

Revista

universidade
guarulhos

ISSN 1413-3210

- Análises Ambientais
- Palinologia
- Paleoartropodologia
 - Paleobotânica
 - Paleoiictiologia
- Paleomalacologia
- Paleomastozoologia



Geo

ciências

Ano V - Número 6 - 2000

PARADOXOPTERIS HIRMER 1927, O CAULE DE WEICHSELIA STIEHLER 1857, PRESENTE NO CRETÁCEO DA BACIA DE SÃO LUÍS, ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL*

PARADOXOPTERIS HIRMER 1927, THE STEM OF WEICHSELIA STIEHLER 1857, IN THE CRETACEOUS OF SÃO LUIZ BASIN, MARANHÃO STATE, BRAZIL*

Diana MUSSA¹

Ismar DE SOUZA CARVALHO²

Francisco José CORREA MARTINS²

Maria Elizabeth ZUCCOLOTO¹

Resumo: O registro de *Paradoxopteris* Hirmer 1927 é quase sempre uma indicação segura da presença de *Weichselia* Stiehler 1857 na mesma seqüência geológica, por referir-se este último gênero às frondes (e a outras partes conectadas) da mesma planta. *Paradoxopteris*, com o seu estelo policíclico, é registrado na Formação Itapecuru, Bacia de São Luís, Maranhão, em sedimentos considerados do Cretáceo Superior tendo sido esses resultados baseados em estudos palinológicos. A ocorrência dos gêneros citados tem sido considerada bastante sugestiva, como indicação de climas (tropicais, quentes - úmidos a temperados), como indicação cronológica (distribuição e extinção no Cretáceo, com a maior concentração de ocorrências no Cretáceo Inferior) e por oferecer suficiente questionamento evolutivo - filogenético, na medida em que as raízes em estaca, a policiclia no estelo, além de outros progressos anatômicos definem esses fetos como peculiares em relação a todos os demais.

Palavras-Chave: *Paradoxopteris*; Cretáceo; Policiclia; Formação Itapecuru; Maranhão.

Abstract: Silicified pieces of wood were collected from outcrops of cretaceous age in the São Luís Basin, State of Maranhão, Northern Brazil. The selected sample for this paper concerns to a fern's piece of stem (or petiole organ) whose anatomical plane performs that of *Paradoxopteris* Hirmer, a cretaceous genus related to *Weichselia* Stiehler, the generic name for connected parts of the same plant. The transversal view shows the complex polycyclic stelar structure with rings of horse-shaped meristeles having some irregularly oriented rings of accessory strands intercalated. Xylem (protoxylem and metaxylem), phloem, pericycle, endodermis and sclerenchymatous and distorted. The tracheids have typically reticulated thickenings and just these determine the definition of the new species *Paradoxopteris sanctilugii* n.sp. The findings of this fossil genus is significative because it is practically restricted to the Cretaceous period, being suggestive for climatic and environmental reconstitutions and also for phylogenetical questionings.

Keywords: *Paradoxopteris*; Cretaceous; Polycyclic; Itapecuru Formation; Maranhão.

INTRODUÇÃO

Weichselia Stiehler é um gênero típico do Cretáceo, distribuído pelos vários continentes do globo numa ampla faixa equatorial a sub-equatorial de climas tropical, quente e úmido e temperado (Figura 1). Hoje o gênero é reportado como uma Filicophyta de porte provavelmente arborescente, apresentando características de afinidades com as Matoniaceae, especialmente nas partes férteis e, parcialmente, algumas feições remissivas das

* Contribuição aos Projetos: PIGCP-381 (IUGS/UNESCO); Projeto SID/UFRJ 370102P017-9.

1, 4 - Departamento de Geologia e Paleontologia, Museu Nacional, UFRJ.

2 - Departamento de Geologia, IGEO - UFRJ.

monocotiledôneas na anatomia dos caules e pecíolos. A inserção do gênero em quaisquer de famílias das pteridófitas conhecidas torna-se difícil, razão porque a tendência de alguns autores é situá-lo na Família Weichseliaceae. O relacionamento do gênero *Paradoxopteris* Hirmer 1927 com *Weichselia* foi constatado através de estudos progressivos e analíticos de vários autores dentre os quais Edwards (1933), Boureau & Lapparent (1951), Koeniguer (1966) e Alvin (1975).

Os registros de *Paradoxopteris* e de *Weichselia*, ao que parece, limitam-se ao Cretáceo com apenas uma citação para o Jurássico Superior (Boureau & Lapparent 1951), enquanto a maior frequência dos encontros situa-se no Cretáceo Inferior.

As frondes deste feto foram preliminarmente descritas por Stokes & Webb (1824), dos sedimentos de Wealden, Inglaterra e as folhas estéreis tendo sido classificadas no gênero *Pecopteris* (*P. reticulata*). Stiehler (1857) ao estudar espécimes de uma fronde bipinada, estéril, oriunda de Quedlinburgh, Alemanha, interpretou-as corretamente como frondes de um feto particular e designou-as *Weichselia*. O trabalho de Fontaine (1899) sobre espécimes cretáceos de Wyoming, América do Norte, tornou claro que a espécie *Pecopteris reticulata* Stokes & Webb (1824) e *Weichselia ludovicæ* de Stiehler (1858) correspondiam à mesma unidade taxonômica, por isso mesmo designada *Weichselia reticulata* (Stokes & Webb) Fontaine 1899. Em 1891, Nathorst figurou, juntamente com as frondes *Weichselia*, algumas frondes férteis que relacionou ao gênero *Onoclea* e Alvin (1971) em seu trabalho de revisão dessas formas, assim se expressa: "it is an entirely typical piece of fertile *Weichselia* with globular soral clusters". Assim, ele descreveu as frondes férteis como consistindo de um pecíolo robusto que termina num grupo radiado de subdivisões primárias e secundárias e, nas extremidades das últimas, grupos de soros com o aspecto de cones.

Stiehler (1857) na mesma ocasião em que descreveu as frondes *Weichselia*, noticiou alguns eixos cujos planos anatômicos foram relacionados ao gênero *Pandanus* das monocotiledôneas. Alvin (1971) ao reexaminar o material sugeriu que poderiam representar pecíolos de *Weichselia*. Stromer (1914), em sua expedição ao Oriente, coletou nos sedimentos cretáceos (Oásis Baharia) da Líbia espécimes fossilizados de caules que Schuster (in Stromer 1914), numa avaliação preliminar, relacionou-os ao gênero *Osmundites*. Hirmer (1925) efetuou o estudo anatômico desses espécimes e reconheceu particularidades, embora conservasse o mesmo nome genérico *Osmundites*, dado por Schuster, seguido de interrogação. Hirmer (1927), ao publicar seu volume "Paläobotanik", reconheceu os espécimes como uma nova unidade taxonômica a qual denominou *Paradoxopteris*. Entretanto, continuou a considerá-la relacionada às *Osmundaceae*. Entendeu que todos os níveis por ele seccionados só expunham os meristelos em anéis concêntricos porque o nível estélico propriamente dito não havia sido atingido. Considerou os meristelos como traços ou bases foliares, concrescentes, em anéis. Edwards (1929, 1933) concebeu outra interpretação, não concordando sobre o relacionamento do gênero com os *Osmundaceae*. Ao contrário, admitiu tratar-se de um plano estélico novo em que o cilindro lenhoso, multiseccionado, produzia os meristelos de um sistema policíclico complexo. Sugeriu que os espécimes de *Paradoxopteris* compreendiam frações do pecíolo da planta *Weichselia*.

Bommer (1911) apresentou estudo morfológico e anatômico sobre espécimes de *Weichselia*, procedentes de

Bernissart, na Bélgica (Cretáceo Inferior), onde expôs uma secção transversal do eixo da planta estreitamente semelhante à do gênero *Paradoxopteris*. Schuster (1930) estudou a anatomia da raque de *Weichselia* tendo esta, conectadas, frações das pínulas da mesma planta; concluiu que o plano anatômico era idêntico ao de *Paradoxopteris* e propôs situar esse nome em sinônimia de *Weichselia*. Edwards (1929, 1933) comentou que os espécimes coletados em Darfur (África), representados por frondes *Weichselia*, em conexão com fragmentos da raque, demonstravam estruturação anatômica semelhante à de *Paradoxopteris*. Em 1968, Daber reexaminou os espécimes de Stiehler (1857) classificados como *Pandanus* e designou-os no novo gênero *Stiehleria*, em relação ao qual Alvin (1971) sugeriu tratar-se, provavelmente, de *Weichselia*.

Quanto aos estudos sobre pecíolos ou caules propriamente ditos, designados *Paradoxopteris stromeri* (Hirmer) Hirmer 1927, são conhecidos os trabalhos analíticos de Edwards (1933), Boureau & Lapparent (1951), Koeniguer (1966) e Alvin (1971), além do trabalho introdutório de Bommer (1911).

Fragmentos de raques atribuídos a *Weichselia* e procedentes do Cretáceo Inferior do Peru foram sucessivamente enfocados por Zeiller (1910, 1914), Berry (1928), Steinmann (1929) e Edwards (1933). Zeiller (1914) reviu o material estudado por Neumann (1907), o qual compreendia frondes conectadas a frações de raques, que aquele autor classificaria como *Equisetites peruanus*. Em sua revisão Zeiller definiu a espécie *Weichselia peruviana* (Neumann) Zeiller. Berry (1928), estudou material do Cretáceo peruano e confirmou a espécie *W. peruviana*. Steinmann (1929), ao estudar os espécimes do Peru, ao contrário dos primeiros autores, criou o novo gênero *Peruviophyllum* (*P. minutifolium*). Edwards (1933) reexaminou amostras estudadas pelos mencionados autores e reconheceu que somente os espécimes abordados por Steinmann (1929) realmente poderiam corresponder a *Weichselia*.

Em 1919, Schlagintweit mencionou, sem ilustrar, a presença de *Weichselia* no Cretáceo Inferior da Venezuela e, curiosamente, comentou sobre a sua associação com espécimes do gênero *Equisetites*. Devido ao antecedente equívoco de Neumann (1907), permanece pendente o questionamento sobre se esses espécimes não seriam os pecíolos ou as raques de *Weichselia*.

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA: Os espécimes de *Paradoxopteris* são, em geral, encontrados silicificados, porém, sem conexão com frondes estéreis ou férteis. O comportamento usual dos paleobotânicos tem sido o de conservar o nome para as frações de órgãos vasculares desconectadas da planta original. Costuma-se assim, indicar, num mesmo esboço, a distribuição geográfica de *Weichselia* e de *Paradoxopteris*.

Na Europa, o gênero *Weichselia* foi identificado no Cretáceo Inferior da Inglaterra, ora em matriz arenosa, ora em material carbonoso onde são mais frequentes os fragmentos de pinas e raques. As ocorrências da Polônia (Reymmanówna 1965) são referidas como semelhantes às da Inglaterra. Na Alemanha, as *Weichselia* são encontradas no Cretáceo Inferior de Quedlinburg, no Arenito Holma e em Hildesheim. Na Bélgica, ocorre nos depósitos de linhito do Cretáceo Inferior (Wealden). Na África, o gênero *Paradoxopteris* foi identificado no Cretáceo Médio da Líbia (Oasis Baharia); no Egito, em diversas localidades do Saara (Koeniguer 1966). Do mesmo modo, foram encontradas impressões de frondes de *Weichselia* nos arenitos do deserto núbio, Egito.

Boureau & Lapparent (1951) descreveram amostras do gênero *Paradoxopteris*, dos sedimentos do Jurássico Superior da Tunísia. Na América do Norte, a *Weichselia* foi assinalada por Fontaine (1899) em Dakota e por Berry (1928), no Texas. Em ambos os locais os sedimentos são reportados como do Cretáceo Inferior. Na América do Sul, o gênero *Weichselia* tem indicações de ocorrência em sedimentos do Cretáceo Inferior no Peru e na Venezuela. Há menção da provável ocorrência no Paraguai, mas nesse caso existe dúvida. Em nosso país, assinala-se a presença de *Paradoxopteris*. Curioso, porém, é que a idade avaliada por estudos palinológicos é o Cretáceo Superior.

Alvin (1971) resumizou a distribuição de *Weichselia* (e *Paradoxopteris*) a qual se dá a partir de Portugal e Inglaterra, na parte oeste da Europa, em direção ao centro e leste do continente até o leste da Sibéria. Ambos os gêneros são assinalados no norte e leste central da África. Ocorre ainda no Kazakstão e Uzbequistão e centro – norte da Índia e norte do Kênia. Nas Américas, ocorre em Dakota e Texas, no oeste da América do Norte e norte do Brasil, Venezuela e Peru, na América do Sul.

Vakhrameev (1964) observou que os referidos gêneros distribuíram-se num amplo cinturão tropical a temperado quente, em ambos os lados do Atlântico (Figura 1).

As *Weichselia* são boas indicadoras climáticas; também sinalizam a cronologia de ocupação numa faixa de tempo preferencial correspondente ao Cretáceo Inferior; o surgimento provável deu-se no Jurássico Superior e a extinção no Cretáceo Superior.

DADOS GEOLÓGICOS: A Bacia de São Luís compreende uma série de afloramentos cretácicos distribuídos,

principalmente no entorno da baía de São Marcos, entre os Municípios de Alcântara e São Luís, Estado do Maranhão, norte do Brasil. É considerada uma bacia do tipo "rifte", originada quando da abertura do Atlântico equatorial. Através da datação palinológica, na localidade de Ponta do Farol (Município de São Luís), os depósitos expostos têm sido considerados de idade cenomaniana, com uma associação palinológica indicativa da palinozona *Psilatricolpites papilioniformis*. Aí ocorrem fragmentos de folhas angiospérmicas carbonificadas e troncos permineralizados. Os troncos são abundantes e distribuem-se na laje do Coringa, na ilha do Cajual. Dentre os espécimes coletados, a maioria é constituída de partes do xilema secundário. O espécime enfocado foi selecionado por apresentar o estelo completo em sua parte central e por configurar o tipo policíclico complexo, com a esculturação dos meristelos perceptível externamente, no sentido longitudinal.

HÁBITO DE CRESCIMENTO E ASPECTOS PALEOECOLÓGICOS: Alvin (1971) teve a oportunidade de lidar com numerosos espécimes de *Weichselia* do linhito da Bélgica. A planta teria um caule sólido, talvez ereto e não rizomatoso. Como característica única, entre todas as pteridófitas, o caule possuía raízes reminiscentes das raízes em estaca de algumas monocotiledôneas de clima tropical, como as do gênero *Pandanus*. Assim, concorda-se com a interpretação de Koeniguer (1966) o qual indicou para essas formas habitats lacustres ou lagunares das regiões baixas, ou de estuários onde se acumulam areias trazidas por águas correntes. Pelas características anatômicas tais plantas seriam xeromórficas, conforme a opinião unânime dos pesquisadores.

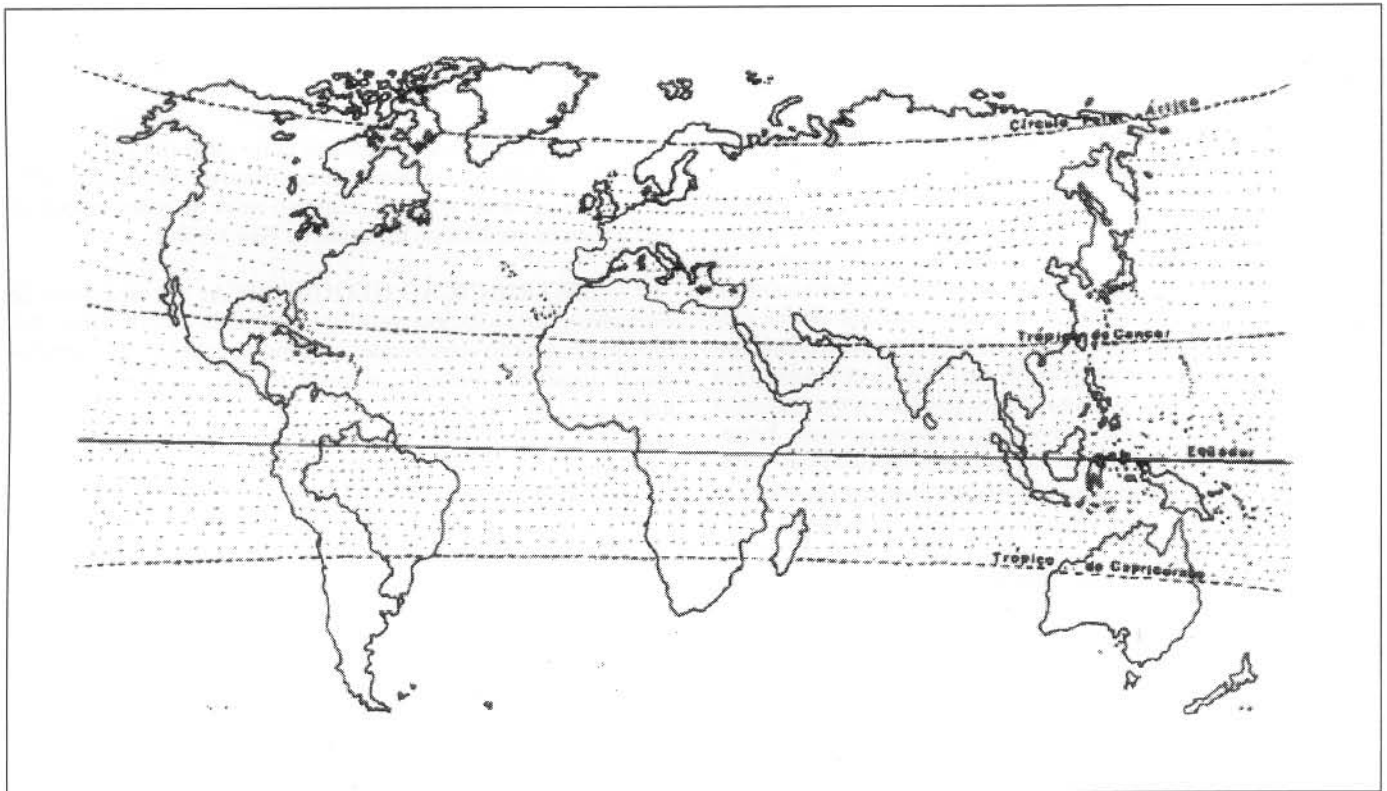


FIGURA 1 - Distribuição preferencial, mundial, das *Weichselia* e *Paradoxopteris*.
FIGURE 1 - Geographical distribution of *Weichselia* and *Paradoxopteris*.

SISTEMÁTICA

Gênero: *Paradoxopteris* Hirmer 1927

Espécie – Tipo – *Paradoxopteris stromeri* (Hirmer)
Hirmer 1927

Paradoxopteris sanctiluigi n.sp.

Estampas I – IV

Holótipo: 2021 – Coleção de Paleobotânica, Departamento de Geologia e Paleontologia. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Procedência: Bacia de São Luís, Maranhão, Norte do Brasil.

Horizonte: Formação Itapecuru (Cretáceo Superior).

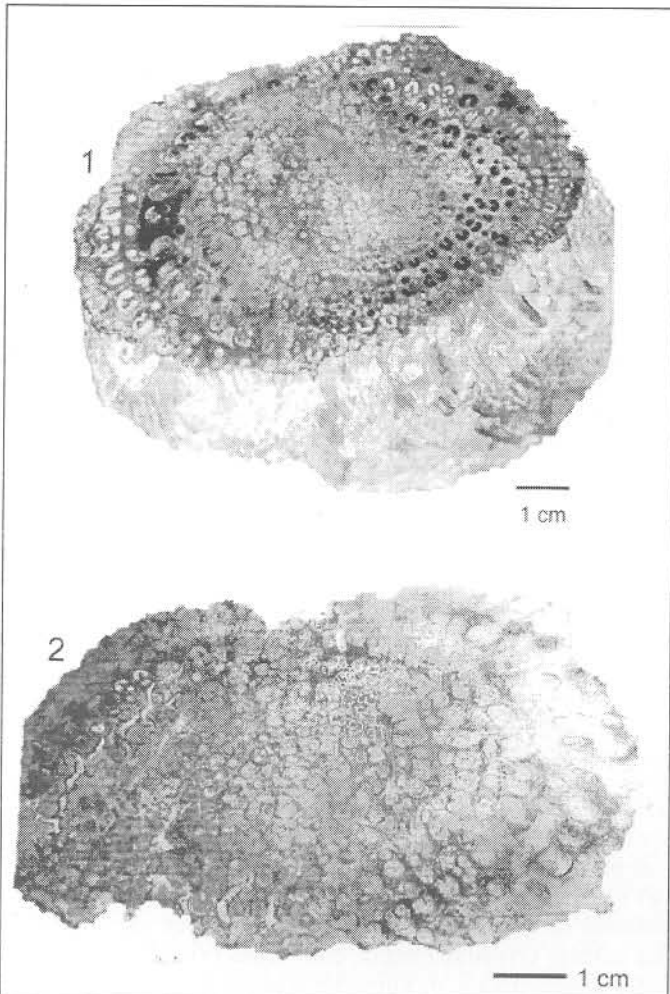
Localidade: Ilha do Cajual, Laje Coringa, São Luís.

Derivatio nominis: sanctiluigi, de São Luís, capital do Estado do Maranhão, procedência geográfica da amostra.

Descrição: Espécime silicificado de cerca de 22 mm de comprimento por, aproximadamente, 9 mm de diâmetro. Tanto a superfície transversal quanto a longitudinal expõem a organização do sistema vascular, com os meristelos em círculos concêntricos, quando vistos transversalmente, e em relevo, no sentido do comprimento, com a acentuada esculturação das unidades

célicas as quais, a certa altura, sofrem bifurcação em ângulo agudo. Observa-se que, por níveis, ocorre a subdivisão dos meristelos e cada ramo direciona-se para um dos lados do meristelo original. Resulta, pois, a esculturação longitudinal em V (Estampa II, Figura 1). A subdivisão dos meristelos parece estar relacionada à emissão de feixes vasculares para os apêndices laterais. Devido à descorticação, as camadas mais externas da amostra não ficaram preservadas e não foi possível rastrear indícios de aeróforos, raízes, frações de raques ou estriações, definidas em amostras de outras regiões.

Meristelos: A seção transversal expõe cerca de 9 a 10 anéis concêntricos de meristelos. Intercalados, situam-se os anéis de feixes acessórios de formato quase sempre circular (Estampa I, Figuras 1, 2). Os anéis das áreas mais externas são regulares; à medida que se aproximam do centro tendem a uma relativa desorganização e aglomeração. Como consequência, na área central eles têm a aparência de organização em espiral. Cada braço de um meristelo tem em média de 650 μ m a 700 μ m de largura e o perímetro médio dos meristelos pode chegar a cerca de 2 mm. Aqueles dos anéis mais externos são maiores; diminuem de tamanho e se tornam mais curvos, com os dois braços mais aproximados, quando estão próximos do centro do estelo.



ESTAMPA 1 - *Paradoxopteris sanctiluigi* n. sp.: 1- Superfície transversal da amostra (holótipo). 2- Detalhe da figura anterior.

PLATE 1 - *Paradoxopteris sanctiluigi* n. sp.: 1- Transversal view of the sample (holotype). 2- The same view of figure 1 in detail.

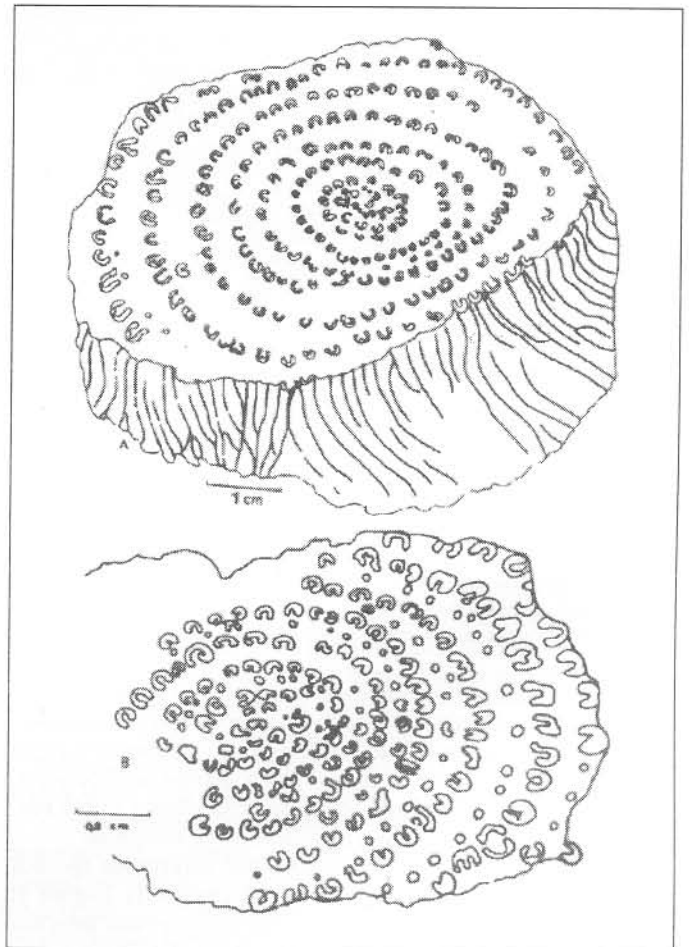
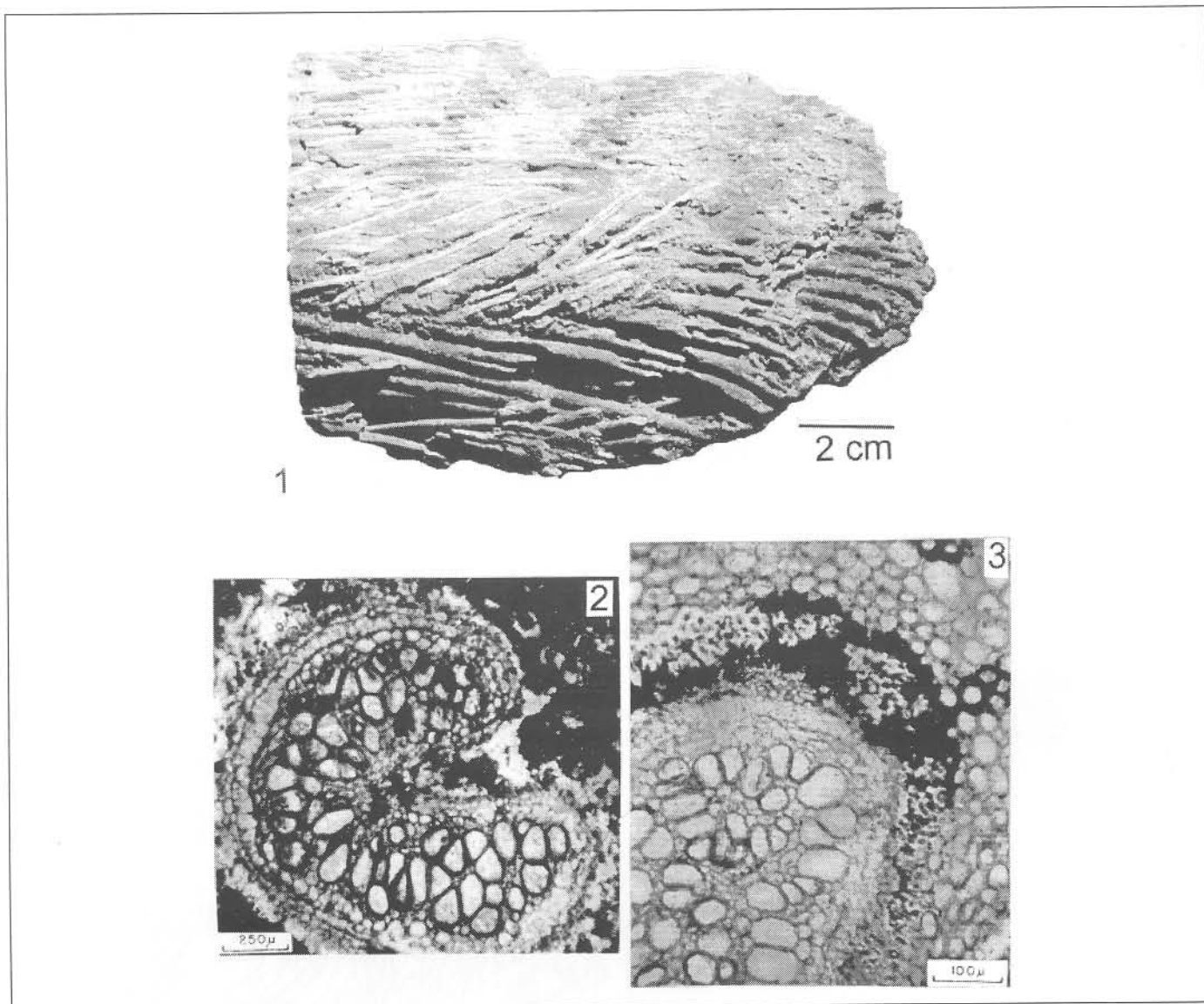


FIGURA 2 - (A) Superfície transversal polida: *Paradoxopteris saanctiluigi*, desenho semi-esquemático. (B) *Idem*, lâmina transversal: círculos concêntricos de meristelos; círculos menos regulares de feixes acessórios.

FIGURE 2 - (A) Polished transversal view: *Paradoxopteris saanctiluigi*, semi-schematic drawing. (B) the same, transversal slide: concentric circles of the meristels; the smallest regular circles of accessory strands.



ESTAMPA II - 1- Superfície longitudinal do amostra. 2- Seção transversal mostrando o meristelo com a camada esclerenquimática externa, a endoderme, o periciclo, células do floema e do xilema. 3- Seção transversal mostrando em detalhe a extremidade da alça de um meristelo a camada esclerenquimática e a endoderme semi-destruídas. Presentes o floema, o xilema e os respectivos parênquimas vasculares.

PLATE II - 1- Longitudinal view of the sample. 2- Transversal view showing a meristele with the external sclerenchymatous sheath, the endodermis, the pericycle and parenchymatous cells of phloem and xylem. 3- Transversal view showing in detail one side end area of a curved meristele with part of the semi-destroyed endodermis, the phloem and xylem and their respective parenchyma.

Em geral, os meristelos apresentam um só grupo de elementos do protoxilema, localizado na parte ventral dos mesmos; são grupos centrípetos (Estampa II, Figura 2; Estampa IV, Figuras 1, 2). Nos maiores, em que as alças laterais se distendem, pode aparecer dois grupos ventrais de protoxilema, como preâmbulo da subdivisão a que o meristelo irá se submeter.

Os meristelos são formados por diferentes tecidos os quais definem áreas nos mesmos (Estampa III, Figura 1; Estampa II, Figura 3). A mais externa compreende uma camada esclerenquimatosa formada por 3 a 4 fileiras de fibras e, ao que parece, também de esclereídeos. Daí para o lado externo tais elementos dão lugar, progressivamente, ao parênquima de paredes espessas, o componente comum do tecido fundamental. Para o interior do meristelo, a partir da bainha de esclerênquima percebe-se, em muitos campos, a

endoderme, em geral em uma só camada de células retangulares a ovais. O periciclo, abaixo da endoderme, é nítido em alguns meristelos, mas pode aparecer distorcido e degradado em outros meristelos. Para o interior do periciclo encontram-se o parênquima e os elementos do floema, distintos apenas em alguns meristelos porque estão distorcidos e comprimidos na maioria deles. O floema está mais perceptível nas seções transversais. Nas longitudinais o reconhecimento se restringe a poucos campos onde são observadas células crivadas longas, com áreas crivadas e, nas paredes longitudinais, os numerosos poros do floema (Estampa VI, Figuras 2, 3). As células do floema aparecem em pequenos grupos envolvidos pelo parênquimas do floema. Este, em certo limite do campo, se confunde com o parênquima do xilema. Alguns elementos crivados quase



FIGURA 3 - *Paradoxopteris saanctiluigi* n. sp.: desenho semi-esquemático da superfície longitudinal, descorticada: distribuição dos meristelos num nível de provável emissão de apêndice lateral: (a) subdivisão de meristelos; (b) fusão de meristelos.

FIGURE 3 - *Paradoxopteris saanctiluigi* n. sp.: schematic drawing of longitudinal surface, without cortex: meristemes distribution in a section with probable emission of the lateral appendix: (a) subdivision of meristemes; (b) fusion of meristemes.

chegam às dimensões dos elementos do metaxilema, mas distinguem-se deles, na seção transversal, pelo formato menos anguloso e dimensão ligeiramente menor. O metaxilema, ao contrário do que tem sido referido para *Paradoxopteris stromeri* (Hirmer) 1927; (Edwards 1933; Koeniger 1966), é formado por traqueídeos com pontuações de tipo reticulado (Estampa III, Figuras 2, 4; Estampa VI, Figura 4). O protoxilema parece expor o mesmo tipo de pontuação que a dos elementos do metaxilema. O diâmetro médio transversal dos elementos do metaxilema situa-se em torno de 80 μ m. O comprimento médio desses elementos fica em torno de 500 μ m – 600 μ m. Os meristelos, em anéis concêntricos, têm o formato geral de ferradura, com a abertura voltada para o centro do eixo.

Feixes Acessórios: São circulares ou, mais raramente, tendem a se abrir em arco; as células do protoxilema são cêntricas e o metaxilema é centrífugo no interior da seção circular (Estampa V, Figuras 1-5). Nem sempre a posição dos feixes acessórios, intercalados entre os anéis de meristelos, coincide com as aberturas destes, embora se note, pela proximidade com os meristelos, o relacionamento funcional existente entre eles. No espécime examinado são frequentes desde os anéis de meristelos externos aos mais internos. Tal característica, mais acentuada em uns espécimes que em outros, tem levado alguns autores a interpretar como pecíolos os espécimes em que a frequência dos acessórios é maior.

Canais Secretores: As ilustrações mostram canais com as células epiteliais nítidas (Estampa III, Figura 5; Estampa VI,

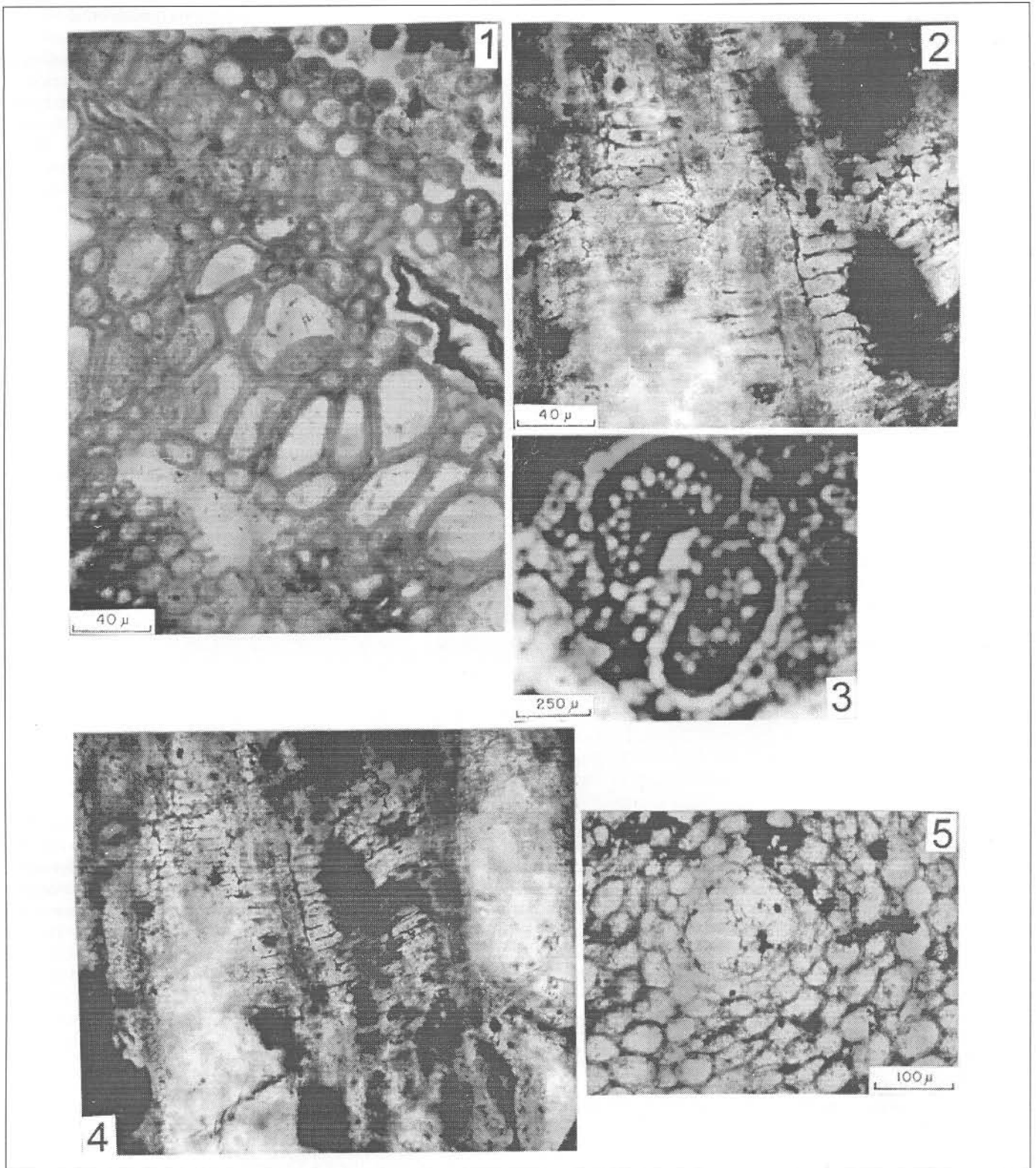
Figura 1). Estão distribuídos no parênquima fundamental e diversos deles estão com o lúmen obstruído por um conteúdo escuro, provável resquício da secreção. Em torno dos canais a tendência do parênquima fundamental é se dispor de modo concêntrico.

A posição sistemática de *Paradoxopteris* é discutida em relação a de *Weichselia*, porque são bem conhecidas as frondes férteis, as vegetativas, as frações de pecíolos e das raques. Alvin (1968, 1971) foi o autor que estudou o maior número de amostras desta planta, oriundas de diversas regiões do mundo. Concluiu que *Weichselia* não deve ser filiada a nenhuma das famílias conhecidas dentre as pteridófitas. Reconheceu a aproximação, quanto a alguns aspectos, com as Matoniaceae; são semelhantes os soros com indúcio, os esporos, assim como a organização da fronde. Entretanto, as diferenças entre as *Weichselia* e as Matoniaceae são suficientemente notáveis para distingui-las como famílias independentes, como seja: *Weichselia* apresenta as primeiras subdivisões das frondes conforme o tipo bipinado; através dos testemunhos fossilíferos presume-se que os caules de *Weichselia* possuíam rizóforos, como muitas monocotiledôneas atuais, aspecto esse profundamente original em relação a todos os grupos pteridofíticos conhecidos; o mesmo se considera no que diz respeito ao estelo, de tipo policíclico complexo, a ponto de causar certa confusão de interpretação com os caules atactostélicos das monocotiledôneas. Alvin (1971) mencionou, também, como diferenças, em relação às Matoniaceae, os dutos secretores dos caules e pecíolos e as pínulas férteis de um tipo não laminar, com os grupos de soros que se assemelham a diminutos cones.

Discussão: De um modo geral os autores que descreveram anatomicamente os órgãos vasculares do gênero *Paradoxopteris* comentaram sobre a dificuldade em discernir ou, mesmo, ilustrar, os caracteres do sistema vascular em vista longitudinal, devido ao estado precário de preservação. No entanto, em todas as descrições de *P. stromeri* têm sido feitas menções à presença de traqueídeos espiralados no xilema dos meristelos. O espécime brasileiro distingue-se sobremaneira pela clara incidência de traqueídeos reticulados no xilema secundário dos meristelos. Tal evento anatômico, portanto, é substancial para a definição da nova espécie *P. saanctiluigi*.

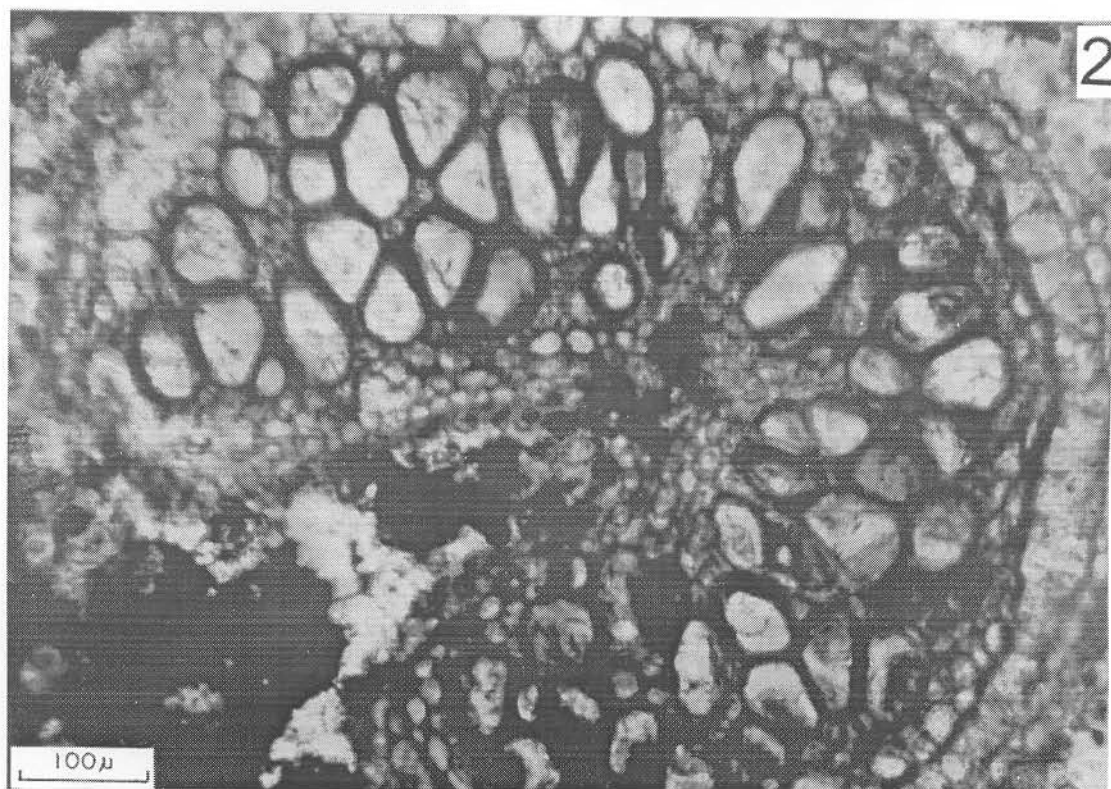
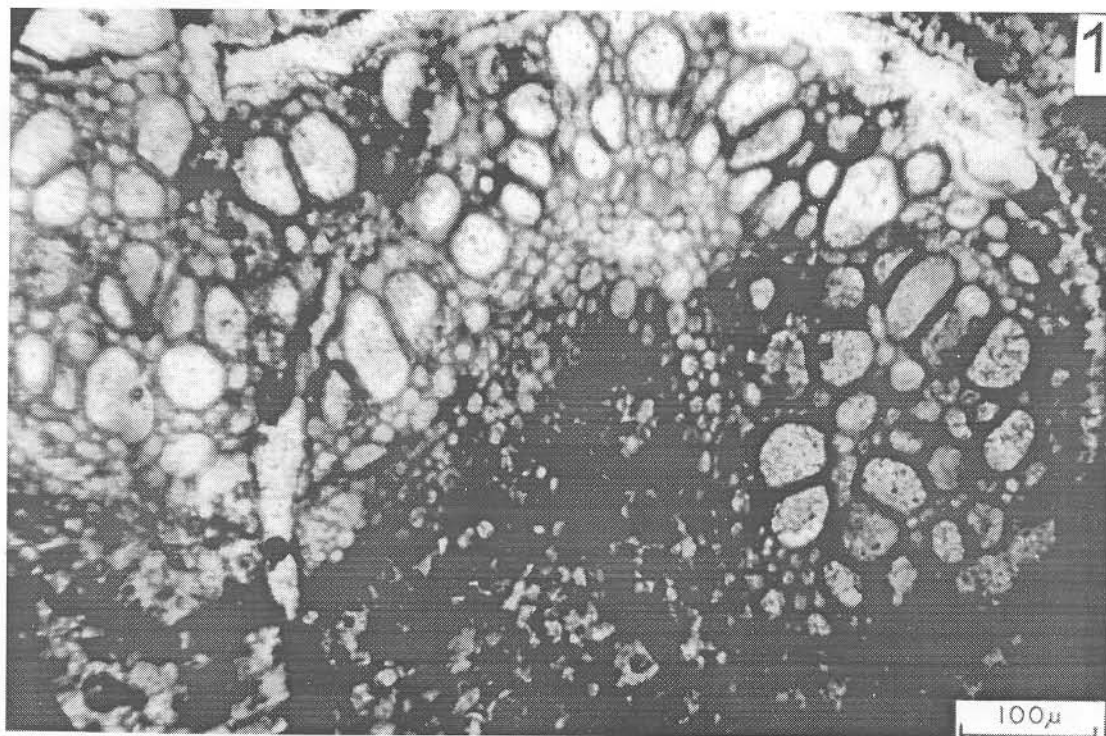
Diagnose: Caule pteridofítico, descorticado; dictiostelo policíclico; meristelos em anéis concêntricos no tecido fundamental, com a forma geral de pequenas ferraduras ou figuras em U com as aberturas voltadas para o centro do estelo; intercalados aparecem os anéis de feixes acessórios de formato circular (Estampa I, Figuras 1, 2). Tecido parenquimático fundamental constituído por células de paredes espessas; canais secretores dispersos. Meristelos contêm bainha de tecido esclerenquimático. Endoderme presente, periciclo representado por uma camada de células grandes, em palissada. Floema definido por parênquima e elementos crivados. Xilema formado de protoxilema centrípeto e metaxilema centrífugo; paredes longitudinais dos traqueídeos com espessamentos reticulados.

Diagnosis: Descorticated stem of a pteridophyte. Polycyclic dictiostele with concentric rings of meristeme horse-shaped (U-shaped) opened to the centre of the stele. Between the rings of meristemes are rings of circular accessory strands intercalated. Ground tissue formed by cells having relatively thickened walls. Secretory canals present in the ground tissue. Each meristeme has an external sheath of sclerenchymatous tissue, endodermis and palisade-like pericycle. Sieve elements and sieve parenchyma observed. Protoxylem as endarch group in the ventral side of each meristeme. Centrifugal metaxylem having reticulated thickenings on their longitudinal walls.



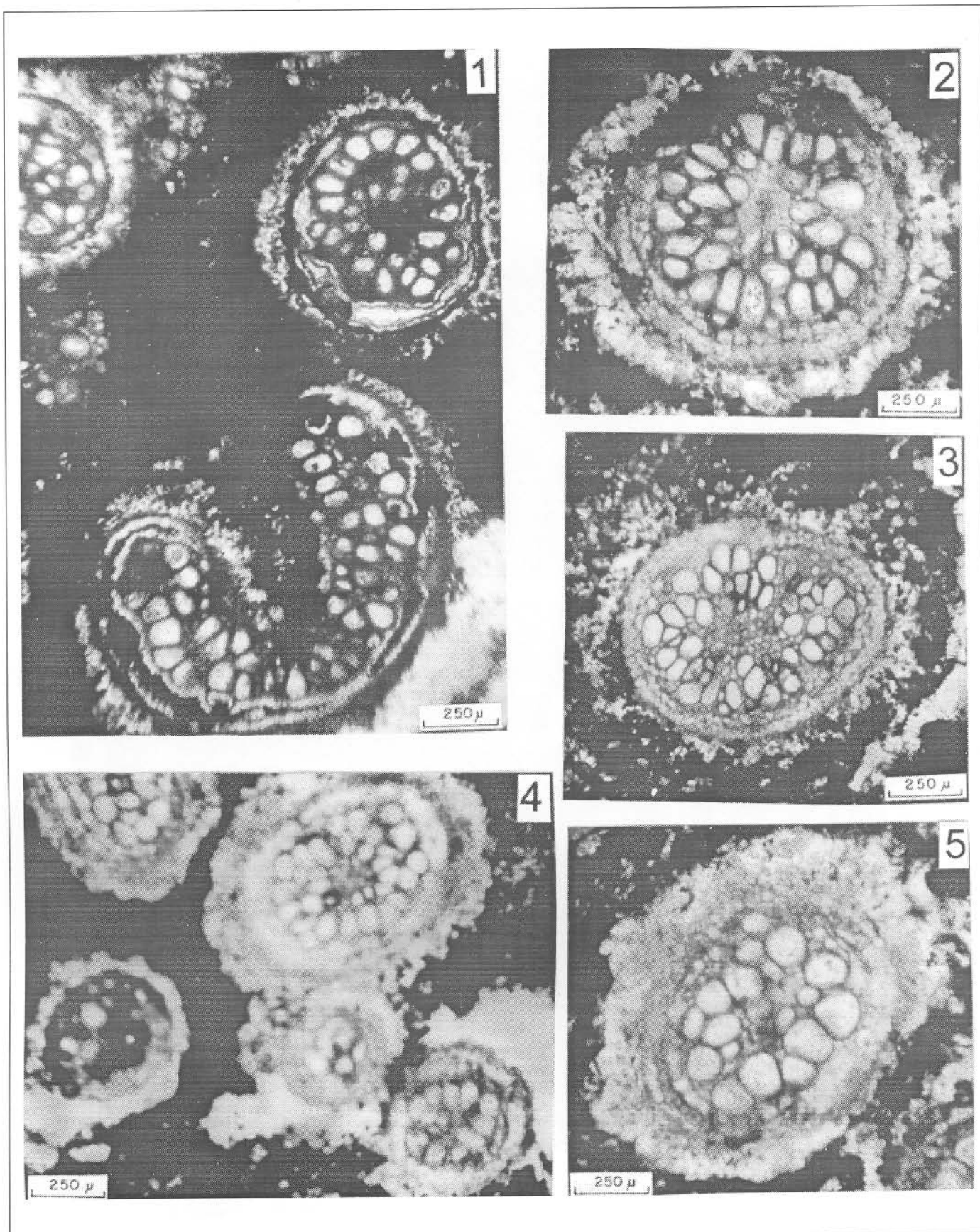
ESTAMPA III - 1- Seção transversal mostrando, em detalhe, a estruturação de um meristelo com a camada esclerenquimática externa, algumas células endodérmicas à esquerda, o tecido em palissada do periciclo, o floema, o xilema e os respectivos parênquimas. 2- Seção longitudinal mostrando os espessamentos reticulados num traqueídeo do metaxilema. 3- Seção transversal mostrando um meristelo em processo de separação. 4- Seção longitudinal mostrando os traqueídeos com espessamentos reticulados; à direita um elemento do floema com parede terminal horizontalizada. 5- Seção transversal mostrando um canal secretor com epitélio preservado.

PLATE III - 1- Transversal view. Detail of a meristele composition: the external sclerenchymatic sheath, the endodermis, the palisade cells of the pericycle, xylem and phloem. 2- Longitudinal view: scalariform to reticulated thickenings in the tracheids. 3- Transversal view showing a dividing meristele. 4- Longitudinal view showing reticulated thickenings in the tracheids. 5- Transversal view: a secretory duct with its conserved epithelial cells.

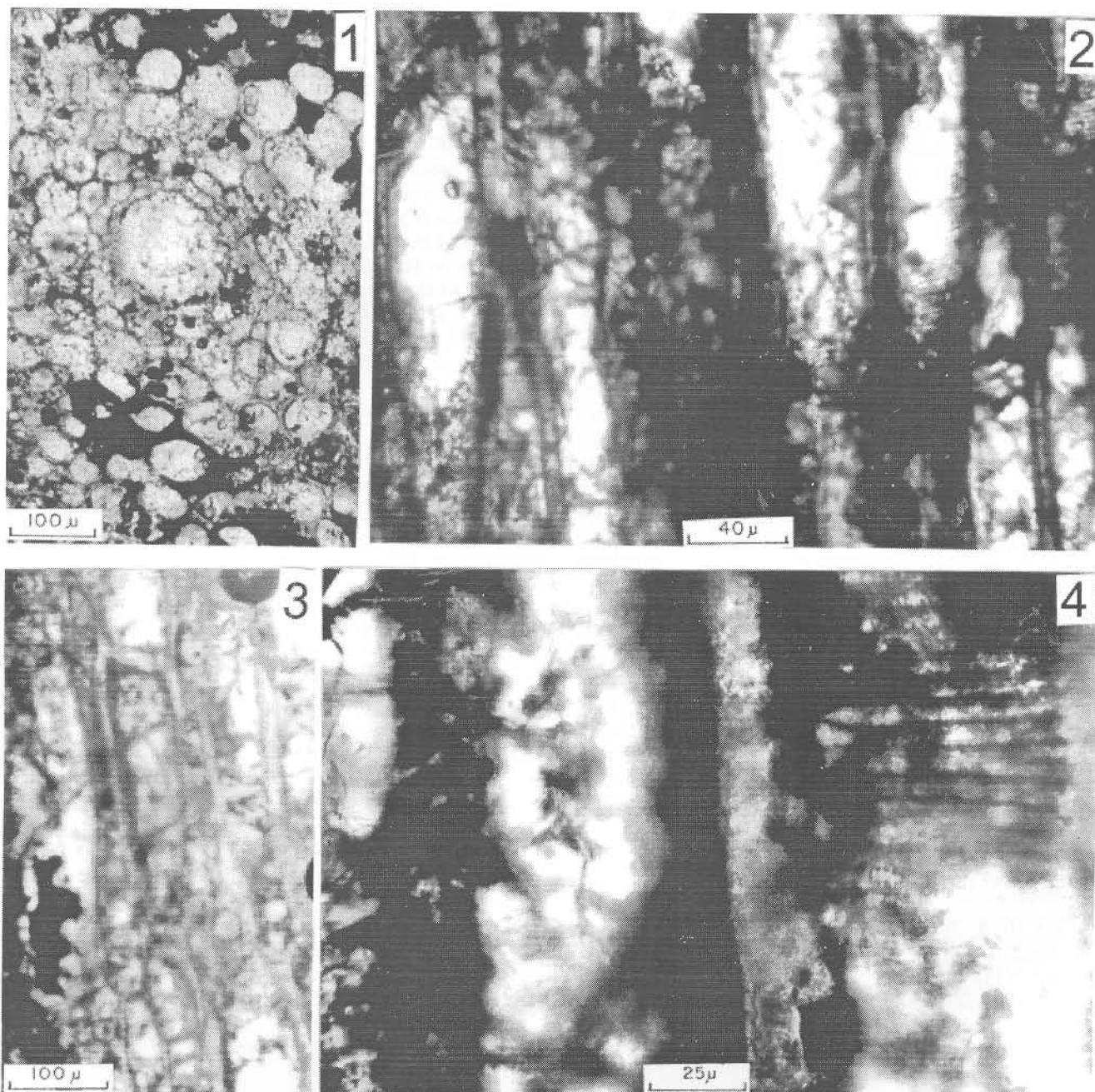


ESTAMPA IV - 1- Seção transversal mostrando o protoxilema endárqueo no lado ventral da alça meristética. 2- Seção transversal mostrando em detalhe um meristelo completo.

PLATE IV - 1- Transversal view showing the endarch protoxylem in the ventral side of the meristele. 2- Transversal view: a complete meristele in the ground tissue of the stem.



ESTAMPA V - 1-5- Seções transversais mostrando diversos feixes acessórios; observa-se o protoxilema centrário.
PLATE V - 1-5- Transversal views of accessory strands with its centrach protoxylem.



ESTAMPA VI - 1- Seção transversal mostrando um canal secretor no parênquima fundamental. 2- Seção longitudinal: floema com células contendo tiloses. 3- Seção longitudinal: células do floema com paredes horizontais ou levemente arredondadas; na parte inferior da figura, uma placa crivada. 4- Seção longitudinal: espessamentos reticulados nas paredes dos traqueídeos.

PLATE VI - 1- Transversal view: a secretory duct in the parenchymatous ground tissue. 2- Longitudinal view: cells of the phloem with tylosis. 3- Phloem cells with tylosis: on the right, bottom, a sieve plate. 4- Longitudinal view: reticulated thickenings on the tracheid walls.

CONCLUSÕES

1 – O registro de *Weichselia* e *Paradoxopteris* é sempre sugestivo como indicação de climas tropicais ou quentes úmidos a temperados. 2 – É também sugestivo cronologicamente, por indicar uma distribuição temporal restrita ao Cretáceo, observando-se que os registros mais numerosos concentram-se no Cretáceo Inferior. Há uma menção (Boureau & Lapparent 1951) para o Jurássico Superior e também menções, mais raras, para a parte média do Cretáceo, no limite entre o Inferior e Superior. No Brasil, o encontro de *Paradoxopteris* na Formação Itapecuru é datado, com base em resultados palinológicos, no Cretáceo Superior. Contudo, dentro do contexto dos encontros mundiais de *Paradoxopteris* e *Weichselia* é importante assinalar a opinião de Miura & Barbosa (1972), de que na Bacia de São Luís estariam sobre a Formação Codó (Aptiano – Albiano) em ordem ascendente a Formação Itapecuru (Albiano) e, sobre ela, a Formação Alcântara (Albiano – Cenomaniano), seguida das Formações Pirabas e Barreiras (Cenozóico). Nesse contexto, a ocorrência de *Paradoxopteris* na Formação Itapecuru estaria em concordância com os demais registros mundiais para os táxons em questão. 3 – Do ponto de vista evolutivo e filogenético, os espécimes enfocados são suficientemente sugestivos por apresentarem “aquisições” novas em comparação com o que se conhece para os fetos em geral. Por exemplo, há feições novas na estruturação das frondes vegetativas e férteis, assim como no plano estético policíclico e na presença de rizóforos, caso único entre os táxons conhecidos de filicales fossilizadas ou atuais, a ponto de estabelecer confusão entre os primeiros pesquisadores. 4 – Outrossim, os táxons em questão são bons indicadores paleoambientais, devido às prováveis raízes em estaca, tipo *Pandanus* (monocotiledônea), habitante de alagados e de ambientes de sedimentação de baixa oxigenação. Portanto, *Weichselia* e *Paradoxopteris* são ricos em adaptações xeromórficas e o hábito de crescimento é novo: as raízes em estaca, favoreceriam a fixação em ambientes de substrato instável; a densidade de elementos esclerenquimáticos e os policiclos de meristêlos, estes com células em palissada, são interpretados como recursos para evitar a perda e armazenar águas adequadas ao metabolismo, quando as injunções externas tornavam os ambientes inóspitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVIN, K.L. 1968. The spore bearing organs of the Cretaceous fern *Weichselia*. *J. Linn. Soc. Bot.*, **61**:87-92.
- ALVIN, K.L. 1971 - *Weichselia reticulata* (Stokes & Webb) Fontaine From Wealden of Belgium. *Inst. Roy. Sci. Nat. de Belgique. Mém.*, **166**:1.
- BERRY, E.W. 1928. *Weichselia* from the Lower Cretaceous of Texas. *J. Wash. Acad. Sci.*, **18**: 1-5.
- BOMMER, C. 1911. Contribution à l'étude du genre *Weichselia*. (Note Prélim). *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique*, **47**:296-304.
- BOUREAU, E; & LAPPARENT, A.F. de, 1951. Découverte de structures de *Weichselia reticulata* Stokes et Webb = *Paradoxopteris stromeri* Hirmer, dans le jurassique du Sud de la Tunisie. *C. R. Som. Séances Soc. Géol. de France*, **7**:108-109.
- DABER, R. 1968. A *Weichselia* - *Stiehlia* - Matoniaceal community within the Quedluiburg Estuary of Lower Cretaceous age. *J. Linn. Soc. Bot.*, **62**:75-85.
- EDWARDS, W. N. 1929. Lower Cretaceous plants from Syria and Transjordânia. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, **10**(4): 394-405.
- EDWARDS, W.N. 1933. On the Cretaceous fern *Paradoxopteris* and its connexion with *Weichselia*. *Ann. Bot.*, **47**:317-341.
- FONTAINE, W.M. 1899. Notes on lower cretaceous plants from the Hay Creek coal field, Crook county, Wyoming. In: L.F. WARD. (ed.). *The Cretaceous Formation of the Bleck Hills...* 19 th. Ann. Rep. US Geol. Surv (1897-1898) **II**: 651-653.
- HIRMER, M. 1925. Ergebnisse der Forschungsreisen Prof. E. Stromers in der Weisten Ägyptens, IV: Die fossilen Floren Ägyptens 3: Die Fossilen Pflanzen Ägyptens D:Filicales. *Abh. Bayer. Akad. Wiss.*, **30**(3): 1-18.
- HIRMER, M. 1927. *Handbuch der Paläobotanik*. Berlin.
- KOENIGUER, J.C. 1966. Étude paléophytogéographique du continental intercalaire de l'Afrique Nord-Équatoriale. B - Sur de nouveaux échantillons du genre *Paradoxopteris*. *Mém. Soc. Géol. de France. N.S.*, **105**:100-112.
- MIURA, K. & BARBOSA, J.C. 1972. Geologia da Plataforma Continental do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, 1972, Belém. *Anais...*, Belém, SBG, **2**:57-66.
- NEUMANN, R. 1907. Beiträge zur Kenntnis der Kreideformation in Mittel - Peru. *Neues Jahrb., Beilage*, Bd, **24**:69-132.
- REYMANÓWNA, M. 1965. On *Weichselia ceticulata* and *Frenelopsis hoheneggeri* from the Western Carpathians. *Acta Palaeobot.*, **6**(2):15-26.
- SCHLAGINTWEIT, O. 1919. *Weichselia mantelli* in nordöstlichen Venezuela. *Centralbl. F. Min.* p. 315-319.
- SHUSTER, J. 1911. *Osmundites* von Sierra Villa Rica in Paraguay. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **29**:534-539.
- SHUSTER, J. 1930. Ein Holmasandstein - Geschiebe mit strukturhaltiger *Weichselia* aus der Umgebung von Berlin. Stuttgart. *Neues Jhrb. Miner., Geol. Pal.*, **64**B:61-78.
- STEINMANN, G. 1929. *Geologie Von Peru*. Heidelberg, 448p.
- STIEHLER, A.W. 1857. Die Flora des Langebirges bei Quedlinburg. *Palaeontographica*, **5**:71-80.
- STOKES & WEBB. 1824. Descriptions of some fossil vegetables of the Tilgate Forest in Sussex. *Trans. Geol. Soc.*, **2**(1): 421-424.
- STROMER, E. 1914. Ergebnisse der Forschungsreisen Prof. E. STROMERS in den Wusten Aegyptens. I. Die Topographie und Geologie der Strecke Ghraq - Baharje Abh. Bayer. Akad. Wiss., **26**(II): 1-78.
- VAKHRAMEEV, V.A. 1964. Jurassic and early Cretaceous Floras of Eurasia and the paleoflora provinces of this period. *Trans. Geol. Inst. Acad. Sci. USSR.*, **102**: 1-262.
- ZEILLER, R. 1910. Sur quelques plantes wealdiennes du Pérou. *C.R.Ac. Sci. cl.*,:1488-1490.
- ZEILLER, R. 1914. Sur quelques plants wealdiennes recueillis au Pérou. *Ver. Gén. Bot.*, **25**:647-671.