

Estromatólitos Permianos em Calcário Coquinóide do Grupo Passa Dois, Nordeste do Paraná

(estromatólitos|Grupo Passa Dois|Permiano|Bacia do Paraná)

ROSEMARIE BOHN & THOMAS R. FAIRCHILD

Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 01498 São Paulo, SP

Manuscrito aceito para publicação em 6 de Agosto de 1986; credenciado por A. C. ROCHA-CAMPOS

(Pesquisa parcialmente realizada com auxílio da *FAPESP* outorgado ao Prof. Oscar Rösler do *IG-USP* (Proc. N.º 83/2220-0). R. R. é bolsista da *FAPESP* (Proc. 82/2096-5))

INTRODUCÃO

No presente trabalho são descritos pequenos estromatólitos nodulares aqui atribuídos ao grupo *Collenia*, no sentido restrito deste grupo, encontrados em associação a grande abundância de conchas de bivalves num calcário coquínóide impuro. Este estudo preliminar está baseado numa única amostra, coletada pelo geólogo Ódimo Francisconi (CPRM), um pouco ao norte de Joaquim Távora, ao longo da estrada entre a Rodovia PR-21 e a Vila Juá, a cerca de 1500 m ao norte do Ribeirão do Pinhal (Fig. 1).

Com os dados fornecidos pelo coletor, realizaram-se duas visitas ao afloramento. Na localidade, ao longo de cerca de 800 m de um alicve da estrada, correspondendo a um desnível topográfico de aproximadamente 50 m, ocorrem pequenas exposições, parcialmente encobertas, de siltitos cor-de-vinho compactos, com finas estruturas "lisen" esbranquiçadas, havendo pelo menos dois níveis com gretas de contração. Aproximadamente, a cada 5 m da seqüência estratigráfica, intercalam-se camadas de cerca de 0,5 m de espessura de arenitos finos, branco-amarelados, macicos e compactos.

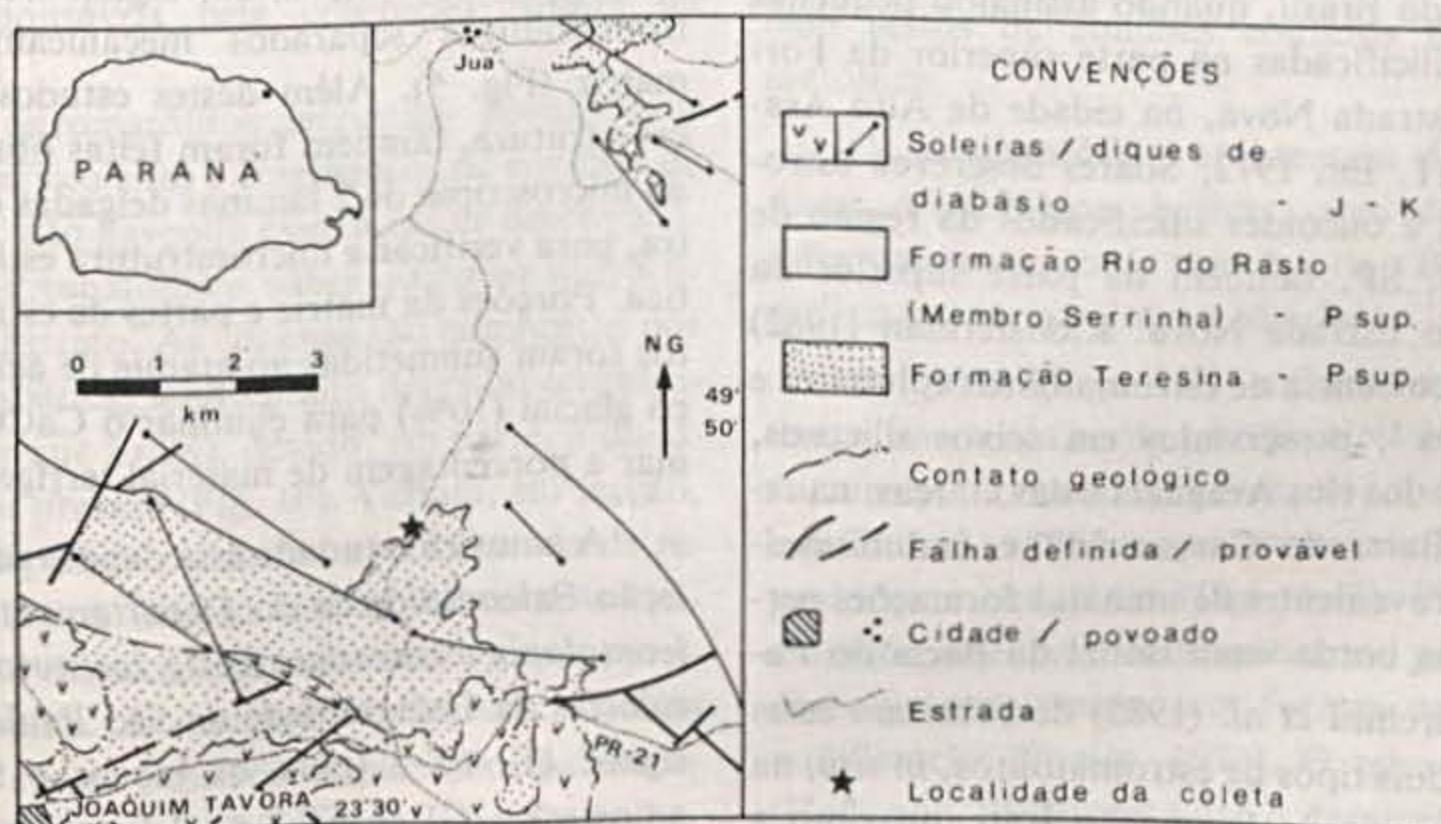


Fig. 1 - Mapa de localização do afloramento (segundo Francisconi *et al.*, 1980)

às vezes, levemente calcíferos. Não se localizou o nível de calcário coquinóide, mas foram observados blocos soltos de um tipo semelhante de calcário, aparentemente provenientes de um dos níveis mais superiores das intercalações arenó-calcíferas.

Francisconi *et al.* (1980) consideraram que os estratos deste afloramento são da base do Membro Serrinha, da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior). Contudo, nesta região do Estado do Paraná, e estendendo-se para nordeste, a porção superior do Grupo Passa Dois torna-se gradativamente mais complexa, com maior variação de facies sedimentares, as quais não podem mais ser atribuídas, separadamente, a unidades estratigráficas específicas. No afloramento visitado há feições típicas do Litossoma Terezina, como as gretas de contração já mencionadas, e o próprio calcário coquinóide; porém, as características sedimentares principais correspondem ao Litossoma Serrinha. Portanto, aceita-se, preliminarmente, a classificação estratigráfica apresentada por Francisconi *et al.* (1980).

A ocorrência destes estromatólitos é importante, não só pelas implicações paleoambientais, como também, pela raridade de trabalhos sobre estromatólitos paleozóicos brasileiros. Almeida (1954, p. 75-76), aparentemente, foi o primeiro a reconhecer tais fósseis no Paleozóico do Brasil, quando assinalou pequenas formas silicificadas na parte superior da Formação Estrada Nova, na cidade de Alto Araguaia, MT. Em 1972, Soares descreveu estromatólitos e oncóides silicificados da região de Anhembi, SP, também da parte superior da Formação Estrada Nova. Kloosterman (1982) citou a ocorrência de estromatólitos colunares e "bulbosos", preservados em seixos silicosos, nos leitos dos rios Araguaia e das Garças, na região de Barra do Garças, MT e, indubitavelmente, provenientes de uma das formações permianas da borda setentrional da Bacia do Paraná. Fairchild *et al.* (1985) descobriram estes mesmos dois tipos de estromatólitos, *in situ*, na parte superior da Formação Irati, próximo a Ponte Branca, MT. Recentemente, foi desco-

berta pelo Prof. Oscar Rösler (IG-USP), e confirmada pelos autores, uma segunda ocorrência de estromatólitos, semelhantes aos descritos no presente trabalho, no Litossoma Terezina, próximo a Irati, PR. Na Bacia do Maranhão, Faria e Truckenbrodt (1980) retrataram quatro níveis estromatolíticos na Formação Pedra de Fogo do Permiano Inferior a Médio. Curiosamente, todas estas ocorrências são de idade permiana, e associadas a seqüências com indícios de ambientes restritos de águas rasas. Portanto, os estromatólitos fanerozóicos no Brasil são mais comuns do que previamente suspeitado, alertando sobre o seu possível uso em correlações estratigráficas.

MATERIAL E MÉTODOS

As características morfométricas, a abundância e a orientação dos estromatólitos foram avaliadas em 8 cortes, e nas superfícies levemente intemperizadas da amostra com auxílio de lupa e câmara clara e, principalmente, através de fotografias. Antes de realizados os cortes, a amostra media aproximadamente 10 cm (espessura), por 9 cm (largura), por 9 cm (profundidade). As secções foram observadas a seco, após ligeiro polimento ou recobertas por óleo incolor, sendo esta última técnica a que permitiu os melhores resultados fotográficos. Foram examinados, ainda, alguns nódulos estromatolíticos separados mecanicamente da matriz (Fig. 5). Além destes estudos da macroestrutura, também foram feitas observações ao microscópio de 2 lâminas delgadas da amostra, para verificar a microestrutura estromatolítica. Porções da matriz e partes de estromatólitos foram submetidas ao ataque de ácido acético glacial (10%) para eliminar o CaCO_3 e estimar a porcentagem de material terrígeno.

A amostra estudada está depositada na Coleção Paleontológica do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, sob as siglas: GP/6T-2 (para os blocos e fatias da amostra) e GP/L-6T-8 e -9 (para as lâminas petrográficas).

DESCRÍÇÃO DO MATERIAL

Os estromatólitos ocorrem como bioclastos, juntamente com abundantes valvas isoladas, submilimétricas a milimétricas, de bivalves, num biomicrúrito ou calcário coquinóide impuro, de coloração rosada.

A amostra não apresenta uma estratificação clara, embora haja uma maior concentração de estromatólitos na metade presumivelmente superior, e uma certa orientação subparalela de vários dos bioclastos (estromatólitos discóides e conchas) e manchas amareladas irregulares, relativamente argilosas (Fig. 2). Contudo, grande parte das conchas e, principalmente, das estruturas estromatolíticas, encontra-se orientada quase aleatoriamente. Por exemplo, em uma das secções estudadas, de um total de 52 estromatólitos, com largura superior a 5 mm, 21 ocorrem convexos para cima, 19 côncavos para cima e 12 em posição subvertical.

A matriz da amostra é muito fina e composta por aproximadamente 70%, em peso, de calcita, e 30% de sedimentos finos terrígenos. É constituída por calcita micrítica a espática (normalmente com cristais menores que 50 μm), argila e grãos de quartzo angulosos da fração silte ou, subordinadamente, areia muito fina (cf. Figs. 6, 9b-d, 10). Óxidos de ferro finamente disseminados na matriz (e nos estromatólitos) são responsáveis pela coloração rosada da amostra.

Os estromatólitos incrustam apenas conchas desarticuladas e fragmentos de conchas de bivalves, não havendo evidências de desenvolvimento estromatolítico sobre qualquer outro tipo de substrato. As conchas são compostas por calcita espática, sendo muito delgadas (espessura menor que 1 mm), devido, em parte, à dissolução por pressão (Fig. 10). Variam, em secção, de quase planas a arcadas, e exibem, via de regra, superfície externa sem ornamentação, havendo, no entanto, algumas conchas com possíveis costelas. A descrição taxonômica destas conchas e suas possíveis implicações paleoambientais não serão tratadas no presente trabalho.

Os estromatólitos desenvolveram-se, quase que exclusivamente, sobre as superfícies convexas das valvas, formando, assim, estruturas nodulares relativamente simétricas, discóides a hemi-esferoidais (Figs. 2-5, 8, 9). Em alguns casos, estruturas estromatolíticas de espessura reduzida recobrem as superfícies côncavas das valvas (Fig. 9a). Observa-se, ainda, uma fina cobertura de calcário impuro sobre a superfície côncava de várias conchas submilimétricas (Fig. 10). No entanto, esta película não ultrapassa 2 a 3 vezes a espessura da concha, enquanto que nas formas maiores, a cobertura desenvolvida sobre a superfície convexa é muito mais espessa, de 5 a 9 vezes a espessura da concha.

O Quadro I apresenta os principais dados morfométricos dos estromatólitos baseados na análise de 73 indivíduos. Em 80% destes, a largura varia entre 7 e 18 mm, o que corresponde a valores de 2 a 6 vezes maiores que a espessura. A altura reflete não só a espessura do estromatólito como também a convexidade da concha incrustada (Figs. 2, 3). Além disso, alguns indivíduos não apresentam sua forma e dimensões originais, devido a fraturamento (Fig. 8c) ou dissolução (Fig. 9a, b), durante a diagênese.

Os estromatólitos são constituídos por aproximadamente 85% (em peso) de calcita micrítica (cristais menores que 15 μm) e 15% de argila. Não foram observados grãos de quartzo, nem restos de conchas contidos nos estromatólitos.

Os estromatólitos apresentam duas variedades morfológicas básicas, aqui designadas, informalmente, como tipo A e tipo B, ocorrendo, ainda, formas intermediárias.

O tipo A (Figs. 2-7), a forma mais abundante, apresenta laminação paralela à superfície da concha incrustada, da base ao topo do estromatólito. As lâminas são convexas, lisas ou ligeiramente onduladas (Figs. 4, 7). Próximo às margens, encurvam-se suavemente para baixo, contudo, geralmente, sem formar uma parede multilamelar (Preiss, 1976). O relevo sinótico (Hofmann, 1969), ou seja, o desnível (em mm) entre o ponto mais alto e o mais baixo, ao longo

de uma mesma lâmina, é muito pequeno. Estes estromatólitos normalmente são menores do que os do tipo B. Em secção, sua largura não excede muito a largura das conchas incrustadas. Removidos da matriz (Fig. 5), apresentam margens e superfícies lisas a levemente tuberosas, com larguras máximas entre 9 e 15,6 mm, espes-

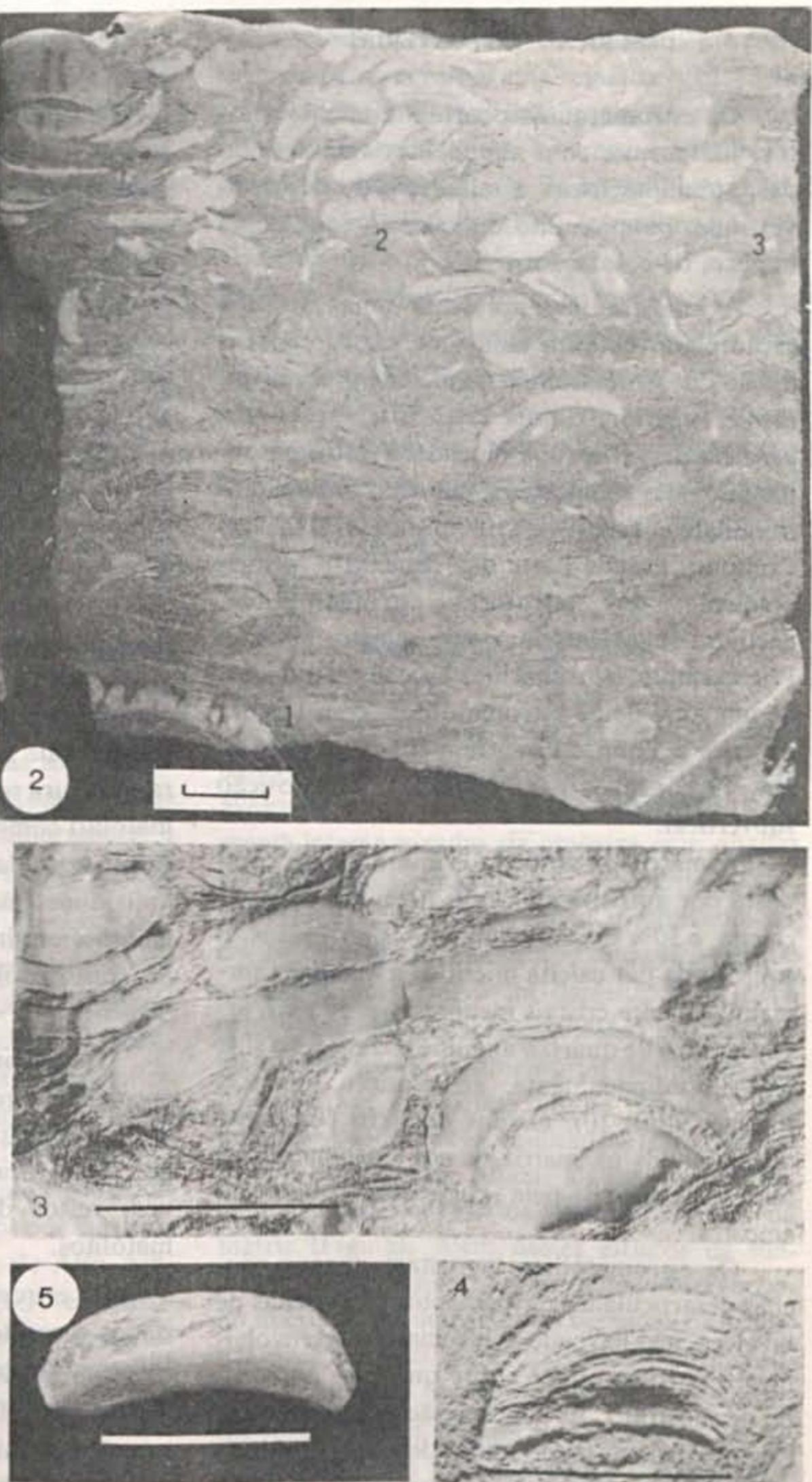


Fig. 2 - Secção vertical da amostra de calcário (Face GP/6T-2d.4), evidenciando disposição subcaótica dos bioclastos (nódulos estromatolíticos e conchas de bivalves) e matriz praticamente macia. Predominam nódulos estromatolíticos do tipo A; o tipo B é representado pelos indivíduos 1 a 3 (vide exemplar 3 em detalhe na Fig. 8a-d); formas intermediárias entre os tipos A e B ocorrem no canto esquerdo superior. Escala = 1 cm. Fig. 3 - Nódulos estromatolíticos do tipo A numa secção levemente intemperizada (Face GP/6T-2d.1). Escala = 1 cm. Fig. 4 - Nódulo estromatolítico do tipo A com lamination interna parcialmente ondulada, ressaltada por ação intempérica, e margens aparentemente truncadas (Face GP/6T-2e.1). Escala = 1 cm. Fig. 5 - Nódulo estromatolítico do tipo A seccionado e separado da matriz (Amostra GP/6T-3). Escala = 1 cm.

de uma mesma lâmina, é muito pequeno. Estes estromatólitos normalmente são menores do que os do tipo B. Em secção, sua largura não excede muito a largura das conchas incrustadas. Removidos da matriz (Fig. 5), apresentam margens e superfícies lisas a levemente tuberosas, com larguras máximas entre 9 e 15,6 mm, espes-

uras entre 2,1 e 5,1 mm, e alturas entre 3,5 e 6,3 mm. Alguns raros exemplares (Fig. 4) exibem margens aparentemente um pouco erodidas.

O tipo B (Figs. 2, 8, 9) apresenta, próximo à base, uma lamination mais acentuadamente ondulada (Fig. 9a), passando rapidamente para

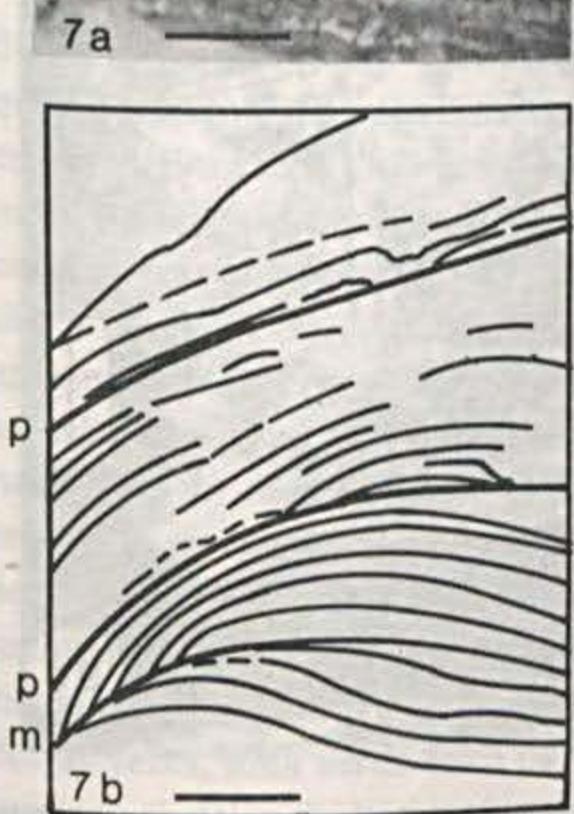


Fig. 6 – Fotomicrografia (luz normal) da porção marginal de um nódulo estromatolítico do tipo A, incrustado numa concha de bivalve (porção branca). Nota-se alternância de finas lâminas claras e escuras, mais encurvadas próximo à margem e localmente truncadas (seta) (Lâmina petrográfica GP/L-6T-9). Escala = 0,5 mm. Fig. 7 – Em a, fotomicrografia (luz normal) da porção marginal de um nódulo estromatolítico do tipo A. Na laminação observam-se ondulações (curvatura de segunda ordem), além de microdesconformidades (m) e microparaconformidades (p). Esquema diagramático em b. Lâmina petrográfica GP/L-6T-9. Escala = 0,5 mm. Fig. 8 – Seqüência de secções (Faces GP/6T-2d.1 a 4) através de um nódulo estromatolítico do tipo B (indivíduo n.º 3 na Fig. 2), caracterizado pelo desenvolvimento de colunas, ao lado de exemplares menores, do tipo A, e de conchas de bivalves (linhas escuras finas). Em c, observa-se um indivíduo (seta) fraturado durante compactação. Escala = 1 cm.

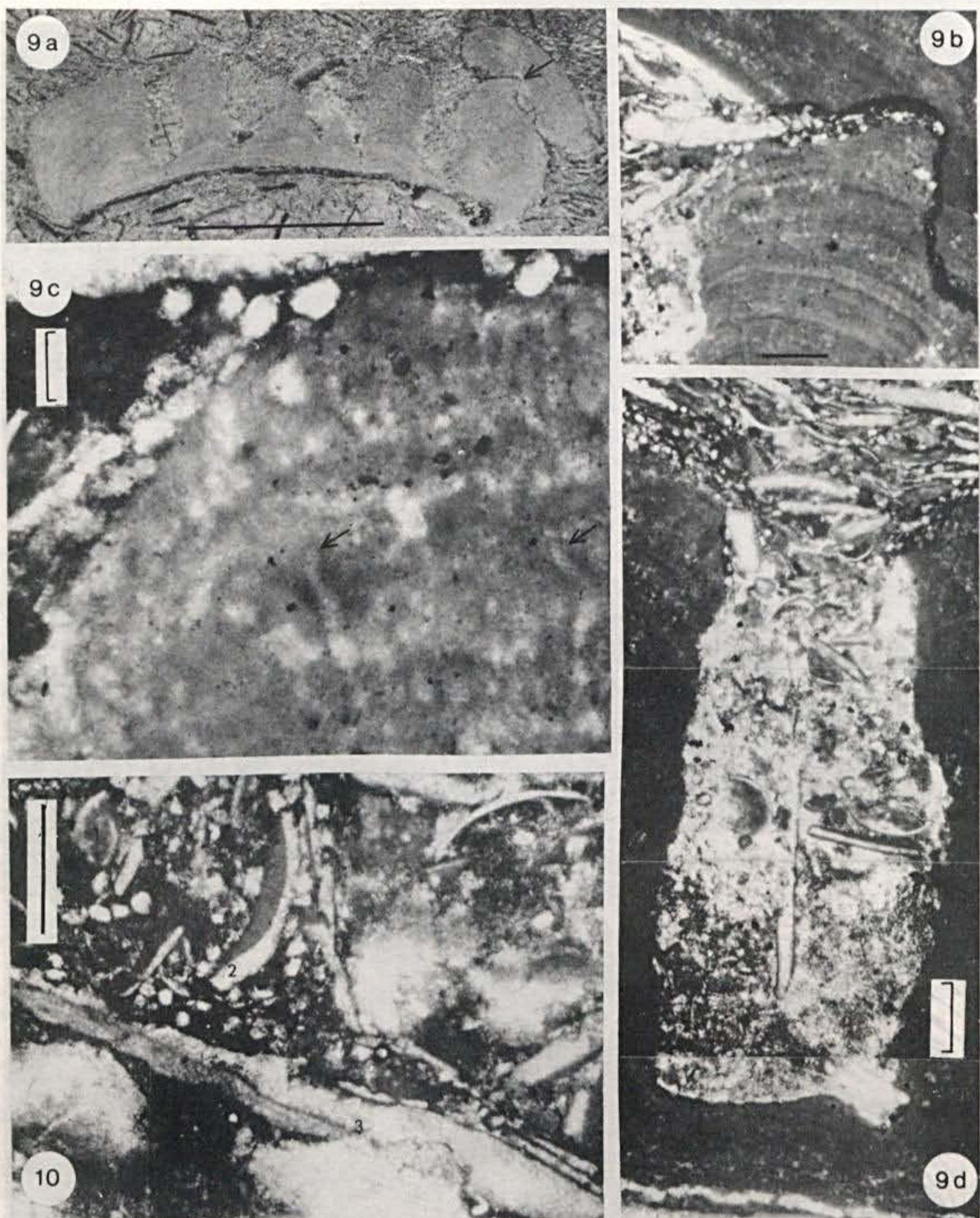
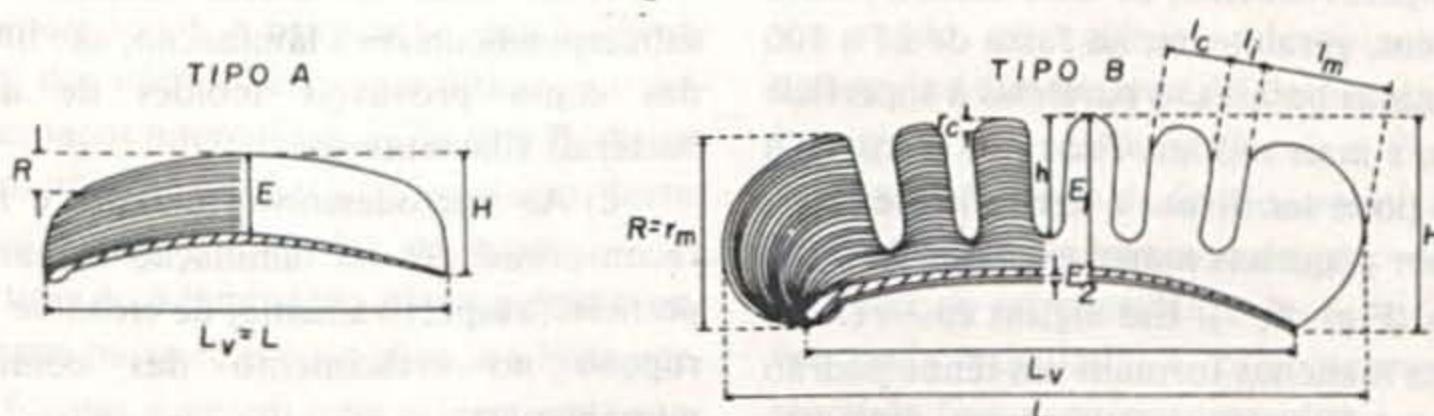


Fig. 9 – Nódulo estromatolítico do tipo B, notando-se em a (seta) e em b uma superfície de interpenetração entre este exemplar e outro nódulo, do tipo A, ao longo da qual se deu dissolução do carbonato por pressão litostática e concentração de grãos de quartzo e outros resíduos insolúveis. Em c, as setas apontam para finas estruturas lineares ou tubulares, perpendiculares à laminação, interpretadas como moldes de algas ou bactérias filamentosas. Fotomontagem de d ilustra a nítida diferença entre os sedimentos presentes entre as colunas e os sedimentos sobrejacentes ao estromatólito. Em a, escala = 1 cm; nas fotomicrografias (luz normal) b e d, escalas = 0,5 mm, e em c, 100 μ m. Lâmina petrográfica GP/L-6T-8. Fig. 10 – Fotomicrografia (luz normal) em que se observa um pequeno bivalve aparentemente com as valvas articuladas (1), uma concha com fina capa micrítica no lado côncavo (2) e interpenetração entre duas conchas (3). Lâmina petrográfica GP/L-6T-9. Escala = 0,5 mm.

QUADRO I



TIPO DE NÓDULO ESTROMATOLÍTICO

	A	B	Colunas em B
H	1,5 a 8,0 mm	8,0 a 9,6 mm	$h_c = 1,2 a 5,1$ mm
E	0,7 a 6,5 mm	$E_1 = 6,0 a 7,5$ mm $E_2 = 0 a 0,7$ mm	$r_c = até 3,0$ mm
R	até 1,8 mm	até 6,3 mm	$r_m = até 6,3$ mm
L	4,5 a 20,0 mm	20,0 a 26,0 mm	$I_c = 2,3 a 4,5$ mm
L_v	4,0 a 19,0 mm	16,8 a 21,2 mm	$I_m = 5,3 a 7,2$ mm
$L - L_v$	0 a 1,5 mm	2,0 a 4,5 mm	$I_i = 0,2 a 1,9$ mm

Comparação morfométrica dos dois tipos de nódulos estromatolíticos. Para tipo A: H = altura máxima do nódulo; E = espessura da capa estromatolítica; R = relevo sinótico (desnível máximo ao longo de uma lâmina); L = largura máxima do nódulo; L_v = largura da valva incrustada. Para tipo B (termos não definidos para tipo A): E_1 = espessura da capa estromatolítica do lado convexo da valva; E_2 = espessura da capa estromatolítica do lado côncavo da valva; h_c = altura da coluna; r_c = relevo sinótico da laminação nas colunas; r_m = relevo sinótico na margem do nódulo; I_c = largura da coluna; I_m = largura da porção marginal; I_i = largura do espaço entre as colunas.

discretas colunas, bem próximas entre si, cada qual, normalmente, com laminação suavemente curvada. Em secção, observaram-se até 6 colunas paralelas, tipicamente largas nas margens, e estreitas na região central do nódulo estromatolítico (Figs. 8, 9). Algumas colunas centrais apresentam superfícies irregulares, devido à dissolução parcial na diagênese. Às vezes, as colunas aparecem coalescidas ou exibem ligações laterais. As margens dos nódulos são semelhantes àquelas do tipo A, porém, comumente, com maior incremento lateral, e inflexão mais acentuada das lâminas em direção à concha, definindo, às vezes, uma verdadeira parede. Portanto, o relevo sinótico deste tipo é notadamente mais acentuado do que no tipo A, especialmente nas colunas marginais, onde a laminação estromatolítica pode alcançar o lado côncavo da concha, no qual continua como fina película de até 0,7 mm de espessura. Os espaços entre as colunas podem apresentar preenchimento muito mais espáctico e menos argiloso do que o sedi-

mento que envolve o nódulo estromatolítico, havendo ainda, entre as colunas, concentração de restos de conchas muito pequenas (Fig. 9d). A presença de um fragmento de concha relativamente longo em posição vertical, num espaço intercolunar (Fig. 9d), indica qual era sua profundidade mínima para que fosse possível a retenção do bioclasto, e sugere que as colunas centrais podem ter apresentado relevos maiores do que os exibidos pelas lâminas individuais.

Formas intermediárias ao tipo A e tipo B são relativamente incomuns, podendo ser distinguidas pelo desenvolvimento, apenas incipiente, das colunas, ou pelo baixo número (2 ou 3) de colunas presentes (vide canto superior esquerdo da Fig. 2).

O exame dos dois tipos ao microscópio revela uma laminação caracterizada por finas bandas alternadamente cinzentas claras e escuas, com limites razoavelmente nítidos, e espessura relativamente uniforme, ao longo de uma mesma lâmina (Figs. 6, 7, 9). Espessuras va-

riam, consideravelmente, de uma lâmina para a outra, porém, geralmente, na faixa de 25 a 100 μm . As lâminas basais são paralelas à superfície da concha, e mais nítidas. Próximo ao topo, a laminação pode ser difusa e ligeiramente interrompida por pequenas manchas claras de calcita espática (Figs. 6, 7). Em alguns casos (Figs. 9b, c), estas manchas formam um tênuo padrão de estruturas lineares, ou tubulares radiadas, com diâmetros em torno de 25 μm , orientadas subperpendicularmente à laminação, semelhantes a moldes de algas e cianobactérias filamentosas, fósseis e modernas, (Fairchild, 1975; Monty, 1976; Wray, 1977, Monty e Mas, 1981; Riding, 1983). Em alguns nódulos estromatolíticos, principalmente próximo às margens, a laminação pode apresentar pequenas microdesconformidades erosivas, (Preiss, 1976), e/ou microparaconformidades, separando conjuntos distintos de lâminas (Fig. 7). Também nas margens, é típica a diminuição em espessura das lâminas e a sua separação em lâminas mais finas.

DISCUSSÃO

Origem das estruturas

A origem biogênica (estromatolítica) para as estruturas nodulares pode ser inferida pela comparação com outros estromatolitos antigos e modernos (cf. definições de Walter, 1976, p. 1; Buick *et al.*, 1981, p. 164-166; Krumbein, 1983, p. 501), com base nas seguintes observações:

1. As macroestruturas são compatíveis à gama normal de variação das formas conhecidas de estromatolitos;
2. As microestruturas também são explicáveis em termos de atividades microbianas, como por exemplo:

- a) A alternância de lâminas claras e escuas provavelmente representa ciclicidade na contribuição biológica e sedimentar;
- b) O desenvolvimento unidirecional da laminação pode ser interpretado como resultado de fototropismo;

c) As finas estruturas radiais tubulares, subperpendiculares à laminação, são interpretadas como prováveis moldes de algas ou bactérias filamentosas;

d) As microdesconformidades e microparaconformidades na laminação demarcam superfícies, respectivamente, de erosão e de interrupção no crescimento das comunidades microbianas;

e) As ondulações e outras irregularidades podem indicar variações locais no crescimento da comunidade, talvez influenciadas pela hidrodinâmica ou pela taxa local de sedimentação;

3. Os estromatolitos incrustaram conchas, o que representa ocupação preferencial de substratos firmes, um hábito comumente observado entre os estromatolitos;

4. A composição das estruturas também é típica de estromatolitos;

5. O contexto sedimentar indica condições ambientais de águas rasas, adequadas ao desenvolvimento de estromatolitos.

Considerações taxonômicas

Os estromatolitos dos tipos A e B podem ser atribuídos ao grupo *Collenia* Walcott, baseando-se em Hofmann (1969), que restringe este grupo a formas nodulares, incrustantes, esferoidais, com lâminas encapsulantes, desenvolvidas sobre um núcleo arcado móvel. Infelizmente, o termo *Collenia* tem sido empregado indiscriminadamente para vários tipos de estromatolitos, de modo que não se justifica a atribuição de um epíteto específico aos estromatolitos aqui estudados, até que haja uma revisão taxonômica de *Collenia*. Assim sendo, os estromatolitos de Joaquim Távora são considerados como *Collenia* f. (f. = forma, o equivalente de espécie na parataxonomia aplicada aos estromatolitos).

Morfogênese e história sedimentar

As diferenças na laminação e na forma dos dois tipos de estromatolitos sugerem que se formaram sob condições ligeiramente diferentes,

porém, provavelmente, ainda no mesmo ambiente deposicional. A orientação, praticamente aleatória, dos nódulos estromatolíticos, e a matriz nos espaços intercolunares do tipo B, distinta da matriz da amostra, constituem fortes evidências para considerá-los alóctones.

No tipo A, a laminação plana a pouco ondulada, com baixo relevo sinótico, e a boa simetria das formas sugerem uma origem em águas muito calmas. O adelgaçamento e bifurcação de lâminas, próximo às margens de vários nódulos, podem ter resultado de uma ligeira interdigitação entre a esteira microbiana e os sedimentos adjacentes. É razoável imaginar que as lâminas estromatolíticas eram acrescidas, proporcionalmente, à acumulação lateral de detritos, conservando sempre o mesmo perfil em relação aos sedimentos próximos.

Para o tipo B, várias evidências, como o tamanho maior, organização em colunas, laminação mais ondulada, maior relevo sinótico, presença de paredes marginais e o preenchimento predominantemente espático entre as colunas, sugerem condições hidrodinâmicas ligeiramente mais energéticas do que aquelas inferidas para o tipo A. Contudo, estas condições não foram suficientes para originar oncóides (estromatolitos com laminação concêntrica devido a um rolamento das estruturas durante o seu desenvolvimento). As esteiras microbianas no tipo B restringiam-se, exclusivamente, ao domínio do estromatolito, não se estendendo sobre os sedimentos adjacentes, haja vista a presença de parede marginal e o relevo sinótico relativamente alto.

As comunidades microbianas incrustaram exclusivamente conchas de bivalves, e nenhum outro tipo de substrato. Aliás, um desenvolvimento estromatolítico expressivo deu-se apenas nas superfícies convexas de conchas isoladas de bivalves relativamente grandes, geralmente com largura superior a 5 mm. Destas observações, deduz-se que somente as valvas maiores, convexas para cima, ofereciam condições adequadas para crescimento profuso de comunidades microbianas formadoras de estromatolitos pois, representavam um substrato firme, relativamente fixo e elevado em relação aos sedimentos

adjacentes (cf. Monty e Mas, 1981, p. 187). Assim sendo, as colônias microbianas ficavam protegidas dos perigos de desagregação, recobrimento por clásticos finos, e abrasão pela passagem de carga de fundo, permitindo, desta forma, o desenvolvimento de estromatolitos. A ausência de estromatolitos incrustados em valvas ainda articuladas e, principalmente, a presença da fina capa estromatolítica nas superfícies côncavas de nódulos do tipo B sugerem que, pelo menos as maiores conchas, já deveriam ter sido desarticuladas antes do desenvolvimento estromatolítico.

Para explicar a presença da fina película estromatolítica no lado côncavo de algumas valvas que comportam estruturas do tipo B, há pelo menos duas hipóteses;

1. Após pequeno desenvolvimento estromatolítico sobre a superfície interna da valva orientada para cima, a concha teria sido invertida por correntes, adquirindo, assim, a posição hidrodinamicamente mais estável (lado convexo para cima) propícia para desenvolvimento estromatolítico mais expressivo; ou,
2. Comunidades microbianas teriam colonizado, concomitantemente, as superfícies interna e externa de valvas convexas para cima. A luz necessária para a fotossíntese no lado interno (côncavo) poderia ter sido suprida lateralmente, por reflexão do substrato (vide Golubić Fischer, 1975), ou mesmo através da delgada concha (cf. Krumbein, 1983, p. 523-524). A redução na luminosidade devido ao empilhamento de lâminas sobre o lado convexo e/ou modificações químicas, por isolamento do microambiente sob a concha, poderiam ter impedido a continuidade do desenvolvimento estromatolítico na superfície côncava.

Das duas hipóteses, a primeira parece a menos provável, uma vez que não se observaram conchas com desenvolvimento estromatolítico apenas sobre a superfície côncava, como seria esperado para pelo menos algumas valvas que, eventualmente, não puderam ser invertidas pelas correntes. É significativo, talvez, que as películas estromatolíticas, nas superfícies côncavas das valvas, ocorrem apenas no tipo B. Como foi exposto acima, os nódulos deste tipo

teriam ocupado ambiente ligeiramente mais energético do que os do tipo A, no qual eles ficavam mais ou menos soltos sobre o substrato, sem sedimentos acumulados adjacentemente, possibilitando o intercâmbio de nutrientes e água entre o microambiente sob a valva e o meio exterior. Por outro lado, a fina película micrítica não laminada na porção côncava de muitas valvas submilimétricas (Fig. 10) parece corresponder a uma simples cobertura de lama calcária que aderiu às conchas e, provavelmente, não representa uma crosta estromatolítica incipiente.

A baixa proporção de clásticos terrígenos (15%) e a textura micrítica, razoavelmente uniforme, das estruturas estromatolíticas sugerem que seu crescimento procedeu através de precipitação de CaCO_3 , condicionada pelas atividades metabólicas da comunidade microbiana, sem que houvesse aprisionamento de partículas em escala significativa. Em relação a este caráter, as estruturas assemelham-se a "biscoitos algálicos" descritos por Golubić (1973) e Monty e Mas (1981), originados por desenvolvimento estromatolítico sobre oncólitos não mais submetidos a rolamento. Gebelein (1969) descreve outros "biscoitos algálicos" atuais, morfológicamente parecidos aos aqui descritos, porém formados pelo aprisionamento de sedimentos detriticos, e não por precipitação carbonática.

A orientação aleatória dos nódulos estromatolíticos e a ausência de estratificação claramente definida na amostra indicam que os estromatolitos sofreram transporte e redeposição, provavelmente, num evento rápido e energético, talvez durante uma tempestade forte. A distância e a duração do transporte não devem ter sido grandes, pois poucos nódulos apresentam sinais de abrasão erosiva. O evento em questão, evidentemente, soterrou caoticamente os nódulos dos dois tipos, os sedimentos calcários e terrígenos, e as conchas de bivalves, encerrando o desenvolvimento estromatolítico.

Durante a diagênese, houve recristalização das conchas, dissolução parcial dos estromatolitos e outros constituintes, formação de estilóli-

tos, fraturamento e deformação por compactação de algumas estruturas.

CONCLUSÕES

Deste estudo conclui-se o seguinte:

1. Em águas rasas e relativamente calmas, caracterizadas por precipitação carbonática e deposição subordinada de sedimentos terrígenos muito finos, comunidades microbianas, provavelmente compostas, predominantemente, por cianobactérias filamentosas, colonizaram conchas de bivalves desarticuladas, principalmente as superfícies convexas das maiores conchas. Estas representavam os únicos sítios firmes, elevados e relativamente estacionários do substrato. Através da precipitação de carbonato nas esteiras microbianas, iniciou-se o desenvolvimento de estruturas estromatolíticas nodulares, provavelmente sob condições ambientais inóspitas, a competidores e consumidores primários. Nas áreas mais calmas e sujeitas a uma taxa relativamente mais alta de acumulação de sedimentos, desenvolveram-se estromatolitos nodulares do tipo A, havendo uma eventual interdigitação lateral das esteiras com os sedimentos circundantes. Esporádica e localmente, estes sedimentos eram brandamente removidos, em parte, ocasionando o rompimento das finas esteiras marginais e erodindo suavemente as margens de alguns dos nódulos. Já em águas mais movimentadas, formaram-se os nódulos estromatolíticos do tipo B, sem que se depositassem sedimentos adjacentes aos nódulos, o que resultou na formação de parede e maior desenvolvimento vertical e lateral da capa estromatolítica. Num evento rápido e energético, os nódulos, as conchas e os sedimentos do substrato foram mobilizados, transportados e depositados caoticamente, pondo fim ao desenvolvimento dos estromatolitos.

2. Os estromatolitos assemelham-se, em alguns aspectos, aos "biscoitos algálicos", descritos por Golubić (1973) e Monty e Mas (1981), e podem ser atribuídos a *Collenia* Walcott, de acordo com a definição de Hofmann (1969).

3. As possíveis implicações paleoambientais dos nódulos, deduzidas neste estudo, devem

ser consideradas na análise dos outros estromatólitos nodulares encontrados na Formação Estrada Nova, próximo a Anhembi, SP (Soares, 1972), e no Litossoma Terezina, próximo a Irati, PR. É proposto que sejam reexaminadas coquinas permianas de outras localidades, as quais também podem incluir estromatólitos nodulares, como os aqui descritos. Finalmente, sugere-se que seja investigado o potencial bioestratigráfico destas estruturas em relação às formações permianas da Bacia do Paraná.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao geólogo Ódimo Francisconi, não só pela doação da amostra, como, também, pelo fornecimento dos dados referentes ao afloramento de coleta. Também estão gratos à geóloga Magda Bergmann do *IG-USP*, que atuou como intermediária entre o coletor da amostra e os autores. Ainda agradecem a Sílvia e Victor Czajkowski (Curitiba, PR) pela colaboração nas observações de campo e, particularmente, ao Dr. Oscar Rösler (*IG-USP*) pela participação nos trabalhos de campo, pelas informações sobre a descoberta de nódulos estromatolíticos da região de Irati, e pelas sugestões dadas.

RESUMO

São descritos estromatólitos de uma amostra de calcário coquinóide impuro, coletada ao norte de Joaquim Távora, PR, provavelmente da base do Membro Serrinha, da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior). Os estromatólitos incrustam valvas desarticuladas de bivalves, predominantemente suas superfícies convexas, formando estruturas nodulares calcárias hemiesferoidais, de poucos centímetros de diâmetro. Algumas diferenças morfológicas entre os estromatólitos, como o desenvolvimento, ou não, de pequenas colunas, provavelmente atestam condições ambientais ligeiramente distintas, porém, ainda no âmbito de águas muito calmas, com pouca sedimentação terrígena. Na amostra, os estromatólitos, juntamente com grande abundância de bivalves submilimétricos a milimétricos, e sedimentos calcários e terrígenos, encontram-se misturados, quase aleatoriamente, resultado de um rápido transporte e deposição dos clastos. Os estromatólitos são distintos das poucas outras formas já descritas do Permiano do Brasil (Formações Pedra de Fogo, Irati e Estrada Nova) e são atribuídos ao Grupo *Collenia*, no conceito moderno deste taxon.

SUMMARY

Small nodular stromatolites collected north of Joaquim Távora, PR (southern Brazil), are here described from impure coquinoid limestone, probably from the base of the Serrinha Member of the Upper Permian Rio do Rasto Formation. The stromatolites invariably incrust the convex surface of disarticulated bivalve shells and form hemispherical calcareous nodules, a few centimeters in diameter. Morphologic differences in the stromatolites, such as the presence of small columns, apparently attest to slight environmental differences within a very calm, subaqueous depositional setting, with little terrigenous sedimentation. The stromatolites, together with abundant submillimetric to millimetric bivalve shells, as well as calcareous and terrigenous sediments, exhibit an almost random orientation, interpreted as the result of short, rapid transport and deposition. The stromatolites are distinct from other Permian forms described from Brazil (Pedra de Fogo, Irati, and Estrada Nova Formations), and are here referred to the Group *Collenia* in the modern sense of this taxon.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M., DE, (1954), Geologia do centro-leste Mato-Grossense. *Bol. Div. Geol. Miner., Dep. Nac. Prod. Miner.*, 150, 97 p.
- BUICK, R., DUNLOP, J. S. R., & GROVES, D. I., (1981), Stromatolite recognition in ancient rocks: an appraisal of irregularly laminated structures in an Early Archaean chert-barite unit from North Pole, Western Australia. *Alcheringa*, 5: 161-181.
- FAIRCHILD, T. R., (1975), *The geologic setting and paleobiology of a Late Precambrian stromatolitic microflora from South Australia*. Tese de Doutoramento, Univ. Califórnia, Los Angeles.
- FAIRCHILD, T. R., COIMBRA, A. M. & BOGGIANI, P. C., (1985), Ocorrência de estromatólitos silicificados na Formação Irati (Permiano) na borda setentrional da Bacia do Paraná (MT, GO). *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, 57: 117.
- FARIA JR., L. E. C. & TRUCKENBRODT, W., (1980), Estromatólitos na Formação Pedra de Fogo, Permiano, Bacia do Maranhão. *Anais 31.º Congr. Bras. Geol., SBG*, 5: 3056-3067, Camboriú.
- FRANCISCONI, Ó., SILVA, A. T. S. F. DA, LOPES JR., I., YAMAMOTO, K., HAMA, M., FERRARI, C. P., FERREIRA, J. C. G., CARMO, L. S. DO & ALEGRI, V., (1980), Projeto Paulipetro, *Geologia do Bloco SF-22-W, Relatório Final*. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Superintendência Regional de São Paulo, p. 1-89, 22 fot., 9 map. (mapa geológico 1:100.000, Fóia de Jacarezinho), São Paulo.
- GEBELEIN, C. D., (1969), Distribution, morphology, and accretion rate of Recent subtidal algal stromatolites, Bermuda. *Journ. Sediment. Petrol.*, 39: 49-69.

- GOLUBIĆ, S., (1973), The relationship between blue-green algal and carbonate deposits. Em: CARR, N. G. & WHITTON, B. A. (Editors). *The Biology of Blue-green Algae*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 434-472.
- GOLUBIĆ, S. & FISCHER, A. G., (1975), Ecology of calcareous nodules forming in Little Connestoga Creek near Lancaster, Pennsylvania. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **19**: 2315-2323.
- HOFMANN, H. J., (1969), Attributes of stromatolites. *Pap. Geol. Surv. Canada*, **69** (39): 1-58.
- KLOOSTERMAN, J. B., (1982), Estromatólitos permianos no Brasil Central. *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, **54**: 753-754.
- KRUMBEIN, W. E., (1983), Stromatolites — The challenge of a term in space and time. *Precambrian Res.*, **20**: 493-531.
- MONTY, C. L. V., (1976), The origin and development of cryptalgal fabrics. Em: WALTER, M. R. (Editor). *Stromatolites*. Elsevier Scient. Publ. Comp., Amsterdam, 193-249.
- MONTY, C. L. V., (1979), Scientific reports of the Belgian expedition on the Australian Great Barrier Reefs, 1967. Sedimentology: 2 — Monospecific stromatolites from the Great Barrier Reef tract and their paleontological significance. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, **101**: 163-176.
- MONTY, C. L. & MAS, J. R., (1981), Lower Cretaceous (Wealdian) blue-green algal deposits of the Province of Valencia, Eastern Spain. Em: MONTY, C. (Editor). *Phanerozoic Stromatolites — Case Histories*. Springer-Verlag, Berlin, 85-120.
- PREISS, W. V., (1976), Basic field and laboratory methods for the study of stromatolites. Em: WALTER, M. R. (Editor). *Stromatolites*. Elsevier Scient. Publ. Comp., Amsterdam, 5-13.
- RIDING, R., (1983), Cyanoliths (cyanoids): oncoids formed by calcified cyanophytes. Em: PERYT, T. (Editor). *Coated Grains*. Springer-Verlag, Berlin, 276-283.
- SOARES, P. C., (1972), Estruturas estromatolíticas do Permiano no Estado de São Paulo. *Res. Comun.*, **26º Congr. Bras. Geol., SBG**, **1**: 249, Belém.
- WALTER, M. R., (Editor), (1976), *Stromatolites*. Elsevier Scient. Publ. Comp., Amsterdam.
- WRAY, J. L., (1977), *Calcareous algae*. Elsevier Scient. Publ. Comp., Amsterdam.