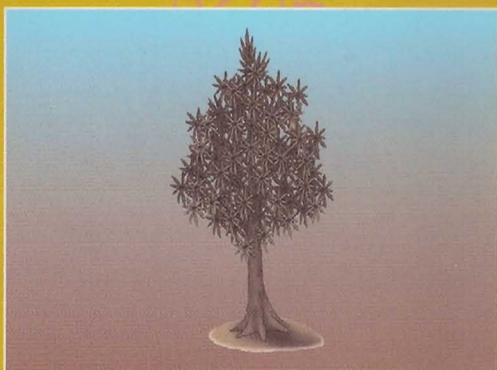
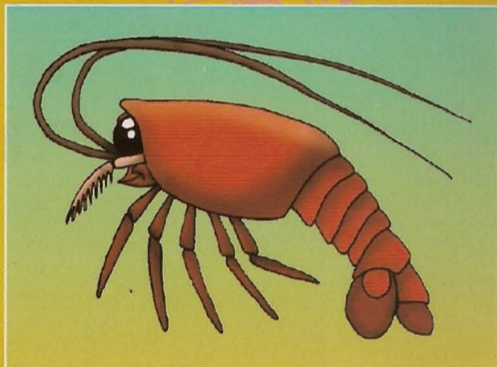


Paleontologia: Cenários de Vida



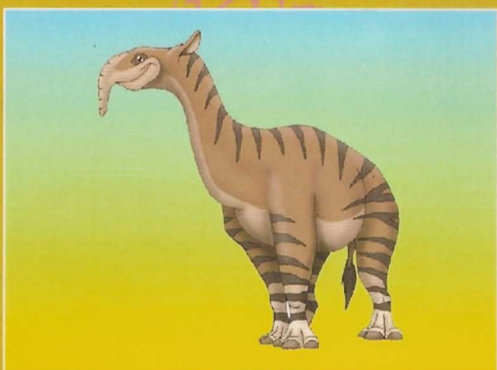
Editores:

Ismar de Souza Carvalho

Narendra Kumar Srivastava

Oscar Strohschoen Jr.

Cecília Cunha Lana



Volume 3



PETROBRAS



EDITORA INTERCIÊNCIA

Paleontologia: Cenários de Vida

Volume 3

ANÁLISE SEDIMENTAR E PALINOLÓGICA EM AFLORAMENTO DA FORMAÇÃO PERIÁ, BACIA DE SÃO LUÍS (BRASIL)

SEDIMENTAR AND PALYNOLOGICAL ANALYSES OF PERIÁ FORMATION, SÃO LUÍS BASIN (BRAZIL)

Mayra Nina Araujo¹, Elizabete Pedrão Ferreira², Ismar de Souza Carvalho³ & Marcelo de Araujo Carvalho⁴

¹ Universidade Federal do Maranhão-UFMA, CCBS - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Debio - Departamento de Biologia; Av dos Portugueses, s/n, Campus Universitário do Bacanga, 65085-580, São Luís, MA, Brasil; ² PETROBRAS/CENPES, Gerência de Bioestratigrafia e Paleoecologia. Rua Horácio Macedo, nº 950, Ilha do Fundão, 21941-915, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; ³ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21910-200, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; ⁴ Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, Museu Nacional, Departamento de Geologia e Paleontologia, Quinta da Boa Vista, s/n, São Cristóvão, 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mails: mayraninapalino@gmail.com, elizabete@petrobras.com.br, ismar@geologia.ufrj.br, mcarvalho@mn.ufrj.br

RESUMO

Os estratos da Formação Periaá aflorantes na Praia de São Marcos, cidade de São Luís (Estado do Maranhão) compreendem intercalações de siltitos, argilitos com arenitos finos, interpretados como de ambiente flúvio-deltaico. Este intervalo está recoberto por argilitos depositados em ambiente de planície de maré, onde foi recuperada uma associação palinológica, portadora das espécies *Elateroplicites africaensis* (2 eláteros), *Classopollis major*, *Elaterocolpites castelaini* forma B e *Galeacornea causea* forma B, além de dinoflagelados e palinoforaminíferos. Estes grãos de pólen posicionam os estratos no Cenomaniano inferior e com base na associação sugere-se um ambiente marinho com aporte de terrígeno. A abundância de *Classopollis* sugere condições climáticas quentes e áridas durante o período deposicional. A Formação Periaá encontra-se sotoposta aos arenitos da Formação Barreiras, do Neógeno, os quais foram depositados em ambiente fluvial.

Palavras-chave: sedimentologia, palinologia, Cenomaniano

ABSTRACT

The deposits of the Periaá Formation outcropping at São Marcos Beach, São Luís city (Maranhão State) consist of interbedded siltstones, mudstones with fine sandstones deposited in fluvial-deltaic environment. These rocks are overlain by mudstones deposited in the tidal flat, where was recovered a palynological assemblages. Among the palynomorphs were the species *Elateroplicites africaensis* (2 elaters), *Classopollis major*, *Elaterocolpites castelaini* form B and *Galeacornea causea* form B and dinoflagellates and palynoforaminifera. These pollen grains suggest an Early Cenomanian age to mudstones. A marine environment with terrigenous influx base on palynological assemblage is suggested. The high frequency of *Classopollis* indicate a hot and arid climate during depositional period. The Periaá Formation is recovered to sandstones of the Barreiras Formation (Neogene), which were deposited in a fluvial environment.

Keywords: sedimentology, palynology, Cenomanian

1. INTRODUÇÃO

As sucessões sedimentares aflorantes na costa maranhense estão representadas pelos depósitos predominantemente siliciclásticos das formações Itapecuru e Peria, do Cretáceo, rochas carbonáticas da Formação Pirabas e arenitos da Formação Barreiras, ambas do Neógeno (Cunha, 1968; Pamplona, 1969; Aranha *et al.*, 1990; Azevedo, 1991; Pedrão, 1995; Góes & Rossetti, 2001; Zalán, 2007). Os depósitos cretáceos, alvo do presente estudo, tiveram sua sedimentação controlada pelos eventos tectônicos que fragmentaram o Gondwana, ocasionando a separação da placa Sul-Americana da Africana e a formação do oceano Atlântico Equatorial (Aranha *et al.*, 1990; Azevedo, 1991; Zalán, 2007; Soares Júnior *et al.*, 2008; Santos & Carvalho, 2009).

As rochas expostas nas regiões das cidades de Alcântara e São Luís, no Estado do Maranhão (Figura 1), foram mapeadas como pertencente às formações Alcântara (Cunha, 1968; Rossetti & Truckenbrodt, 1997) e Itapecuru (Aranha *et al.*, 1990). Essas rochas também foram incluídas na Formação Peria em estudos estratigráficos de cunho regional fundamentados em seções de poços e sísmicas (Lima *et al.*, 1994; Zalán, 2007).

As rochas aflorantes na área de Alcântara, bem como aquelas da porção superior da seção do poço 2-AL-1-MA perfurado nessa cidade, foram posicionadas cronoestratigraficamente no Cenomaniano com base no seu conteúdo palinológico (Cunha, 1968; Pedrão, 1995). Entretanto, com os estudos palinológicos realizados na seção cretácea aflorante na porção inferior da falésia da Praia de São Marcos, em São Luís, foi possível posicionar os estratos no Cenomaniano inferior (Pedrão *et al.*, 1993; Pedrão & Rossetti, 1995).

Este trabalho tem por objetivo apresentar a análise sedimentar da Formação Peria aflorante nas proximidades do Farol, localizado na Praia de São Marcos em São Luís e documentar a associação palinológica presente nas amostras coletadas na porção superior da unidade, próximo ao contato com a Formação Barreiras.

2. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia de São Luís situa-se na região norte do Brasil, no Estado Maranhão, aproximadamente entre os meridianos 44° e 46°30' Oeste e as latitudes 1°30' e 3° Sul (Figura 1.A). A bacia se desenvolveu durante a fase rifte, conformando um gráben. O seu preenchimento sedimentar alcança aproximadamente 5000 m de espessura e estão depositados sobre rochas paleozoicas e proterozoicas (Aranha *et al.*, 1990; Lima *et al.*, 1994).

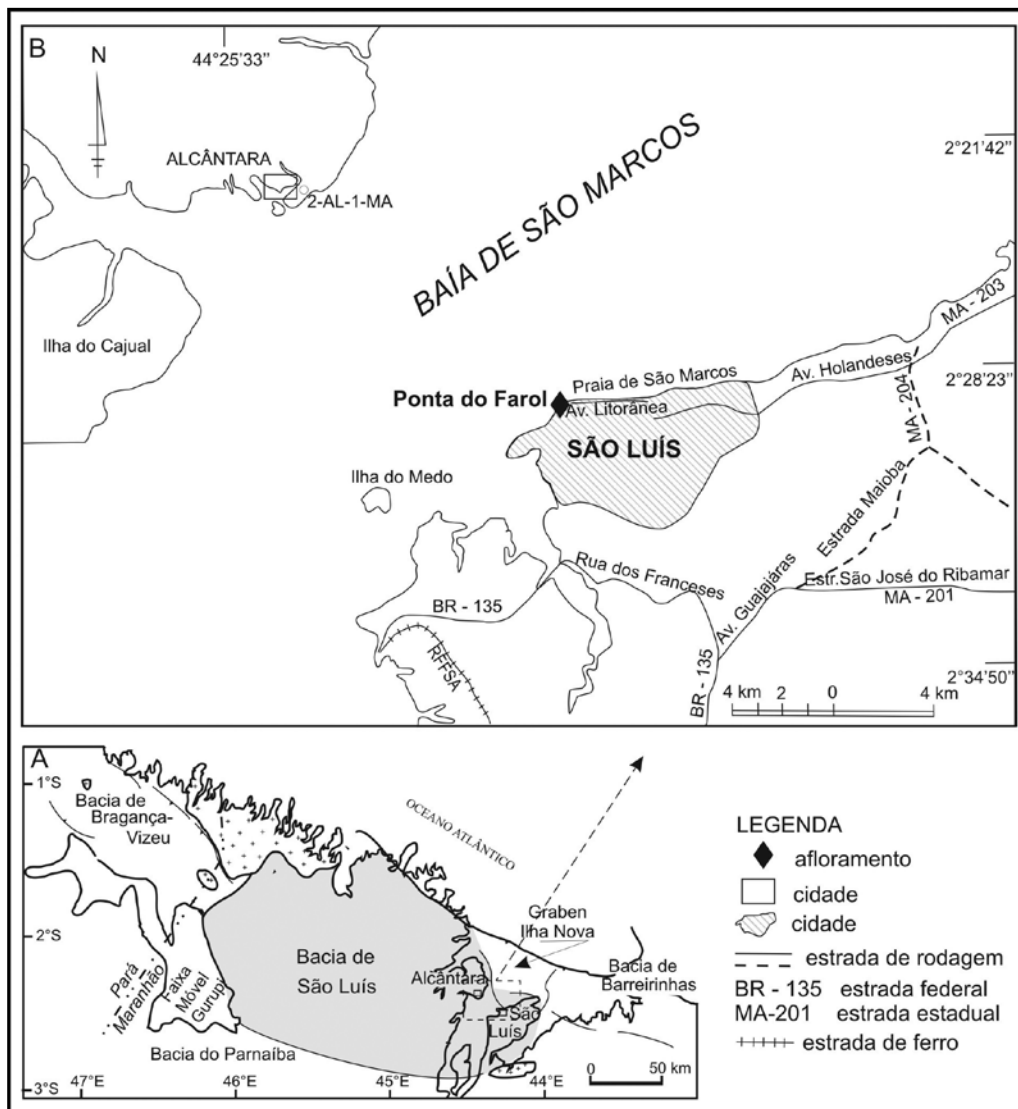


Figura 1. Mapa de localização do afloramento Ponta do Farol, na cidade de São Luís (Maranhão).

‘O afloramento em estudo constitui uma falésia de 20 m de espessura, sendo os 2,4 m da porção inferior correspondente às rochas eocenomanianas da Formação Peria e o restante atribuído à Formação Barreiras (Figura 2). O acesso ao afloramento em estudo pode ser feito pelo mirante localizado na Avenida Litorânea, no Bairro São Marcos em São Luís e encontra-se aproximadamente a 500 m, via praia, em direção oeste onde se encontra o Farol.

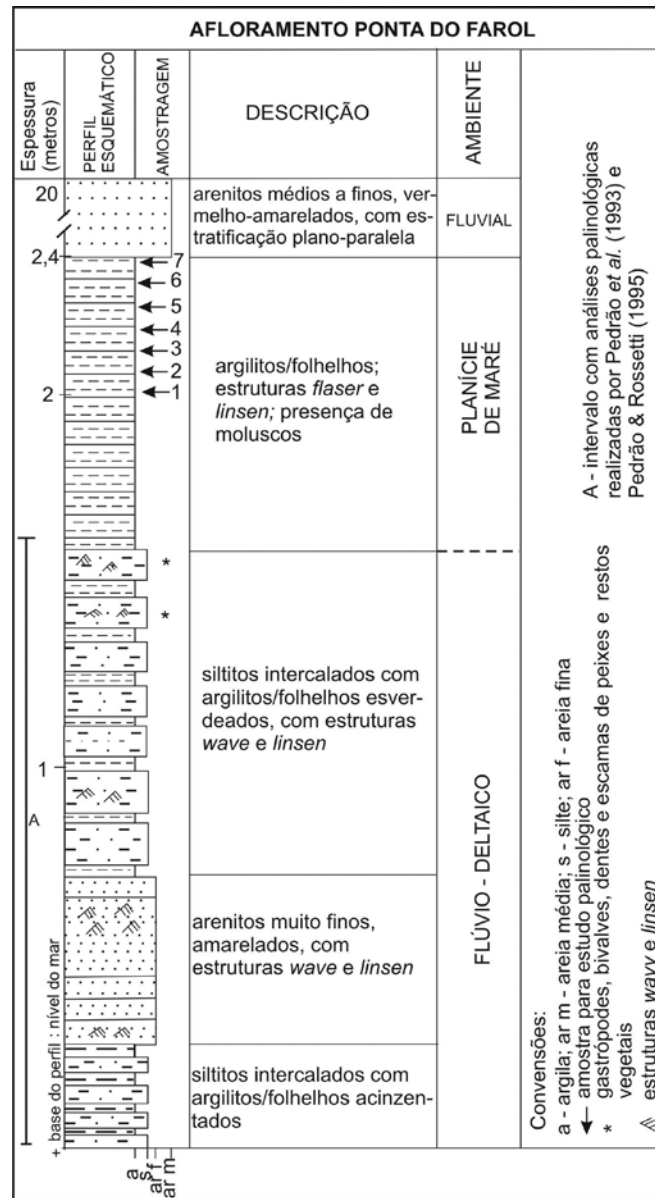


Figura 2. Perfil esquemático do afloramento Ponta do Farol, Praia de São Marcos, cidade de São Luís (MA).

Os depósitos sedimentares expostos nas cercanias de Alcântara, porção norte da Bacia de São Luís, compreendem folhelhos e siltitos, com leitos lenticulares de calcário esbranquiçado, do Cenomaniano, os quais foram tratados sob a denominação informal de Formação Alcântara por Cunha (1968). Esses depósitos cenomanianos foram interpretados como uma fácies continental do Grupo Caju, da Bacia de Barreirinhas (Cunha, 1968) e também como fácies não-marinhas e estuarinas da Formação Itapecuru, da Bacia de São Luís (Klein & Ferreira, 1979).

Nos estudos estratigráficos regionais realizados por Aranha *et al.* (1990), os referidos depósitos cenomanianos foram incluídos na Formação Itapecuru e tratados sob a designação ITA IV, e posteriormente esses foram interpretados por Lima *et al.* (1994) como um prolongamento da

Formação Peraiá, do Grupo Caju, o qual foi definido na Bacia de Barreirinhas (Pamplona, 1969; Feijó, 1994).

As rochas cenomanianas aflorantes na área de Alcântara, com cerca de 35m de espessura, foram inseridas na “Sucessão Inferior” da Formação Itapecuru Superior (Rossetti, 1996a,b). Essa concepção foi modificada por Rossetti & Truckenbrodt (1997, p. 36), que usaram tais rochas juntamente com aquelas aflorantes na área de São Luís para a formalização da Formação Alcântara.

Segundo Zalán (2007), os estratos cenomanianos da Formação Peraiá estão melhor representados na Bacia de Ilha Nova, a qual teve sua formação sobre uma zona de acomodação entre as bacias de São Luís e Barreirinhas. A formação engloba arenitos e folhelhos intercalados com fácies carbonáticas depositados em ambientes costeiros (Aranha *et al.*, 1990, Lima *et al.*, 1994, Pedrão *et al.*, 2002; Zalán, 2007). Com base em fácies litológicas e estruturas sedimentares, Rossetti (1997a,b) e Rossetti *et al.* (2001) reconheceram uma gama de ambientes tais como costeiros, canal de maré e lagunas/leques de transbordamento. O contato da Formação Peraiá com as formações Itapecuru e Areinhas é discordante (Lima *et al.*, 1994; Zalán, 2007).

Com base nos estudos palinológicos realizados em amostras coletadas na porção inferior do afloramento Ponta do Farol foi possível posicionar os estratos no Cenomaniano inferior (Pedrão *et al.*, 1993; Pedrão & Rossetti, 1995). Entre os palinomorfos registrados por Pedrão *et al.* (1993) estão *Elateroplicites africaensis* (com 2 e 4 eláteros), *Elaterosporites* aff. *E. klaszi*, *Galeacornea causea* forma B, *Classopollis major*, *Cretacaeiporites polygonalis*, *Crybelosporites pannuceus*, *Aequitriradites* sp., palinoforaminíferos, escolecodontes entre outros, sendo os espécimes do gênero *Classopollis* predominantes na associação (79,1%). O ambiente deposicional interpretado para a seção estudada foi de planície deltaica com base na litologia e estruturas sedimentares. A presença de palinomorfos marinhos na associação palinológica sugere um ambiente marinho com forte aporte de terrígenos para o nível amostrado.

As associações palinológicas presentes nas amostras analisadas por Pedrão & Rossetti (1995) contêm, além das espécies acima mencionadas, os seguintes palinomorfos continentais: *Afropollis jardinus*, *Cretacaeiporites mulleri*, *Elaterocolpites castelaini* forma A, *Equisetosporites ambiguus*, *Hexaporotricolpites emilianovi*, *Sofrepites legouxae* (2 eláteros). Os palinomorfos marinhos estão representados por *Florentinia* spp., *Oligosphaeridium* aff. *C. complex brevispinum*, *Subtilisphaera cheit* entre outros. Os exemplares do gênero *Classopollis* dominam as associações, perfazendo 62% do total associação. Um ambiente deposicional lagunar com lobos de *washover* e/ou *tidal deltas* foi proposto para as rochas eocenomanianas da área do afloramento Ponta do Farol (Pedrão & Rossetti, 1995; Rossetti *et al.*, 2001).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a análise palinológica foram selecionadas sete amostras, numeradas de 1 a 7, coletadas em um intervalo de 40 cm, logo abaixo dos depósitos da Formação Barreiras (Figura 2). As amostras foram submetidas ao processamento palinológico padrão para rochas cretáceas (Uesugui, 1979), excetuando-se a fase de tratamento com ácido nítrico por apresentarem oxidação incipiente. Esse processamento visa à concentração da matéria orgânica particulada, em especial, dos palinomorfos. A

análise dos palinomorfos e o registro fotográfico foram realizados em microscópio binocular ZEISS – AXIOPLAN, com aumentos de 200 a 1000 vezes.

4. ANÁLISE SEDIMENTAR

A sucessão de rochas do afloramento Ponta do Farol compreende camadas de siltitos intercalados com argilitos/folhelhos acinzentados na porção inferior, que gradam para um pacote de arenito muito fino, amarelado (Figura 2). O intervalo sedimentar que sobrepõe esses arenitos é um conjunto de siltitos intercalados com argilitos e folhelhos, de cor esverdeada, com estruturas *wavy* e *linsen*. Na sua porção superior ocorrem fósseis de gastrópodes, bivalves, restos vegetais, dentes e escamas de peixes. Sobre esse intervalo ocorre um pacote de rochas constituídas por argilitos e folhelhos contendo estruturas *flaser* e *linsen*, com moluscos de ambiente estuarino-marinho litorâneo. Para as rochas compreendidas da base do nível do mar até 1,60 m acima do mesmo, o conjunto litofaciológico indicou um ambiente flúvio-deltaico, enquanto que para o intervalo subsequente, de 1,60 até 2,4 m, foi interpretado um ambiente de planície de maré. As sete amostras selecionadas para o estudo palinológico encontram-se nesse último intervalo estratigráfico.

A parte superior do perfil mostra-se encoberta por sedimentos oriundos do desmonte da falésia, que é constituída por arenitos médios a finos, vermelho-amarelados, com estratificação plano-paralela da Formação Barreiras (Neógeno). A sucessão faciológica sugere um ambiente fluvial (Figura 2).

5. RESULTADOS PALINOLÓGICOS

A associação palinológica é diversificada e entre seus componentes estão palinomorfos continentais representantes de vegetais inferiores (esporos) e superiores (gimnospermas e angiospermas) e elementos marinhos (dinoflagelados, palinoforaminíferos, escolecodontes). O resultado palinológico de cada amostra é apresentado a seguir e a distribuição estratigráfica dos palinomorfos no afloramento é mostrada na figura 3. Nas figuras 4 e 5 encontram-se as fotomicrografias dos principais palinomorfos continentais e marinhos.

AFLORAMENTO PONTA DO FAROL																							
Amostras	Palinomorfos continentais										Palinomorfos marinhos			Cronoestratigrafia									
	<i>Classopollis</i> spp.	<i>Classopollis</i> major	<i>Creteaceipollites polygonalis</i>	Pólen tricolpado paliado	<i>Equisetosporites</i> spp.	<i>Retitricolpites</i> spp.	<i>Elaeterocipites castolairi</i> forma B	Pólen tricolpado com clava	<i>Geleacomea causea</i> B	<i>Scleripites leguizae</i> (2 eláteros)	<i>Elaeteroplicites africanaensis</i> (2 elát.)	<i>Cicatricosporites</i> spp.	<i>Elaeterosporites</i> aff. <i>E. klaszi</i>		<i>Steevepollenites</i> spp.	<i>Equisetosporites ambiguaus</i>	<i>Gretaceapollenites</i> spp.	<i>Creteaceipollites scabraulus</i>	Palinoforaminífero	Dinoflagelado corado	Escolecodonte	<i>Oligosphaeridium</i> sp.	Dinoflagelado proximado
7	sem recuperação													?									
6																		1					
5	39	1	1	1															1				
4	139	1			2	1	1	1	1	1	1								6	4	2		2
3											1												
2	34	1											1	1	1	1			51			1	
1	41				1																		

Figura 3. Tabela de distribuição estratigráfica dos palinomorfos (continentais e marinhos).

Amostra 1 (lâmina palinológica n°. 9308264). Associação palinológica relativamente pobre. Os palinomorfos continentais estão representados por *Classopollis classoides* Pflug 1953, *Cretacaeiporites scabratus* Herngreen 1973, *Equisetosporites* spp. e *Gnetaceapollenites* spp. Foram reconhecidos palinomorfos marinhos (palinoforaminíferos). Os exemplares do gênero *Classopollis* predominam na associação.

Amostra 2 (lâmina palinológica n°. 9308265). A associação palinológica é composta por *Classopollis classoides*, *Classopollis major* Groot & Groot 1962, *Elaterosporites* aff. *E. klaszi* Jardiné 1967, *Equisetosporites ambiguus* Hedlung 1966, *Gnetaceapollenites* spp. E *Steevesipollenites* spp. Entre os palinomorfos marinhos estão os palinoforaminíferos e cisto de dinoflagelados (provável *Oligosphaeridium*). Os palinoforaminíferos predominam na associação, sendo também frequentes exemplares de *Classopollis*.

Amostra 3 (lâmina palinológica n°. 9308266). O resíduo orgânico é raro, sendo identificado apenas um exemplar de esporo trilete atribuído ao gênero *Cicatricosisporites*.

Amostra 4 (lâmina palinológica n°. 9308267). O conteúdo palinológico é rico, possibilitando a identificação das seguintes espécies: *Classopollis classoides*, *Classopollis major*, *Elateroplicites africaensis* (2 eláteros) Herngreen 1974, *Elaterocolpites castelaini* forma B Jardiné & Magloire 1965, *Equisetosporites* spp., *Galeacornea causea* forma B Jardiné 1967, *Retitricolpites* sp. e grãos de pólen tricolpados ornamentados com clavas. Os palinomorfos marinhos estão representados por dinoflagelados proximados e corados, palinoforaminíferos e escolecondontes. O gênero *Classopollis* domina a associação.

Amostra 5 (lâmina palinológica n°. 9308268). A associação palinológica está representada por *Classopollis* sp., *Classopollis major*, *Cretacaeiporites polygonalis* Herngreen 1973, pólen tricolpado liso e palinomorfo marinho (palinoforaminífero).

Amostra 6 (lâmina palinológica n°. 9308269). A amostra apresentou-se com raro resíduo orgânico, possibilitando a identificação de apenas um fragmento de palinomorfo, atribuído com incerteza à palinoforaminífero.

Amostra 7 (lâmina palinológica n°. 9308270). A amostra apresentou-se com raro resíduo orgânico e não foram recuperados palinomorfos da mesma.

Na associação palinológica recuperada do intervalo amostrado no afloramento Ponta do Farol estão presentes as seguintes espécies com valor cronoestratigráfico: *Elateroplicites africaensis* (2 eláteros), *Classopollis major*, *Elaterocolpites castelaini* forma B e *Galeacornea causea* forma B. Com base no nível de extinção dessas espécies reconhecidas na Bacia de Barreirinhas (Regali *et al.*, 1985), conclui-se que as rochas do intervalo amostrado do afloramento Ponta do Farol estão posicionadas no Cenomaniano inferior. Este resultado vem ao encontro daqueles registrados em níveis estratigráficos inferiores do referido afloramento (Pedrão *et al.*, 1993; Pedrão & Rossetti, 1995). A associação palinológica das amostras analisadas sugere um ambiente deposicional marinho com aporte de terrigenos, corroborando as informações anteriores.

O gênero *Classopollis* apresenta altos percentuais, entre 42 e 87%, nas amostras analisadas. Resultado similar foi constatado nas amostras analisadas nos níveis estratigráficos inferiores (62-79,1%) do afloramento Ponta do Farol (Pedrão *et al.*, 1993; Pedrão & Rossetti, 1995). A abundância de *Classopollis*, tipo polínico produzido por gimnospermas da família Cheirolepidiaceae, sugere proximidade da linha de costa e condições climáticas quentes e áridas (Vakrameev, 1970; Lima,

1978; Herngreen *et al.*, 1996). Dessa forma, com base nas altas porcentagens de *Classopollis* é possível sugerir a ocorrência do desenvolvimento de uma paleoflora constituída principalmente pela família Cheiropodiaceae nas cercanias do sítio deposicional. Esta palinoflora teria se desenvolvido próximo a linha de costa, sob condições climáticas áridas e quentes.

6. CONCLUSÃO

De acordo com as análises palinológica e sedimentar foi possível determinar que as rochas do intervalo estudado da Formação Peria, foram depositadas durante o Eocenomaniano, num paleoambiente de planície de maré e sob condições paleoclimáticas quentes e áridas. Essas informações corroboram aquelas obtidas em estudos anteriores.

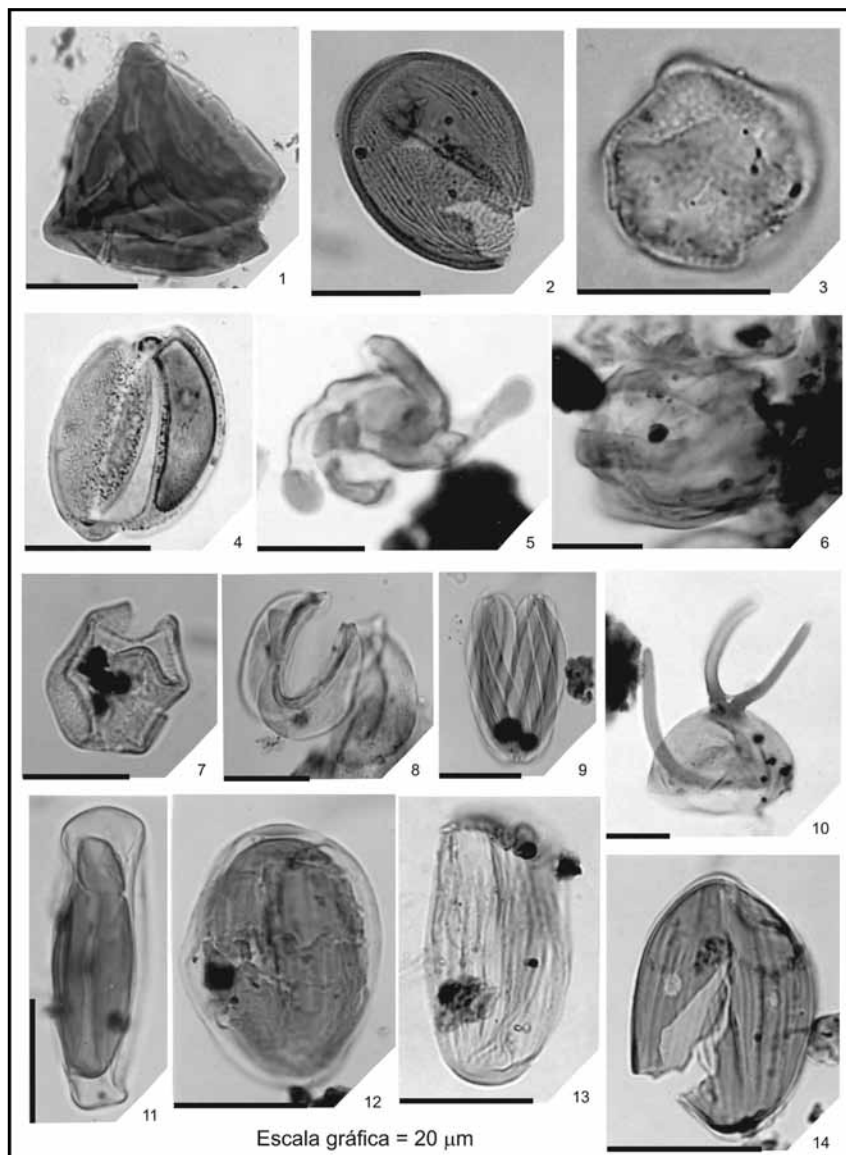


Figura 4. Fotomicrografias de palinomorfos continentais do afloramento Ponta do Farol. 1. *Cicatricosisporites* sp. (Amostra 3), vista polar da face distal do esporo trilete de pteridófito. 2. *Classopollis major* (Amostra 5), pólen de gimnosperma

em vista polar. 3. *Cretacaeiporites scabratus* (Amostra 1), pólen periporado de angiosperma. 4. *Sofrepites legouxae* (2 eláteros) (Amostra 4), pólen elaterado, em vista equatorial, de gimnosperma. 5. *Elaterocolpites castelaini* forma B (Amostra 4), pólen elaterado, em vista polar, de gimnosperma. 6. *Elaterocolpites africaensis* (2 eláteros) (Amostra 4), pólen elaterado de gimnosperma. 7. *Cretacaeiporites polygonalis* (Amostra 5), pólen periporado de angiosperma. 8. *Galeacornea causea* forma B (Amostra 4), pólen elaterado. 9-14: grãos de pólen poliplicados, em vista lateral, de gimnosperma. 9. *Gnetaceapollenites* sp. (Amostra 2), vista equatorial. 10. *Elaterosporites* aff. *E. klaszi* (Amostra 2), vista equatorial. 11. *Equisetosporites ambiguus* (Amostra 2). 12. *Equisetosporites ambiguus* (Amostra 4). 13. *Equisetosporites* sp. (Amostra 2). 14. *Equisetosporites multistriatus* (Amostra 4).

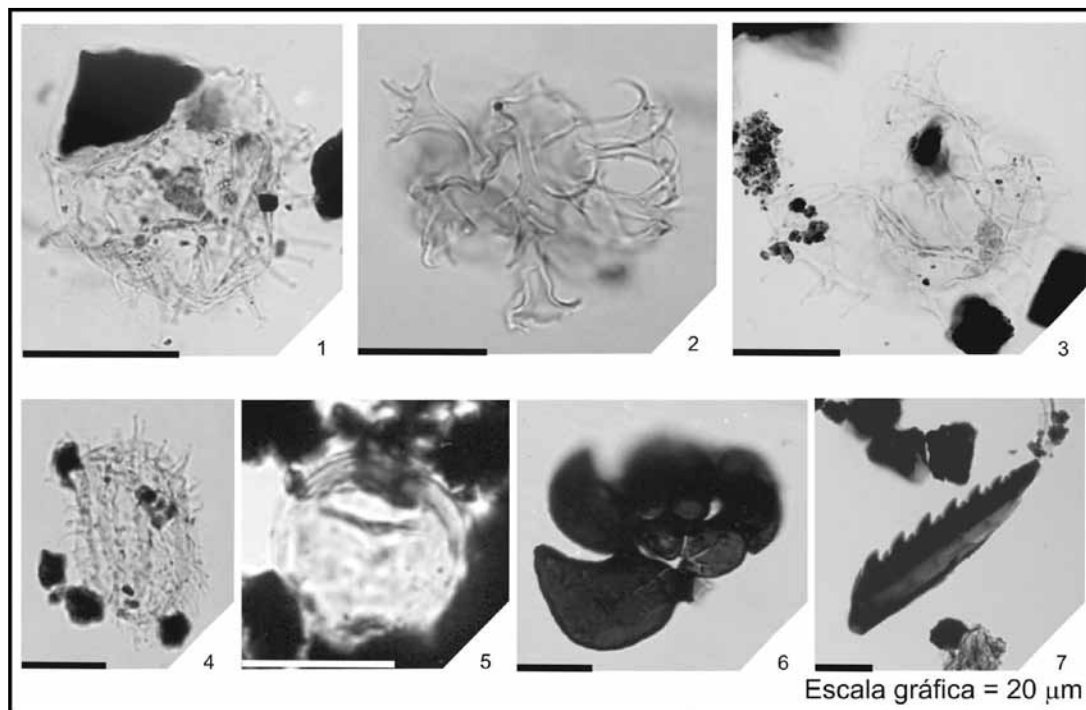


Figura 5. Fotomicrografia de palinóforos marinhos do afloramento Ponta do Farol. 1-4: Protistas. 1, 3 e 4: Dinoflagelados proximados (Amostra 4). 2. *Oligosphaeridium* sp.? (Amostra 2), dinoflagelado corado. 5. Dinoflagelado indeterminado (Amostra 4). 6. Palinoforaminífero (Amostra 2), organismo unicelular. 7. Escolecodonte (Amostra 4), elemento do aparelho mandibular de anelídeos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANHA, L.G.F.; LIMA, H.P.; SOUSA, J.M.P.; MAKINO, R.K. & FIGUEIRAS, J.M. 1990. Origem e evolução tectônica e sedimentar das bacias de Bragança-Viseu, São Luís e Ilha Nova. In: GABAGLIA, G.P.R. & MILANI, E.J. (Eds.). *Origem e evolução de bacias sedimentares*, Rio de Janeiro: Editora Gávea: R. Redisch Programa Visual Produção Gráfica e Editoração. PETROBRAS, p. 221-234.
- AZEVEDO, R.P. 1991. *Tectonic evolution of Brazilian equatorial continental margin basins*. Londres: Royal School of Mines Imperial College, (Ph. D – unpublished), 412p.

- CUNHA, F.M.B. 1968. Fotointerpretação da Bacia de São Luís – Maranhão. PETROBRAS/DENOR, Belém, Relatório interno, 22 p.
- FEIJÓ, F.J. 1994. Bacia de Barreirinhas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8(1): 103-109
- GÓES, A.M. & ROSSETTI, D.F. 2001. Gênese da Bacia de São Luís–Grajaú, Meio-Norte do Brasil. In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M. & TRUCKENBRODT, W. (Eds.). *O Cretáceo na Bacia de São Luís–Grajaú*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi (Coleção Friedrich Katzer), p. 47-66.
- GROOT, J.J. & GROOT, C.R. 1962. Plant microfossils from Aptian, Albian and Cenomanian deposits of Portugal. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 46: 133-171.
- HEDLUNG, R.W. 1966. Palynology of the Red Branch member of the Woodbine Formation (Cenomanian) Bryan County, Oklahoma. *Bulletin Oklahoma Geological Survey*, 112: 1-69.
- HERNGREEN, G.F.W. 1973. Palynology of Albian–Cenomanian strata of borehole 1-QS-1-MA, state of Maranhão, Brasil. *Pollen et Spores*, 15(3-4): 515-555.
- HERNGREEN, G.F.W. 1974. Middle Cretaceous palynomorphs from Northeastern Brazil. Results of a palynological study of some boreholes and comparison with Africa and the Middle East. *Sciences Géologiques Bulletin*, Strasbourg, 27(1-2): 101-116.
- HERNGREEN, G.F.W.; KEDVES, M.; ROVNINA, L.V. & SMIRNOVA, S.B. 1996. Chapter 29. Cretaceous palinoflora provinces: a review. In: JANSONIUS, J. & MCGREGOR, D.C. (Eds.). *Palynology: principles and applications*; American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 3: 1157-1188.
- JARDINÉ, S. 1967. Spores à expansions em forme d'élátères du Crétacé moyen d'Afrique Occidentale. *Review of Paleobotany and Palynology*, 1: 235-258.
- JARDINÉ, S. & MAGLOIRE, L. 1965. Palynologie et Stratigraphie des bassins du Senegal et de Cote d'Ivoire. *Bureau de Recherches géologiques et Minières*, 32: 187-245.
- KLEIN, V.C. & FERREIRA, C.S. 1979. Paleontologia e estratigrafia de uma fácies estuarina da Formação Itapecuru, estado do Maranhão. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 51(3): 523-533.
- LIMA, H.P.; ARANHA, L.G.F. & FEIJÓ, F.J. 1994. Carta estratigráfica das bacias de Bragança-Viseu, São Luís e Gráben de Ilha Nova. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, 8(1): 111-116.
- LIMA, M.R. 1978. *Palinologia da Formação Santana, Cretáceo do nordeste do Brasil*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado. 335p.

- PAMPLONA, H.R.P. 1969. Litoestratigrafia da Bacia Cretácea de Barreirinhas. *Boletim Técnico da PETROBRAS*, 12(3): 261-290.
- PEDRÃO, E. 1995. *Palinoestratigrafia e evolução paleoambiental de rochas sedimentares aptianas-cenomanianas das bacias de Bragança-Viseu e São Luís (margem equatorial brasileira)*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, 225p.
- PEDRÃO, E. & ROSSETTI, D.F. 1995. *Afloramento da praia de São Marcos (Formação Itapecuru, Bacia de São Luís): estudos de fácies litológicas e palinológicas*. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES (comunicação interna).
- PEDRÃO, E.; ARAI, M.; CARVALHO, I.S. & SANTOS, M.H.B. 1993. Palinomorfos cenomanianos da Formação Itapecuru - análise palinológica do afloramento da Ponta do Farol, Município de São Luís (MA). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 13, São Leopoldo, 1993. *Resumos*, São Leopoldo, UNISINOS, p.61.
- PEDRÃO, E.; LIMA, H.P.; MAKINO, R.K. & BARRILARI, I.M.R. 2002. Palinoestratigrafia e evolução ambiental da seção cretácea das bacias de Bragança-Viseu e São Luis (margem equatorial brasileira). *Acta Geológica Leopoldensia*, XXV(54): 21-39.
- PFLUG, H.D. 1953. Zur Entstehung und Entwicklung des angiospermiden Pollens in der Erdgeschichte. *Palaeontographica, Abteilung B*, 95: 60-171.
- REGALI, M.S.P.; UESUGUI, N. & LIMA, E.C. 1985. Palinoestratigrafia e Paleoambiente da Bacia de Barreirinhas, Maranhão, Brasil. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Série Geologia n. 27, Seção de Paleontologia e Estratigrafia n.2, Coletânea de Trabalhos Paleontológicos. Brasília. p. 461-470.
- ROSSETTI, D.F. 1996a. Sequence stratigraphic significance of two estuarine valley fills: the upper Itapecuru Formation in the São Luís basin, Northern Brazil. *Acta Geológica Leopoldensia*, XIX(43): 111-125.
- ROSSETTI, D.F. 1996b. Depositional evolution of the São Luís Basin, northern Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, Salvador, 1996. *Anais*. Salvador, SBG, 1: 187-188.
- ROSSETTI, D.F. 1997a. Internal architecture of mixed tide- and storm-influenced deposits: an example from the Alcântara Formation, northern Brazil. *Sedimentary Geology*, 114: 163-188.
- ROSSETTI, D. F. 1997b. Facies analysis of the Lower Succession of the Upper Itapecuru Formation, São Luís Basin, northern Brazil. In: COSTA, M. L. & ANGÉLICA, R. (Eds.) *Contribuições à Geologia da Amazônia*. Belém, Falangola, p.241-284.

- ROSSETTI, D.F. 2001. Arquitetura deposicional da Bacia de São Luís-Grajaú. *In*: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M. & TRUCKENBRODT, W. (ed.). *O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi (Coleção Friedrich Katzer), p. 31-46.
- ROSSETTI, D.F. & TRUCKENBRODT, W. 1997. Revisão estratigráfica para os depósitos do Albiano-Terciário inferior (?) na Bacia de São Luís, Maranhão. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi*, Série Ciências da Terra 9, p. 29-41
- SANTOS, M.E.C.M. & CARVALHO, M.S.S. 2009. *Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís*. 1ª edição, Rio de Janeiro, Centro de Pesquisa de Recursos Minerais/ Serviço Geológico do Brasil, DGM/DIPALE, 215 p.
- SOARES JÚNIOR A.V.; COSTA, J.B.S. & HASUI, Y. 2008. Evolução da margem atlântica equatorial do Brasil: três fases distensivas. São Paulo, UNESP, *Geociências*, 27(4):427-437.
- UESUGUI, N. 1979. Palinologia: técnica de tratamento de amostras. *Boletim técnico da PETROBRAS*, 22(4): 229-240.
- VAKRAMEEV, V.A. 1970. Range and paleoecology of Mesozoic conifers, the Cheirolepidiaceae. *Paleontology Journal*, 41: 11-25.
- ZALÁN, P.V. 2007. Bacias de Bragança-Viseu, São Luís e Ilha Nova. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, 15(2): 341-345.