



**Registro de Cutículas com Estômatos em Associação
Palinológica da Formação Itapecuru (Albiano), Bacia do Parnaíba, Brasil**
Stomata Cuticles in Palynological Assemblage of the
Albian Itapecuru Formation, Parnaíba Basin, Brazil

Neila Nunes Ferreira¹; Elizabete Pedrão Ferreira² & Ismar de Souza Carvalho³

¹ Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde,
Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, 65080-805, São Luís/MA.

² Petrobras/Cenpes, Gerência de Bioestratigrafia e Paleoecologia,
R. Horácio Macedo, 950, Ilha do Fundão, 21941-915, Rio de Janeiro/RJ.

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geologia,
Av. Athos da Silveira Ramos, 274, CCMN, 21910-200, Rio de Janeiro/RJ.

E-mails: neilanunespaleo@gmail.com; elizabete@petrobras.com.br; ismar@geologia.ufrj.br

Recebido em: 12/09/2012 Aprovado em: 6/07/2013

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2013_2_16_24

Resumo

Fragmentos cuticulares com estômatos foram identificados durante a análise palinológica de rochas siliciclásticas albianas da Formação Itapecuru, da Bacia do Parnaíba. Essas rochas afloram na margem esquerda do rio Itapecuru, no povoado de Querru na cidade de Itapecuru-Mirim (Estado do Maranhão), onde se intercalam arenitos, folhelhos e argilitos depositados em ambiente flúvio-lacustre. Alguns fragmentos cuticulares com estômatos de padrões anomocíticos, laterocíticos e estefanocíticos foram identificados. Esses três padrões sugerem o desenvolvimento de plantas hidrófitas, higrófitas, mesófitas e xerófitas nas cercanias do sítio deposicional. Associados a estes complexos encontram-se tricomas dos morfotipos simples (delgado ou robusto) e em forma de Y.

Palavras-chave: cutículas com estômatos; tricomas; Formação Itapecuru; Bacia do Parnaíba

Abstract

During the Albian siliciclastic rock palynological analyses which correspond to Itapecuru Formation, Parnaíba basin were registered stomata cuticle fragments. These deposits outcrop in the left margin of the Itapecuru River in Querru Village, Itapecuru Mirim city (Maranhão state), where are interbedded sandstones, shales and claystones deposited in lacustrine environment with fluvial influence. Some stomata cuticle fragments represented by anomocytic, laterocytic and stephanocytic complexes are identified. These three complexes suggest development of hydrophyte, hygrophyte, mesophyte and xerophyte plants near of the deposition site. Trichomes of the Y-form and robust or thin simple morphotypes are associated to complexes.

Keywords: stomata cuticles; trichomes; Itapecuru Formation; Parnaíba Basin

1 Introdução

A cutícula é a camada com cutina e cera encontrada na parede externa da epiderme, a qual reveste todas as porções aéreas da planta diretamente envolvidas na fotossíntese. A cutícula tem como função o retardo da perda de água e as trocas de gases (oxigênio e gás carbônico) entre a planta e o ar circundante. Essas funções, necessárias tanto para a fotossíntese quanto para a respiração, são realizadas pelos estômatos (do grego: *stoma*, boca), que se abrem e se fecham em resposta a mudanças ambientais e fisiológicas. O estômato corresponde a uma pequena abertura circundada por um par de células-guarda na cutícula da epiderme de folhas e caules (Raven *et al.*, 2007).

Registros cuticulares com estômatos vêm sendo reportados tanto em espécimes vegetais atuais (Lleras, 1977 a, b; Prabhakar, 2004) quanto em fósseis (Barclay *et al.*, 2007) e usados em estudos taxonômicos e (paleo)ecológicos. No Brasil, o registro fossilífero de cutícula com estômatos é assinalado em depósitos do Paleozoico. Como exemplo, citam-se os estudos de cutículas de compressões carbonificadas de Glossopteridales do Gondwana brasileiro, cujos padrões foram usados para a identificação de gêneros dessa categoria de plantas (Klippel & Guerra-Sommer, 1984). Schmidt *et al.* (2011) compararam as frequências estomáticas de folhas compressivas de rochas eopermianas da Bacia do Paraná e relacionaram os dados com a variação na concentração de CO₂ da paleoatmosfera.

Em relação a seções cretáceas menciona-se o estudo de Sucerquia & Bernardes-de-Oliveira (2009) na Formação Crato, de idade neoaptiana, da Bacia do Araripe. Estes autores, com base em estômatos afundados e outros caracteres morfológicos presentes em Cheirolepidiaceae, interpretaram condições xerofíticas. Braz & Bernardes-de-Oliveira (2010) relacionaram um espécime de ramo folioso encontrado na Bacia do Araripe à Ephedraceae, com base em parâmetros da forma de crescimento, filotaxia e tipo de estômatos.

O presente estudo tem por objetivo registrar alguns fragmentos cuticulares com estômatos encontrados durante a análise palinológica realizada para a caracterização bioestratigráfica e interpretações paleoambientais de estratos aflorantes da Formação Itapecuru (Albiano, Cretáceo Inferior), na Bacia do Parnaíba.

2 Formação Itapecuru

A Formação Itapecuru ocupa grande extensão geográfica, abrangendo várias bacias sedimentares (Parnaíba, São Luís, Bragança-Viseu e Ilha Nova) no norte do Brasil (Figura 1).

Essa formação, na Bacia do Parnaíba, alcança espessura de até 750 m em subsuperfície (Caputo, 1984), e é composta predominantemente por arenitos e siltitos, e subordinadamente por pelitos e arenitos conglomeráticos (Vaz *et al.*, 2007). Os sedimentos foram depositados em ambientes estuarinos, fluviais, flúvio-deltaicos, lagunares, planícies de maré, canais fluviais e litorâneos (Rossetti *et al.*, 2001; Pedrão *et al.*, 2002; Vaz *et al.*, 2007).

A deposição da Formação Itapecuru ocorreu entre o Neo-aptiano e Neo-albiano, e recobre discordantemente as formações Grajaú e Codó, de idade neo-aptiana (Pedrão *et al.*, 1996).



Figura 1 Mapa de localização do afloramento Querru (MA) da Formação Itapecuru, Bacia do Parnaíba.

2.1 Perfil Querru: Descrição Sedimentológica

O material cuticular, foco deste trabalho, foi recuperado de rochas aflorantes da Formação Itapecuru na margem esquerda do rio Itapecuru (coordenadas W 44° 19' 14", S 3° 14' 22", datum Sirgas

2000), na localidade de Querru cerca de 30 km do distrito de Itapecuru-Mirim, no Estado do Maranhão (Figura 1). O acesso ao afloramento foi realizado por via fluvial em 1992 e no período de seca.

Foram reconhecidas duas fácies (Figura 2), sendo as litofácies F2a e F2b, com aproximadamente 4,3 m de espessura, pertencentes à Formação Itapecuru. Na litofácies F2a estão reunidos arenitos quartzosos, de granulometria fina/média, com grande quantidade de palhetas de muscovita, e argilitos maciços e folhelhos com coloração cinza escura. Entre as feições sedimentares observadas nos arenitos estão laminações plano-paralelas, marcas de onda, *climbing ripples* e *flaser*. Restos vegetais são comuns em alguns níveis. Esse conjunto litológico e de estruturas sedimentares possibilitam interpretar um ambiente lacustre com influxos fluviais.

A litofácies F2b inclui arenitos quartzosos, de granulometria fina/média, com coloração avermelhada, com estratificações cruzadas acanaladas e tabulares de baixo ângulo, e com os *sets* variando de 0,5 a 1 metro de espessura. Tais características são indicativas da presença de processos sedimentares trativos e suspensivos. A litofácies F2b foi interpretada como um lobo de suspensão, refletindo uma forte influência fluvial em ambiente lacustre. Segundo os critérios litológicos e de estruturas sedimentares apresentados em Press *et al.* (2006) pode-se interpretar um ambiente de depósitos de rios meandrantés para essa litofácies.

A Formação Itapecuru está recoberta discordantemente pela litofácies Q, com 2,7 m de espessura e considerada da Formação Barreiras. Esse pacote, por sua vez, é recoberto por uma camada de solo, de aproximadamente 1 m de espessura. A litofácies Q é caracterizada por areias grossas, com seixos de quartzo bem arredondados (diâmetro médio de 1 cm) intercalados com areias quartzosas de granulometria fina/média e de coloração avermelhada. Em geral, a geometria das camadas é tabular e as principais estruturas sedimentares são estratificações cruzadas acanaladas e tabulares. Com base nessas características interpretou-se que os sedimentos desta litofácies foram depositados em ambientes fluviais.

2.2 Perfil Querru: Bioestratigrafia

Com base nos estudos palinológicos em uma amostra de argilito (Figura 2) do povoado de Querru, Ferreira *et al.* (2011) reconheceram a Zona

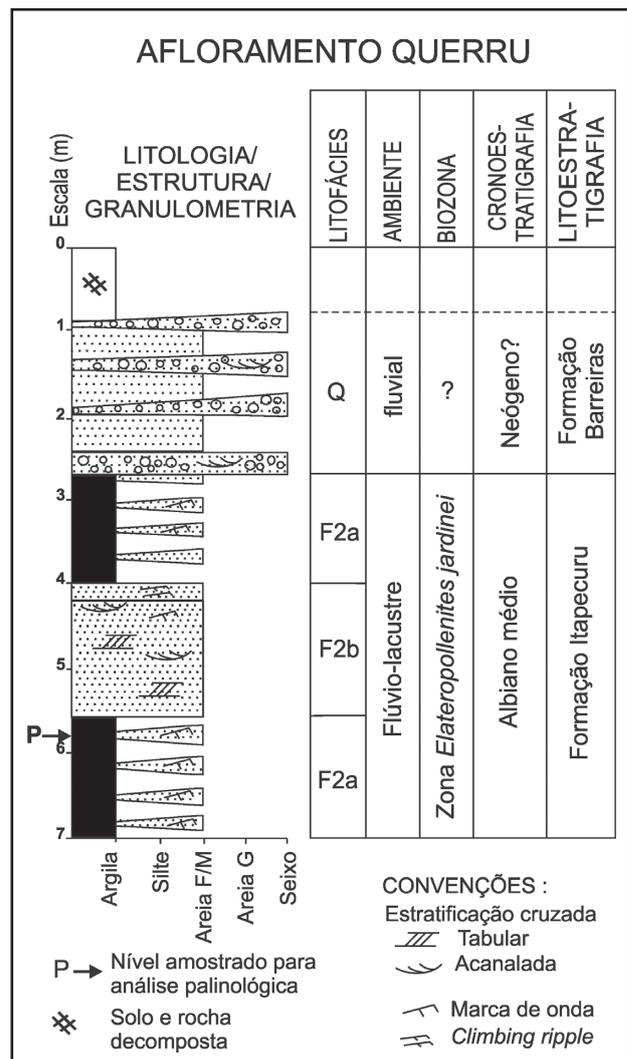


Figura 2 Descrição litológica do afloramento, bioestratigrafia e interpretação paleoambiental.

Elateropollenites jardinei definida por Regali *et al.* (1974), do Albiano médio. Esta biozona foi também registrada em seções de poços exploratórios da Bacia do Parnaíba (Pedrão *et al.*, 1996). Esse resultado possibilitou correlacionar estratigraficamente as rochas do afloramento com a porção média da Formação Itapecuru, segundo a concepção de divisão litoestratigráfica apresentada em Pedrão *et al.* (2002).

A associação palinológica é dominada por *Crybelosporites/Perotrilites*, *Afropollis jardinus* Doyle, Jardiné & Doerenkamp 1982/*Afropollis* aff. *A. jardinus* Doyle, Jardiné & Doerenkamp 1982/Complexo *Afropollis*, *Elaterosporites protensus* (Stover 1963) Jardiné 1967, *E. verrucatus* (Jardiné

& Magloire 1965) Jardiné 1967 e *E. klaszi* (Jardiné & Magloire 1965) Jardiné 1967.

Na associação ocorrem também subordinadamente *Araucariacites australis* Cookson 1947, *Classopollis* spp., *Elaterocolpites castelainii* Jardiné & Magloire 1965, *E. castelainii* (Jardiné & Magloire 1965) forma B Jardiné 1967, *Equisetosporites ambiguus* Hedlund 1966, *E. strigatus* (Brenner 1968) Lima 1978, *Gnetaceaepollenites barghoornii*, *G. irregularis* (Herngreen 1973) Lima 1980, *G. jansonii*, *Mystheria oleopotrix* Regali & Sargeant 1986, *Singhia montanaensis* (Brenner 1968) Lima 1978, *Steevesipollenites alatiformis* Regali, Uesugui & Santos 1974, *S. dayani* Brenner 1968 e *Stellatopollis* spp.

Com base nessa associação interpretou-se um ambiente deposicional continental para o nível amostrado, além de uma correlação com a Província Paleoflorística de Elaterados do Albiano-Cenomaniano caracterizada por Herngreen *et al.* (1996), onde vigoravam condições climáticas quentes (tropicais), áridas a semiáridas, e localmente úmidas.

3 Materiais e Métodos

3.1 Processamento para Análise Palinológica

Os fragmentos de cutículas com estômatos foram observados em uma amostra registrada com o número 0103437 e preparada no Laboratório de Palinologia da Gerência de Bioestratigrafia e Paleocologia do Cenpes/Petrobras (Rio de Janeiro, RJ).

O processamento para estudo palinológico de rochas cretáceas para análise bioestratigráfica inclui a maceração da rocha através de várias etapas químicas, visando à concentração de palinomorfos (Uesugui, 1979). O processamento inclui várias etapas. A amostra, de 40 gramas, foi macerada e submetida aos ácidos clorídrico e fluorídrico para eliminação de carbonatos e silicatos, com sucessivas neutralizações intercaladas em cada uma das etapas. A parte orgânica obtida foi separada por cloreto de zinco (densidade $1,95 < \delta < 2$), seguindo-se etapas de peneiramento, utilizando-se respectivamente malhas de 200 e 10 micrômetros. Posteriormente, a amostra foi lavada com hidróxido de potássio. Não foi usado ácido nítrico, uma vez que a amostra evidenciou oxidação incipiente.

Para a confecção da lâmina palinológica foi utilizada uma gota da solução do resíduo orgânico, resultante do processamento, com uma gota de

goma de acácia e, em seguida, homogeneizadas e espalhadas sobre uma lamínula, a qual estava fixada sobre a chapa aquecedora a 50°C. Após a secagem da lamínula, utilizou-se a cola Adesiva UV para fixá-la sobre a lâmina e posteriormente foram levadas ao fluoroscópio por uma hora e meia para a secagem.

Entretanto, o processamento utilizado para recuperação cuticular provenientes de microfósseis em rochas sedimentares difere daquele utilizado no presente estudo, o qual está direcionado para análise de microfósseis (palinomorfos). No primeiro contexto, basicamente a extração de cutículas dos sedimentos envolve a sua retirada com pincel fino/estilete e maceração em solução de Schulze, composta por ácido nítrico concentrado e solução saturada de clorato de potássio em partes iguais (Fittipaldi & Rösler, 1982).

O estudo e o registro fotográfico das cutículas com estômatos foram realizados sob luz branca transmitida, em microscópio biológico binocular, marca ZEISS, com aumento variável de 200 a 1000 vezes, com câmera digital AxionCam MRc- ZEISS.

3.2 Critérios para Análise das Cutículas

Para a descrição e classificação dos complexos estomáticos utilizaram-se as propostas de Lleras (1977a), que abordou estômatos em briófitas e pteridófitas atuais, Prabhakar (2004) e Camargo (2009), cujo propósito foram as angiospermas modernas. Prabhakar (2004) focou problemas da estrutura, delimitação, nomenclatura e classificação de estômatos no geral, enquanto Camargo (2009) relatou as características estomáticas em espécies arbóreas na Amazônia Central.

Como o material em estudo é proveniente de rocha albiana, foi considerada a revisão de critérios e nomenclaturas para estômatos fósseis realizada por Barclay *et al.* (2007). Por outro lado, as dimensões aferidas para estômato (comprimento e largura das células-guarda, e poro estomático no eixo maior do diâmetro) seguiram os critérios e denominações apresentados por Fanton *et al.* (2006).

A classificação dos tricomas foi fundamentada nos parâmetros em espécimes fósseis indicados em Arai & Duarte (2010), onde estabeleceram subtipos utilizando características secundárias, tais como: morfologia das extremidades das ramificações e curvatura.

4 Resultados

O material cuticular do afloramento Querru exibe um bom estado de preservação, apesar dos poucos fragmentos recuperados da lâmina preparada para estudo palinológico. Isto viabilizou uma descrição dos caracteres morfológicos dos estômatos e dos tricomas (Figuras 3-4).

Foram reconhecidos aparatos estomáticos compostos por células subsidiárias, variando de 4-6, comumente 6, conformando complexos de três tipos: anomocítico, laterocítico e estefanocítico. Entretanto, alguns exemplares, apesar da presença do estômato e células subsidiárias, apresentam baixa preservação, o que dificultou a observação das suas relações com as células epidérmicas (Figuras 3D; 4E; 4K-L).

4.1 Complexo Estomático Anomocítico

O aparelho estomático anomocítico apresenta arranjo caracterizado por cinco ou mais células subsidiárias, as quais são indistintas das outras células epidérmicas (Figuras 3A-C; 3E-M; 4A-B; 4D; 4G-H; 4J). As células subsidiárias são poligonais, sub-retangulares, subquadrangulares ou subtriangulares e algumas dessas são compartilhadas pelos padrões estomáticos adjacentes (Figuras 3J; 3L; 4A; 4D; 4J). Schmidt *et al.* (2011) documentaram compartilhamento semelhante em espécimes de cutículas fósseis procedentes de rochas do Permiano inferior da Bacia do Paraná.

Os estômatos do aparato anomocítico são compostos por um par de células-guarda e um poro estomático (ostíolo), medindo de 22 a 40 μm de comprimento e de 10 a 24 μm de largura. Os estômatos mostram-se orientados (Figuras 3A-C; 3E; 3J; 4A; 4D; 4G-H) ou aleatoriamente dispostos (Figuras 3L; 4J). Na maioria das cutículas analisadas, os estômatos aparecem no mesmo nível das células epidérmicas (Figuras 3A-C; 3E-I; 3L-M; 4A-B; 4D; 4J) ou são emergentes em relação às mesmas (Figuras 3J-K; 4G-H). As células-guarda desses estômatos são reniformes apresentando ostíolos cujas dimensões no eixo maior variam de <1 μm a 12 μm . Alguns exemplares desse tipo de complexo exibem polimorfismos quanto às dimensões dos diferentes tipos de estômatos que os compõem (Figuras 3A-B; 3E; 3J; 3L; 4A; 4G-H; 4J).

Nas cutículas com os aparelhos anomocíticos foram identificados tricomas (ou apêndices

epidérmicos), pertencentes ao morfotipo básico de tricoma simples. Estes estão localizados nas células-guarda, células subsidiárias e nas demais células epidérmicas. Os tricomas simples apresentam características secundárias que permitem reconhecer os subtipos conforme critérios apresentados por Arai & Duarte (2010): delgado e robusto e com os subtipos podendo ser reto, recurvado e sinuoso. A maioria dos exemplares apresenta dois a três tipos diferentes de tricomas. As extremidades dos tricomas referidos possuem formas pontiagudas ou arredondadas, com exceção de alguns exemplares das figuras 3A-C, 3H-I, 4D com extremidades truncadas.

4.2 Complexo Estomático Laterocítico

O padrão estomático laterocítico apresenta arranjo caracterizado por quatro e seis células subsidiárias, de formatos poligonais e sub-retangulares (Figuras 4C; 4F). Os estômatos desse aparato apresentam dimensões variando de 25 a 25,5 μm de comprimento e 19 a 25 μm de largura.

As cutículas com esse tipo de complexo apresentam dois ou mais estômatos posicionados no mesmo nível das células epidérmicas e paralelamente dispostos. As células-guarda do tipo laterocítico são reniformes apresentando ostíolos cujas dimensões no eixo maior variam de 1 a 5 μm . O exemplar da Figura 4C exibe polimorfismo em relação às dimensões da largura das células-guarda e dos poros estomáticos (2-5 μm).

Nas cutículas que possuem o aparelho laterocítico são identificados os morfotipos básicos de tricoma simples e em forma de Y. Os apêndices epidérmicos do exemplar da Figura 4C exibem polimorfismos quanto à curvatura (recurvados e sinuosos) e formas da extremidade (pontiagudas e arredondadas). No exemplar da Figura 4F é observado o morfotipo básico em forma de Y representado por três apêndices epidérmicos.

4.3 Complexo Estomático Estefanocítico

O padrão estomático apresentado na Figura 4I está sendo aqui classificado com incerteza como estefanocítico, por apresentar rompimento das células epidérmicas. As seis células subsidiárias são poligonais, subquadrangulares ou sub-retangulares e formam um anel mais ou menos distinto envolvendo as células-guarda. As células subsidiárias apresentam dimensões irregulares e algumas

são relativamente inferiores àquelas das células epidérmicas. O estômato encontra-se no mesmo nível das células epidérmicas e tem dimensões de 35 μm de comprimento e 20 μm de largura, com poro estomático de 7 μm .

O exemplar da Figura 4I apresenta baixa frequência de tricomas em relação às demais cutículas do presente estudo. Os tricomas, pertencentes ao subtipo simples robusto sinuoso, estão localizados entre as células-guarda e células epidérmicas.

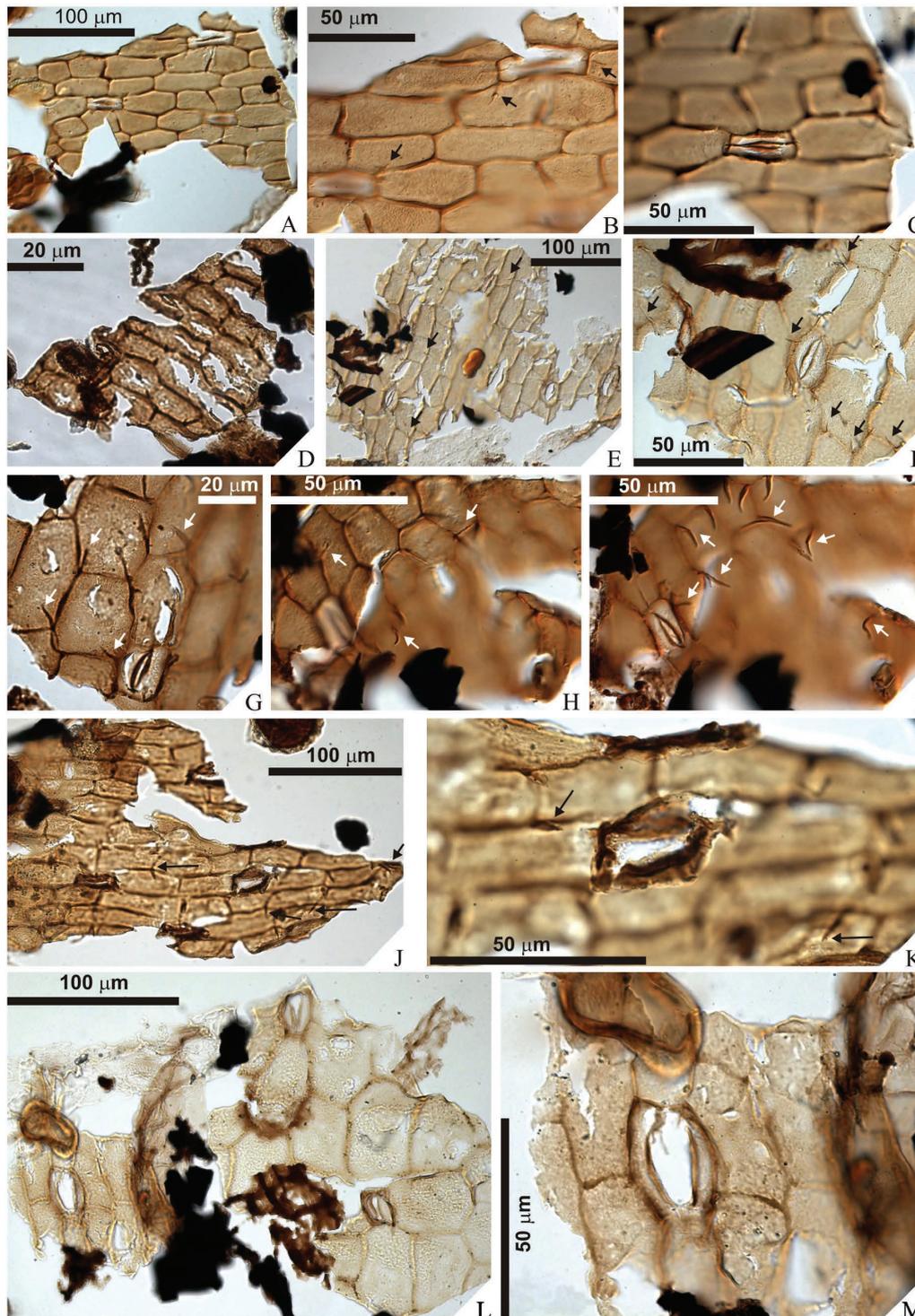


Figura 3 Fotomicrografias de cutículas com estômatos, afloramento Querru. A-C, E-M. Complexo anomocítico (A-C: e.f. L42-1; E-F: e.f. V44-3; G: e.f. L44-2; H-I: e.f. P41; J-K: e.f. V40-2; L-M: e.f. K39-2). D. Cutícula com estômato, e.f. O41-3. Setas: tricomas.

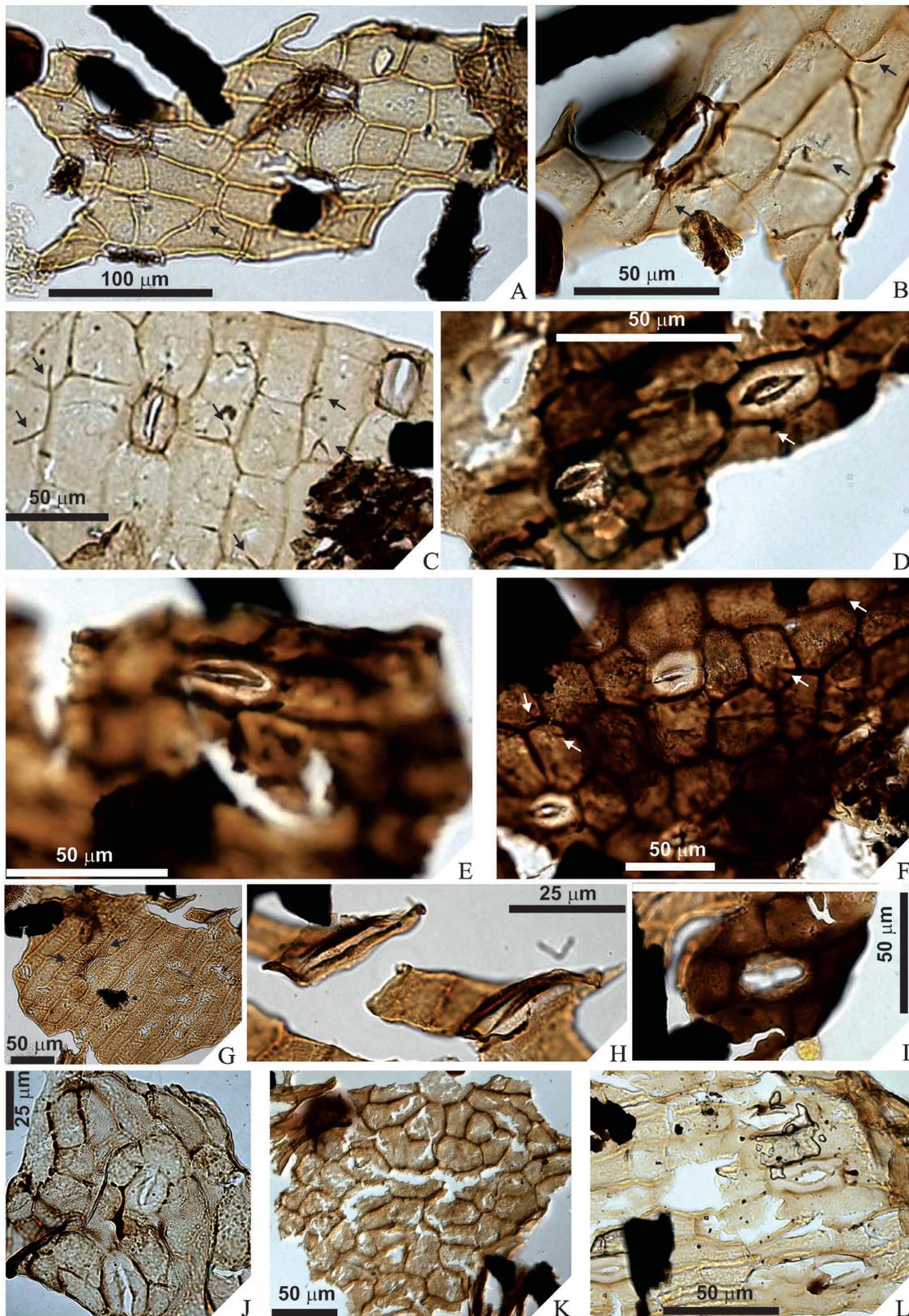


Figura 4 Fotomicrografias de cutículas com estômatos, afloramento Querru. A-B, D, G-H, J. Complexo anomocítico (A-B: e.f. R45-1; D: e.f. R44; G-H: e.f. K40; J: e.f. B49). C, F. Complexo laterocítico (C: e.f. Q39; F: e.f. J48-3). E, K-L. Cutículas com estômatos (E: e.f. R44-1; K: e.f. X40; L: e.f. K40-1). I. Provável Complexo estefanocítico, e.f. N44-1. Setas: tricomas.

5 Considerações Gerais

Entre os fragmentos cuticulares reconhecidos no resíduo orgânico da lâmina palinológica do argilito da litofácies F2a estão presentes os complexos anomocítico, laterocítico e estefanocítico, sendo este último indicado com incerteza.

O padrão anomocítico ocorre na maioria das briófitas e das pteridófitas, inclusive em espécimes de Marsileaceae (Lleras, 1977a). As samambaias aquáticas viventes pertencentes a essa família são hidrófitas e higrófitas, uma vez que crescem na lama, sobre solo úmido ou, mais frequentemente, com as folhas flutuando na superfície da água (Athayde-Filho & Windisch, 2006; Raven *et al.*, 2007).

Os complexos anomocítico, laterocítico e estefanocítico também são encontrados em várias famílias de angiospermas. Por exemplo, no estudo morfoanatômico de folhas e caules de espécimes da família Tropaeolaceae realizado por Zanetti *et al.* (2004) na região de Santa Maria, em altitude de 113 m, no Rio Grande do Sul, foram registrados padrões anomocíticos e anisocíticos. Esses padrões são do tipo xerofítico e apresentam estômatos afundados na epiderme associados a tricomas tectores. A análise anatômica de folhas e caules de táxons de Asteraceae da região de Palotina, altitude de 290 m, oeste do Paraná, realizada por Empinotti & Duarte (2008), mostrou características morfológicas similares àquelas da região de Santa Maria. Todavia, os estômatos estão dispostos no mesmo nível das células adjacentes nas folhas e os tricomas, tectores e glandulares capitados, estão ocupando lados distintos nas células epidérmicas das folhas e dos caules. Conforme argumentado por Pimentel (2004), os estômatos se localizam acima ou no mesmo nível das células epidérmicas, respectivamente, nas plantas hidrófitas e mesófitas, enquanto que nas plantas xerófitas, os estômatos estão localizados abaixo das referidas células.

Assim, as características morfológicas dos estômatos no mesmo nível das células epidérmicas, observadas nos três complexos cuticulares do afloramento Querru, sugerem a presença de vegetais mesofíticos. Por outro lado, os estômatos emergentes em relação às células epidérmicas presente no complexo anomocítico podem ser relacionados a plantas hidrófitas e higrófitas. Com base nas informações acima, os fragmentos cuticulares com estômatos em estudo sugerem a existência de elementos vegetativos de ambientes úmidos e secos (áridos).

Essas informações são corroboradas por alguns componentes da associação palinológica apresentadas em Ferreira *et al.* (2011) e Ferreira (2011). Esta é dominada por esporos triletes perisporados dos gêneros *Crybelosporites* e *Perotrilites*, cuja afinidade botânica é com Marsileaceae, plantas hidrófitas e higrófitas adaptadas a condições de alta umidade e clima quente. Estão presentes na associação grãos de pólen poliplicados relacionados às Gnetales e Ephedrales, e gênero *Classopollis* de plantas Cheirolepidiaceae, que segundo Doyle *et al.* (1982) sugerem condições xerofíticas.

6 Conclusões

Os fragmentos cuticulares reconhecidos no resíduo orgânico da lâmina palinológica do argilito da Formação Itapecuru, do Albiano médio, aflorante em Querru (MA) representam complexos anomocítico, laterocítico e estefanocítico com tricomas. Estes indicam a presença de plantas mesófitas e xerófitas durante o período deposicional. Os estômatos mostram-se no mesmo nível ou, em alguns casos, emergentes em relação às células epidérmicas, sugerindo respectivamente condições ambientais mesomórficas e hidromórficas. A associação palinológica do nível amostrado sugere climas quentes (tropicais), áridos a semiáridos, e localmente úmidos, por conseguinte, os fragmentos cuticulares estariam submetidos às mesmas condições.

7 Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à FAPERJ pelo financiamento para a realização da campanha de campo, à PETROBRAS pelo processamento químico das amostras e cessão de equipamento para análise. Aos Dr. Mitsuru Arai, Dr^a. Joalice O. Mendonça e Msc. Sarah G. Duarte pelas leituras críticas, sugestões e discussões do manuscrito.

8 Referências

- Arai, M. & Duarte, S.G. 2010. Tricomas fósseis como nova categoria de palinomorfos *lato sensu*: sua classificação preliminar e aplicabilidade na Bioestratigrafia. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Cienc. Nat., Belém*, 5 (2): 175-188.
- Athayde-Filho, F.P. & Windisch, P.G. 2006. Florística e aspectos ecológicos das pteridófitas em uma floresta de Restinga no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Sér. Bot., Porto Alegre*, 6 (1-2): 63-71.

- Barclay, R.; McElwain, J.; Dilcher, D. & Sageman, B. 2007. Developing an interactive tool for taxonomic and paleoenvironmental study of the fossil cuticle record. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 258: 39-55.
- Braz, F.F. & Bernardes-de-Oliveira, M.E.C. 2010. Outro novo caráter apomórfico efedráceo em *Cearania heterophylla* Kuzmann, Mohr, Bernardes-de-Oliveira da Formação Crato, Neoptiano da Bacia do Araripe, Brasil. In: PALEO 2010 REUNIÃO ANUAL REGIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA, Vitória de Santo Antão, 2010. *Resumo*, Vitória de Santo Antão, Fundação Paleontológica Phoenix, UFPE, Centro Acadêmico de Vitória, Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 10.
- Camargo, M.A.B. 2009. *Características estomáticas em espécies arbóreas da Amazônia Central*. Programa Integrado de Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, Universidade Federal do Amazonas, Dissertação de Mestrado, 43p.
- Caputo, M.V. 1984. *Stratigraphic, tectonic, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, University of California, PhD Thesis, 583p.
- Doyle, J.A.; Jardiné, S. & Doerenkamp, A. 1982. *Afropollis*, a new genus of early angiosperm pollen, with notes on the Cretaceous palynostratigraphy and paleoenvironments of Northern Gondwana. *Bulletin Centre Recherche Exploration Production Elf-Aquitaine*, 6 (1): 39-117.
- Empinotti, C.B. & Duarte, M.R. 2008. Estudo anatômico de folha e caule de *Elephantopus mollis* Kunth (Asteraceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 18 (1): 108-116.
- Fanton, J.C.M.; Branco, F.R.; Ricardi, M.T. & Rohr, R. 2006. Reinvestigação da conífera permiana *Krauselcladus* (Formação Teresina, Bacia do Paraná, Brasil): novas interpretações morfológicas e anatômicas. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 9 (2): 221-234.
- Ferreira, N.N. 2011. *Análise palinológica e sedimentológica dos depósitos do afloramento Querru, Formação Itapecuru, Bacia do Parnaíba*. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Trabalho de Conclusão de Curso, 58p.
- Ferreira, N.N.; Ferreira, E.P.; Carvalho, I.S. & Carvalho, M.A. 2011. Análise sedimentológica e palinológica dos depósitos do afloramento Querru, Formação Itapecuru, Bacia do Parnaíba. In: CARVALHO, I. S.; SRIVASTAVA, N. K.; STROHSCHOEN-JÚNIOR, O. & LANA, C. C. (eds.). *Paleontologia: Cenários da Vida*. Editora Interciência, v. 3, p. 93-103.
- Fittipaldi, F.C. & Rösler, O. 1982. Preparação de cutículas de plantas paleozoicas. *Boletim IG-USP*, 13: 43-55.
- Herngreen, G.F.W.; Kedves, M.; Ravnina, L.V. & Smirnova, S.B. 1996. Cretaceous palynofloral provinces: a review. In: JANSONIUS, J. & MCGREGOR, D.C. (eds.). *Palynology: Principles and Applications*. American Association of Stratigraphic Palynologic Foundation, v. 3, p. 1157-1188.
- Klippel, L.R. & Guerra-Sommer, M. 1984. Estudo de cutículas fósseis de Glossopteridales do Gondwana brasileiro em microscópio eletrônico de varredura. *Boletim IG-USP*, 15: 38-45.
- Lleras, E. 1977a. Estômatos em Briófitas e Pteridófitas. Alguns conceitos gerais. *Acta Amazonica*, 7 (2): 199-207.
- Lleras, E. 1977b. Differences in stomatal number per unit area within the same species under different micro-environmental conditions: A working hypothesis. *Acta Amazonica*, 7 (4): 473-476.
- Pedrão, E.; Barrilari, I.M.R. & Lima, H.P. 1996. Palynological studies in the Cretaceous of the Parnaíba basin. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador, 1996. *Anais*, Salvador, SBG, p. 380-383.
- Pedrão, E.; Lima, H.P.; Makino, R.K. & Barrilari, I.M.R. 2002. Palinoestratigrafia e evolução ambiental da seção cretácea das bacias de Bragança-Viséu e São Luís (margem equatorial brasileira). *Acta Geológica Leopoldensia*, 25 (54): 21-39.
- Pimentel, C. 2004. *A relação da planta com a água*. Seropédica-Rio de Janeiro, EDUR – Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 191 p.
- Prabhakar, M. 2004. Structure, Delimitation, Nomenclature and Classification of Stomata. *Acta Botanica Sinica*, 46 (2): 242-252.
- Press, F.; Siever, R.; Grotzinger, J. & Jordan, T.H. 2006. Sedimentos e Rochas Sedimentares. In: PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J. & JORDAN, T.H. (eds.). *Para Entender a Terra*. Editora Bookman, p. 195-224.
- Raven, P.H.; Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 2007. *Biologia Vegetal*. 7ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 830 p.
- Regali, M.S.P.; Uesugui, N.; Santos, A.S. 1974. Palinologia dos sedimentos Meso-Cenozoicos do Brasil (I). *Boletim Técnico da Petrobras*, 17(3):177-191.
- Rossetti, D.F.; Góes, A.M. & Truckenbrodt, W. 2001. *O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi (Coleção Friedrich Katzer), 264 p.
- Schmidt, I.D.; Guerra-Sommer, M. & Bernardes-de-Oliveira, M.E.C. 2011. Variation in stomatal numbers of *Glossopteris* leaves from the Lower Permian of Paraná Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 14 (2): 137-148.
- Sucerquia, P.A. & Bernardes-de-Oliveira, M.E.C. 2009. Significado paleoclimático e paleoambiental de coníferas da família Cheirolepidiaceae na flora da Formação Crato, Bacia do Araripe, Brasil. In: PALEO 2009 REUNIÃO ANUAL REGIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA, Crato, 2009. *Resumo*, Crato, Fundação Paleontológica Phoenix, Universidade Regional do Cariri e Universidade Federal do Ceará, p. 27.
- Uesugui, N. 1979. Palinologia: técnica de tratamento de amostras. *Boletim Técnico da Petrobras*, 22 (4): 229-240.
- Vaz, P.T.; Rezende, N.G.A.M.; Wanderley Filho, J.R. & Travasso, W.A.S. 2007. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15 (2): 253-263.
- Zanetti, G.D.; Manfron, M.P. & Hoelzel, S.C.S. 2004. Análise morfo-anatômica de *Tropaeolum majus* L. (Tropaeolaceae) *Iheringia, Série Botânica, Porto Alegre*, 59 (2): 173-178.