

CAULES DE SPHENOPHYTA DA FORMAÇÃO RIO DO RASTO (BACIA DO PARANÁ, PERMIANO SUPERIOR)^{1,2}

Rosemarie Rohn³
Oscar Rösler⁴

ABSTRACT

Sphenophyte stems have been studied from 28 new outcrops of the Rio do Rasto Formation (Passa Dois Group, Paraná Basin, Upper Permian) in Paraná and Santa Catarina States. Four new, informally described species of *Paracalamites* are recognized, each corresponding to a different basic morphologic stem type. *Paracalamites* sp. 1, *P. sp. 2* and *P. sp. 3* are preserved as pith cavity casts, probably having calamitacean affinities. These species exhibit well-preserved fascicular and interfascicular areas and are differentiated by their respective cellular patterns in interfascicular areas (corresponding to the medullary rays), nodal region characteristics and morphometric values. Many features considered important in these species are not included in the diagnoses of *Paracalamites australis* Rigby and *P. levis* Rigby, the two species in which practically all isolated sphenophyte pith cavity casts from Gondwana are generally placed. *Paracalamites* sp. 2 and *P. sp. 3* present internal evidence of branch insertions. *Paracalamites* aff. *P. sp. 1* shows possible "Williamson infranodal canals". Some internal casts of *Paracalamites* sp. 2 are covered by thin films (molds) exhibiting cell impressions, which probably represent more external tissues of the stem. "*Paracalamites*" sp. 4 is mainly characterized by external surface features, including possible leaf sheaths, in one case intimately associated with the pith cavity cast. This species is similar only to stems from Lidgetton (South Africa), as yet not formally classified, supposedly having equisetacean rather than calamitacean affinities. The South African stems, some stems of *Phyllothea indica* Bunbury and those reported in this paper are the only reasonably well preserved and adequately described Gondwanic sphenophyte stems. Detailed studies of more carefully collected material will probably provide many clues as to the evolution and systematics of the Sphenophyta.

INTRODUÇÃO

As esfenófitas, vegetais de caules articulados, foram relativamente comuns no Paleozóico Superior, inclusive na região gondwânica. Existem numerosas espécies descritas, fundamentadas geralmente nas características das folhas ou das frutificações. Entretanto, sempre houve dificuldade na classificação dos caules fósseis isolados, os quais freqüentemente são muito semelhantes entre si, não refletindo tão claramente as diferenças taxonômicas reveladas pelos órgãos foliares ou frutificações. Para estes caules desprovidos de folhas ou de frutificações, com exceção daqueles mineralizados, criou-se morfogêneros baseados fundamentalmente nas posições relativas das áreas fasciculares e das interfasciculares nos entrenós sucessivos, preservados como moldes de cavidade da medula. Em

resumo, os principais gêneros estabelecidos, inicialmente para as regiões extragondwânicas, são *Calamites* e *Paracalamites*. No primeiro, as áreas fasciculares e as interfasciculares alternam-se na passagem dos nós, enquanto que em *Paracalamites* não se verifica tal alternância. Ainda há outros gêneros, de menor relevância para este trabalho, como *Archaeocalamites*, *Neocalamites*, etc.

Até recentemente, os caules isolados de esfenófitas da região gondwânica têm sido classificados como *Phyllothea* ou *Schizoneura*, apesar destes gêneros terem sido estabelecidos com base em folhas conectadas a caules. RIGBY (1966), verificando que todos estes caules coadunam com o morfogênero *Paracalamites* criado por ZALESSKY (1927) para formas da região angárica, erigiu as novas espécies *P. australis* e *P. levis* para caules simples, sem tubér-

¹ Contribuição ao Projeto nº 237 ("Gondwana Floras") do Programa Internacional de Correlação Geológica, IUGS-UNESCO.

² Trabalho realizado com o apoio financeiro da FAPESP (Proc. Nº 83/2220-0).

³ Pós-Graduanda do IG-USP e Bolsista da FAPESP (Proc. Nº 82/2096-5).

⁴ IG-USP.

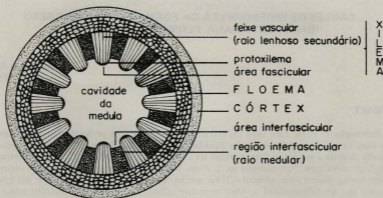


Figura 1 — Representação esquemática de corte transversal em caule hipotético de esfenófitas (baseada em BOUREAU, 1964).

culos, apresentando entrenós respectivamente mais longos ou mais curtos que o seu "diâmetro". RIGBY (1966), ao mencionar o "diâmetro" do caule, certamente está se referindo à largura do molde medular do caule, a qual é aproximadamente igual à metade do seu diâmetro original, a julgar pelas ilustrações apresentadas por este autor para as citadas espécies. Desde o trabalho de RIGBY (1966), com algumas exceções, como *P. montemorensis* do Subgrupo Itararé de São Paulo (MILLAN, 1966), os nomes *P. levis* e principalmente, *P. australis* têm sido aplicados a todos os caules de esfenófitas gondvânicos, independentemente da sua posição estratigráfica.

Caudes de esfenófitas da Formação Rio do Rasto foram mencionadas por OLIVEIRA (in HOLDHAUS, 1918), DOLIANITI (1945, 1952), MENDES (1954), RIGBY (1970) e sumariamente descritos por BORTOLUZZI (1975), como *Paracalamites* sp., por CAZZULO-KLEPZIG (1978) e por CAZZULO-KLEPZIG & CORREIA (1981), como *Paracalamites australis*. RÖSLER & ROHN (1984), num trabalho sobre *Sphenophyllum* da Formação Rio do Rasto, incluíram a descrição de alguns caules isolados relacionados a este gênero, sendo bastante distintos de *Paracalamites*.

No presente trabalho, são analisados 73 exemplares de caules isolados de esfenófitas (de um total de 128 coletados) procedentes de 28 afloramentos (de um total de 49 em que foram constatados) da Formação Rio do Rasto do Estado do Paraná e de Santa Catarina. Há pelo menos quatro tipos de caules, preliminarmente classificados como *Paracalamites* sp. 1, *P.* sp.2,

P. sp.3 e *P.* sp.4. É válido ressaltar que a subdivisão dos caules em quatro tipos fundamentais é relativamente consistente, porém artificial pela impossibilidade de utilização de critérios naturais de classificação. Estes caules são distintos de *Paracalamites australis* ou de *P. levis* por apresentarem uma série de particularidades (possíveis tubérculos, cicatrizes de ramos, etc.) que são apontadas como inexistentes na diagnose original destas espécies, além da preservação de células, não observadas por RIGBY (1966) e por outros autores. Detalhes equivalentes em caules gondvânicos foram apenas constatados por PANT & KIDWAI (1968) para *Phyllothea indica* da Índia e por GORDON-GRAY et al. (1976) para caules não classificados da África do Sul.

Esta pesquisa faz parte de um projeto mais amplo sobre a bioestratigrafia e paleoambiente da Formação Rio do Rasto, para o qual já estão concluídos diversos trabalhos (vide ROHN & RÖSLER, 1986).

MATERIAL E LOCALIDADES FOSSILÍFERAS

Os caules estão preservados como moldes comprimidos da cavidade da medula e como moldes provavelmente externos. Os fósseis ocorrem majoritariamente em argilitos e siltitos, às vezes com carbonato de cálcio, em geral, praticamente maciços, incipientemente rítmicos com laminação gradacional, compactos, com fratura conchoidal (dificultando a obtenção de amostras com fósseis expostos em áreas grandes) ou com ligeira laminação plano-paralela.

Mais raramente, os fósseis ocorrem em arenitos finos. Em quase todas as litologias há casos de boa preservação dos detalhes, e de contraste cromático entre as estruturas e a matriz.

Os afloramentos de coleta listados abaixo foram designados segundo a sigla AF/GP utilizada pelo Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Além da localização, são fornecidas algumas informações resumidas sobre as litologias. As amostras estão depositadas na coleção paleontológica do mesmo departamento sob a sigla GP/3T.

Lista de localidades

- AF/GP 36 — estrada Lauro Müller-São Joaquim da Serra, km 15,9, SC (localidade-tipo do Membro Morro Pelado); siltitos argilosos a siltitos arenosos cor-de-vinho, moderadamente alterados; *Paracalamites* sp., exemplar GP/3T 1677 (não descrito no presente trabalho).
- AF/GP 168 — estrada Rondinha-Paulo Frontin, a cerca de 400m da BR 476, níveis 1, 3, 4 e 5, PR; argilitos cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.2.
- AF/GP 169 — estrada Rondinha-Paulo Frontin, a cerca de 13km ao sul de Paulo Frontin, PR; argilito cor-de-vinho; *Paracalamites* cf. P. sp.2.
- AF/GP 171 — BR 277, aproximadamente km 310,5, PR; argilito róseo-creme; *Paracalamites* sp.2.
- AF/GP 172 — trevo BR 277 — BR 373, 2 níveis, PR; silito cinza e silito cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.1, *Paracalamites* sp.2.
- AF/GP 174 — BR 376 (Rod. do Café), km 292, PR; silito cinza-amarelado; *Paracalamites* sp.3.
- AF/GP 175 — BR 376, km 288, PR; argilito cor-de-vinho; *Paracalamites* cf. P. sp.2.
- AF/GP 176 — estrada Reserva-Cândido de Abreu, a cerca de 59,8km de Reserva, PR; argilito cor-de-vinho escuro; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 177 — BR 476, km 203, PR; argilito cor-de-vinho; *Paracalamites* aff. P. sp.1.
- AF/GP 179 — BR 476, aproximadamente km 207,2, PR; argilito cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 180 — BR 476, aproximadamente km 218, PR; argilito cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 181 — estrada Paula Freitas — BR 476, a cerca de 2,3km a oeste da estação ferroviária de Paula Freitas, PR; argilito cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.2.
- AF/GP 182 — BR 476, km 221,2 PR; argilito cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.2.
- AF/GP 183 — estrada Poço Preto-Porto União, a cerca de 200m a leste do Rio Timbó, SC; argilito siltoso a arenito muito fino cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.2, *Paracalamites* cf. P. sp.3.
- AF/GP 184 — estrada Poço Preto-Porto União, a cerca de 12,5km a oeste do Rio Timbó, SC; silito arenoso roxo e verde; *Paracalamites* cf. P. sp.2.
- AF/GP 185 — estrada Rondinha-Paulo Frontin, a cerca de 16,8km a sul de Paulo Frontin, PR, nível 2; argilito siltoso alterado esverdeado; *Paracalamites* sp.2; *Paracalamites* cf. P. sp.1.
- AF/GP 187 — estrada Rondinha-Paulo Frontin, a cerca de 7,3km a sul de Paulo Frontin, PR; argilito cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 189 — estrada Paulo Frontin-Rio Azul, a cerca de 9,0km a sul de Dorizon, PR; silito argiloso cinza; *Paracalamites* sp.2.
- AF/GP 191 — BR 277, km 294, PR; argilito siltoso cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.2.
- AF/GP 197 — BR 373, aproximadamente km 103,8, PR; silito argiloso alterado amarelo-rosa-esverdeado; *Paracalamites* sp.4.
- AF/GP 198 — BR 373, aproximadamente km 104,4, PR; arenito muito fino; *Paracalamites* sp.2.
- AF/GP 199 — estrada Reserva-Cândido de Abreu, de 29,1 a 29,7km de Reserva, PR; silito cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 201 — estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 33,7km de Reserva, PR; silito argiloso cinza escuro; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 205 — estrada Reserva-Cândido de Abreu, de 41,1 a 41,3km de Reserva, PR; silito roxo; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 206 — estrada Reserva-Cândido de Abreu, de 44,6 a 45km de Reserva, PR, 3 níveis; silito argiloso cor-de-vinho e silito argiloso roxo-acinzentado; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 207 — estrada Reserva-Cândido de Abreu, a cerca de 45,4km de Reserva, PR; silito argiloso roxo; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 209 — estrada Reserva-Cândido de Abreu, a cerca de 54,2km de Reserva, PR; silito argiloso cor-de-vinho arroxeado; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 210 — BR 376 (Rod. do Café), km 264,6, PR, nível 2; silito cinza; *Paracalamites* sp.2, *Paracalamites* sp.3.
- AF/GP 217 — BR 376, km 273,4, PR; silito roxo; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 218 — BR 376, km 273,8, PR; silito arenoso com carbonato de cálcio; *Paracalamites* sp.

- AF/GP 219 - BR 376, km 274, PR; siltito cor-de-vinho avermelhado; cf. *Paracalamites* sp.
- AF/GP 220 - BR 376, km 277,2, PR; siltito argiloso cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.2.
- AF/GP 222 - BR 376, km 291,4, PR; siltito argiloso cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 223 - BR 376, km 296, PR; siltito arenoso cor-de-vinho bastante alterado; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 224 - BR 376, km 296,6, PR; siltito argiloso a argilito verde claro ou cinza; *Paracalamites* cf. *P.* sp.2.
- AF/GP 226 - PR 90 (Rod. Sapopema-São Jerônimo da Serra); aproximadamente km 117,1, PR; siltito arenoso cor-de-vinho arroxeadado; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 227 - PR 90, aproximadamente km 118,8, PR; siltito roxo; *Paracalamites* sp.2.
- AF/GP 229 - PR 90, km 120, PR; siltito argiloso roxo a alterado amarelado; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 240 - estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul, a cerca de 6,7km de Ribeirão do Pinhal, PR; arenito fino cor-de-vinho; *Paracalamites* cf. *P.* sp.2.
- AF/GP 249 - BR 153, próximo ao trevo de Santo Antônio da Platina, aproximadamente km 41,7, 2 níveis, PR; siltito cinza-avermelhado e arenito fino amarelo; *Paracalamites* sp.2, *Paracalamites* sp.
- AF/GP 251 - BR 153, km 44, nível 1, PR; siltito cinza esverdeado com gretas de contração; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 269 - BR 277, km 308, PR; argilito cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 271 - BR 277, aproximadamente km 294,4, PR; siltito argiloso esverdeado ou rosado quando alterado; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 278 - estrada Mallet-Dorizon, a cerca de 3,4km a sul de Mallet, PR, siltito argiloso cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 282 - BR 470, aproximadamente km 207,5, SC; siltito cinza e siltito argiloso róseo; *Paracalamites* sp.2.
- AF/GP 284 - estrada retificada Reserva Cândido de Abreu, a cerca de 34km de Reserva, PR; arenito fino esbranquiçado; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 303 - BR 376, km 284,6, PR, siltito arroxeadado; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 306 - PR 90, km 119,4, PR; siltito arenoso cinza; *Paracalamites* cf. *P.* sp.2.
- AF/GP 307 - PR 90, km 122, PR, nível a - siltito argiloso cor-de-vinho; *Paracalamites* sp.2; nível c - siltito argiloso amarelo; *Paracalamites* cf. *P.* sp. 2.

SISTEMÁTICA

Divisão SPHENOPHYTA

Classe SPHENOPSIDA

Ordem EQUISETALES

Família incerta

Gênero *Paracalamites* Zalesky, 1927

Paracalamites sp.1

Figs. 2, 6 a 9

Material estudado e procedência - AF/GP 172 - GP/3T 1653a/b, 1654, 1655, 1656, 1657a/b, 1658, 1659, 1660; exemplar considerado como *Paracalamites* cf. *P.* sp.1: AF/GP 185 - GP/3T 1639bB.

Descrição - Os moldes (e as respectivas contra-impressões) da cavidade da medula dos caules articulados considerados como *Paracalamites* sp.1, evidenciam entrenós relativamente curtos, de comprimento igual a 7,6mm a mais de 30,6mm, em média 18,2mm; a largura máxima das porções expostas dos caules é igual a 51,3mm, porém provavelmente podendo exceder muito este valor.

As impressões das áreas fasciculares e das interfasciculares praticamente não exibem diferença de relevo, impossibilitando o reconhecimento de seus limites exatos, a não ser nas proximidades dos nós ou nos caules de entrenós muito curtos (Fig. 7). As áreas interfasciculares situam-se em posição oposta ou quase oposta na passagem dos nós, sendo alternas apenas nas regiões de aumento ou de diminuição do número de áreas interfasciculares e fasciculares de um entrenó para o outro (Figs. 6, 9). A relação entre a largura das áreas fasciculares e a das interfasciculares é igual a 1:1,7 a 1:2,6, atingindo, no exemplar de entrenó mais curto (GP/3T 1660, Fig. 7), a razão 1:5,4. Ao longo de uma linha transversal aos entrenós, verificou-se 3,4 a 5,7 áreas fasciculares (ou interfasciculares)/cm, sendo este índice aproximadamente proporcional ao comprimento dos entrenós (valores maiores correspondendo aos entrenós mais longos). No espécime GP/3T 1654, as áreas interfasciculares aparentemente dispõem-se um pouco imbricadas sobre as fasciculares.

Nas áreas interfasciculares da região média dos entrenós, há impressões de células retangulares alongadas e perfeitamente alinhadas longitudinalmente (aproximadamente com 0,10 a 0,15mm de largura e 0,40 a 0,60mm de comprimento, porém mais curtas e um pouco mais largas em direção aos nós; Figs. 8b, c).

As áreas fasciculares são representadas por 5 ou 6 estrias delimitando faixas de largura



Figura 2 — Esquema da região nodal no molde da cavidade da medula em *Paracalamites* sp.1; escala = 4mm.

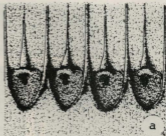


Figura 4 — Esquema de *Paracalamites* sp.4: (a) impressão da superfície externa do caule com moldes de bases foliares na região nodal, (b) região nodal de molde da cavidade da medula (conforme exemplar GP/3T 1667bD, considerado como *Paracalamites* cf. *P.* sp.4), escala = 4mm.

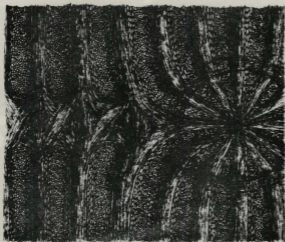
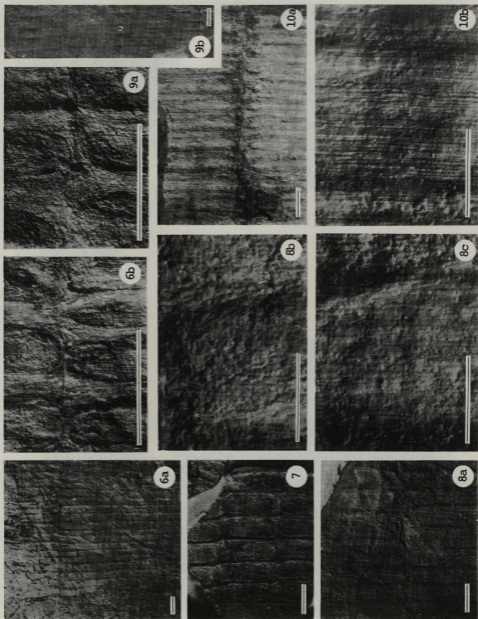


Figura 3 — Esquema interpretativo da região nodal no molde da cavidade da medula em *Paracalamites* sp.2 com uma estrutura respectiva à inserção de ramo; escala = 4mm.



Figura 5 — Esquema do molde da cavidade da medula de *Paracalamites* sp.3; escala = 4mm.



ra semelhante à das células das áreas interfasciculares; linhas transversais às estrias aparentemente estão ausentes.

Os nós são bem marcados. A linha nodal é estreita e retilínea, aproximadamente com 0,3 a 0,5mm de largura, ligeiramente deprimida nas impressões. As áreas interfasciculares não apresentam modificações da largura até bem próximo aos nós, aparecendo apenas um pouco arredondadas nas extremidades. As áreas fasciculares alargam-se muito pouco na região dos nós, aparentemente subdividindo-se em três bandas: a parte central das áreas fasciculares permanece retilínea; cada banda lateral tem seu curso desviado para aproximadamente uma senóide na região nodal, determinado pela passagem entre a área interfascicular adjacente e a respectiva área interfascicular oposta do entrenó seguinte, contornando parcialmente as duas extremidades (Figs. 2, 6b, 9a). Nas impressões, a banda esquerda sempre sobrepõe a direita no espaço entre cada par de áreas interfasciculares opostas (portanto, na parede da cavidade da medula original do caule, a banda direita sobrepõe a esquerda) (Fig. 9a). De um entrenó para o outro pode haver supressão de uma área interfascicular ou aparecimento de uma nova área interfascicular, sendo possíveis os dois casos numa mesma região nodal (exemplar GP/3T 1653a/b, Figs. 6a, b). Na região com uma área interfascicular a menos há compensação por uma larga área fascicular formada pela fusão de duas áreas fasciculares (seis bandas). No outro entrenó, respectivamente a esta área fascicular larga, ocorre uma área interfascicular com extremidade mais estreita e aguda que as outras áreas interfasciculares próximas (Figs. 6b, 9a).

Em cada área interfascicular existe uma porção mais ou menos circular a elíptica (aproximadamente com 0,5 a 0,9mm de diâmetro ou comprimento), nem sempre bem evidente, ocupando praticamente toda a sua extremidade. O limite das porções elípticas geralmente é formado por células alongadas, um pouco mais destacadas onde estão paralelas à extremidade das áreas interfasciculares. O interior das porções elípticas é caracterizado por grande concentração de células mais ou menos circulares muito pequenas (Figs. 6b, 8B, 9a). Aparentemente em apenas uma das extremidades de cada

área interfascicular, mais ou menos no centro das porções elípticas com as células quase punctiformes, nota-se a ocorrência esporádica de uma marca ovalada (de 0,2 a 0,4mm de comprimento), orientada longitudinalmente ao caule, ou a presença de uma marca mais ou menos circular de tamanho semelhante, quase na extremidade de cada área interfascicular, ou ainda, ambas as marcas podem estar representadas.

Discussão — Os fósseis considerados como *Paracalamites* sp.1 são interpretados como moldes internos da cavidade da medula, principalmente, pela presença das áreas fasciculares com suas nítidas recombinações na região dos nós. O comprimento bastante pequeno dos entrenós e a largura exposta relativamente grande dos caules sugerem que se trata de porções mais ou menos basais de caules. Apesar do tamanho pequeno dos fragmentos analisados, percebe-se que os caules aparentemente são retos, provavelmente descartando a possibilidade de que sejam raízes ("racines"), BOUREAU, 1964).

As áreas interfasciculares, provavelmente, correspondem aos raios medulares (Fig. 1), como em *Calamites* (BOUREAU, 1964). O padrão celular do parênquima destes raios medulares e os feixes vasculares do xilema (áreas fasciculares) apresentam-se similarmente aos cortes tangenciais de caules mineralizados do gênero *Arthropitys* (RENAULT, 1895, 1896; BOUREAU, 1964). O aspecto imbricado das áreas interfasciculares sobre as áreas fasciculares pode ser interpretado como resultante do colapso do caule devido à compactação com os raios medulares e o xilema não perfeitamente ortogonais ao plano de estratificação.

Segundo BOUREAU (1964), em *Calamites* o número de feixes é máximo no ponto de ligação do caule à sua raiz. GORDON-GRAY et al. (1976), referindo-se a caules de Equisetales do Permiano Superior da África, também mencionaram que ocasionalmente dois feixes vasculares se tornam confluentes de um entrenó para o outro, reduzindo o seu número. Contudo, conforme o exemplar GP/3T 1653a/b (Figs. 6a, b), a diminuição do número de áreas fasciculares não ocorre obrigatoriamente da base para o ápice do caule, podendo haver variações em ambos os sentidos, numa mesma região nodal.

Figs. 6-9 — Moldes da cavidade da medula de *Paracalamites* sp.1; afloramento AF/GP 172; escala = 4mm, exceto nas Figuras 8b e 8c, onde escala = 1mm. 6a) espécime GP/3T 1653a; 6b) detalhe da região nodal com alteração do número de áreas fasciculares e interfasciculares de um entrenó para o outro. 7) exemplar com entrenós muito curtos; GP/3T 1660. 8a) espécime GP/3T 1659; 8b) detalhe da extremidade de uma área interfascicular próximo ao nó; 8c) idem, à maior distância do nó. 9) espécime GP/3T 1655. 9a) detalhe da região nodal; 9b) aspecto geral. Figura 10 — *Paracalamites* aff. *P.* sp.1, espécime GP/3T 1664a/b; afloramento AF/GP 177; 10a) prováveis "canais infranodais" nas áreas interfasciculares; escala = 4mm; 10b) detalhe de uma área interfascicular; escala = 1mm.

Portanto, não é possível orientar os caules analisados com base apenas na alteração do número de áreas fasciculares.

As pequenas marcas longitudinalmente alongadas, contidas nas porções elípticas das extremidades das áreas interfasciculares, poderiam equivaler a estruturas similares aos canais infra-nodais de Williamson descritas para *Calamites* em BOUREAU (1964). Entretanto, a existência destas marcas geralmente é discutível devido à má preservação e, em alguns exemplares, tais feições parecem estar presentes em ambas as extremidades. Desta maneira, estas características também não podem auxiliar efetivamente na orientação dos caules.

Os caules dos exemplares considerados como *Paracalamites* sp.1, por apresentarem entrenós provavelmente muito mais curtos que a sua largura, segundo a classificação dos caules gondwânicos sugerida por RIGBY (1966), onde este caráter é valorizado, corresponderiam a *Paracalamites levis*. Porém, há diversas diferenças, como o menor relevo entre as áreas fasciculares e as interfasciculares, a densidade de áreas muito mais baixa, e não mais marcado, a linha nodal muito estreita, as extremidades das áreas interfasciculares não pontiagudas, a preservação do padrão celular, a ocorrência de estruturas interpretadas como possíveis canais infra-nodais, e a manutenção da largura dos moldes da cavidade da medula nas regiões nodais para as porções médias dos entrenós.

Paracalamites sp.1 assemelha-se aos "caules com feições internas" descritos por GORDON-GRAY et al. (1976) quanto à disposição das áreas fasciculares na região nodal (mesmo nos casos de variação do número de áreas) e quanto às dimensões e às proporções gerais. Diferencia-se pelo aspecto menos deformado, pela linha nodal mais estreita, pela preservação de células nas áreas interfasciculares e pela presença de outros detalhes como os possíveis canais infra-nodais.

Paracalamites aff. *P.* sp.1

Figs. 10a,b

Material estudado e procedência - AF/GP 172 - GP/3T 1662aA, bB, b/cC, 1663a/bA, 1664a/b, 1668.

Descrição - Os moldes (e as respectivas contra-impressões) da cavidade da medula atingem mais de 66mm de largura e mais de 36mm de comprimento. A superfície dos fósseis, em geral, é suavemente ondulada, sem limites bem definidos entre as áreas fasciculares e as interfasciculares, sendo dificilmente calculáveis, com

precisão, as relações entre as suas larguras. Ao longo de uma linha transversal aos entrenós, verificou-se 3,8 a 10,5 áreas fasciculares (ou interfasciculares)/cm. Há finas estrias longitudinais em toda a superfície dos moldes, sendo observáveis células retangulares a quadradas perfeitamente alinhadas nas áreas interfasciculares do exemplar GP/3T 1664a/b (Fig. 10). Também são reconhecíveis nítidas cavidades elípticas nas impressões de uma das extremidades das áreas interfasciculares, de comprimento aproximado igual a 1mm.

Discussão - *Paracalamites* aff. *P.* sp.1 assemelha-se a *Paracalamites* sp.1 principalmente em relação ao padrão celular, à linha nodal estreita, e à superfície estriada com áreas fasciculares e interfasciculares mal definidas. Distingue-se pelas cavidades muito marcadas nas extremidades das áreas interfasciculares, possivelmente correspondentes a canais infra-nodais mais desenvolvidos do que em *Paracalamites* sp.1.

Paracalamites sp.2

Figs. 3, 11 a 21

Material estudado e procedência - AF/GP 168 - GP/3T 1622aE, 1678A, 1679A, 1685A; AF/GP 171 - GP/3T 1676a/bA; AF/GP 172 - GP/3T 1686A; AF/GP 181 - GP/3T 1683a/b, 1684a/b; AF/GP 182 - GP/3T 1634b/eC, 1682, 1688c/eB, 1689b/c, 1690A,B; AF/GP 183 - GP 3T 1635bB; AF/GP 185 - GP/3T 1692, 1693; AF/GP 189 - GP/3T 1644; AF/GP 191 - GP/3T 1695a/bA; AF/GP 198 - GP/3T 1696; AF/GP 210 - GP/3T 1697a/b; AF/GP 220 - GP/3T 1699A; AF/GP 227 - GP/3T 1700ab/cA, aB, 1701; AF/GP 249 - GP/3T 1703A, 1704a/b; AF/GP 282 - GP/3T 1705a/bA, a/bB, 1706A, 1707A; AF/GP 307 - GP/3T 1760a/bA, 1761A; exemplares considerados como *Paracalamites* cf. *P.* sp.2: AF/GP 169 - GP/3T 1678A; AF/GP 175 - GP/3T 1681A; AF/GP 182 - GP/3T 1634aF, 1687, 1688fE; AF/GP 184 - GP/3T 1691; AF/GP 220 - GP/3T 1698; AF/GP 224 - GP/3T 1755a/bA, B; AF/GP 240 - GP/3T 1702a/bA; AF/GP 282 - GP/3T 1706B, C; AF/GP 306 - GP/3T 1759A; AF/GP 307 - GP/3T 1762A.

Descrição - Os caules articulados estão preservados como moldes (e respectivamente, como contra-impressões dos moldes), originados provavelmente por preenchimento da cavidade da medula. Em geral, os moldes estão completamente achatados, aparecendo como uma fina película de sedimentos (Figs. 18, 19a), ou mais

raramente, mantém a forma ainda levemente cilíndrica, ou ainda, encontram-se fraturados longitudinalmente (Fig. 15a). Ocorrem retilíneos (Figs. 12, 14, 15a, 17, 21a) ou freqüentemente deformados (Figs. 11, 16, 18, 19). Em vários exemplares, além dos moldes mencionados, há um ou possivelmente mais níveis de impressões (e respectivas contra-impressões) não muito bem preservadas, separados entre si e dos moldes internos por fina película de sedimentos, certamente representando contramoldes de estruturas cilíndricas concêntricas mais externas dos caules (Figs. 13, 15). As vezes, o alinhamento entre os diversos níveis de impressões não é perfeito, provavelmente devido a deslocamentos relativos entre as partes cilíndricas mais resistentes dos vegetais ocorridos com a decomposição daquelas mais frágeis e por outros processos tafonômicos.

A largura dos caules varia entre 11,5 a mais de 95mm, com média igual a 24mm (desvio padrão = 11,8mm); os entrenós geralmente estão incompletos, com comprimentos de 13 a 65,5mm, podendo ultrapassar 120mm, aparentemente sem relação de proporcionalidade com a largura; ao longo de uma linha transversal aos entrenós, verificou-se 3,5 a 14,5 áreas fasciculares (ou interfasciculares)/cm, em média, 8,5 áreas/cm (desvio padrão = 2,3 áreas/cm).

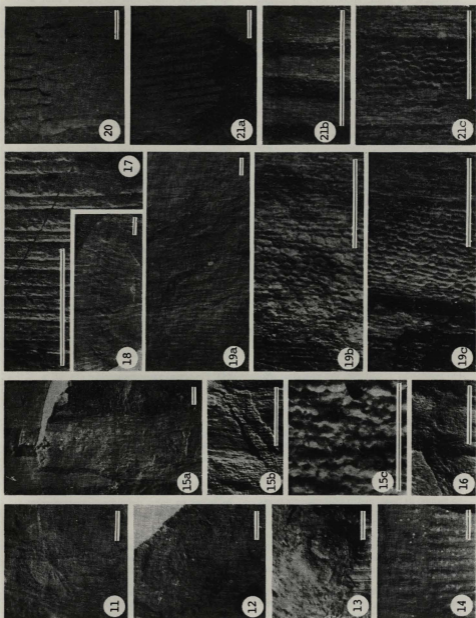
Os supostos moldes das cavidades das medulas apresentam três padrões morfológicos básicos, levemente distintos entre si. Entretanto, estes padrões podem aparecer combinados e, portanto, são preliminarmente interpretados como resultantes de variações dos processos tafonômicos (vide item "Discussão"). As características em comum entre estes tipos são: a) áreas fasciculares e interfasciculares com superfície praticamente plana; b) presença de impressões de células hexagonais a circulares ou quadradas arredondadas, possivelmente de paredes espessadas, concentradas ao longo das áreas interfasciculares ou em pelo menos uma faixa destas; c) áreas fasciculares representadas por estrias não exageradamente finas, nem em densidade muito grande; d) linhas nodais relativamente largas, geralmente pouco marcadas, retilíneas a ligeiramente sinuosas, podendo corresponder às porções mais largas dos entrenós daqueles caules com as maiores deformações (Fig. 18); e) áreas interfasciculares normalmente opostas de um entrenó para o seguinte, com extremidades bastante arredondadas a espatuladas (Fig. 14), ou freqüentemente alternas, com extremidades mais espatuladas-acuminadas, às vezes, apresentando uma pequena marca mais ou menos circular (Fig. 16); f) áreas fasciculares aparentemente tricotomizadas na região nodal e recombinadas

nos entrenós adjacentes como em *Paracalamites* sp.1, porém com menor divergência entre as bandas resultantes da tricotomia e curso mais suave (Fig. 14); nos casos de áreas interfasciculares em posição alterna (Fig. 16), observada apenas uma simples dicotomia das áreas fasciculares nas passagens dos nós.

Entre os três padrões morfológicos de moldes da cavidade da medula, o primeiro caracteriza-se por áreas fasciculares e interfasciculares praticamente sem diferença de relevo, sendo distinguíveis apenas pela presença de células bem definidas nas primeiras e de estrias nas últimas. As células da porção central das áreas interfasciculares são curtas, largas, hexagonais a quase circulares e, em direção às margens, passam gradual ou abruptamente a formas mais alongadas e estreitas, de paredes ainda arredondadas (largura = 0,04 a 0,09mm; comprimento = 0,08 a 0,3mm). As células não se dispõem muito bem alinhadas na direção longitudinal. O padrão celular próximo aos nós não foi observado por problemas de preservação, porém, é constante ao menos nas partes analisadas dos entrenós. As áreas fasciculares apresentam 6 a 8 estrias longitudinais fortes e contínuas, além de finas estrias intermediárias. A largura das áreas interfasciculares é aproximadamente igual a 1,5-2,3 vezes a largura das fasciculares.

O segundo padrão de moldes da cavidade da medula distingue-se do primeiro pela presença de um estreito sulco entre as áreas interfasciculares e as fasciculares (Fig. 17). Estes sulcos não foram verificados na região nodal (Fig. 14). Em alguns raros casos, além dos sulcos citados, ocorrem outros subsidiários nas áreas interfasciculares, subdividindo-as em três faixas, isto é, uma central com células mais isodiamétricas e duas faixas laterais com células mais alongadas. O espécime GP/3T 1683a/b (Fig. 19) é um exemplo onde há passagem deste padrão de molde medular para o primeiro padrão descrito acima. Em algumas partes da sua superfície, as áreas fasciculares são separadas das interfasciculares por sulcos; em outras, ao invés de sulcos há linhas definidas cromaticamente; e ainda em outras partes, a superfície é praticamente lisa.

O terceiro padrão de moldes da cavidade da medula caracteriza-se pelo aspecto imbricado das áreas fasciculares e interfasciculares (Figs. 20, 21). Tal padrão é observado, em particular, nas regiões nodais (Fig. 20) e nas porções mais laterais de moldes da cavidade da medula que apresentam alguma remanescente da forma cilíndrica original, principalmente quando os caules são de pequeno porte. A largura das áreas fasciculares em relação à largura da porção



ainda exposta das áreas interfasciculares é igual a $1,0,36 \cdot 1,1$. As áreas interfasciculares são representadas por células pentagonais a hexagonais, mais ou menos isodiamétricas a levemente alongadas (de aproximadamente 0,13 a 0,14mm de diâmetro), com aspecto levemente imbricado (Fig. 21c). As áreas fasciculares normalmente apresentam 5 a 6 estrias longitudinais pouco marcadas e várias finas estrias intermediárias. As porções menos imbricadas podem passar longitudinalmente ao padrão com os estreitos sulcos entre as áreas fasciculares e as interfasciculares, porém sem alterar substancialmente o padrão das células.

Na parte exposta de alguns moldes da cavidade da medula, geralmente naqueles de padrão imbricado ou com os sulcos, podem existir uma ou duas estruturas mais ou menos cônicas, situadas quase junto às linhas nodais, respectivamente à inserção de ramos na superfície externa dos caules (Figs. 11, 12, 18). Estas estruturas apresentam diâmetros entre 4,5 e 10,0mm e caracterizam-se pela convergência dos vasos responsáveis pelo intercâmbio entre o caule principal e os ramos, compreendendo 6 a 18 áreas fasciculares (e áreas interfasciculares) dirigidas radialmente para um pequeno círculo central de 1,25 a 1,50mm de diâmetro. Em alguns exemplares, as estruturas cônicas de menores dimensões podem estar circundadas por uma aureola de 6,2 a 9,1mm de diâmetro, constituída por finíssimas estrias concêntricas (Fig. 11).

Os contramoldes de um dos tecidos mais externos dos caules, formados por finíssimas películas sedimentares adjacentes aos moldes da cavidade da medula, estão preservados em apenas pequenas áreas (Figs. 15a,b). Apresentam células alongadas (largura = 0,04 a

0,15mm; comprimento = 0,10 a 0,32mm), alinhadas longitudinalmente, de margens sinuosas a arredondadas, com tamanho mais ou menos uniforme ao longo de uma mesma fileira, porém podendo variar de uma fileira para a outra (Fig. 15c). Verificou-se ainda a sobreposição destas impressões por outras finíssimas películas sedimentares, aparentemente correspondentes a contramoldes de estruturas ainda mais externas, apresentando impressões da possível epiderme dos caules. Estão mal preservadas e seu aspecto é praticamente liso. Contramoldes ou impressões de estruturas e tecidos mais externos das regiões nodais, infelizmente, não se encontram entre o material coletado. Há somente um exemplar (GP/3T 1689b/c, Fig. 13), onde resta um provável contramolde de cicatriz de inserção de ramo constituído por dois anéis concêntricos, convexos e ligeiramente cônicos, situado sobre o molde da cavidade da medula.

Discussão - Em *Paracalamites* sp.2, os moldes com as impressões de áreas fasciculares e interfasciculares, provavelmente correspondentes aos moldes medulares, podem ser interpretados como em *Paracalamites* sp.1. As áreas interfasciculares representariam os raios medulares e as áreas fasciculares equivaleriam ao xilema (Fig. 1), assemelhando-se, quanto ao padrão geral, a *Arthropitys* (RENAULT, 1895, 1896; BOUREAU, 1964).

As diferenças entre os três padrões de moldes da cavidade da medula observados, conforme mencionado anteriormente, são interpretadas como resultantes dos fenômenos tafonômicos, em particular, das pressões e das tensões sofridas pelos caules durante a compactação dos depósitos sedimentares. Os padrões variam tam-

Figuras 11-21 - *Paracalamites* sp.2; escala = 4mm, exceto nas Figuras 15c, 19b, 19c e 21c, onde escala = 1mm. Fig. 11 - Estrutura respectiva à inserção de ramo no molde da cavidade da medula; espécime GP/3T 1692; afloramento AF/GP 185. Fig. 12 - Idem; espécime GP/3T 1700a/bA; afloramento AF/GP 227. Fig. 13 - Idem, porém num nível mais externo do caule, recoberto parcialmente o molde da cavidade da medula; espécime GP/3T 1689bC; afloramento AF/GP 182. Fig. 14 - Região nodal em molde da cavidade da medula; espécime GP/3T 1685A; afloramento AF/GP 168. Fig. 15 - Espécime GP/3T 1707A, afloramento AF/GP 282: 15a) molde da cavidade da medula parcialmente recoberto por fina película de sedimentos com a contra-impressão da provável superfície interna do córtex; 15b) detalhe dos dois níveis (luz incidente a partir do canto inferior direito); 15c) detalhe do padrão celular. Fig. 16 - Região nodal do molde da cavidade da medula com prováveis "canais intranodais" nas áreas interfasciculares; espécime GP/3T 1682; afloramento AF/GP 182. Fig. 17 - Molde da cavidade da medula com sulcos entre as áreas interfasciculares e as fasciculares; espécime GP/3T 1689A; afloramento AF/GP 220. Fig. 18 - Região nodal com duas estruturas respectivas à inserção de ramos em molde da cavidade da medula de caule deformado e representado por fina película de sedimentos compactada (nível inferior correspondendo à contra-impressão do molde da cavidade da medula); espécime GP/3T 1688A; afloramento AF/GP 172. Fig. 19 - Espécime GP/3T 1683a; afloramento AF/GP 181: 19a) molde da cavidade da medula, 19b) detalhe do padrão celular na superfície do molde com a área interfascicular na região central de figura; 19c) Idem na superfície da contra-impressão do molde; observar a separação mais nítida da área interfascicular das áreas fasciculares em c do que em b; no canto inferior esquerdo em c, sobreposição da contra-impressão pelo molde. Fig. 20 - Molde da cavidade da medula com as áreas fasciculares e interfasciculares completamente imbricadas, particularmente na região nodal; espécime GP/3T 1678A; afloramento AF/GP 168. Fig. 21 - Espécime GP/3T 1622aE; afloramento AF/GP 168; molde de cavidade da medula com as áreas interfasciculares e fasciculares variavelmente imbricadas; 21a) molde e contra-impressão do molde no canto inferior esquerdo de figura; 21b) detalhe das áreas fasciculares e interfasciculares; 21c) detalhe do padrão celular.

bém com o diâmetro dos caules e a posição relativa das porções analisadas. Provavelmente, quando os raios medulares se fossilizaram ortogonalmente ao plano de estratificação, formaram-se os moldes dos padrões com superfície lisa (Fig. 19b) ou com os sulcos entre as áreas interfasciculares e as fasciculares (Fig. 17). Nos casos em que deformações e rupturas provocaram a disposição mais ou menos inclinada dos raios medulares e dos raios lenhosos em relação ao vetor pressão litostática, originaram-se os moldes do padrão imbricado. Tal imbricamento permitiu a exposição de uma área maior da superfície dos raios lenhosos e possivelmente de parte de uma de suas margens laterais, além da apreensão de sedimentos entre a outra margem e a porção oculta das áreas interfasciculares (Fig. 20).

As feições circulares observadas numa das extremidades das áreas interfasciculares (Fig. 16) podem equivaler a canais infranodais (BOUREAU, 1964). As estruturas cônicas com vasos em convergência nos moldes da cavidade da medula (Figs. 11, 12), as quais são respectivas a inserção de ramos, assemelham-se muito a algumas em *Calamites* na Europa figuradas em BOUREAU (1964), como por exemplo, em *Calamites (Diplocalamites) paleaceus* Stur, 1887. Conforme os trabalhos consultados, não há registro destas marcas e nem dos possíveis canais infra-nodais para os caules de esfenófitas do Gondwana. RIGBY (1969) apresentou figuras de estruturas por ele interpretadas como diafragmas nodais (Est. 1, figs. 2,3); no entanto, tais feições devem corresponder, com maior probabilidade, a estruturas cônicas respectivas a inserção de ramos. Ainda digno de nota é o fato de ser relativamente comum a ocorrência de áreas interfasciculares em posição alterna na passagem dos nós de *Paracalamites* sp.2, mesmo quando não é evidente o acréscimo ou a supressão de uma área interfascicular de um entrenó para o outro. Em relação aos outros caules de esfenófitas gondwânicos, este caráter sempre é citado como sendo de exceção, explicável unicamente pela variação numérica e acomodação das estruturas.

As duas finas películas sedimentares que aparecem sobrepostas ao molde da cavidade da medula de alguns exemplares são contramoldes de estruturas cilíndricas mais externas dos caules. Contudo, não apresentam características suficientemente diagnósticas para determinar exatamente a que tecidos correspondem. A película mais interna (Fig. 15) poderia representar o preenchimento do espaço deixado pelo floema, cuja degradação deve ter sido mais rápida que o restante do caule. Desta forma, a impres-

são com as células relativamente grandes e homogêneas nesta película equivaleria à superfície do limite interno do córtex. A superfície mais ou menos lisa da outra película, ainda mais externa (não visível na Fig. 15), poderia corresponder à contra-impressão da epiderme.

Paracalamites sp.2 deve ser da mesma natureza que outros caules de esfenófitas da Formação Rio do Rasto figurados, como *Phyllothea?* sp. em MENDES (1954, Est. 1, figs. 6, 7), *Paracalamites* sp. em BORTOLUZZI (1975) e *Paracalamites australis* descrito por CAZZULO-KLEPZIG (1978) e CAZZULO-KLEPZIG & CORREIA (1981). Não é adequado considerar estes caules como *Paracalamites australis* pelas regiões nodais mais marcadas, regulares e largas, pelas extremidades mais arredondadas das áreas interfasciculares, apresentando possíveis canais infra-nodais, pela presença de estruturas cônicas respectivas à inserção de ramos e pela diferença dos parâmetros quantitativos. Adicionalmente, *Paracalamites* sp.2 apresenta preservação de impressões de células da superfície da cavidade da medula e de outros tecidos mais externos e ondeamento menos proeminente da superfície do molde medular (refletindo a forma mais plana das áreas fasciculares e interfasciculares).

Paracalamites sp.2 distingue-se de *Paracalamites* sp.1 pelos entrenós relativamente mais longos e mais deformados (possivelmente indicando maior fragilidade), pela densidade normalmente maior de áreas interfasciculares e fasciculares, pela ocorrência de células menos homogêneas e menos alinhadas nas áreas interfasciculares, não lhe conferindo um aspecto estriado, pela linha nodal mais larga e irregular e pela forma geralmente mais arredondada das extremidades das áreas interfasciculares, ambos os últimos fatores contribuindo para que as bandas da tricotomia das áreas fasciculares ocorram encurvadas mais suavemente e menos divergentes.

As linhas nodais de *Paracalamites* sp.2 assemelham-se àquelas dos caules descritos por GORDON-GRAY et al. (1976), porém há algumas diferenças para o restante das características, aproximadamente as mesmas já citadas em relação a *Paracalamites* sp.1.

Paracalamites sp.3

Figs. 4, 22, 23

Material estudado e procedência - AF/GP 174 - GP/3T 1670A, 1673A, 1674; AF/GP 210 - GP/3T 1675a/b; exemplares considerados como *Paracalamites* cf. *P.* sp.3: AF/GP 174 - GP/3T 1671A,B,C, 1672; AF/GP 183 - GP/3T 1637aD (Fig. 24).

Descrição — *Paracalamites* sp.3 é representado por moldes e contra-impressões de moldes da cavidade da medula de caules articulados, com entrenós de 9,5 a mais de 25mm de largura e ultrapassando 54mm de comprimento. O exemplar GP/3T 1637aD, considerado como *Paracalamites* cf. *P.* sp.3, apresenta largura igual a 15mm e comprimento de entrenó igual a 42mm.

Tratando-se de formas susceptíveis a diversas interpretações, aqui é apresentada somente uma mera descrição das estruturas; são utilizados os termos "costela" e "sulco" apenas como feições morfológicas e não no sentido de "áreas interfasciculares" e "áreas fasciculares".

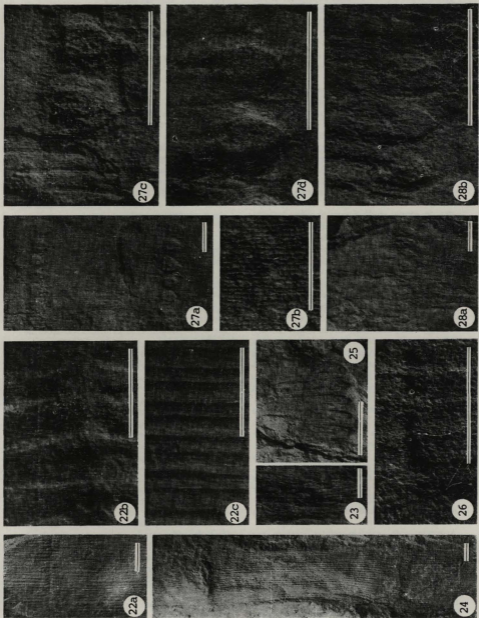
As linhas nodais são estreitas e retilíneas. O exemplar GP/3T 1673A (Fig. 22a) exibe a impressão da linha nodal em depressão. As costelas ocorrem em posição geralmente sub-oposta de um entrenó para o outro, com extremidades de forma aguda e com pequeno imbricamento (Fig. 22b). Esporadicamente existem pequenas proeminências alongadas e mal preservadas ligando as extremidades das costelas de dois entrenós contíguos. Nas regiões mais salientes das costelas, passando para os seus flancos mais suaves, e ainda, nas regiões mais baixas adjacentes às costelas, há células mais ou menos retangulares, não muito alongadas (largura = 0,05 a 0,06mm, comprimento = 0,10 a 0,13mm) de margens um pouco mais arredondadas nas porções mais altas e tendendo a retilíneas nas mais baixas (Fig. 22b). À pequena distância da linha nodal (a mais ou menos 1,5 a 2,5mm), as costelas aparecem mais largas, quase planas, separadas por sulcos estreitos e rasos. A distância um pouco maior (a cerca de 3mm da linha nodal), as costelas normalmente dividem-se em duas partes ligeiramente desiguais (relação entre as larguras = 1:1,3 a 1:1,6), apresentando superfícies planas e arredondadas nas arestas (Fig. 22c). Todas estas subdivisões estão limitadas entre si por sulcos mais ou menos profundos, estreitos, com finas estrias. Nas subdivisões mais largas, geralmente melhor preservadas, ocorrem 4 ou 5 fileiras de células retangulares e alinhadas longitudinalmente (larguras = 0,05 a 0,06mm, comprimento = 0,2mm) (Fig. 22c). Aparentemente, existem células também nas subdivisões mais estreitas. No exemplar GP/3T 1675a/bA (Fig. 23), a divisão das costelas não é tão evidente, porém o padrão celular parece ser o mesmo. Outros exemplares analisados possuem características mais ou menos equivalentes, podendo uma mesma costela estar subdividida ou não e apresentar imbricamento variável. Considerando as costelas indivisas ou os pares de subdivisões das costelas, ao longo de

uma linha transversal aos entrenós, verificou-se 16,7 a 22,5 costelas/cm.

O exemplar GP/3T 1675a/bA (Fig. 23), embora mal preservado na região nodal, permite a observação de duas marcas levemente cônicas respectivas à inserção de ramos; uma das marcas está na porção superior do molde e aparece em relevo e a outra, mais fraca, em depressão, quase coincidente com a primeira, localiza-se na superfície oposta do caule, sendo reconhecível devido à espessura muito pequena do molde da cavidade da medula. As marcas apresentam forma circular com 1,5mm de diâmetro, havendo cerca de 8 prováveis áreas fasciculares dirigidas para um ponto excêntrico.

O exemplar GP/3T 1637aD (Fig. 24), considerado como *Paracalamites* cf. *P.* sp.3, é caracterizado por costelas constituindo simples ondulações, não bem preservadas; verificou-se cerca de 23,9 costelas/cm ao longo de uma linha transversal ao caule.

Discussão — Vários aspectos distinguem *Paracalamites* sp.3 dos demais caules aqui descritos, principalmente o padrão celular, a largura das células relativamente grande em comparação à largura pequena das costelas, a presença de células igualmente bastante grandes nas áreas deprimidas perto dos nós, a alta densidade de costelas, suas extremidades mais ou menos agudas e imbricadas, e as evidentes variações de suas características na região nodal. O caráter variável das costelas, não observado nas outras espécies descritas, poderia ser parcialmente explicado pelas deformações sofridas pelos caules durante a compactação. As células relativamente grandes tanto nas porções elevadas como nas deprimidas da região nodal e a ausência de estrias sugerem que apenas as superfícies correspondentes aos raios medulares aparecem visíveis nesta parte do molde da cavidade da medula. Supõe-se que, na região nodal, um forte imbricamento dos raios medulares e dos raios lenhosos tenha ocultado quase completamente estes últimos. À maior distância dos nós, onde os caules, em geral, reagem menos à compactação dos sedimentos, não teria ocorrido tal imbricamento. A subdivisão mais larga de cada costela poderia corresponder à área interfascicular e a outra subdivisão, à área fascicular. Os sulcos entre as áreas fasciculares e interfasciculares em *Paracalamites* sp.3 podem ser equivalentes aos sulcos verificados em *Paracalamites* sp.2. Os caules de *Paracalamites* sp.3 talvez correspondam a ramos menores ou a partes mais distais de caules do tipo *Paracalamites* sp.2, e as diferenças observadas poderiam ser resultantes dos graus distintos de resistência à



decomposição e à compactação. Contudo, o padrão celular contrastante não corrobora tal hipótese.

O exemplar GP/3T 1637aD (Fig. 24), considerado como *Paracalamites* cf. *P.* sp.3, assemelha-se, talvez pelo estado de preservação precário, aos exemplares normalmente considerados como *P. australis* e poderia corresponder a caule de *Schizoneura gondwanensis*, encontrado em associação no mesmo afloramento (ROHN & RÖSLER, 1986).

Paracalamites sp.4

Figs. 5, 25, 27, 28

Material estudado e procedência - AF/GP 197 RR/PR - GP/3T 1665B, 1666A, 1669dC; exemplares considerados como *Paracalamites* cf. *P.* sp.4: AF/GP 197 - GP/3T 1666B, 1667bD (Fig. 26), 1669bD.

Descrição - Os caules são articulados e representados por impressões da superfície supostamente externa do caule, somente num exemplar (GP/3T 1665B, Fig. 27) há resquícios de uma fina película sobreposta à impressão da superfície externa, onde se verifica uma provável contra-impressão do molde da cavidade da medula. Os exemplares considerados como *Paracalamites* cf. *P.* sp.4 apresentam características equivalentes à superfície desta película e também devem corresponder a moldes e a contra-impressões dos moldes medulares.

O exemplar GP/3T 1665B apresenta dois entrenós completos preservados, de 19,7mm de comprimento e aproximadamente 18,7mm de largura; o exemplar GP/3T 1666A exhibe largura superior a 25mm.

As impressões das supostas superfícies externas caracterizam-se por extensas áreas homogêneas com células quadradas, retangulares a ligeiramente hexagonais alongadas, alinhadas longitudinalmente, de largura mais ou menos

uniforme (largura = 0,05 a 0,07mm, comprimento = 0,06 a 0,14mm) (Fig. 27b). Nestas impressões ocorrem regiões nodais bem destacadas, representadas por 6 a 9 marcas deprimidas, cordiformes, gutiformes a elípticas, lateralmente contíguas, de 2 a 3mm de comprimento por 1,1 a 2,2mm de largura, provavelmente correspondentes a moldes de bases foliares (Figs. 5a, 27). No exemplar GP/3T 1669dD (Fig. 28), as marcas não estão totalmente circunscritas. Verificou-se 4,5 a 5,8 marcas/cm em cada linha nodal. Entre o centro e a extremidade mais larga das marcas observa-se uma feição circular a elíptica, ainda mais deprimida, de aproximadamente 0,5mm de comprimento máximo. E na extremidade mais larga, há outra estrutura, porém bem protuberante, circular a triangular aguda, de 0,5 a 0,8mm de comprimento. Cada uma destas estruturas frequentemente corresponde ao ponto de origem de uma linha longitudinal saliente, estendida por um trecho igual a 1/4 ou mais do comprimento do entrenó. Nos casos da presença destas linhas, ocorrem ainda outras linhas longitudinais, intermediárias e paralelas, de igual comprimento e indistintas das primeiras, partindo dos limites laterais das supostas cicatrizes foliares (Fig. 27d).

No exemplar GP/3T 1669dC (Fig. 25), tem-se a contra-impressão do molde externo de dois entrenós incompletos. Num dos dois, estão presentes lâminas alongadas, longitudinais, planas, aproximadamente paralelas (largura = 1,2mm, comprimento superior a 9mm), lateralmente contíguas, separadas por estreitos sulcos, que apresentam, na região nodal, extremidades de forma ogival, exatamente equivalentes a cada uma das marcas atribuídas a bases foliares nos demais exemplares com a exposição da superfície externa. Transparecem ainda as estruturas internas destas marcas. Na porção preservada do outro entrenó, a superfície aparece lisa, sem as lâminas. Este conjunto de ca-

Figuras 22 e 23 - Moldes da cavidade da medula de *Paracalamites* sp.3. 22a) Espécime GP/3T 1673A; afloramento AF/GP 174; escala = 4mm; 22b) detalhe da região nodal; escala = 1mm. 22c) detalhe das áreas fasciculares e interfasciculares à maior distância do nó; escala = 1mm. Fig. 23 - Duas estruturas respectivas à inserção de ramos, uma na superfície do molde e a outra decaída através da finíssima película do molde; espécime GP/3T 1675aA; afloramento AF/GP 210; escala = 4m.

Figura 24 - Molde da cavidade da medula de *Paracalamites* cf. *P.* sp.3; espécime GP/3T 1637aD; afloramento AF/GP 183, escala = 4mm.

Figuras 25, 27 e 28 - *Paracalamites* sp.4, afloramento AF/GP 197; escala = 4mm, exceto na figura 27b, onde escala = 1mm. Fig. 25 - Contra-impressão do molde externo do caule e provável contramolde da bainha foliar; espécime GP/3T 1669dC. Fig. 27 - Espécime GP/3T 1665B; 27a) impressão da superfície externa do caule parcialmente sobreposta (à esquerda) por fina película sedimentar com a contra-impressão da superfície da cavidade da medula; 27b) detalhe do padrão celular da superfície externa; 27c,d) detalhes da região nodal com moldes de bases foliares. Fig. 28 - Espécime GP/3T 1666A; 28a) impressão da superfície externa; 28b) detalhe da região nodal.

Figura 26 - Contra-impressão do molde da cavidade da medula de *Paracalamites* cf. *P.* sp.4; espécime GP/3T 1667bD; afloramento AF/GP 197; escala = 4mm.

racterísticas permite deduzir que as lâminas devem corresponder a contramolde de folhas soldadas entre si, ao menos basalmente, constituindo uma bainha foliar, provavelmente com pequeno ângulo de divergência em relação ao caule.

Nos moldes da superfície externa dos demais exemplares descritos acima, com padrão celular homogêneo ao longo dos entrenós (Figs. 5, 27, 28), as linhas longitudinais protuberantes, que partem da região nodal, podem representar o decalque das feições mais robustas de uma bainha foliar (alternadamente das nervuras medianas e das linhas de comissuras) através de uma película sedimentar pouco espessa separando a impressão da superfície externa do caule daquela da bainha foliar, situada num nível ainda mais exterior. Estas interpretações e, principalmente, a identificação de prováveis folhas no exemplar GP/3T 1669dC, permitem orientar os caules conforme as figuras apresentadas (Figs. 5a, 25, 27, 28).

A provável contra-impressão do molde medular do exemplar GP/3T 1665B (canto superior esquerdo e lado esquerdo das Figuras 27a, c), supostamente apresenta áreas fasciculares em relevo bem destacadas em relação às áreas interfasciculares. Sua densidade é de 12,8 áreas/cm e a razão entre as larguras das áreas fasciculares e as das interfasciculares é igual a 1:3,8. Observam-se estrias longitudinais em toda a superfície, com espaçamento aproximadamente igual a 0,05 a 0,07mm. Esta possível contra-impressão do molde interno, apesar de situada ao nível da região nodal da superfície externa, não apresenta características nodais. Este fato poderia ter razões tafonômicas como um pequeno deslocamento longitudinal entre os cilindros mais resistentes do vegetal, facilitado pela decomposição dos tecidos intermediários mais frágeis. Os outros exemplares de prováveis moldes medulares do mesmo afloramento, considerados como *Paracalamites* cf. *P.* sp.4, também apresentam áreas fasciculares e interfasciculares nitidamente separadas, com diferença de relevo significativa ou, em outros casos, estas áreas são menos destacadas e constituem somente leves ondulações nas superfícies dos moldes (Fig. 26). As áreas interfasciculares normalmente ostentam apenas estrias ou mesmo aparecem lisas. O exemplar GP/3T 1666B, ainda que mal preservado, é uma exceção por exibir, em cada área interfascicular, 19 ou 20 fileiras de células alinhadas longitudinalmente, muito alongadas, de margens ligeiramente sinuosas (largura = 0,03 a 0,04mm, comprimento = 0,15 a 0,20mm). Tal exemplar possui áreas fasciculares com 7 a 10 estrias, separadas entre si

numa distância mais ou menos igual à largura das células das áreas interfasciculares. A contra-impressão de molde medular no espécime GP/3T 1667bD (Figs. 5b, 26) apresenta uma região nodal caracterizada por um alargamento acentuado das áreas fasciculares, formando um padrão de figuras mais ou menos losangulares coincidentes com protuberâncias arredondadas e acentuadas na "linha" nodal; porém, praticamente não são visíveis as trocas de vasos entre as áreas fasciculares adjacentes.

Discussão - A designação *Paracalamites* não seria adequada para as impressões das superfícies externas dos caules analisados porque a diagnose do gênero se refere às características dos moldes da cavidade da medula (ZALESSKY, 1927). No entanto, a ocorrência de um exemplar (GP/3T 1665B, Figs. 27a, c), onde uma película de sedimentos com a contra-impressão do suposto molde medular sobrepõe a impressão da provável superfície externa do caule, permite extrapolar a aplicação do nome para os outros exemplares do mesmo afloramento. Esta decisão também visa não complicar desnecessariamente o quadro bioestratigráfico a ser apresentado em trabalhos futuros.

RIGBY (1966) descreveu supostas superfícies externas de *Paracalamites australis*, as quais apresentariam caneluras e saliências similares àquelas dos moldes da cavidade da medula, diferenciando-se somente por serem menos marcadas. Entretanto, num trabalho posterior, RIGBY (1969) refutou tal interpretação e os exemplares anteriormente referidos foram considerados como moldes da cavidade da medula.

Conforme a literatura consultada sobre as esfenófitas do Gondwana, as impressões das superfícies externas de *Paracalamites* sp.4 assemelham-se apenas às superfícies externas dos caules descritos por GORDON-GRAY et al. (1976). Alguns dos caules de maior porte da África do Sul, desprovidos de folhas e designados como "stems thought to exhibit external features", têm parte de sua superfície lisa, com impressão dos contornos das células; mostram nós caracterizados por linhas horizontais e paralelas, próximas entre si e adjacentes a cicatrizes ovais, interpretadas como correspondentes às áreas de inserção de folhas verticiladas; marcas protuberantes excêntricas no interior das cicatrizes representariam a posição de um feixe vascular; sulcos longitudinais pronunciados, cada qual margeado por duas fracas saliências, separam as cicatrizes foliares, estendendo-se mais ou menos até a metade de cada entrenó. GORDON-GRAY et al. (1976) concluíram que estes sulcos e as cicatrizes dos feixes vasculares prova-

velmente permitem orientar os caules sem folhas com a seguinte argumentação: as bainhas foliares, preservadas em outros caules, de menor porte, deveriam proteger a base meristemática do entrenó acima do nó (como observado atualmente em *Equisetum* sp.; nota dos autores), onde, portanto, deveriam estar localizados os sulcos longitudinais mais pronunciados; as marcas de inserção dos feixes vasculares deveriam estar posicionados distalmente nas cicatrizes foliares. Desta forma, a parte superior dos entrenós seria lista.

As estruturas nas superfícies externas em *Paracalamites* sp.4, embora diferentes daquelas descritas em GORDON-GRAY et al. (1976) em relação à forma e ao tamanho, apresentam padrão geral de organização muito semelhante. Contudo, as linhas longitudinais originadas na região nodal, conforme comentado anteriormente, podem não ser feições da própria superfície externa dos caules e sim, devem representar o decaique, através de uma fina película sedimentar, das linhas de comissuras e das nervuras medianas de uma bainha foliar. Isso é corroborado pelo exemplar GP/3T 1669dC (Fig. 25), onde parecem estar presentes as contra-impressões dos moldes das próprias folhas. De qualquer modo, a orientação dos caules é a mesma, tanto para as interpretações apresentadas por GORDON-GRAY et al. (1976), como em relação aos argumentos aqui apresentados. A probabilidade maior de que as áreas expostas das amostras sejam resultado da partição da rocha sedimentar segundo os planos com as impressões dos caules — por geralmente representarem planos de fraqueza mais extensos e homogêneos — e a possibilidade aventada por GORDON-GRAY et al. (1976) de que as folhas mais velhas seriam destacadas do vegetal durante o seu desenvolvimento ontogenético, explicariam a rara ocorrência de folhas visivelmente atadas a caules. Infelizmente, a preciosa área exposta da bainha foliar do exemplar GP/3T 1669 não é suficientemente extensa e diagnóstica para permitir efetivas comparações com outras espécies de caules com folhas. Tal motivo tornou preferível considerar, preliminarmente, este exemplar como *Paracalamites* sp.4.

As folhas e os caules com suas marcas características de bases foliares distinguem-se seguramente daquelas esfenófitas anteriormente

conhecidas para a Formação Rio do Rasto: *Schizoneura gondwanensis*, *Sphenophyllum paranaense*, *Sphenophyllum* cf. *S. thonii* (e ainda, *Dichophyllites* sp., segundo BORTOLUZZI, 1975). GORDON-GRAY et al. (1976) consideraram que os seus caules apresentam maior afinidade às Equisetaceae do que às Calamitaceae, podendo haver alguma relação com *Equisetites*. De fato, os caules da África do Sul e os aqui analisados distinguem-se das raras superfícies externas mencionadas ou figuradas de *Calamites* e de *Paracalamites* (BOUREAU, 1964), sendo discutível a inclusão de "*Paracalamites*" sp.4 na família Calamitaceae.

Quanto aos prováveis moldes da cavidade da medula, valem as observações já apresentadas para as outras espécies anteriormente descritas neste trabalho. Os exemplares considerados como *Paracalamites* cf. *P.* sp.4 são semelhantes a *Paracalamites* sp.1 quanto à superfície totalmente estriada, distinguindo-se principalmente pelas características dos nós (GP/3T 1667bD, Fig. 26) e pelo contorno das células (GP/3T 1666B). O comportamento e a forma das áreas fasciculares e interfasciculares lembram *Phyllothea indica* Bunbury descrita em PANT & KIDWAI (1968). Contudo, tal comparação não pode ser extrapolada para os caules com as feições externas, considerados como *Paracalamites* sp.4, pela já insólita relação entre estes exemplares e aqueles com as feições internas. Alguns dos outros problemas na comparação com *Phyllothea indica* são o desconhecimento da superfície externa desta espécie e, principalmente, o fato da sua diagnose estar fundamentada nas características dos órgãos foliares.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à S. Czajkowski, ao V. Czajkowski e à E. Mendonça pela importante colaboração nos trabalhos de campo, ao J. de S. Taddeo (DMGA-IPT) e ao Dr. H.D. Schorscher (DMP-IG-USP) por terem facilitado a utilização de lupas fotográficas das respectivas instituições, ao A.G. Rohn pelas sugestões e colaboração nos serviços de fotografia, à Dra. D. Mussa pela providência de cópias de valiosos trabalhos pertinentes ao assunto, e particularmente ao Dr. T.R. Fairchild pela correção do "abstract" e pela revisão crítica do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORTOLUZZI, C.A. (1975) Étude de quelques empreintes de la flore gondwanienne du Brésil. 95^{ème} Congr. Natl. Soc. Savantes, Reims, 1970, Comptes Rendus, Bibliothèque Nationale, p. 171-187.
- BOUREAU, E. (1964) Traité de paléobotanique. Tome 3 - Sphenophyta, Noeggerathiophyta. Paris, Masson et Cie., 544p.
- CAZZULO-KLEPZIG, M. (1978) Estudo da tafoflórula do Membro Morro Pelado na sua localidade-tipo. Pesquisas, 11:225-303.
- CAZZULO-KLEPZIG, M. & CORREIA, N. dos R. (1981) Contribuição ao estudo da tafoflora permiana do Membro Serrinha na Serra do Cadeado, Estado do Paraná, Brasil. II Congr. Latino-Am. Paleontol., Porto Alegre, RS, Anais, 1:233-247.
- DOLIANITI, E. (1945) Um novo elemento na flora fóssil do Brasil. "Sphenozamites" Brongniart. DGM, DNPM, Nota Prelim. Est., 26:1-4.
- DOLIANITI, E. (1952) La flore fossile du Gondwana au Brésil d'après sa position stratigraphique. 19^{ème} Congr. Géol. Int., Symp. Sér. Gondwana, Alger, p. 285-292.
- GORDON-GRAY, K.D.; VAN DIJK, D.E.; LACEY, W.S. (1976). Preliminary report on equisetalean plants from Lidgetton, Natal. Palaeont. Afric., 19:43-57.
- MENDES, J.C. (1954) Contribuição à estratigrafia da Série Passa Dois no Estado do Paraná. Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr., Univ. São Paulo, 175 (Geol., 10), 119p.
- MILLAN, J.H. (1977) Moldes medulares da tafoflórula gondwânica de Monte Mor, Estado de São Paulo. An. Acad. brasil. Ciênc., 49(4):195-204.
- OLIVEIRA, E.P. (1918) Anexo. In: Holdhaus, K., Sobre alguns lamelibrânquios fósseis do sul do Brasil. Rio de Janeiro, Serv. Geol. Miner., Monogr., 2:27-32.
- PANT, D.D. & KIDWAI, P.F. (1968) On the structure of stems and leaves of *Phyllothea indica* Bunbury, and its affinities. Palaeontogr., Abt. B, 121(4-6):102-121, pls. 30-33
- RENAULT, M.B. (1895) Notice sur les Calamariées. Bull. Soc. Hist. Nat. Autun, 8:1-54, 7 pls.
- RENAULT, M.B. (1896) Notice sur les Calamariées. II. Bull. Soc. Hist. Nat. Autun, 9:305-354, 13 pls.
- RIGBY, J.F. (1966) The Lower Gondwana floras of the Perth and Collie Basins, Western Australia. Palaeontogr., Abt. B, 118(4-6):113-152, pls. 30-36.
- RIGBY, J.F. (1969) Permian sphenopsids from Antarctica. Contributions to Paleontology, 1968, U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., 613-F, 13p., 3 pls.
- RIGBY, J.F. (1970) The distribution of Lower Gondwana plants in the Paraná Basin of Brazil. 2nd Gondwana Symp., Pretoria, Proc. and Pap., p. 575-584.
- ROHN, R. & RÖSLER, O. (1986) *Schizoneura gondwanensis* Feistmantel da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior) no Estado do Paraná e no norte do Estado de Santa Catarina. Neste volume.
- RÖSLER, O. & ROHN, R. (1984) *Sphenophyllum paranaense* n. sp. (Sphenophyta) da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior) de Dorizon, Estado do Paraná. Bol. IG-USP, 15:97-104.
- ZALESSKY, M.D. (1927) Flore permienne des limites euraliennes de l'Angaride. Com. russ. geol. Mem., Leningrado, 176:1-52.