paraná Basin. In this work, the author described for the first time a large number of plant fossils collected in the states of Santa Catarina and Rio Grande do Sul, including a few pieces of permineralized wood. This paper presents the first taxonomic reevaluation of the permineralized woods described by D. White, using the samples on which he based his descriptions. *Sigillaria* (?) *muralis* White is transferred to the genus *Scalaxylon*, due to presence of scalariform pitting on the radial walls of the tracheids, thus forming a new combination *Scalaxylon muralis* (White); *Araucarioxylon nummularium* (White) Maheshwari is transferred to the genus *Brachyoxylon*, because of the araucarioid character of its radial- wall pits and cross-fields, thus forming a new combination *Brachyoxylon nummularium* (White); *Araucarioxylon meridionale* (White) Maheshwari is considered as an dubious taxon due to non- preservation of its cross- field pits. The reevaluation of the fossils described by White enabled a better understanding of the botanical affinities of the *Glossopteris* flora from southern Brazil. For the first time, the genus *Scalaxylon* is recorded in the Permian; until now it had only been found in the Triassic and Cretaceous of Gondwana.

Key-words—D. White's Report, Permineralized woods, Taxonomy, Paraná Basin, Permian..

पेपर का नाम

लेखकों के नाम

सारांश

शोध-पत्र का सारांश यहां पर आएगा।

संकेत-शब्द—संकेत शब्द यहां आएं।

RESUMO

Abstract text in portuguese. Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text
 Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text
 Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text
 Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text Abstract text
 Abstract text Abstract text.

Palavras-chave—key word1, key word2, key word3.

INTRODUCTION

In 1908, I.C. White published the “Final Report” to the *Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil*, which was created by the Brazilian Government in 1904, to assess the coal potential of southern Brazil (I.C. White, 1908). This Report is divided into three parts. The first part covers geological aspects of the coal deposits and associated rocks of the Paraná Basin, and was written by I.C. White himself, at that time chief of the commission. The second part is the description and characterization of the fossil reptile *Mesosaurus braziliensis*, and was written by J.H. McGregor. The third part, the “Report on the Fossil Flora of the Coal Measures of Brazil”, was written by D. White and dealt with the fossil plants collected during the field excursions carried out by the Commission in the states of Santa Catarina and Rio Grande do Sul, in 1904- 1905. Sixty- three fossils were collected, eight of which are fossil woods. Among these, only three were formally described as new species: *Sigillaria muralis*, *Dadoxylon meridionale*, and *D. nummularium*. The other samples were only listed, not studied, due to poor preservation or because they were considered identical to samples previously described by other authors. All the paleobotanical samples collected by the Commission were donated and deposited at the United States Geological Survey (USGS). At the end of the last century, the USGS collections were transferred to other institutions, and all the paleobotanical samples were donated to the National Museum of Natural History (NMNH) of the Smithsonian Institution, where they remain. However, the samples studied by D. White in 1908 were lost to Brazilian researchers. Nevertheless, in 2004, one of the authors (RI) found White’s samples in the Department of Paleobiology of the NMNH.

In 2008, as a part of the 100th anniversary of the “Final Report”, a project to reevaluate the paleobotanical samples published by D. White was begun, coordinated by one of us (RI). The present contribution describes the results of the reevaluation of the fossil woods described by D. White (1908).

MATERIAL AND METHODS

Unfortunately, over the years, the slides of the samples collected by D. White became unviable for study. However, there remained some fragmentary wood samples, originally sectioned for study by White. These fragments were kindly lent by the NMNH, and new slides were made of cross, radial longitudinal and tangential longitudinal sections. The remaining wood fragments and the new slides are temporarily deposited in the Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (DPE-IG-UFRGS). They will be returned to the USNM (Smithsonian Institution) for permanent deposit.

The anatomy of the sections was studied based on Richter *et al.* (2004) and Philippe (1995). At least 100 measurements were made of the tracheids, pits, and ray cells.

SYSTEMATICS

Division—CONIFEROPHYTA

Order—CONIFERALES

Genus—BRACHYOXYLON Hollick & Jeffrey, 1909

Type species—*Brachyoxylon notabile* Hollick & Jeffrey, 1909

Type Age and Locality—Cretaceous; Kreicherville, New York, United States.

Diagnosis—Homoxyllic and pycnoxyllic secondary wood. Radial bordered pits of mixed type, often circular and sparse. Xylem rays short and with smooth walls. Araucarioid cross-fields. Tangential pits present. Traumatic resin canals occasional (*in* Hollick & Jeffrey, 1909, p. 54- 57; Bamford & Philippe, 2001, tab. 1).

***Brachyoxylon nummularium* (White) comb. nov.**

(Pl. 1.1.3, 2-5)

*Synonymy:**Dadoxylon nummularium* White, 1908: 578-583; pl. 13, figs. 1-4.*Araucarioxylon nummularium* (White) Maheshwari, 1972: 8.*Holotype*—USNM 32045A, slides 32045A-R, 32045A-TA and 32045A-TR (2 slides).*Type Locality*—São Rafael, Rio Grande do Sul state, southern Brazil.*Type Horizon and Age*—Red shales, 100-200 m above the coal beds; (probably Mid to Late) Permian.*Emended Diagnosis*—Tracheids in fairly regular radial rows, extremely long, narrow, sinuate, acute, relatively large though varying greatly in diameter in the same section, with a tangential diameter averaging 44.5 µm, usually greater than the radial diameter, especially in the larger cells. Radial bordered pits of mixed type, predominantly uniseriate, seldom biseriate. Medullary rays numerous, close, usually not more than one or two tracheids distant, 1-39 cells, averaging 2 to 7 in height, mostly uniseriate, though frequently biseriate for the height of two or three cells; ray cells somewhat irregular in form where biseriate, generally higher than broad, averaging 30 µm in height, usually rectangular in radial section, and ordinarily subtending about 6 tracheids; ray cells narrowly elliptical when the ray is just one cell in height; cross-field pits round or nearly so, 10 µm in diameter, 1 to 6 disordered oculipores in each cross-field.*Description*—Homoxyllic and pycnoxyllic secondary wood with indistinct or absent growth rings; circular to oval tracheids (radial diameter = 25-65 µm, mean = 41.5 µm; tangential diameter = 17.5-70 µm, mean = 44.5 µm) in cross-sections. Radial bordered pits of mixed type, predominantly uniseriate, seldom biseriate; uniseriate sparse or contiguous, circular to slightly flattened; biseriate alternate. Xylem rays homogeneous with smooth walls, uni- to partly biseriate (mean = 1s), with 1-39 (mean = 2-7) cells high. Cross-field of araucarioid type with 1-6 (mean = 2) small and disordered pits.*Discussion*—Endlicher (1847) created the genus *Dadoxylon* for wood with pith, showing alternate and contiguous, uni- to pluriseriate pits on the radial walls of tracheids, and uni- to multiseriate rays. Yet Kraus (*in* Schimper, 1870) created the genus *Araucarioxylon* for wood with alternate to contiguous, uni- to pluriseriate pits, and rays uni- to pluriseriate, but did not mention the presence or absence of the pith. He transferred several species of *Dadoxylon* to his new genus. Thereafter, as the diagnoses of both genera were too similar and overlapping, in the course of time, this gave rise to a “taxonomic complex” of similar forms classified in one or another genus. Several authors formulated proposals for more than 100 years to clarify this complex (Knowlton, 1890;

Kräusel, 1956; Kräusel & Dolianiti, 1958; Grambast, 1960a, b; Vogellehner, 1964; Lepekina & Yatsenko-Khemelevsky, 1966; Lepekina, 1972; Maheshwari, 1972; Marguerier, 1973a, b; Pant & Singh, 1987; Giraud, 1991; Philippe, 1993; Bamford & Philippe, 2001). Of these, Philippe (1993) and Bamford and Philippe (2001) considered both genera illegitimate.

Therefore, the removal of this species from the genera *Dadoxylon* Edlicher, 1847 and *Araucarioxylon* Kraus (*in* Schimper, 1870), and its transfer to the genus *Brachyoxylon* are proposed herein. According to Philippe and Bamford (2008), the main characteristics of the genus *Brachyoxylon* are mixed pitting on the radial walls of the tracheids, and araucarioid cross-fields. These characteristics were also observed in White's sample, as in the description given above.Among the species of this genus, *Brachyoxylon saurinii* Boureau and Serra, 1961 (Early Cretaceous) and *B. voisinii* Thevenard *et al.*, 1995 (Early Jurassic), as well as the form classified just as *Brachyoxylon* sp. by Machhour and Pons (1992) (Early Cretaceous), resemble most the specimen under study, especially regarding the uniseriate pattern of the pits on the radial walls. *B. saurinii* also resembles our specimen with regard to the rays (1-31 cells high and mean = 2-4), but differs in the presence of tangential pitting and traumatic secretory canals, and it has more cross-field pits (2-12). Similarly to the specimen under study, *Brachyoxylon* sp. of Machhour and Pons (1992) has uniseriate to partly biseriate rays, 3-7 pits in the cross-fields, and no tangential pitting; on the other hand, it differs in the presence of traumatic secretory canals and shorter rays (3-20 cells high). Finally, *B. voisinii* is the species that most resembles the sample studied here. It also has 3-8 pits per cross-field and no secretory canals or tangential pitting, but differs because of the exclusively uniseriate pits on the radial walls and rays and are shorter (6 cells) rays.Taking into account the above discussion, a new combination *Brachyoxylon nummularium* (White) comb. nov. is proposed here. Since White's diagnosis did not present all diagnostic features described above, an emended diagnosis is also proposed here.***Incertae Sedis*****Genus**—SCALAROXYLON Vogellehner, 1967**Type species**—*Scalaroxylon multiradiatum* Vogellehner, 1967*Type Age and Locality*—Triassic; Franconia, Germany.*Diagnosis*—Homoxyllic secondary wood. Radial walls of tracheids only with scalariform pitting, with no tendency to reticulation. Only radial walls of tracheids pitted. Rays of heterogeneous type, composed of “erect ray cells” and “procumbent ray cells”, multiseriate. Wood parenchyma and resin canals absent (*in* Vogellehner, 1967, p. 216).

Scalaroxylon muralis (White) comb. nov.

(Pl. 1.1-1, 6; Pl. 2.1-3)

*Synonymy:**Sigillaria muralis* White, 1908: 466-471; pl. 12, figs. 1-4.*Holotype*—USNM 32044B (3 pieces), slides 32044B-R, 32044B-TA and 32044B-TR.*Type Locality*—Near São Sepé, Rio Grande do Sul state, southern Brazil.*Type Horizon and Age*—Weathered red beds, 100-200 meters above São Jerônimo Coal; (probably Mid to Late Permian).

Emended Diagnosis—Manoxylic secondary wood composed of thin-walled scalariform tracheids separated by numerous, large-celled rays; tracheids distinctly radial in arrangement, very long, sinuate, sometimes meandering, acute in contact with the medullary cells; in cross section, tracheids unequal in width, varying much in diameter and in relative proportions, though averaging 75 µm in tangential diameter and 78 µm in radial diameter; medullary rays large and profuse, ranging from 1 to 50 cells in height and from 1 to 4 cells in width, generally fusiform, sometimes attenuate and sinuate, rarely more than two tracheids distant from one another, ray cells varying greatly in size; distinctly rectangular and muriform in radial section, the radial diameter considerably exceeding the tangential, frequently by over one and a half times the latter. There are 3 to 9 oval cross-field pits present in the cross-field.

Description—Manoxylic secondary wood with indistinct or absent growth rings; oval cells (radial diameter = 47.5-115 µm, mean = 78 µm; tangential diameter = 22.5-112.5 µm, mean = 75 µm) in cross-section; the tracheids are twisted in some places on the slide. Radial walls of tracheids with scalariform pitting. Xylem ray heterogeneous with smooth walls, uni- to tetraseriate (mean = 1-2s), and 1-50 (mean = 4-8) cells high. Cross-fields with 3-9 (mean = 6) wide oval radially elongated pits.

Discussion—White (1908) called this wood *Sigillaria* based “merely on the evidently great development of the secondary xylem in the type” (p. 469). He considered it as a

representative of one of the specimens of lycophyte stems preserved as compressions / impressions that he had earlier described in the “Final Report”. However, Brongniart (1821, p. 392) created the genus *Sigillaria* based only on the external characters of the stem. In the sample described by White (1908), the fossilization as permineralization had not preserved the external characteristics of the stem, only its anatomy. Therefore, it is not possible to classify this sample as *Sigillaria*.

Considering the above-mentioned new description of the material, one of the diagnostic features that arise is the presence of scalariform pitting on the radial walls of the tracheids. Among the permineralized woods of the Palaeozoic-Mesozoic flora, only few genera show scalariform pitting on their radial walls of the tracheids, viz. *Ecpagloxyton* Philippe *et al.*, 2010, *Phoroxylon* Sze, 1954, *Sahnioxylon* Bose and Sah, 1954 and *Scalaroxylon* Vogellehner, 1967. However, *Ecpagloxyton* has araucarioid and mixed type of pitting in addition to scalariform pitting on radial walls of tracheids; *Phoroxylon* has scalariform pitting on tangential walls of tracheids with rays only uniseriate and *Sahnioxylon* has the longitudinal and tangential walls of the ray cells pitted, which are not the case with the wood under study. Therefore, this wood was assigned herein to genus *Scalaroxylon* due to presence of scalariform pitting exclusively on their radial walls and multiseriate rays.

Among the species of this genus, *Scalaroxylon multiradiatum* Vogellehner, 1967 and *S. menendezii* Artabe *et al.*, 2009 are closest to the specimen studied. The former has up to 50 cells high rays, as in the present sample, but shows penta- to hexaseriate rays, and there are no more than three pits in its cross-fields. The latter species has cross-fields similar to the species studied here, but each cross-field has up to six pits, and furthermore, *S. menendezii* has higher rays (up to 70 cells high) and with more series (5s). Therefore, the species described by White (1908) is valid and endemic to the Paraná Basin. It is now transferred to *Scalaroxylon*, as *Scalaroxylon muralis* (White) nov. comb. White (1908) gave the diagnosis of this wood without the characterization of the wood cross-fields. Therefore, an emended diagnosis in addition to the original diagnosis is also proposed here.

PLATE 1



1. General view of wood samples. Black bars = 1 cm. 1.1. *Scalaroxylon muralis* (White) comb. nov. Sample No. USNM 32044B. 1.2. Undetermined Coniferales. Sample No. USNM 32043C. 1.3. *Brachyoxylon nummularium* (White) comb. nov. Sample No. USNM 32045A.
2. *Brachyoxylon nummularium* (White) comb. nov. Cross-section showing tracheids and rays. Black bar = 100 µm. Sample No. USNM 32045A.
3. *Brachyoxylon nummularium* (White) comb. nov. Radial longitudinal section showing uniseriate pits on the tracheid walls. Black bar = 100 µm. Sample No. USNM 32045A.
4. *Brachyoxylon nummularium* (White) comb. nov. Radial longitudinal section showing small disordered pits in araucarioid cross-fields. Black bar = 100 µm. Sample No. USNM 32045A.
5. *Brachyoxylon nummularium* (White) comb. nov. Tangential longitudinal section showing predominantly uniseriate rays. Black bar = 100 µm. Sample No. USNM 32045A.
6. *Scalaroxylon muralis* (White) comb. nov. Cross-section showing tracheids and rays. Black bar = 100 µm. Sample No. USNM 32044B.

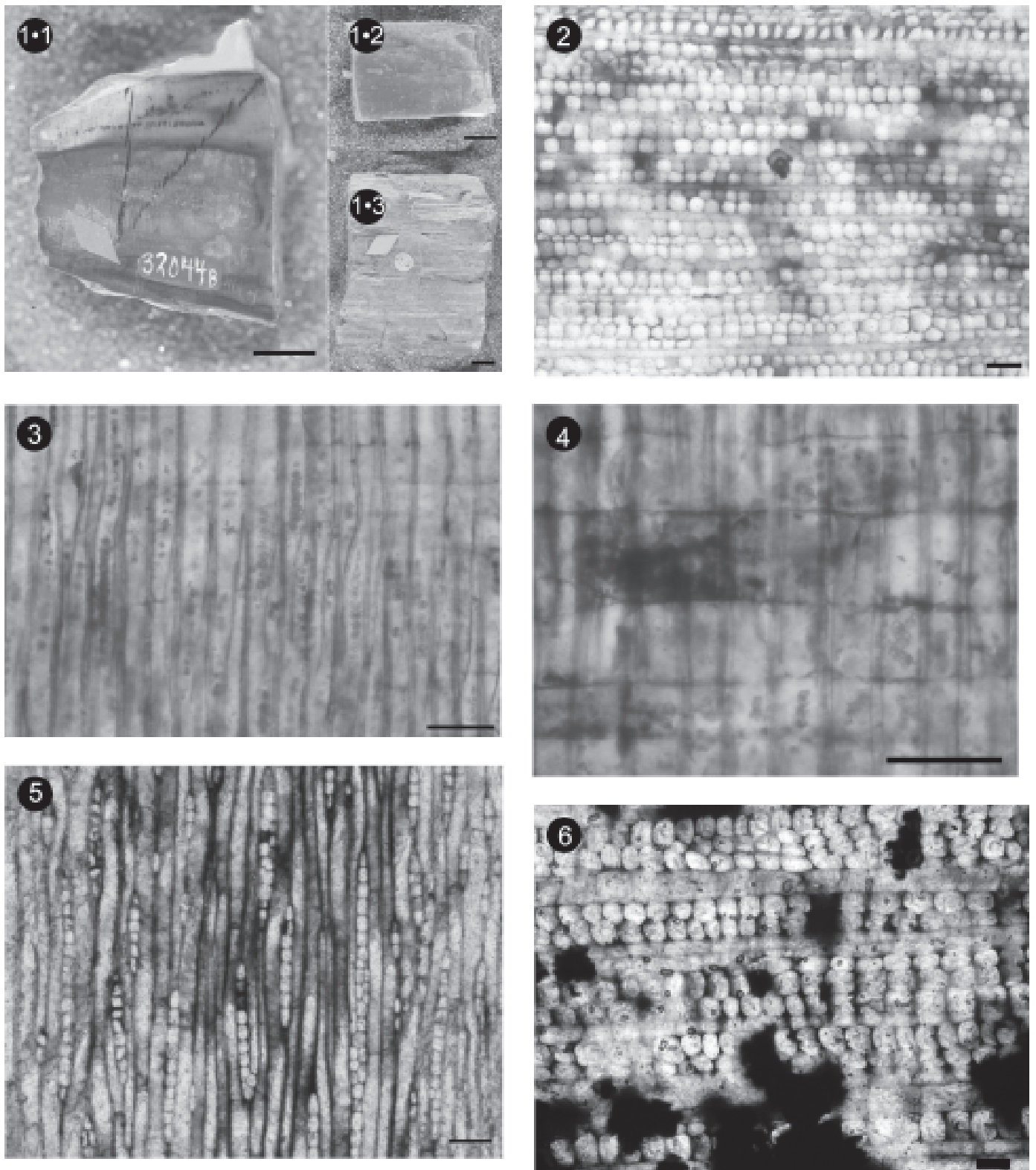


PLATE 1

Undetermined Coniferales

(Pl. 1.1-2; Pl. 2.4-6)

Synonymy:

Dadoxylon meridionale White, 1908: 582-585; pl. 14, figs. 1-4.

Araucarioxylon meridionale (White) Maheshwari, 1972: 5.

Holotype—USNM 32043C (2 pieces), slides 32043C-R, 32043C-TA and 32043C-TR.

Type Locality—Butiá, Rio Grande do Sul state, southern Brazil.

Type Horizon and Age—30-60 meters above São Jerônimo Coal; Permian.

Description—Homoxyllic and pycnoxyllic secondary wood with indistinct or absent growth rings; oval tracheids (radial diameter = 20-62.5 µm, mean = 39 µm; tangential diameter = 15-52.5 µm, mean = 34 µm) in cross-sections. Radial bordered pits of abietoid type, predominantly uniseriate, seldom biseriate; uniseriate pits sparse or contiguous, circular to flattened; biseriate pits opposite to alternate, circular to flattened. Xylem ray cells homogeneous, with smooth walls, uni- to biseriate (mean = 1s), with 1-27 (mean = 4-7) cells high. Cross-field pits not preserved.

Discussion—White (1908) stated that the attribution to the genus *Dadoxylon* was dubious, because the sample did not have pith. Maheshwari (1972) considered that multiseriate rays were a typical characteristic of the genus *Dadoxylon*. Therefore, because the sample had uniseriate rays, he transferred it to the genus *Araucarioxylon* Kraus (In Schimper, 1870).

As stated earlier (see above discussion of *Brachyoxylon*), the genera *Dadoxylon* and *Araucarioxylon* are no longer considered valid, and therefore the sample cannot be included in the genus *Dadoxylon*, as done by White (1908); nor in the genus *Araucarioxylon*, as done by Maheshwari (1972).

The genera that have abietoid pitting on the radial walls of the tracheids, such as the sample under study, are *Circoporoxylon* Kräusel, 1949; *Cupressinoxylon* Göppert, 1850; *Oguraxylon* Nishida, 1974; *Perisemoxylon* He & Zhang, 1993; *Phyllocladoxylon* Gothan, 1905; *Podocarpoxylon* Gothan, 1905; *Semicircoporoxylon* Süa & Schultka, 2006; *Taxaceoxylon* Kräusel & Jain, 1964; *Taxodioxylon* Hartig, 1848; *Tsugoxylon* Vozenin-Serra & Salard-Cheboldaeff, 1992 and

Turkestanioxylon Khudaiberdyev *et al.*, 1971. Nevertheless, of these, *Oguraxylon*, *Perisemoxylon*, and *Taxaceoxylon* have thickenings on the radial walls of the tracheids, *Tsugoxylon* has heterogeneous xylem rays and axial parenchyma and *Turkestanioxylon* has resin canals, all characteristics missing in the sample under study. All the other genera differ from each other on the basis of the type of the cross-field pits. Considering this last characteristic was not preserved in the sample studied, it is impossible to assign this form to a valid and legitimate genus.

Thus, once an important diagnostic characteristic is not present in the wood fragment, and the genera to which it was assigned are invalid, the invalidity of this taxon is proposed. This wood should be considered simply as an undetermined member of Coniferales.

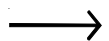
CONCLUSIONS

Of the three permineralized wood species described by White, none retains its original combination. Two, *Dadoxylon meridionale* and *D. nummularium*, were earlier included by Maheshwari (1972) in *Araucarioxylon*, a genus that is no longer valid (Philippe, 1993; Bamford & Philippe, 2001). The former is judged to be a dubious taxon in the present work, and the latter was transferred to *Brachyoxylon*. The remaining wood, *Sigillaria muralis*, could not be included in this genus, because the genus is defined only on the morphology of the stem, not its anatomy; and the specimen was therefore transferred to *Scalaroxylon*. This reinforces the need for attention to original descriptions of the genera, to avoid misunderstood taxonomic classifications.

Finally, even with the reduction from three to two taxa, the new combinations have clarified the botanical affinities of these species. The presence of a lycophyte stem (= *Sigillaria muralis* White) was not confirmed; on the other hand, the presence of a *Scalaroxylon* wood was confirmed for the first time for the Permian of the Paraná Basin (Vogellehner, 1967). Consequently, the determination of *Scalaroxylon muralis* (White) *nov. comb.* expands the occurrence of this genus to this area during the Permian.

Another important aspect of the occurrence of *Scalaroxylon* in the Paraná Basin is that this is probably the first record in the world of this genus from the Palaeozoic

PLATE 2



1. *Scalaroxylon muralis* (White) *comb. nov.* Radial longitudinal section showing scalariform pitting. White bar = 100 µm. Sample No. USNM 32044B.
2. *Scalaroxylon muralis* (White) *comb. nov.* Radial longitudinal section showing oval and elongated pits in cross-fields. White bar = 100 µm. Sample No. USNM 32044B.
3. *Scalaroxylon muralis* (White) *comb. nov.* Tangential longitudinal section showing multiseriate, long and heterogeneous rays.
4. Undetermined Coniferales. Cross-section showing tracheids and rays. White bar = 100 µm. Sample No. USNM 32043C.
5. Undetermined Coniferales. Tangential longitudinal section showing predominantly uniseriate rays. White bar = 100 µm. Sample No. USNM 32043C.
6. Undetermined Coniferales. Radial longitudinal section of sample No. USNM 32043C. Black bars = 100 µm. 6-1. Uniseriate pitting on tracheids. 6-2. Cross-fields without pits.

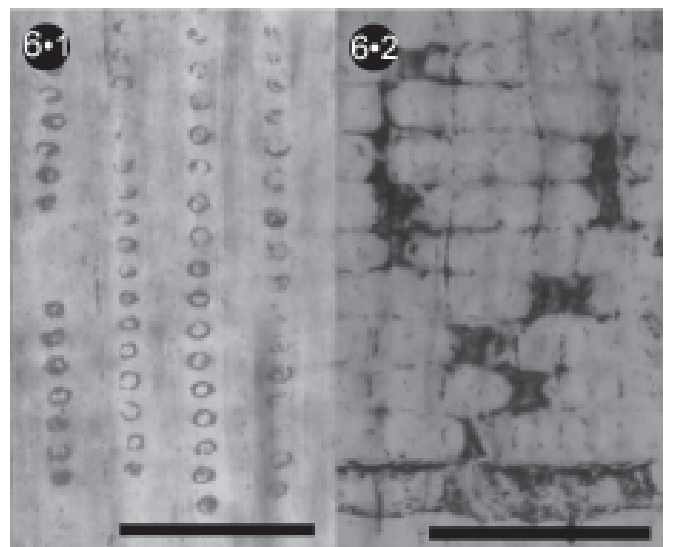
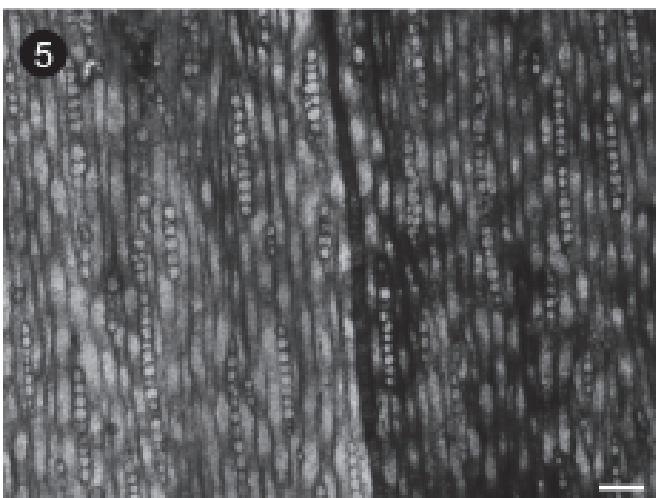
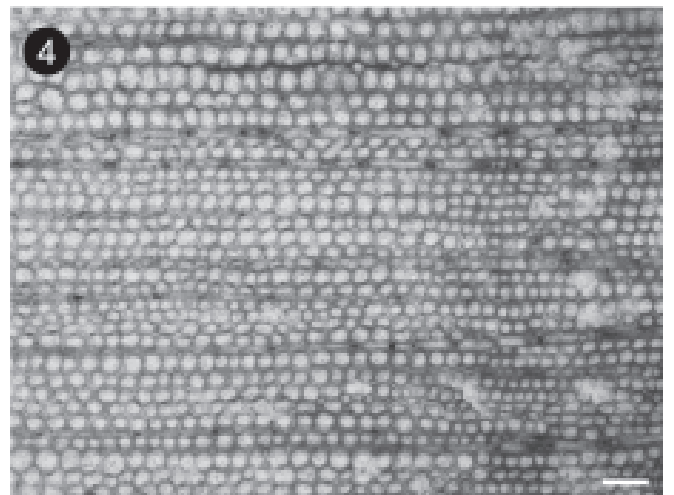
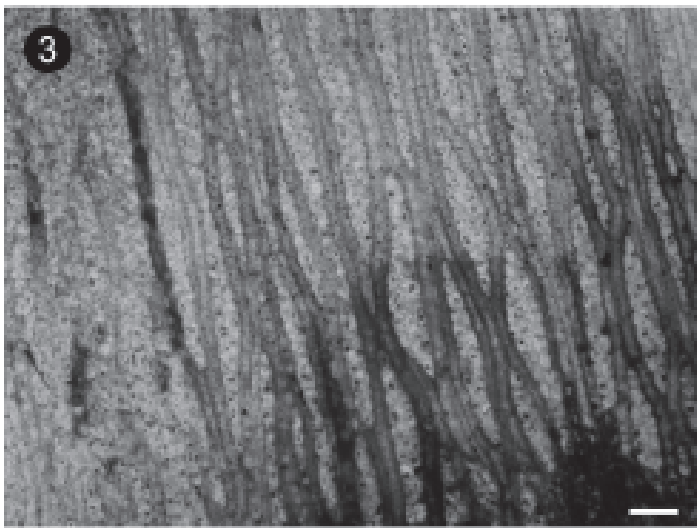
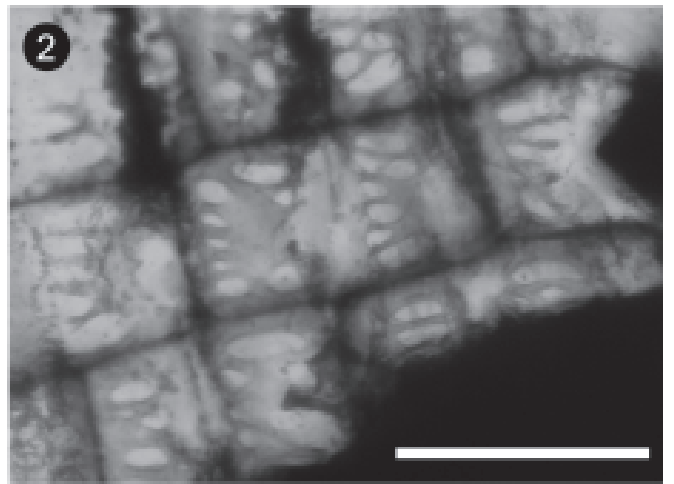
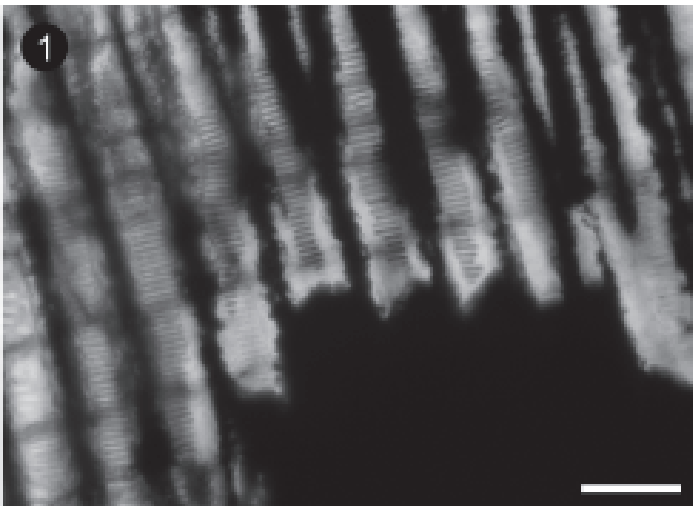


PLATE 2

rocks. *Scalaroxylon* was previously recorded only in the Triassic of Germany (Vogellehner, 1967), Argentina (Artabe *et al.*, 2009) and China (Zhang *et al.*, 2006), and in the Cretaceous of Belgium (Meijer, 2000). Here, the occurrence of *Scalaroxylon* is extended to the Palaeozoic based on the overall stratigraphic assignment proposed by I.C. White (1908). However, because of the lack of high precision in either the determination of lithostratigraphic unit and/or the stratigraphic position of the deposit where this fossil was obtained, this Palaeozoic occurrence may not be correct. In fact, the collection of the sample of *Scalaroxylon muralis* (White) nov. comb. within “red bed” facies, as described by I.C. White (1908), is a clear indicative that this fossil wood was situated in a higher lithostratigraphic unit. Red beds are a facies predominating in the Rio do Rasto Formation, dated as Middle to Late Permian (Wordian to Wuchiapingian; Holz *et al.*, 2010), but also in the Sanga do Cabral and Santa Maria formations of the Early to Late Triassic ages (Scythian to Carnian; Zerkov *et al.*, 2003), all units outcropping at the São Sepé, in Rio Grande do Sul state. Bearing in mind the impossibility to elucidate this stratigraphic question here, it is assumed for while, a Permian age in this case.

Conifers are known from the Paraná Basin since the Late Carboniferous times, as compressions and/or impressions (Iannuzzi, 2010), so the presence of *Brachyoxylon nummularium* (White) comb. nov. is expected. Furthermore, the genus *Brachyoxylon* is rare in the Permian deposits: only one other species is known from the Permian of Gondwana, *B. semibiserialatum* (Pant & Singh) Kurzawe and Merlotti, 2010, found in the Raniganj Formation, India.

As seen here, the re-evaluation of the samples of White (1908) enabled a better taxonomic determination, which improved our understanding of the botanical affinities of the “*Glossopteris* Flora” in the Paraná Basin. These results are indispensable for better knowledge of the evolution of the flora in this part of Gondwana.

Acknowledgements—This study was supported by “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico” of Brazil (CNPQ), as a Ph.D. scholarship to the senior author FK (Process 140923/2008-0), and a grant and fellowships to RI (Processes 483463/2007-8, PQ309322/2007-3, and PQ305687/2010-7), and by “Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul” (FAPERGS) (Process PqG1015846), as a grant to RI. We thank William A. DiMichele and Dan C. Chaney of the National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, D.C., U.S.A., who kindly lent the samples of wood studied by White. We thank too Marc Philippe and Alexandra Crisafulli for reviewing this work and for their valuable suggestions.

REFERENCES

- Artabe AE, Spalletti LA, Bodnar J & Morel EM 2009. Estudio paleoixilológico y sedimentológico de la Formación Montaña (Triásico), provincia de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana* 46: 141-152.
- Bamford MK & Philippe M 2001. Jurassic-Early Cretaceous Gondwanan homoxyloous woods: a nomenclatural revision of the genera with taxonomic notes. *Review of Palaeobotany and Palynology* 113: 287-297.
- Bose MN & Sah SCD 1954. On *Sahnioxylon rajmahalense*, a new name for *Homoxyylon rajmahalense* Sahni, and *S. andrewsii*, a new species of *Sahnioxylon* from Amrapara in the Rajmahal Hills, Bihar. *Palaeobotanist* 3: 1-8.
- Boureau E & Serra C 1961. Sur les structures normales et traumatiques d'un bois mésozoïque du Cambodge, le *Brachyoxylon saurinii*, n. sp. *Revue Générale de Botanique* 68: 373-393.
- Brongniart MA 1821. Histoire des végétaux fossiles. Tome I. G. Dufour et Ed. D'Ocagne, Paris, 223 p.
- Endlicher S 1847. Synopsis Coniferarum. Scheitlen & Zallekofer, St. Gallen, 368.
- Giraud B 1991. Les espèces du genre *Dadoxylon* depuis 1962: leur répartition et leur évolution du Permien à la fin du Mésozoïque. *Review of Palaeobotany and Palynology* 67: 13-39.
- Göppert HR 1850. Monographie der Fossilen Coniferen. Bei Arnz & Comp., Leiden, 286.
- Gothan W 1905. Zur Anatomie lebender und fossiler Gymnospermen-Hölzer. *Abhandlungen der Königlich Preussischen Geologischen Landesanstalt* 44: 1-108.
- Grambast L 1960a. Évolution des structures ligneuses chez les Coniférophytes. *Bulletin de la Société Botanique de France, Mémoires* 107: 30-41.
- Grambast L 1960b. Remarques sur les *Dadoxylon* permo-carbonifères des territoires à flore de Gondwana. *Annales du Musée du Congo Belge ser. In-8°. Sciences Géologiques* 30: 11-21.
- Hartig T 1848. Beiträge zur Geschichte der Pflanzen und zur Kenntnis der norddeutschen Braunkohlen-Flora. *Botanische Zeitung* 6: 122-128.
- He D C & Zhang X Y 1993. Some species of coal-forming plants in the seams of the Middle Jurassic in Yima, Henan Province and Ordos Basin. *Geoscience-Journal of Graduate School, China University of Geosciences* 7: 261-265 (in Chinese).
- Hollick A & Jeffrey EC 1909. Studies of Cretaceous coniferous remains from Kreischerville, New York. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 3: 1-138.
- Holz M, França AB, Souza PA, Iannuzzi R & Rohn R 2010. A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil, South America. *Journal of South American Earth Sciences* 29: 381-399.
- Iannuzzi R 2010. The flora of Early Permian coal measures from the Paraná Basin in Brazil: A review. *International Journal of Coal Geology* 83: 229-247.
- Khudaiberdiyev R, Gomolitsky, NP & Lobanova AV 1971. Specimens from the Jurassic flora of southern Fergana. In: Sixtel TA (Editors)-*Paleobotany of Uzbekistan*: 3-57, Akademia Nauk Uzbekskoe SSSR, Tashkent. (in Russian).
- Knowlton FH 1890. A revision of the genus *Araucarioxylon* of Kraus, with compiled descriptions and partial synonymy of the species. *Proceedings of the U.S. National Museum* 12: 601-617.
- Kräusel R 1949. Die fossilen koniferen-Hölzer (unter Ausschluss von *Araucarioxylon* Kraus) II. Teil. Kritische untersuchungen zur diagnostic lebender und fossiler koniferen-Hölzer. *Palaeontographica* Abt. B 89: 83-203.
- Kräusel R 1956. Der „Versteinerte Wald“ im Kaokoveld, Südwest-Afrika. *Senckenbergiana Lethaea* 37: 411-453.

- Kräusel R & Dolianiti E 1958. Gymnospermenhölzer aus dem Paläozoikum Brasiliens. *Palaeontographica Abt. B* 104: 115-137.
- Kräusel R & Jain KP 1964. New coniferous woods from the Rajmahal Hills, Bihar, India. *Palaeobotanist* 12: 59-67.
- Kurzawe F & Merlotti S 2010. O complexo *Dadoxylon-Araucarioxylon*, Carbonífero e Permiano do Gondwana: estudo taxonômico do gênero *Araucarioxylon*. *Pesquisas em Geociências* 37: 41-50.
- Lepekina VG 1972. Woods of Palaeozoic pycnoxylic gymnosperms with special reference to north Eurasia representatives. *Palaeontographica Abt. B* 138: 44-106.
- Lepekina VG & Yatsenko-Khmelevsky AA 1966. Classification and nomenclature of woods of Palaeozoic, pycnoxylic plants. *Taxon* 15: 66-70.
- Machhour L & Pons D 1992. Bois de coniférales dans l'Albien du synclinal du Beausset (Var, SE France): signification paléogéographique et paléoclimatique. *Geobios* 25: 181-193.
- Maheshwari HK 1972. Permian wood from Antarctica and revision of some Lower Gondwana wood taxa. *Palaeontographica Abt. B* 138: 1-43.
- Marguerier J 1973a. Paléoxylologie du Gondwana Africain: étude et affinités du genre *Australoxylon*. *Palaeontologie Africaine* 16 : 37-58.
- Marguerier J 1973b. Le genre *Australoxylon* dans la flore gondwanienne. *In: Comptes Rendus, Section Sciences du 96^e Congrès National des Sociétés Savantes, Toulouse*, 99-105.
- Meijer JJF 2000. Fossil woods from the Late Cretaceous Aachen Formation. *Review of Palaeobotany and Palynology* 112: 297-336.
- Nishida M 1974. *Oguraxylon*, a new genus belonging to the family Taxodiaceae, from the Cretaceous of Hokkaido. *Botanical Magazine* 87: 113-119.
- Pant DD & Singh VK 1987. Xylotomy of some woods from Raniganj Formation (Permian), Raniganj Coalfield, India. *Palaeontographica Abt. B* 203: 1-82.
- Philippe M 1993. Nomenclature générique des trachéidoxyles fossils mésozoïques à champs araucarioïdes. *Taxon* 42: 74-80.
- Philippe M 1995. Bois fossiles du Jurassique de Franche-Comté (NE-France). *Palaeontographica Abt. B* 236: 45-103.
- Philippe M & Bamford MK 2008. A key to morphogenera used for Mesozoic conifer-like woods. *Review of Palaeobotany and Palynology* 148: 184-207.
- Philippe M, Cuny G & Bashforth A 2010. *Ecpagloxyton mathiesenii* gen. nov. et sp. nov., a Jurassic wood from Greenland with several primitive angiosperm features. *Plant Systematics and Evolution* 287: 153-165.
- Richter HG, Grosser D, Heinz I & Garson PE 2004. Iawa list of microscopic features for softwood identification. *Iawa Journal* 25: 1-70.
- Schimper WP 1870. *Paléontologie Végétale*. J. B. Baillière et Fils, vol. 2, Paris, 966p.
- Süa H & Schultka L 2006. Koniferenhölzer (Fusite) aus dem Oberjura vom Tendaguru (Tansania, Ostafrika). *Palaeontographica Abt. B* 275: 133-165.
- Sze HC 1954. On the structure and relationship of *Phoroxylon scalariforme* Sze. *Scientia Sinica* 3: 527-531.
- Thevenard F, Philippe M & Barale G 1995. Le delta hettangien de la Grandville (Ardennes, France): étude paléobotanique et paléocéologique. *Géobios* 28: 145-162.
- Vogelhehner D 1964. Zur Nomenklatur der fossilen Holzgattung *Dadoxylon* Endlicher 1847. *Taxon* 13: 233-237.
- Vogelhehner D 1967. Zur Anatomie und Phylogenie mesozoischer Gymnospermenhölzer, 4: *Scalaroxylon multiradiatum* n. g. n. sp., ein Cycadophytina-Sekundärholz aus dem Keuper von Franken. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* 128: 215-228.
- Vozenin-Serra C & Salard-Chebodaeff M 1992. Les bois mineralisés permio-triasiques de Nouvelle Calédonie. Implications phylogénétique et paléogéographique. *Palaeontographica Abt. B* 225: 1-25.
- White D 1908. Fossil Flora of the Coal Measures of Brazil. *In: White, I.C., Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. Relatório Final. Edição fac-similar : 558-568, Seventh Gondwana Symposium, 2nd ed. 1988, Departamento Nacional de Produção Mineral, São Paulo.*
- White IC 1908. Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. Relatório Final. Edição fac-similar. Seventh Gondwana Symposium, 2nd ed. 1988, Departamento Nacional de Produção Mineral, São Paulo, 617p.
- Zerfass H, Lavina EL, Schultz CL, Garcia AJV, Faccini UF & 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.
- Zhang W, Li N, Yang XJ, Wang YD, Li Y, Fu XP & Zheng SL 2006. Early Triassic *Scalaroxylon* in Inner Mongolia and its evolutionary significance. *Acta Palaeontologica Sinica* 45: 339-349.

PARTE III

Anexos

Resumos em eventos e cartas de submissão/aceite

Anexo I

“REVISÃO DOS LENHOS FÓSSEIS DESCRITOS POR WHITE (1908)”

Kurzawe F & Merlotti S. Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología, 14,
Resúmenes, pgs. 10-11, 2009.

y Playford, *Petrovina connata* Oliveira y Burjack, *Pterospermella capitana* Wicander, *Verrucosporites bulliferus* (Taugourdeau-Lantz) Richardson y McGregor) o en el Famenniano (*Ephelopalla talea* Wicander, *Verhyachium pannuceum* Wicander y Loeblich). Los quitinozoarios *Angochitina galarzae* Ottone, *Belonechitina holfeltzii* Ottone y *Lagenochitina avelinoi* Lange permiten acotar el último nivel fértil ubicado en el tope de la sección estudiada al Frasniano tardío.

*Contribución al Proyecto X428 UBACYT.

¹ Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET). medipa@gl.fcen.uba.ar

² Universidad de Buenos Aires (UBA), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, FCEN, Departamento de Geología, Pabellón 2, Ciudad Universitaria, (C1428EHA) Buenos Aires, Argentina. chingolo09@hotmail.com

³ Petrobras Bolivia S.A. Centro Empresarial Equipetrol Av. San Martín N° 1700 Santa Cruz-Bolivia. joller@petrobras.com.

Acritarcos y mioesporas silúricos de la Formación Los Espejos, en el perfil del Río de las Chacritas, Precordillera de San Juan, Argentina

V. J. GARCÍA MURO¹ y C. V. RUBINSTEIN¹

Los extensos afloramientos silúricos en la Precordillera Central de San Juan se agrupan, al norte del Río San Juan, en el Grupo Tucunuco compuesto por las formaciones La Chilca y Los Espejos. Estas unidades se extienden desde el Ordovícico tardío (Hirnantiano) hasta el Devónico temprano (Lochkoviano) en las secciones más septentrionales, iniciándose la Formación Los Espejos posiblemente en el Wenlockiano. Debido al desarrollo de importantes paquetes pelíticos y fangolíticos, la Formación Los Espejos ha sido objeto de estudios paleopalínológicos en diferentes localidades, con buenos resultados. Si bien esta unidad ha provisto en general abundante fauna, son escasos los fósiles de alto valor bioestratigráfico como graptolitos y conodontes y se encuentran restringidos a algunas localidades y niveles estratigráficos. Los palinomorfos marinos, principalmente acritarcos y algas prasinofíceas y continentales subordinados, como mioesporas, han demostrado ser no sólo una herramienta útil para la bioestratigrafía y la correlación en esta unidad, sino también para establecer la relación entre la composición de las asociaciones palinológicas y el paleoambiente de depositación. En esta contribución se analizan los palinomorfos provenientes de nueve niveles fértiles de la Formación Los Espejos, aflorante en el Río de Las Chacritas, al oeste de Tucunuco, donde el Silúrico ha sido escasamente estudiado. Entre los palinomorfos presentes se destacan formas comunes en el Silúrico de la cuenca precordillerana como *Ammonidium ludloviense* (Lister) Mullins, *Dateriocradus monterrosae* (Cramer) Pöthe de Baldis, *Duvernaysphaera aranoides* (Cramer) Cramer y Díez, *Leiofusa banderillae* Cramer, *Leiofusa berneseae* Cramer, *Leiofusa* cf. *estrecha* (Cramer), *Oppilatala* sp., *Ozotobrachion* sp. y *Quadradium fantasticum* Cramer.

¹ Unidad de Paleopalínología, Departamento de Paleontología, IANIGLA, CCT- CONICET Mendoza. Av. Ruiz Leal s/n, Parque General San Martín, 5500, Mendoza, Argentina. vgarcia@mendoza-conicet.gov.ar, crubinstein@mendoza-conicet.gov.ar

Revisão dos lenhos fósseis descritos por White (1908)

F. KURZAWE¹ e S. MERLOTTI²

Em 1908, na clássica obra denominada Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, D. White descreveu três lenhos permineralizados, compostos exclusivamente por xilema secundário e oriundos do Permiano do Rio Grande do Sul, são eles: *Sigillaria* (?) *muralis*, *Dadoxylon nummularium* e *Dadoxylon meridionale*. Porém, suas descrições foram incompletas, não possuindo dados de diferenciação intergenérica, como a caracterização dos campos de cruzamento. Soma-se a isto, a designação de *Sigillaria*, baseada, exclusivamente, no grande desenvolvimento do corpo lenhoso, e a ilegitimidade e invalidação da designação *Dadoxylon*. Em virtude do extravio das lâminas petrográficas do material tipo utilizadas por White (1908), novas lâminas foram confeccionadas e analisadas anatomicamente a partir do mesmo, indicando os seguintes resultados: (i) transferência de *Sigillaria* (?) *muralis*, com abundantes espessamentos escalariformes, para o gênero *Scalaroxylon* Vogellehner 1967, porém, como este material não possui campos de cruzamento preservados, não foi possível determinar seu epíteto específico, sendo então considerada como *Scalaroxylon* sp.; (ii) transferência de *Dadoxylon nummularium*, que exhibe pontuações

radiais mistas e campos de cruzamento araucarióides, para o gênero *Brachyoxylon* Hollick & Jeffrey 1909, com a proposição da nova combinação *Brachyoxylon nummularium*; (iii) impossibilidade de transferência de *Dadoxylon meridionale* para táxons válidos e legítimos devido a ausência de preservação dos campos de cruzamento, propondo-se, portanto, a invalidação deste táxon.

¹Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

²Departamento de Botânica, UFSC, SC, Brasil. franly_k@hotmail.com, sheila@ccb.ufsc.br

Análisis palinofacial de la perforación N° 254 (DINAMIGE), Paleozoico Superior, Uruguay y

X. MARTÍNEZ-BLANCO¹ y A. BERI¹

Se realizó el análisis palinofacial de cuatro muestras de la perforación 254 (DINAMIGE), departamento de Tacuarembó, Uruguay: 345 mbbp y 300 mbbp (Formaciones San Gregorio y Cerro Pelado, respectivamente) y 228 mbbp y 149 mbbp (Formación Fraile Muerto). Las cuatro palinofacies presentan mayor cantidad de fitoclastos que de material amorfo, lo que indicaría predominio de corrientes tractivas sobre decantación y proximidad al área de aporte terrígeno; aunque teniendo en cuenta diversos parámetros palinofaciales tales como fitoclastos opacos en tablillas vs. equidimensionales (T/E), se pudieron establecer diferencias en relación a la cercanía a esta. La muestra 228 mbbp sería la más próxima al área de aporte (T/E de 0,11), presenta 50% de esporas, cuyos géneros más importantes son *Lundbladispora* y *Brevitriletes* y 35% de granos de polen como *Vittatina* y *Lunatisporites*. Las muestras 300 mbbp y 149 mbbp serían más distales, presentan T/E de 0,14 y 0,19, 65,2 y 8,1% de esporas y 25,3 y 87,9 % de granos de polen, respectivamente. La muestra 345 mbbp, inferida como más proximal que la 149 mbbp, posee sin embargo T/E de 0,24, las esporas como *Calamospora* y *Punctatisporites* representan el 66,8 % y los granos de polen como *Vittatina* constituyen el 15%. El retrabajo sugerido para esta muestra podría explicar el aumento de tablillas por resuspensión y concentración posterior de material. Las palinofacies evidencian un medio de transporte fluvial desde las áreas de aporte hasta el medio de depositación, que a juzgar por la litología podría ser desde ambientes lacustres hasta marino marginales.

¹Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay. ximenablanca@gmail.com, beri@fcien.edu.uy.

Integrated stratigraphic analysis (palynostratigraphy and sequence stratigraphy) of the Permian section of Paraná Basin from the borehole HN-25-RS, Hulha Negra, Rio Grande do Sul, Brazil

A. L. O. MORI¹

The Pennsylvanian-Permian interval of Paraná Basin is represented by the Tubarão and Passa Dois groups, with fossil content relatively abundant and diversified. Several biozonations were proposed to this interval based on distinct fossil groups, and palynology offers best biostratigraphic resolution, providing data to correlation and relative dating. This contribution presents new palynostratigraphic data retrieved from the borehole HN-25-RS (CPRM-RS) located in Hulha Negra, southern Rio Grande do Sul state. This study is based on the analysis of 60 samples, comprising the Itararé Subgroup and the Rio Bonito, Palermo, Irati and Serra Alta formations. The two biozones of Permian age established to this basin were identified: the *Vittatina costabilis* and *Lueckisporites virkkiae* zones. The limit between them was recognized near the lithological contact of Rio Bonito and Palermo formations. Palynomorphs stratigraphically restricted to the Pennsylvanian interval were not identified, confirming the absence of basal deposits of Gondwana I Supersequence. Only the basal unit of *Vittatina costabilis* Zone, the *Protohaploxyipinus goraiensis* Subzone is represented, suggesting erosion of the topmost deposits of the Rio Bonito Formation, which is confirmed from data recovered from an outcrop in the region, in which an angularity unconformity occurs between the two lithostratigraphic units cited. Palynomorphs index of the *Lueckisporites virkkiae* zone were registered in the Irati, Serra Alta and Teresina formations. This assignment highlights new perspectives on the palynostratigraphic studies, once palynomorphs were considered rare or absent from the uppermost deposits of the Passa Dois Group.

¹Laboratório de Palinologia, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91.909-900, Porto Alegre, RS, Brasil. luisaouta@yahoo.com.br.

Anexo II

“PALEOXILOFLORAS PERMIANAS DO GONDWANA”

Kurzawe F, Iannuzzi R & Merlotti S. Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, 10, Congreso Latinoamericano de Paleontología, 7, Resúmenes, pgs. 176-177, 2010.



de delgados niveles arenosos a conglomerádicos y lentes de limo y arcilla finamente estratificados, expuesto en las márgenes del Embalse del Río Tercero, en el Departamento Calamuchita. La edad del mismo correspondería al Pleistoceno tardío - Holoceno temprano por su asociación con restos de *Megatherium americanum* Cuvier, por ello correlacionable con las formaciones La Invernada o General Paz de la llanura cordobesa. Los materiales estudiados comprenden 90 placas de la coraza dorsal, 19 placas de los anillos caudales y varios restos post-craneales, a partir de los cuales se han identificado 10 morfotipos bien diferenciados. El ejemplar presenta placas principalmente hexagonales, con una relación espesor/diámetro máximo alta, una figura central circular o subcircular elevada con respecto a la superficie periférica, con una depresión en el centro, notables perforaciones pilíferas que pueden alcanzar a siete en las placas de mayor tamaño o estar ausentes, figuras periféricas pobremente definidas o completamente ausentes y superficie interna cóncava. Se observa que los caracteres del estadio juvenil en *Glyptodon* coinciden con los caracteres diagnósticos de los géneros *Neothoracophorus* y *Pseudothoracophorus* definidos por Ameghino y Castellanos respectivamente, por lo que este material aportaría nueva evidencia y discusiones a favor de la sinonimia de estos géneros dentro de *Glyptodon*.

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Cátedra y Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 1611, (X5016GCA) Córdoba, Argentina. jerokrapo@yahoo.com.ar

² Museo Provincial de Ciencias Naturales, Avda. Poeta Lugones 395, (X5000JHT) Córdoba, Argentina. carlosaluna@hotmail.com

288. Nuevos hallazgos de mamíferos y localidades fosilíferas del Pleistoceno medio-Holoceno en las Sierras Pampeanas de la provincia de Córdoba, Argentina

J.M. KRAPOVICKAS¹ y A.A. TAUBER²

Las Sierras Pampeanas de Córdoba se encuentran en el borde oriental de la Subregión Zoogeográfica Andino Patagónica, próximo a su límite con la Subregión Guayano-Brasileña. Si bien el registro de mamíferos fósiles cuaternarios es aún escaso en el área serrana, su estudio resulta de sumo interés para la interpretación de variaciones climáticas ambientales, mediante el análisis comparativo entre las mencionadas subregiones zoogeográficas. El principal objetivo de este trabajo es dar a conocer los resultados preliminares de un proyecto de investigación que se está realizando actualmente en la región. En las campañas efectuadas hasta el momento se documentaron hallazgos de mamíferos fósiles en cuatro nuevas localidades. En Huerta Grande (800 msnm) donde se halló una mandíbula de *Toxodon* sp. En Pampilla de Bosque Alegre (940 msnm) se recuperó el axis de un megamamífero, probablemente *Megatherium* sp. Se registró material inédito procedente de Athos Pampa (1120 msnm), que consta de un cráneo de *Hippidium principale* (Lund) con un daño en el parietal izquierdo, que es atribuible a causas antrópicas. En Alpa Corral (900 msnm) se encontró un dentario de *Glyptodon* sp. En las localidades fosilíferas ya descritas se registraron taxones nunca antes citados en ellas, como *Glossotherium* y *Toxodon* para la Pampa de Oláen (1200 msnm), siendo el registro de mayor altitud de la región central del país para estos géneros. El registro paleontológico en las áreas cumbreales indica que los depósitos sedimentarios acumulados no tienen una antigüedad superior al Pleistoceno medio (Bonaerense). Además, el registro sistemático permite inferir un ambiente abierto de pastizales con pequeños bosques. Hasta el presente no se observan diferencias entre las asociaciones de megamamíferos de la Subregión Zoogeográfica Andino Patagónica y de la Guayano-Brasileña durante el Pleistoceno medio, por lo tanto inferimos similares condiciones climáticas.

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Cátedra y Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 1611, (X5016GCA) Córdoba, Argentina. jerokrapo@yahoo.com.ar

² Cátedra y Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 1611, X5016GCA Córdoba, Argentina. adantauber@yahoo.com.ar

289. Paleoxilofloras permianas do Gondwana

F. KURZAWA¹, R. IANNUZZI¹ e S. MERLOTTI²

Realizou-se um levantamento das espécies de lenhos permineralizados encontrados no Permiano do Gondwana com base na literatura. No total, existem 80 gêneros e 234 espécies distribuídos na Antártica, África, América do Sul, Índia e Oceania. Na América do Sul há 41 gêneros endêmicos e destes, 19 são monoespecíficos. O principal motivo



provavelmente é a inflação dos mesmos e, além disso, este é o único continente que possui uma flora de transição com o Hemisfério Norte - a flora da Bacia do Parnaíba, centro-oeste do Brasil. Quando se leva em consideração as latitudes durante o Permiano, a maioria dos gêneros (66) encontra-se entre as latitudes de 30° e 60°. Para calcular a similaridade entre as paleoxilofloras foram utilizados os índices Jaccard e Otsuka, que mostraram uma semelhança mais acentuada entre Antártica, África, Índia e Oceania, sendo o primeiro e o terceiro os mais similares. Apesar de esperar uma maior similaridade entre África e América do Sul, estes foram os continentes com os menores índices. Isto provavelmente ocorre pelo alto número de gêneros endêmicos na América do Sul (todos os outros continentes juntos possuem apenas 19 gêneros endêmicos), pela presença da flora de transição (não comparável taxonomicamente a nenhuma outra flora do Hemisfério Sul) e, também, por este ser o continente com o maior número de estudos realizados. A paleoxiloflora de gimnospermas do Gondwana apresenta, em sua maioria, pontuações do tipo misto nas paredes radiais dos traqueídeos, enquanto que as do Hemisfério Norte tem, quase na sua totalidade, apenas pontuações araucarióides, indicando uma significativa diferenciação taxonômica entre as xilofloras destas duas regiões fitogeográficas.

¹ Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves 9500, Bloco I, Prédio 43113, Campus do Vale, Agronomia, CEP 91509-900, Porto Alegre, RS, Brasil. franly_k@hotmail.com, roberto.iannuzzi@ufrgs.br

² Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Universitário, Trindade, CEP: 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil. sheila@ccb.ufsc.br

290. Forelimb anatomy in basal archosaurs: functional implications

J.M. LEARDI^{1,2}

Basal archosaurs show profound appendicular transformations when compared to their closest archosauriform outgroup (*Euparkeria* or proterochampsids). Although, most studies on archosaurian appendicular anatomy were focused on hindlimb morphology. The objective of this contribution was to study morphological changes in the forelimb of basal archosaurs and to assess their phylogenetical and functional implications. The pectoral girdle shows an anteriorly expanded acromion process on the scapula, expanding the area of origin of part of the glenohumeral stabilizer musculature of the scapula (*Mm. deltoideus clavicularis* and *cornobrachialis brevis dorsalis*), and the presence of a postglenoid process on the coracoid, changing the orientation of the retractor musculature (*M. costocoracoides*) to the sagittal plane. In the forelimb, an individualized and distally displaced medial tuberosity on the humerus, a condition present in the Crurotarsi but shared with the proterochampsids, and an ossified olecranon process on the ulna can be also observed. These characters can be interpreted as potential adaptations for erect forelimbs, as the olecranon is the insertion of the main forearm extensor (*Mm. triceps brachii*) and the scapulocoracoid-humerus articulation is further stabilized, allowing the limbs to move mainly on a parasagittal plane. These are one of the first results that recover valuable postural information from the forelimb in this important group of diapsids. Therefore, most of these characters are relevant for the phylogeny of this group as most of them can be optimized as unambiguous synapomorphies of Archosauria.

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina (CONICET). Laboratorio de Paleontología de Vertebrados, Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Pabellón 2, Universidad de Buenos Aires, Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria, (C1428EGA) Buenos Aires, Argentina. jmleardi@gl.fcen.uba.ar

291. Systematic revision of the Calmoniidae (Phacopida, Trilobita) from the Devonian Ponta Grossa Formation, Paraná Basin, Brazil

J.M. LEME¹, A.D. MORI² and L.A. BATISTA¹

Seventeen nominal species have been recorded among the Calmoniidae (Phacopida, Trilobita) of the Ponta Grossa Formation, Paraná Basin, Brazil. An analysis of 409 specimens from this unit revealed an overestimation of taxonomic diversity, as some of the nominal taxa previously described were based on characters derived from taphonomic processes. Some of the individuals used in the diagnosis of these nominal taxa show extensive exfoliation and effacement of the main diagnostic characters, calling for discussion of the status of several species. Thus, *Calmonia signifier* Clarke differs from *C. subseciva* Clarke only because it shows a single terminal spine, while in *C. subseciva* the margin is normally entire. However, in well preserved specimens, minute spines that are similar in shape and position to those of *C. signifier* can also be observed on the latter. The degree of inflation of the glabella lobe has been the only character used to distinguish *Paracalmonia paranaensis* Popp *et al.* from *P. cuspidata* (Clarke), but the

Anexo III

“ANÁLISE DAS PALEOXILOFLORAS PERMIANAS DO GONDWANA”

Kurzawe F, Iannuzzi R & Merlotti S. Congresso Brasileiro de Paleontologia, 22,
Atas, pgs. 750-752, 2011.

ANÁLISE DAS PALEOXILOFLORAS PERMIANAS DO GONDWANA

Francine Kurzawe¹ (franly_k@hotmail.com), Roberto Iannuzzi² (roberto.iannuzzi@ufrgs.br),
Sheila Merlotti³ (sheilamerlotti@hotmail.com)

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia – Programa de Pós-Graduação em Geociências;

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia;

³Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Botânica, Campus Universitário

RESUMO

A proposta deste trabalho consiste em apresentar um levantamento dos gêneros e espécies de lenhos fósseis encontrados no Permiano do Gondwana, incluindo informações sobre sua distribuição estratigráfica e geográfica. Desta forma, realizou-se uma extensa pesquisa bibliográfica e os resultados obtidos podem ser considerados como uma importante síntese sobre os morfotaxons de lenhos paleozoicos do Hemisfério Sul.

Palavras-chave: paleoxilofloras, Gondwana, Permiano

ABSTRACT

The main goal of this contribution consists in show a survey of the genera and species of fossil woods found in the Permian deposits of Gondwana, including information on their stratigraphic and geographic distribution. In this way, it was carried out an abroad bibliographic research and the results obtained herein can be considered as an important synthesis about the Paleozoic wood morphotaxa from Southern Hemisphere.

Keywords: wood morphotaxa, Gondwana, Permian

INTRODUÇÃO: RESULTADOS DO LEVANTAMENTO

A extensa revisão bibliográfica indicou a ocorrência de 80 gêneros e 234 espécies de lenhos permineralizados nos depósitos permianos através do Gondwana, distribuídos entre os terrenos da Antártica, África, América do Sul, Índia e Oceania. Do total de gêneros, 13 (16%) são Pteridophyta e 67 (84%) são Gimnospermae. Dentre as últimas, três gêneros, *Araucarioxylon* Kraus, 1870, *Bageopitys* Dohms, 1976 e *Dadoxylon* Endlicher, 1847 são considerados inválidos e suas espécies

necessitam de novo posicionamento taxonômico. Além disso, o gênero *Amyelon* Williamson, 1874 corresponde a uma raiz, ao invés de caule, como todos os outros listados. Dentre os táxons válidos de gimnospermas, 16 gêneros (25%) incluem lenhos compostos apenas por xilema secundário (= traqueidóxilos) e 48 gêneros (75%) são lenhos que possuem medula e xilemas primário e secundário. Porém, quando se considera o número de espécies em cada grupo, a diferença entre as porcentagens diminui, sendo que 82 espécies de lenhos (43% do total) apresentam apenas xilema secundário e 108 correspondem a lenhos completos (57% do total). Por fim, quando se leva em consideração o número de amostras já estudadas, os dois grupos tornam-se quase equivalentes, ocorrendo 123 amostras de traqueidóxilos e 136 amostras de lenhos com medula e xilemas.

No Brasil existem 46 gêneros localizados nas bacias do Paraná e / ou do Parnaíba, sendo 33 gêneros (72%) na primeira e 13 (28%) na segunda. Destes, apenas dois são encontrados em ambas as bacias: *Dadoxylon* e *Tietea* Solms-Laubach emend. Herbst, 1986. Com relação às espécies, enquanto foram descritas 56 (71%) para a Bacia do Paraná, apenas 23 (29%) são encontradas na Bacia do Parnaíba, sendo que *Tietea singularis* Solms-Laubach, 1913 é a única conhecida para ambas. No geral, os autores que trabalham com amostras da Bacia do Paraná não estudaram aquelas da Bacia do Parnaíba, salvo D. Mussa (Caldas *et al.*, 1989; Coimbra & Mussa, 1984; Mussa, 1958, 1974, 1978a, b, 1980, 1982, 1986a, b; Mussa & Coimbra, 1987), que descreveu diversos lenhos para ambos os locais e R. Herbst, que descreveu *Tietea singularis* (Herbst, 1987). A maioria dos gêneros da Bacia do Paraná engloba Gimnospermae, exceto *Tietea*, já na Bacia do Parnaíba, ocorre o contrário: a maioria dos gêneros é de Pteridophyta, excluindo *Cyclomedulloxylon* Mussa & Coimbra, 1987 e *Dadoxylon*.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com o levantamento feito, de um total de 80 gêneros, 60 são endêmicos para o Permiano em um dos cinco continentes. A Antártica tem apenas um gênero endêmico, a Oceania três, a África quatro, a Índia 11 e a América do Sul é o continente com a maioria dos gêneros endêmicos no Permiano, sendo 41 no total (aproximadamente 50%). *Australoxylon* Marguerier, 1973 é o único gênero encontrado em todos os cinco continentes. Todos os outros 19 gêneros ocorrem em dois ou mais continentes. Em relação ao número de espécies assinaladas para cada gênero, 27 (aproximadamente 34% do total) são monoespecíficos e destes, 19 (aproximadamente 24%) estão na América do Sul. Na Índia, há cinco gêneros monoespecíficos e a África e a Antártica apresentam um cada. A Oceania não apresenta gêneros monoespecíficos. Os gêneros que apresentam um maior número de espécies são: *Agathoxylon* Hartig, 1948, com 14 espécies, *Araucarioxylon*, com 11 espécies, *Australoxylon*, com 15 espécies, *Prototaxoxylon* Kräusel & Dolianiti, 1958, com 10 espécies, e *Zalesskioxylon* Lepekhina & Yatsenko-Khmelevsky, 1966, com 15 espécies. Existem 15 gêneros que apresentam apenas uma espécie para o Permiano do Gondwana, mas que não são monoespecíficos e os 33 gêneros restantes estão representados por um número de espécies que varia de duas até nove.

Para analisar o nível de afinidade das assembleias encontradas nos distintos continentes gondvânicos foram utilizados dois índices de similaridade, o índice Jaccard e o Otsuka. Como resultado obteve-se que a África, a Antártica, a Índia e a Oceania são os continentes com maior similaridade de táxons, enquanto a América do Sul apresenta o menor índice. Dentro destes, a Índia e a Antártica são os continentes mais similares. Seria esperada uma grande similaridade entre a América do Sul e a África, porém estes dois continentes apresentam os índices com os valores mais baixos. Há três possíveis explicações para este fato. Inicialmente, deve-se levar em consideração o fato de que a América do Sul é o continente com o maior número de táxons endêmicos, são 41 no total, sendo que a somatória dos gêneros endêmicos registrados em todos os outros continentes juntos é de apenas 19.

Este dado é suficiente para gerar uma grande dessemelhança entre a América do Sul e os demais continentes. Além disso, as floras encontradas na Bacia do Parnaíba, noroeste do Brasil, possuem elementos típicos da flora nórdica, por se tratar, provavelmente, de uma flora de transição entre as províncias Euro-americana, do Hemisfério Norte, e Gondvânica, do Hemisfério Sul (Dias-Britto *et al.*, 2007). Portanto, estes táxons não são comparáveis com outros dos demais continentes gondvânicos, distanciando ainda mais, em termos de composição taxonômica, a América do Sul do resto do Gondwana. Por último, a América do Sul é, juntamente com a Índia, um dos dois continentes em que se concentra a maioria dos estudos de lenhos paleozoicos do Gondwana. Os estudos realizados na África e na Antártica, por exemplo, foram feitos por pesquisadores não nativos, que faziam a coleta e trabalhavam momentaneamente com amostras oriundas destes continentes. A Austrália apresenta muitas publicações relativas aos lenhos mesozoicos, enquanto aquelas com lenhos paleozoicos são ainda pouco expressivas.

CONCLUSÕES

Por fim, analisando-se apenas os dois continentes com maior número de estudos realizados, verifica-se que a Índia possui 26 gêneros e 80 espécies, o que daria em torno de três espécies por gênero, enquanto que a América do Sul tem 58 gêneros e 107 espécies, tornando a relação espécies / gênero menor do que duas para um. Desta forma, se na Índia há uma aparente inflação de espécies, na América do Sul constata-se o contrário, uma possível inflação de gêneros. Isto provavelmente ocorre porque apesar de serem considerados os mesmos critérios taxonômicos nos estudos desenvolvidos em ambos continentes, o nível hierárquico normalmente utilizado para diferenciar as formas de lenho pelos grupos de pesquisadores de cada continente é diferente. Enquanto os indianos preferem criar novas morfoespécies para abrigar seus morfótipos de lenho, os sul-americanos optam por novos gêneros para incluí-los. Neste sentido, recomenda-se fortemente que seja feita uma extensa revisão dos morfotáxons de lenhos propostos para estes dois continentes, a fim de se tentar obter uma homogeneização da listas

taxonômicas destas duas áreas chaves para o entendimento das lignofloras do Gondwana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALDAS, E. B.; MUSSA, D.; LIMA FILHO, F. P. & RÖSLER, O. 1989. *Nota sobre a ocorrência de uma floresta petrificada de idade permiana em Teresina, Piauí*. São Paulo, Instituto de Geociências, pgs. 69-87 (Boletim 7, Publ. Esp.)
- COIMBRA, A.M. & MUSSA, D. 1984. Associação lignitaflorística na Formação Pedra-de-Fogo, (Arenito Cacunda), Bacia do Maranhão - Piauí, Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais*, Rio de Janeiro, SBG, p. 591-605.
- DIAS-BRITO, D.; ROHN, R.; CASTRO, J.C.; DIAS, R.R. & RÖSSLER, R. 2007. Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional - o mais exuberante e importante registro florístico tropical-subtropical permiano no Hemisfério Sul. *In: WINGE, M.; ACHOBENHAUS, C.;*
- BERBERT-BORN, M.; QUEIROZ, E.T.; CAMPOS, D.A.; SOUZA, C.R.G. & FERNANDES, A.C.S. (eds.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. DNPM / CPRM - SIGEP, Brasília. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio104/sitio104.pdf>>.
- HERBST, R. 1987. Studies on Psaroniaceae. I. The Family Psaroniaceae (Marattiales) and a redescription of *Tietea singularis* Solms-Laubach, from the Permian of Brazil. *In: CONGRESSO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA*, 4, Mendoza, 1986. *Actas*, Mendoza, p. 163-176.
- MUSSA, D. 1958. *Conférea fóssil do Carbonífero Superior de Santa Catarina*. Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral / Divisão de Geologia e Mineralogia, 29p. (Boletim 182)
- MUSSA, D. 1974. Paleoxiloanatomia brasileira II - novo gênero de lenho fóssil da Formação Irati, Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 46(3-4): 617-934.
- MUSSA, D. 1978a. *Brasilestiloxyton e Solenobrasilioxyton dois novos gêneros gondwânicos da Formação Irati, Estado de São Paulo, Brasil*. São Paulo, Instituto de Geociências, pgs. 118-127 (Boletim 9)
- MUSSA, D. 1978b. *On the anatomy of Wood showing affinities with the genus Vertebraria Royle, from the Irati Formation, State of São Paulo, Brazil*. São Paulo, Instituto de Geociências, pgs. 153-201 (Boletim 9)
- MUSSA, D. 1980. Ocorrência do gênero *Antarcticoxyton* Seward na Formação Irati (Permiano) do Estado de São Paulo, Brasil. *In: CONGRESSO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA Y BIOESTRATIGRAFIA Y CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA*, 2, Buenos Aires, 1978. *Actas*, Buenos Aires, p. 139-155.
- MUSSA, D. 1982. *Nova forma do complexo Vertebraria nos argilitos carbonosos da Formação Rio Bonito, Santa Catarina, Brasil*. São Paulo, Instituto de Geociências, pgs. 66-74 (Boletim 13)
- MUSSA, D. 1986a. As formas gondwânicas do grupo solenóide e sua distribuição estratigráfica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 58(1): 61-88.
- MUSSA, D. 1986b. *Eustelos gondwânicos de medulas diafragmadas e sua distribuição estratigráfica*. São Paulo, Instituto de Geociências, pgs. 11-26 (Boletim 17)
- MUSSA, D. & COIMBRA, A.M. 1987. Novas perspectivas de comparação entre as tafofloras permianas (de lenhos) das bacias do Paranaíba e do Paraná. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA*, 10, Rio de Janeiro, 1987. *Anais*, Rio de Janeiro, SBP, p. 201-211.

Anexo IV

Carta de submissão do manuscrito

“NEW GYMNOSPERMOUS WOODS FROM THE PERMIAN OF THE PARNAÍBA BASIN, NORTHEASTERN BRAZIL, PART I: *Ductoabietoxylon*, *Scleroabietoxylon* and *Parnaiboxylon*”. Kurzawe F; Iannuzzi R, Merlotti S, Röβler R & Noll R. Review of Palaeobotany and Palynology, submetido.

Hotmail

Novo | Responder Responder a todos Encaminhar | Excluir Lixo Eletrônico Limpar ▾ Marcar como ▾ Mover para ▾ Categorias ▾

Caixa de Entrada

PALBO2682: Notice of manuscript number

[Voltar para mensagens](#) |

Pastas

Rev. Palaeobotany and Palynology

10/03/2012

Lixo

Para franly_k@hotmail.com

[Responder ▾](#)

Rascunhos (16)

Enviados

Dear Mrs. Kurzawe,

Excluídos (16)

Your submission entitled "NEW GYMNOSPERMOUS WOODS FROM THE PERMIAN OF THE PARNAÍBA BASIN, NORTHEASTERN BRAZIL, PART I: Ductoabietoxylon, Scleroabietoxylon and Parnaiboxyton" has been assigned the following manuscript number: PALBO2682.

Doutorado

You will be able to check on the progress of your paper by logging on <http://ees.elsevier.com/palbo/> as Author.

Pós Doc

Nova pasta

Visualizações rápid...

Documentos do Office...

Thank you for submitting your work to this journal.

Fotos

Kind regards,

Sinalizadas

D. Jones
Administrative Support Agent [23-Mar-11]
Review of Palaeobotany and Palynology

Nova categoria

Messenger

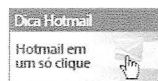
[Entrar no Messenger](#)

Início

Contatos

Calendário

Novo | Responder Responder a todos Encaminhar | Excluir Lixo Eletrônico Limpar ▾ Marcar como ▾ Mover para ▾ Categorias ▾



dafiti

CALÇADOS MASCULINOS

COMPRE AGORA

► Saiba Mais ► Saiba Mais

► Saiba Mais ► Saiba Mais

► Saiba Mais ► Saiba Mais

OUTLET 70%
Clique e confira!

DEMOCRATA

Calvin Klein **Mizuno**

SERGIO K. CNS

Coca-Cola **Timberland**

[Fechar anúncio](#)

Anexo V

Carta de submissão do manuscrito

“NEW GYMNOSPERMOUS WOODS FROM THE PERMIAN OF THE
PARNAÍBA BASIN, NORTHEASTERN BRAZIL, PART II: *Damudoxylon*,
Kaokoxyton and *Taeniopitys*”. Kurzawe F; Iannuzzi R, Merlotti S & Rohn R.
Review of Palaeobotany and Palynology, submetido.

Hotmail

Novo | Responder Responder a todos Encaminhar | Excluir Lixo Eletrônico Limpar ▾ Marcar como ▾ Mover para ▾ Categorias ▾

Caixa de Entrada

PALBO2683: Notice of manuscript number

Voltar para mensagens |

Pastas

Rev. Palaeobotany and Palynology

10/03/2012

Lixo

Para franly_k@hotmail.com

Responder ▾

Rascunhos (16)

Dear Mrs. Kurzawe,

Enviados

Your submission entitled "NEW GYMNOSPERMOUS WOODS FROM THE PERMIAN OF THE FARNALBA BASIN, NORTHEASTERN BRAZIL, PART II: Damudoxylon, Kaokoxylon and Taeniopitys" has been assigned the following manuscript number: PALBO2683.

Excluídos (16)

You will be able to check on the progress of your paper by logging on <http://ees.elsevier.com/palbo/> as Author.

Doutorado

Pós Doc

Nova pasta

Visualizações rápid...

Documentos do Office...

Thank you for submitting your work to this journal.

Fotos

Kind regards,

Sinalizadas

Nova categoria

Messenger

Entrar no Messenger

D. Jones
Administrative Support Agent [23-Mar-11]
Review of Palaeobotany and Palynology

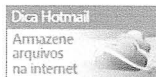
Início

Contatos

Calendário

Novo | Responder Responder a todos Encaminhar | Excluir Lixo Eletrônico Limpar ▾ Marcar como ▾ Mover para ▾

Categorias ▾



dafiti
COMPRE AGORA
FRETE GRÁTIS EM ATÉ 12X

SAIBA MAIS SAIBA MAIS
SAIBA MAIS SAIBA MAIS
SAIBA MAIS SAIBA MAIS
SAIBA MAIS SAIBA MAIS
SAIBA MAIS SAIBA MAIS

mormai PUMA
Nike Coca-Cola

Fechar anúncio

Anexo VI

Carta de submissão do manuscrito

“GONDWANAN PERMIAN XYLOFLORAS”. Kurzawe F; Iannuzzi R & Merlotti S.
Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, submetido.

Hotmail

Novo | Responder Responder a todos Encaminhar | Excluir Lixo Eletrônico Limpar ▼ Marcar como ▼ Mover para ▼ Categorias ▼ |

Caixa de Entrada

PALAEO6611: Notice of manuscript number

Voltar para mensagens |

Pastas

Palaeo-3

16/03/2012

Lixo

Para franly_k@hotmail.com

Responder ▼

Rascunhos (16)

Enviados

Dear Mrs. Kurzawe,

Excluídos (16)

Your submission entitled "GONDWANAN PERMIAN XYLOFLORAS" has been assigned the following manuscript number: PALAEO6611, and is now forwarded to the Editor for sending out for review.

Doutorado

Pós Doc

Your paper will be considered as belonging to the category Review Article. Please contact us if this is not correct.

Nova pasta

Visualizações rápid...

Documentos do Office...

We will contact you when there is any news about the paper.

Fotos

Sinalizadas

Thank you for submitting your work to this journal.

Nova categoria

Kind regards,

Messenger

Entrar no Messenger

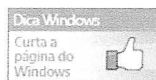
Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology

Início

Contatos

Calendário

Novo | Responder Responder a todos Encaminhar | Excluir Lixo Eletrônico Limpar ▼ Marcar como ▼ Mover para ▼ Categorias ▼ |



dafiti
com.br

T-shirts tng
Timberland

compre agora

Fechar anúncio

Anexo VII

Carta de aceite do manuscrito

“ON THE PERMIAN PERMINERALIZED WOODS OF THE "FOSSIL FLORA OF THE COAL MEASURES OF BRAZIL" (D. WHITE, 1908): TAXONOMIC RE-EVALUATION”. Kurzawe F; Iannuzzi R & Merlotti S. *Palaeobotanist*, 61. 2012.

Aceito.

THE PALAEOBOTANIST

(Published since 1952)

Rajni Tewari

Editor

To

Date: 01.10.11

Dr Francine Kurzawe

Curso de Pós-Graduação em Geociências

Departamento de Paleontologia e Estratigrafia

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Caixa Postal 15.001

CEP 91.509-900

Porto Alegre

Brazil

Sub: Manuscript Pb746

Dear Dr Francine Kurzawe,

I am pleased to inform you that your manuscript entitled "On the permineralised woods of the fossil Flora of the Coal Measures of Brazil" (D. White, 1908): taxonomic reevaluation" (by Francine Kurzawe, Roberto Iannuzzi & Sheila Merlotti) has been accepted for publication and is under editorial process.

Thanks for your cooperation.

With kind regards

Yours sincerely

Rajni Tewari



Birbal Sahni Institute of Palaeobotany

53 University Road, Lucknow 226 007, India

Phone: +91-522-2742997

palaeobotanist@gmail.com