

Evidências de terras altas no Campaniano da Bacia do Espírito Santo

Evidences of uplands during the Campanian time, Espírito Santo Basin

José Ricardo Maizatto¹, Cecília Cunha Lana¹, Andrea Wallau Souto Ribeiro¹,
Elizabete Pedrão Ferreira¹

resumo

A análise palinológica realizada em quatro poços da Bacia do Espírito Santo revelou uma abundância expressiva de grãos de pólen pertencentes à espécie denominada *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Herngreen (1975), na seção sedimentar entre o Campaniano e o Maastrichtiano, em especial, no Campaniano médio. Esta grande quantidade de grãos de pólen foi interpretada como uma resposta adaptativa da paleoflora às condições paleoecológicas favoráveis. O gênero *Callialasporites* está relacionado à família das podocarpáceas (gimnosperma), cujos representantes atuais se desenvolvem, preferencialmente, em regiões montanhosas. Dessa forma, foi possível associar a abundância destes grãos de pólen à instalação de uma paleoflora de podocarpáceas que se desenvolveu em regiões de terras altas durante o Mesocampaniano.

Os dados obtidos pela análise de traços de fissão em apatita utilizados neste trabalho foram desenvolvidos no projeto “Evolução Tectônica e História Térmica da Margem SE do Brasil e W da África” (UFRGS/UNICAMP/Petrobras). De acordo com essa análise, um importante evento tectônico, responsável pelo processo de soerguimento e posterior denudação daquela área, foi caracterizado na região costeira do estado do Espírito Santo durante o Campaniano (80 Ma), corroborando a interpretação proposta pela palinologia para explicar a abundância de *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Herngreen (1975). Este evento seria o responsável pela geração de um relevo expressivo, que favoreceu a instalação de uma paleoflora de podocarpáceas adaptada a condições paleoecológicas montanhosas.

Palavras-chave: Palinologia | *Callialasporites* | Campaniano | terras altas | traços de fissão em apatita

¹ Petrobras. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello. P&D de Exploracao. Bio-Estratigrafia e Paleocologia. maizatto@petrobras.com.br; lana@petrobras.com.br; andreawsr@petrobras.com.br; elizabete@petrobras.com.br.

abstract

The palynological analysis carried out in four wells in the Espírito Santo Basin has revealed an expressive abundance of *Callialasporites* sp. cf. *Perotrilites* sp. sensu Herengreen (1975) pollen grains, during the Campanian-Maastrichtian interval and, especially, in the middle Campanian. The high abundance of this species was related to the paleoflora adaptation to the favorable paleoecological conditions. The *Callialasporites* genus belongs to the Podocarpaceae family (gymnosperm), which, nowadays, occurs mainly in upland areas. Therefore, it is possible to relate the high abundance of this species to the development of podocarpacean paleoflora in uplands during the middle Campanian. The apatite fission tracks analysis (AFTA) data was developed in the project entitled "Tectonic Evolution and Thermal History of the Southeast Brazilian and West African Margins" (UFRGS/UNICAMP/Petrobras). According to AFTA data of the Espírito Santo state coastal region, an important tectonic event occurred, causing an uplift process with a posterior denudation of the area during the Campanian (80 Ma). This data correlates with the proposed palynological interpretation to explain the abundance of *Callialasporites* sp. cf. *Perotrilites* sp. sensu Herengreen (1975). This event would be associated with the creation of uplands that favored the development of podocarpacean paleoflora adapted to mountainous paleoecological conditions.

(Expanded abstract available at the end of the paper).

Keywords: Palynology | *Callialasporites* | Campanian | uplands | apatite fission tracks.

introdução

A Bacia do Espírito Santo ocupa uma área de, aproximadamente, 41.500km² e está localizada na margem leste do Brasil, entre os paralelos 18° e 21° S. Limita-se, ao norte, com a Bacia de Mucuri e, ao sul, com a Bacia de Campos pelo Alto de Vitória (França et al., 2007).

Para este trabalho, foram analisados seis poços, aqui denominados ES-1, ES-2, ES-3, ES-4, ES-5 e ES-6 (fig. 1). Os quatro primeiros localizam-se na Bacia do Espírito Santo. Os dois últimos, na porção norte da Bacia de Campos.

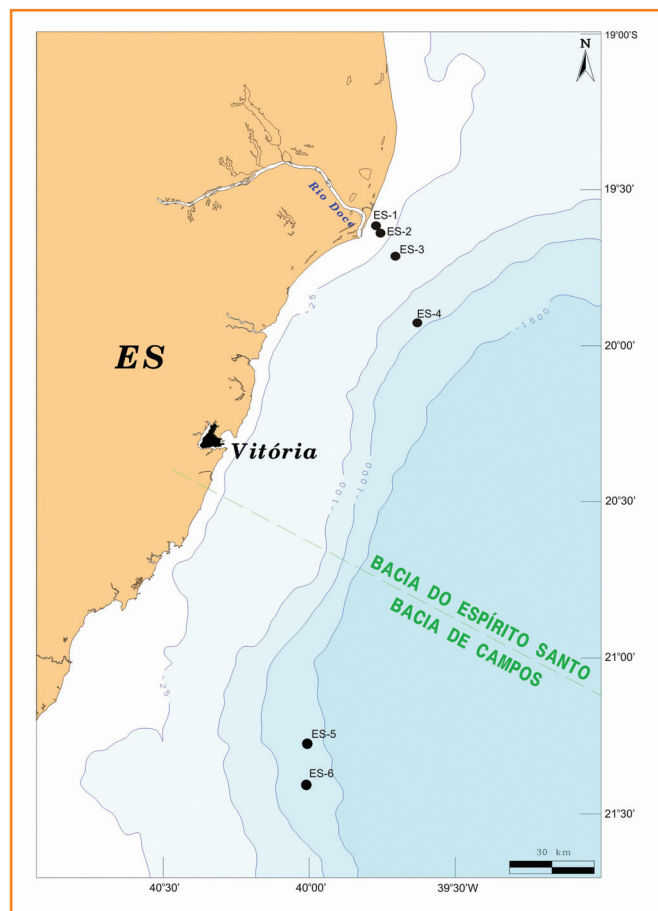


Figura 1 – Mapa de localização destacando os poços analisados nas bacias de Campos e Espírito Santo.

Figure 1 – Situation map of the analyzed wells in Campos and Espírito Santo basins.

A seção de interesse abrangeu o intervalo entre o Campaniano e o Maastrichtiano, e as análises palinológicas foram realizadas nos sedimentos siliciclásticos de granulometria fina que constituem as formações Urucutuca (França et al., 2007) da Bacia do Espírito Santo e Ubatuba (Winter et al., 2007) da Bacia de Campos (fig. 2). A Formação Urucutuca é constituída por folhelhos cinza-escuros contendo intercalações de conglomerados, calcários e arenitos (Vieira et al., 1994). A Formação Ubatuba é caracterizada por folhelho cinza-escuro e esverdeado, argila e marga cinza-clara, calcilutito cinza e creme e diamictito cinza (Rangel et al., 1994).

No decorrer das análises palinológicas realizadas na seção do Campaniano/Maastrichtiano dos seis poços utilizados neste trabalho, verificou-se uma ocorrência expressiva de exemplares da espécie *Callialasporites* sp. cf. *Perotrilites* sp. sensu Herengreen

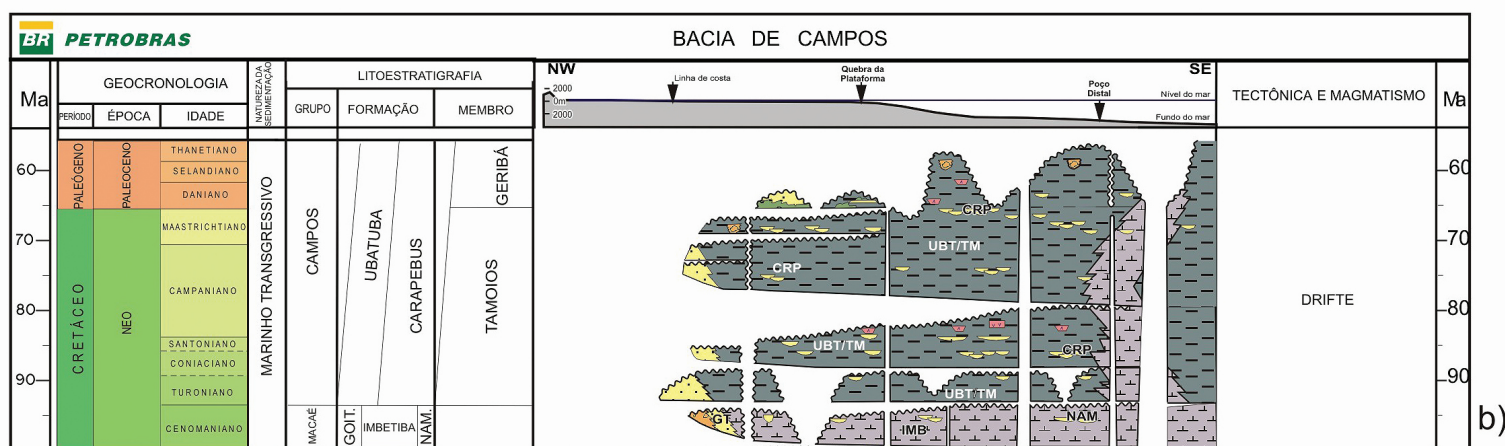
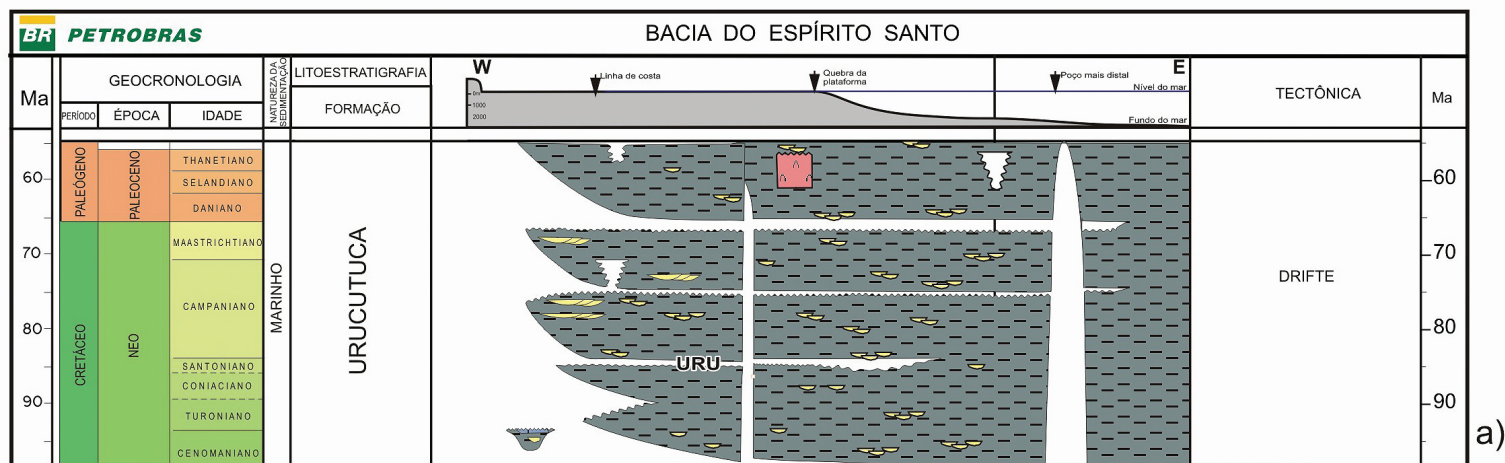


Figura 2
 a) Carta estratigráfica simplificada da Bacia do Espírito Santo (França et al., 2007); b) Carta estratigráfica simplificada da Bacia de Campos (Winter et al., 2007).

Figure 2
 a) Simplified stratigraphic chart of the Espírito Santo Basin (França et al., 2007); b) Simplified stratigraphic chart of the Campos Basin (Winter et al., 2007).

(1975). Esta condição foi observada em quatro dos seis poços analisados, configurando uma situação atípica quando comparada com os registros desta espécie nas demais bacias sedimentares brasileiras.

métodos utilizados

Para este trabalho, foram analisadas 503 lâminas palinológicas, confeccionadas a partir das amostras de calha coletadas nos seis poços citados. A amostragem se concentrou nas fácies com granulometria fina, litologias mais propícias para a ocorrência de palinóforos. Após esta etapa, as amostras sofreram tratamento químico utilizando diversos ácidos, com o objetivo de eliminar os componentes mineralógicos

da rocha e concentrar apenas os constituintes orgânicos (Uesugui, 1979). A etapa final deste tratamento resultou na montagem de lâminas palinológicas que foram analisadas em microscópio óptico de luz transmitida, em aumentos entre 200X e 1000X. Nestas lâminas, foi estudado o conteúdo polínico, constituído por palinóforos continentais (miósporos) e palinóforos marinhos. Os miósporos são representados por grãos de pólen (angiospermas e gimnospermas) e esporos (pteridófitas), enquanto os palinóforos marinhos são representados por dinoflagelados e palinoforaminíferos.

A base de dados para este estudo foi obtida por análises qualitativas (classificação taxonômica dos palinóforos por amostra) e quantitativas (contagem dos exemplares de cada espécie identificada por amostra). A integração destes resultados com aqueles obtidos a partir do método de nanofósseis calcários

permitiu definir o arcabouço biocronoestratigráfico para a seção, assim como caracterizar alguns parâmetros paleoecológicos e paleoflorísticos com base nas associações palinológicas.

Além das interpretações obtidas pela palinologia, foram utilizados os dados de traços de fissão em apatita, apresentados no relatório do projeto desenvolvido em parceria com a UFRGS/UNICAMP/Petrobras intitulado “Evolução Tectônica e História Térmica da Margem SE do Brasil e W da África” (Chemale Jr. e Hadler Neto, 2005). Segundo Gallagher *et al.* (1995), a análise de traços de fissão em apatita (AFTA) é o método de termocronologia mais utilizado no estudo da evolução de margens continentais, sendo possível identificar os principais eventos de soerguimento das áreas-fonte, bem como determinar taxas de denudação ao longo do tempo geológico. De acordo com Green (1989), a AFTA baseia-se na análise quantitativa das feições de defeitos (traços de fissão) no retículo cristalino da apatita, produzidos pela fissão espontânea do isótopo ^{238}U . Segundo Green (2002), os traços apresentam, originalmente, um comprimento inicial porém com a elevação da temperatura e o tempo de atuação da anomalia térmica, vão, gradativamente, sofrendo um encurtamento. Quando os cristais de apatita são submetidos a temperaturas entre 80 – 170°C (*temperatura de fechamento*), os traços de fissão são totalmente apagados (Green *et al.*, 1986). Com base nestas propriedades, a idade de resfriamento da rocha é obtida pela proporção entre os traços curtos e longos medidos na apatita, enquanto as medidas dos comprimentos dos traços fornecerão informações sobre a história térmica daquele depósito (Green, 2002).

objetivo

O objetivo deste trabalho é compreender o padrão de distribuição geográfica de *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Herngreen (1975) na bacia e investigar os condicionantes paleoecológicos e paleoflorísticos relacionados à alta produtividade de grãos de pólen desta espécie. Para tanto, as interpretações palinológicas foram integradas com os resultados obtidos pela análise de traços de fissão em apatita, permitindo uma caracterização paleofisiográfica da região analisada.

afinidade paleobotânica de *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Herngreen (1975)

A espécie do gênero *Callialasporites* analisada neste trabalho foi originalmente classificada por Herngreen (1975) como *Perotrilites sp.* (fig. 3a), esporo trilete pertencente ao grupo das pteridófitas. No entanto, observando as características morfológicas do exemplar ilustrado pelo autor, os palinólogos da Petrobras reclassificaram-no como *Callialasporites*, gênero de grão de pólen pertencente ao grupo das gimnospermas, designando-o *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Herngreen (1975). Esta reclassificação foi baseada na diagnose proposta por Dev (1961) para o gênero *Callialasporites*, descrita a seguir: “grão apresentando forma aproximadamente circular a oval em vista polar; corpo circular a triangular envolvido por uma vesícula equatorial que pode apresentar-se interrompida formando três vesículas; marca trilete ausente; exina infra a extragranulada.”

De acordo com Archangelsky e Garmerro (1967), que desenvolveram um estudo paleobotânico nos sedimentos do Cretáceo Inferior da Patagônia, foram encontrados grãos de pólen de *Callialasporites* em cones de *Apterocladus lanceolatus*. Segundo os autores, esta espécie de gimnosperma estaria associada à família das podocarpáceas. Dutra *et al.* (2007), em trabalho sobre a evolução de alguns táxons pertencentes ao grupo das gimnospermas desde o Mesozoico até os dias atuais, posicionaram o gênero *Callialasporites* na família das araucariáceas. No estudo realizado por Anderson *et al.* (2007) sobre a sistemática das gimnospermas atuais, os autores descreveram as características básicas para diferenciar os grãos de pólen de podocarpáceas e de araucariáceas. Segundo esses autores, nos grãos de pólen de araucariáceas não se observa a formação de vesículas, enquanto nos grãos de pólen de podocarpáceas podem ocorrer de uma até três vesículas. Esta característica também foi observada por Archangelsky (1994), que realizou um estudo morfológico comparativo entre os gêneros *Araucariacites*, *Balmeiopsis* e *Callialasporites*, utilizando imagens obtidas por microscopia eletrônica. Com base nessa técnica, o autor descreve as

diferenças encontradas nas exinas (parede celular) dos espécimes pertencentes aos três gêneros acima mencionados. De acordo com esse autor, o gênero *Callialasporites* (fig. 3b) apresenta espessura uniforme da exina, cujas camadas interna (nexina) e externa (sexina) se separam na região equatorial, formando uma vesícula rudimentar. A nexina é mais escura e maciça do que a sexina. Apresenta um aspecto esponjoso, intensamente dobrada e ornamentada por pequenas escabras distribuídas uniformemente, com uma abertura localizada em um dos lados. O gênero *Balmeiopsis* (fig. 3c) é o único dos três gêneros que apresenta um evidente espessamento equatorial da exina. E, finalmente, o gênero *Araucariacites* (fig. 3d) é constituído por exina com espessura constante por quase todo o grão, sendo mais delgada na região central. A nexina e a sexina apresentam-se unidas, não ocorrendo, portanto, a formação de vesícula. A sexina é ornamentada por pequenas escabras distribuídas uniformemente por toda a superfície do grão.

Utilizando os dados apresentados nos dois últimos trabalhos mencionados (Anderson *et al.*, 2007; Archangelsky, 1994) é possível associar o gênero *Callialasporites* à família das podocarpáceas. Segundo Gutiérrez (2009), as podocarpáceas atuais encontram-se distribuídas em três grandes regiões: Sul da Ásia e Oceania, África e América. Na região dos Andes colombianos, se desenvolvem, preferencialmente, em áreas situadas em altitudes entre 1.900 a 3.100m acima do nível do mar. No estudo de Dettmann *et*

al. (1992), sobre os sedimentos cretáceos da porção sul da Austrália, na Bacia de Eromanga, foram encontrados troncos silicificados de coníferas interpretados como representantes de uma paleoflora de podocarpáceas que se desenvolveu em regiões de elevada altitude.

resultados palinológicos

De acordo com os dados palinológicos quantitativos, foi possível verificar que, na maior parte da seção analisada, ocorreu o predomínio de palinomorfos continentais em relação aos palinomorfos marinhos (fig. 4). Este contexto sugere uma efetiva contribuição de aporte sedimentar continental entre o Campaniano e o Maastrichtiano. Neste intervalo, em especial no Campaniano médio (fig. 4), foi registrada uma conspícua abundância de exemplares da espécie *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Herngreen (1975). Na figura 4, é possível observar a ocorrência de intervalos onde foram quantificados cerca de 70 espécimes por amostra nos dois poços mais proximais (ES-1 e ES-2), enquanto nos poços mais distais (ES-3 e ES-4), os maiores valores ficaram em torno de 35 exemplares por amostra. No poço ES-4, também foram encontrados valores significativos desta espécie na seção do Maastrichtiano, entre as profundidades

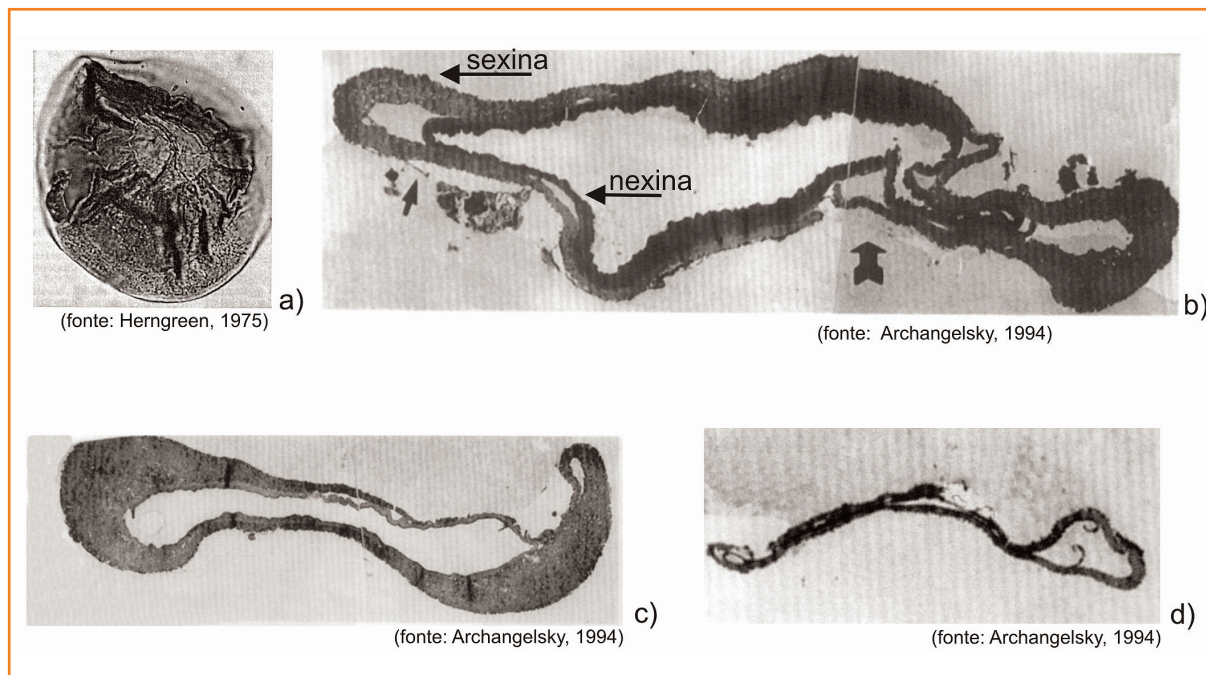


Figura 3

a) Holótipo de *Perotrilites sp.* Herngreen (1975); b) Imagem obtida por microscopia eletrônica de espécime de *Callialasporites* mostrando separação da sexina e nexina na região equatorial (vesícula); c) Imagem obtida por microscopia eletrônica de *Balmeiopsis* mostrando espessamento da exina na região equatorial; d) Imagem obtida por microscopia eletrônica de *Araucariacites* mostrando exina predominantemente homogênea e ausência de vesícula.

Figure 3

a) *Perotrilites sp.* Herngreen (1975) holotype; b) Image acquired by electron microscope of *Callialasporites* specimen showing detachment of sexine and nexine in the equatorial area (air sac); c) Image acquired by electron microscope of *Balmeiopsis* showing an equatorial thickening; d) Image acquired by electron microscope of *Araucariacites* showing a uniform exine and absence of air sac.

de 3.300 e 3.400m. Na profundidade de 3.290m, foi encontrado um exemplar da espécie guia do Campaniano, interpretado como produto de retrabalhamento de estratos campanianos no Maastrichtiano. Dessa forma, parte dos grãos de *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Hengreen (1975), quantificados entre as profundidades 3.300 e 3.400m, seria, também, produto do processo de ressedimentação. Foi possível verificar uma tendência decrescente nas quantidades de exemplares desta espécie em direção à porção *offshore* da bacia.

De acordo com o exposto anteriormente, é possível associar esta alta produtividade de grãos de pólen de *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Hengreen (1975), encontrada na Bacia do Espírito Santo, à instalação de uma paleoflora de podocarpáceas em regiões de terras altas, geradas a partir da atividade tectônica nas proximidades do atual Rio Doce, durante o Mesocampaniano. A figura 5 ilustra a distribuição paleoflorística das podocarpáceas durante o Mesocampaniano ocupando, preferencialmente, as terras mais altas, de acordo com a proposta original de Martinez *et al.* (2008). Além disso, é notável o excelente grau de preservação dos exemplares encontrados desta espécie (fig. 6, a-e) e a ocorrência de tétrades, que representam os quatro grãos de pólen originados da mesma célula-mãe e ainda unidos (fig. 6f). A boa preservação dos espécimes encontrados, aliada à ocorrência de tétrades, sugere que os

mesmos foram transportados por curtas distâncias, indicando que a área-fonte (terras altas) estava relativamente próxima ao sítio deposicional.

Até o momento, constatou-se que as áreas onde a abundância de *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Hengreen (1975) são mais expressivas, estão limitadas às relacionadas aos poços ES-1, ES-2, ES-3 e ES-4 (fig. 7). Nos poços ES-5 e ES-6, localizados mais ao sul (norte da Bacia de Campos), não foi registrada a ocorrência desta espécie em estratos campanianos.

Comparando o padrão de distribuição de *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Hengreen (1975) com a distribuição dos arenitos campanianos (fig. 8) apresentada no mapa modificado de França (2007), é possível verificar que a distribuição da espécie foi efetivamente controlada pelo processo sedimentar responsável pelo transporte das areias trazidas do continente através do paleocânion de Regência.

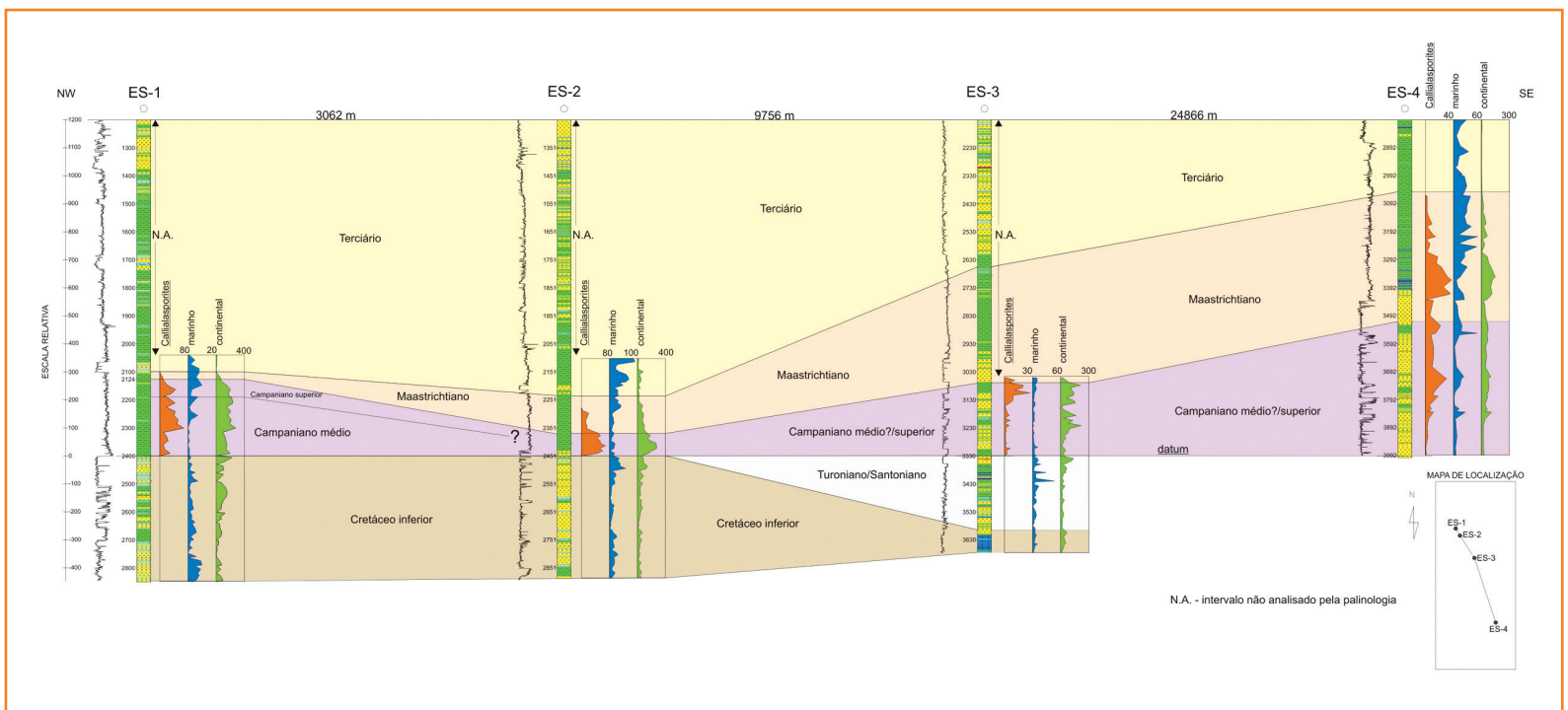
De acordo com Antunes (1990), a escavação desta feição morfológica iniciou-se em tempos albianos e seu preenchimento prosseguiu até o Mesoeoceno. A ausência da espécie *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Hengreen (1975) nos dois poços ES-5 e ES-6 sugere que a paleofisiografia das regiões continentais, localizadas ao sul da latitude aproximada de 21°S (fig. 7), não foi constituída por terras altas, na medida que, nestas regiões, as condições paleoecológicas propícias ao desenvolvimento de uma paleoflora de podocarpáceas não foram favorecidas.

Figura 4

Seção geológica apresentando os valores absolutos de *Callialasporites*, palinóforos continentais e palinóforos marinhos dos poços ES-1, ES-2, ES-3 e ES-4.

Figure 4

Geologic section showing absolute data of *Callialasporites*, continental palynomorphs and marine palynomorphs from wells ES-1, ES-2, ES-3 and ES-4.



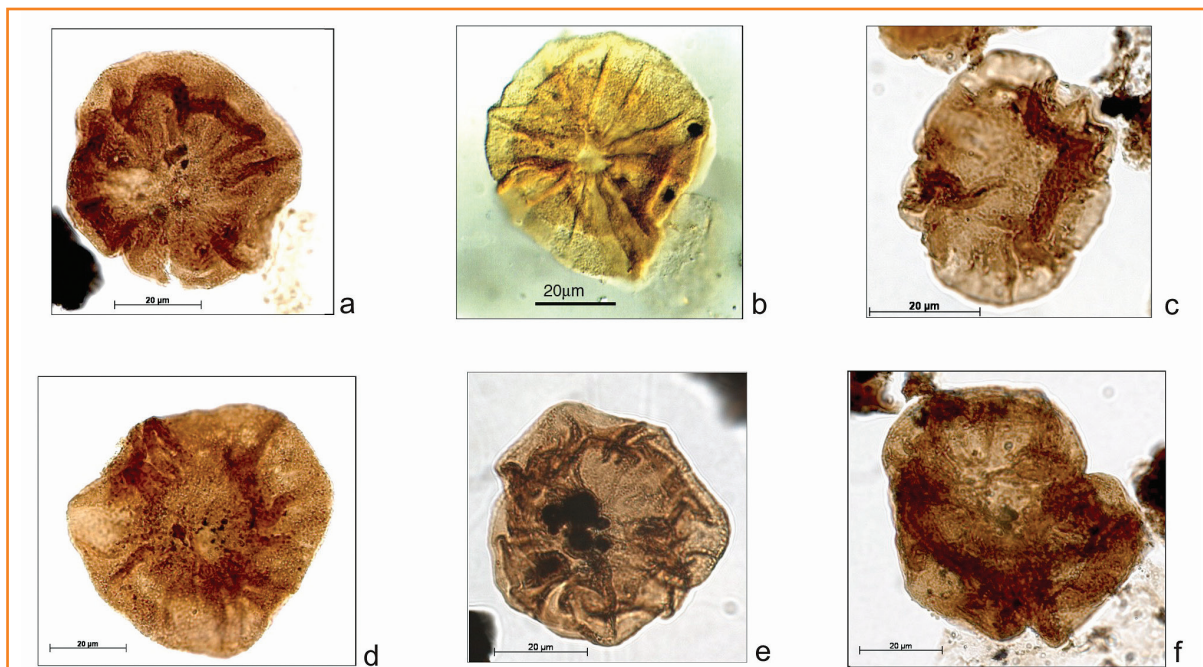
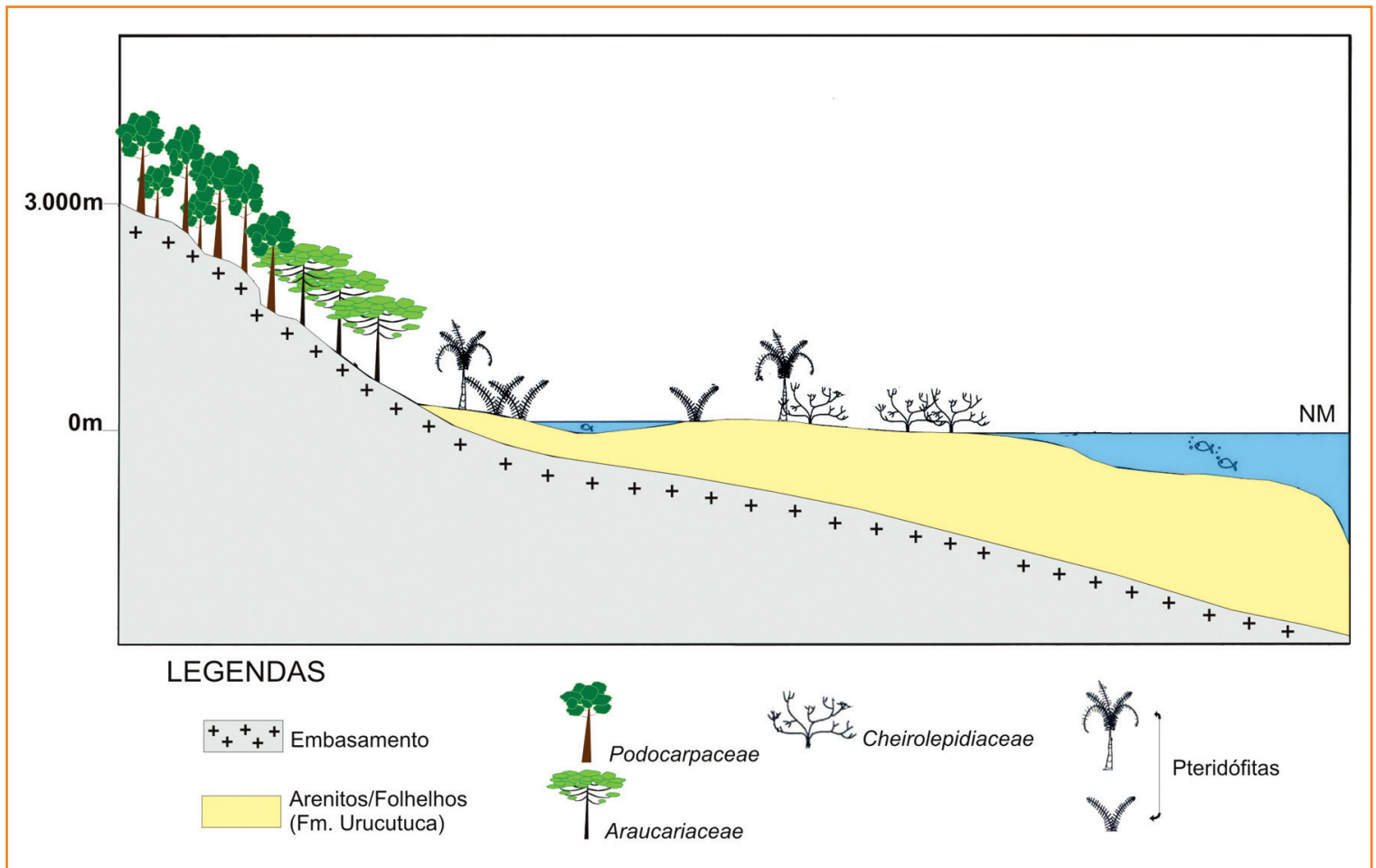


Figura 5
Reconstituição paleoflorística da região do Rio Doce na Bacia do Espírito Santo durante o Mesocampaniano. (adaptado de Martinez et al., 2008).

Figure 5
Paleofloristic reconstitution of Doce River region in the Espírito Santo Basin during middle Campanian. (adapted from Martinez et al., 2008).

Figura 6 – a-e) Espécimes de *Callialasporites* sp. cf. *Perotrilites* sp. sensu Herngreen (1975). **f)** Tétrade de *Callialasporites* sp. cf. *Perotrilites* sp. sensu Herngreen (1975).

Figure 6 – a-e) *Callialasporites* sp. cf. *Perotrilites* sp. sensu Herngreen (1975) specimens. **f)** *Callialasporites* sp. cf. *Perotrilites* sp. sensu Herngreen (1975) tetrad.

Figura 7

Mapa apresentando área com abundâncias expressivas de *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Herengreen (1975). Nos poços ES-5 e ES-6 (destacados em vermelho) não foram registradas ocorrências desta espécie.

Figure 7

Map showing area with high abundances of *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Herengreen (1975). ES-5 and ES-6 wells (highlighted in red) without occurrence of this species.

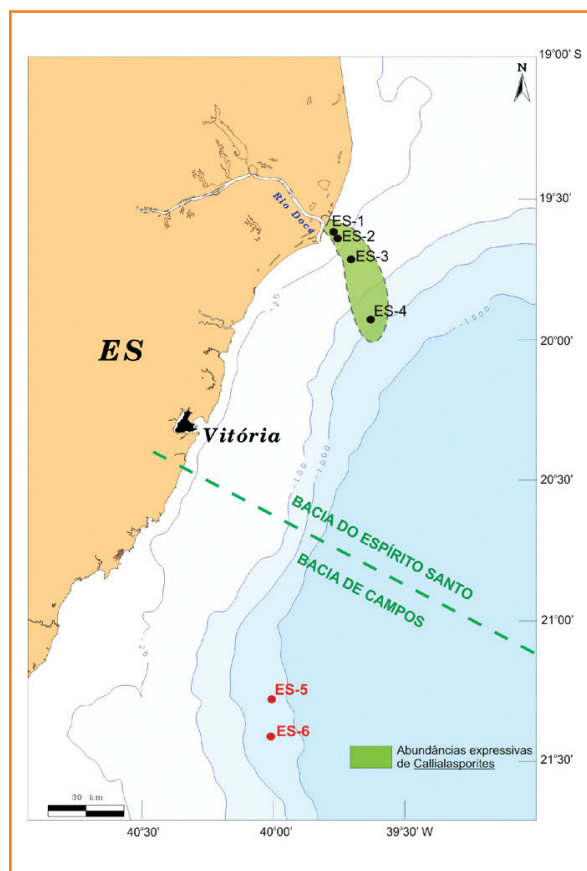
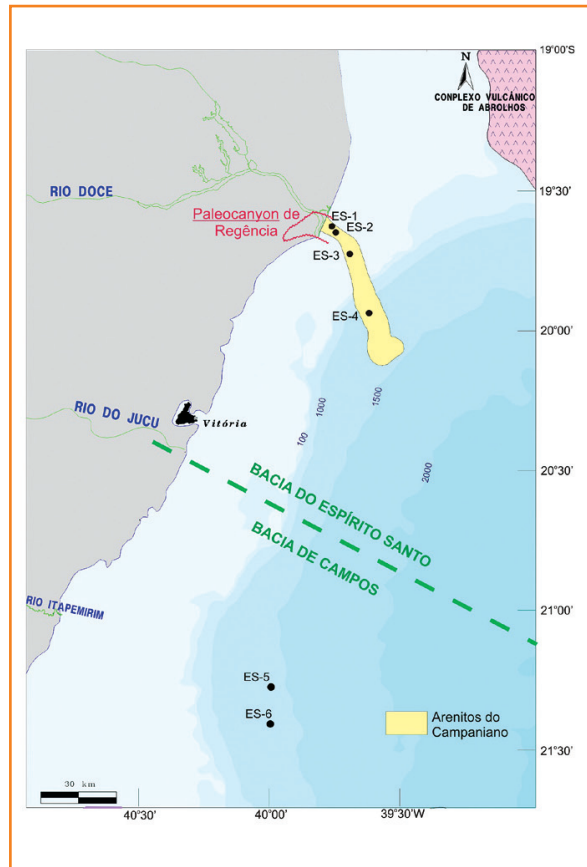


Figura 8

Mapa de distribuição dos arenitos campanianos (adaptado de França, 2007).

Figure 8

Distribution map of the Campanian sandstones (adapted from França, 2007).



resultados da análise de traços de fissão em apatita

As interpretações obtidas pelo método de traços de fissão em apatita utilizadas neste trabalho foram apresentadas no projeto Evolter, coordenado por Chemale Jr. e Hadler Neto (2005). Nesse projeto, foram realizadas análises por traços de fissão em apatita em amostras de rochas provenientes da margem continental sudeste do Brasil e do Uruguai, distribuídas em 16 transectos localizados em quatro grandes áreas, a saber:

- Região Centro-Leste: abrangendo os estados do Espírito Santo e leste de Minas Gerais;
- Região Sudeste: compreendendo os estados do Rio de Janeiro e leste de São Paulo;
- Região Sul-I: formada pelos estados de Santa Catarina e Paraná;
- Região Sul-II: constituída pelos estados do Rio Grande do Sul e Uruguai.

Foram utilizadas para este trabalho as interpretações propostas para a Região Centro-Leste, por abranger parte da Bacia do Espírito Santo. Segundo Chemale Jr. e Hadler Neto (2005), foram caracterizadas duas principais fases de resfriamento/soerguimento na região Centro-Leste, uma entre 80-90 Ma e outra entre 60- 70 Ma (fig. 9).

Para a Região Centro-Leste, foram realizados cinco transectos, abrangendo as seguintes áreas (fig. 10):

- Transecto I: perfil Rio Mucuri;
- Transecto II: região leste do Vale do Rio Doce;
- Transecto III: perfil Rio Casca-Vitória;
- Transecto IV: região Costeira;
- Transecto V: região do Rio Doce.

As interpretações obtidas para a região costeira serão utilizadas neste trabalho devido à proximidade deste transecto com a área onde estão localizados os poços analisados pela palinologia (fig. 10).

De acordo com os autores, na região costeira foi registrada a ocorrência de um importante evento tectônico de soerguimento e denudação em torno de 80 Ma (fig. 11), o que corresponderia, segundo Gradstein *et al.* (1994, 1995), ao Mesocampaniano. O resultado obtido pela análise de traços de fissão em apatita (AFTA) corrobora a interpretação

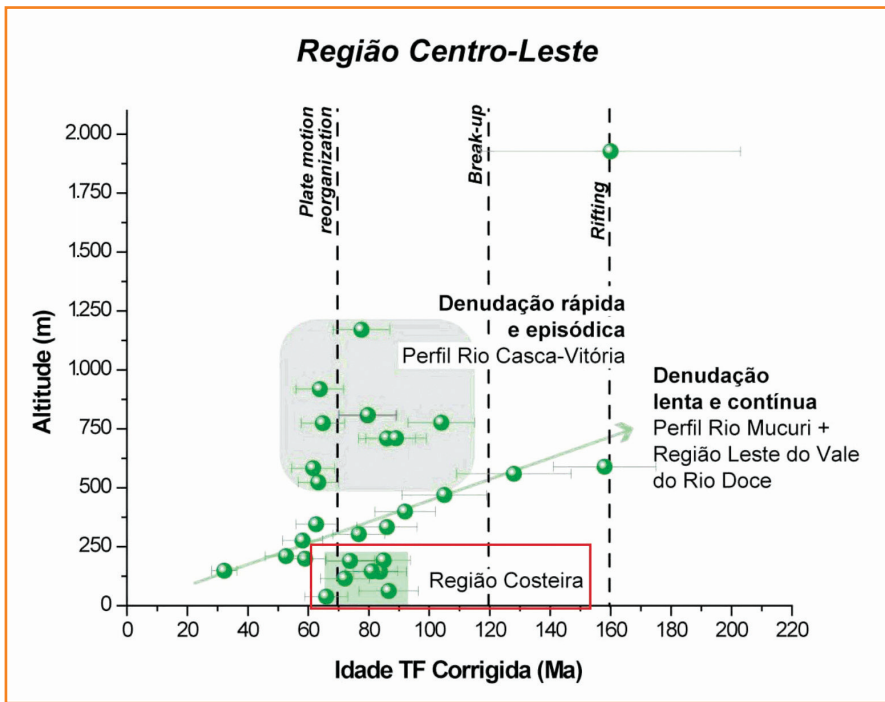
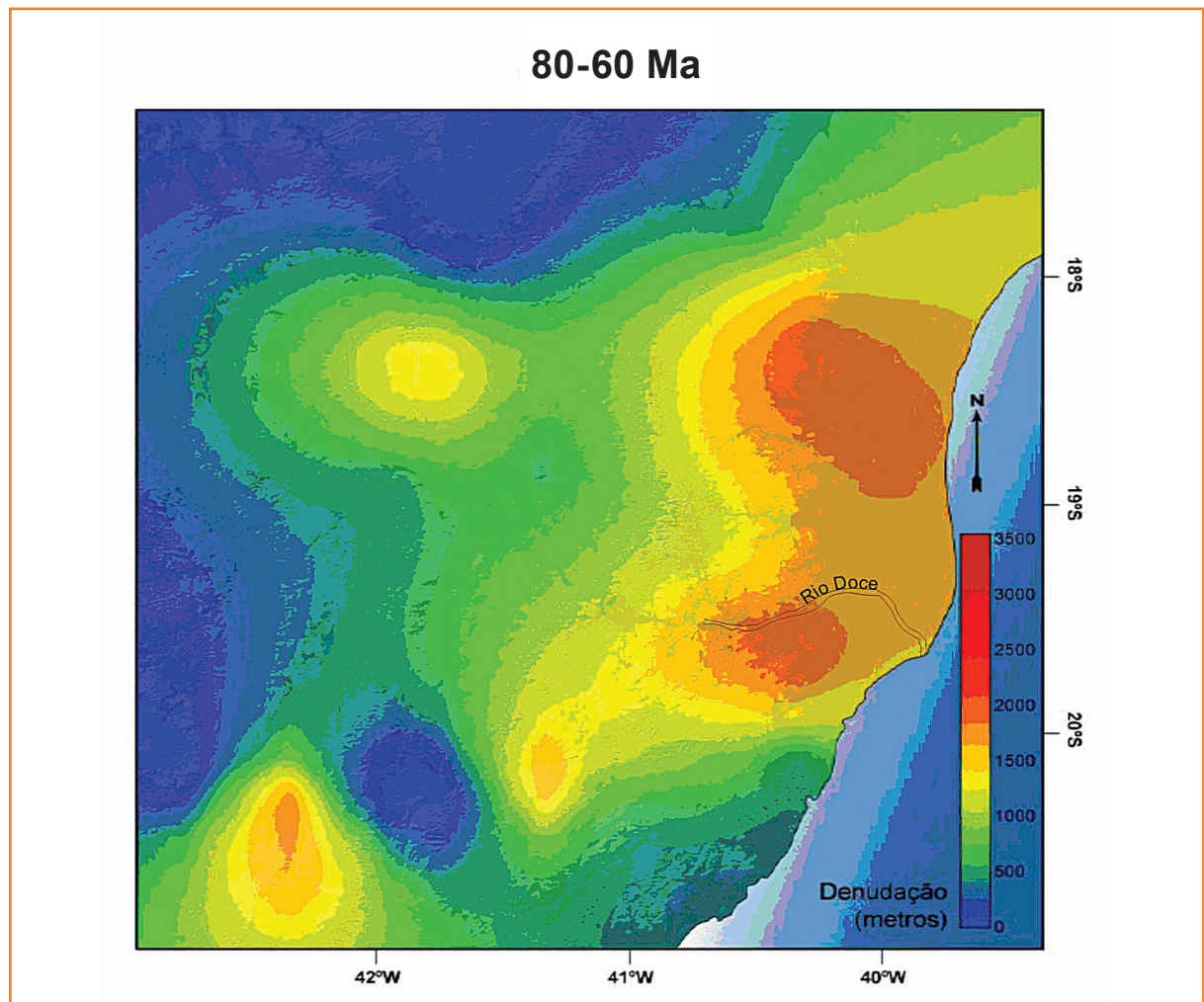


Figura 11
Diagrama com dados de traços de fissão em apatita mostrando ocorrência de importante evento tectônico em torno de 80 Ma na Região Costeira, destacada em vermelho (Chemale Jr. e Hadler Neto, 2005).

Figure 11
Diagram with apatite fission tracks data showing an important tectonic event that occurred around 80 Ma in the Coastal Region, highlighted in red (Chemale Jr. and Hadler Neto, 2005).

Figura 12
Mapa de denudação estimada durante 60-80 Ma para a região Centro-Leste (adaptado de Chemale Jr. e Hadler Neto, 2005).

Figure 12
Estimated denudation map during 60-80 Ma in the Center-East Region (adapted from Chemale Jr. and Hadler Neto, 2005).



para o sítio deposicional onde estão localizados os poços investigados seja aquela região de terras altas posicionada mais ao sul, próxima ao atual Rio Doce. Esta interpretação encontra-se fundamentada no fato dos exemplares de *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Hengreen (1975) apresentarem um excelente grau de preservação, provavelmente, em função da proximidade da área-fonte com o sítio deposicional.

Observando o mapa de denudação (fig. 12), as regiões localizadas ao sul da latitude 20°S não apresentaram registros de relevos expressivos, justificando, dessa forma, a ausência de grãos do pólen *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Hengreen (1975) na área onde estão localizados os poços ES-5 e ES-6 (fig. 7).

conclusão

A análise palinológica quantitativa apresentou-se como um importante método na identificação de condições paleoecológicas atuantes no Neocretáceo, na Bacia do Espírito Santo. Através deste método, foi possível caracterizar as expressivas abundâncias de grãos de pólen de *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Herngreen (1975) na seção mesocampaniana. O gênero *Callialasporites*, pertencente à família das podocarpáceas, possui, atualmente, representantes que habitam regiões de altitudes elevadas. Dessa forma, as abundâncias de *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Herngreen (1975) estariam associadas à instalação de uma paleoflora de podocarpáceas que se desenvolveu em regiões de terras altas, geradas a partir de eventos tectônicos ocorridos durante o Mesocampaniano. Esta interpretação é corroborada pela análise de traços de fissão em apatita (AFTA), que indicou um importante processo de soerguimento ocorrido em 80 Ma nas regiões circunvizinhas à posição atual do Rio Doce. De acordo com os resultados obtidos pela AFTA, foram gerados relevos que atingiram altitudes em torno de 3.000m. O excelente grau de preservação das espécies encontradas de *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Herngreen (1975) foi interpretado como uma evidência da proximidade da área-fonte (terras altas) em relação ao sítio deposicional. O padrão de distribuição dos exemplares desta espécie foi efetivamente controlado pelo aporte sedimentar trazido através do paleocânion de Regência, sugerido pela distribuição dos arenitos campanianos na região dos poços ES-1, ES-2, ES-3 e ES-4. Nos poços localizados mais ao sul (ES-5 e ES-6), não foi registrada a presença de *Callialasporites sp. cf. Perotrilites sp. sensu* Herngreen (1975). Este fato sugere que a paleofisiografia das regiões localizadas ao sul da latitude 21°S não foi constituída por terras altas, desfavorecendo, dessa forma, a instalação de condições paleoecológicas propícias ao desenvolvimento de uma paleoflora de podocarpáceas nesta latitude. Esta interpretação é corroborada pela AFTA, que indica a formação de paleorrelevos mais suaves para as regiões localizadas abaixo da latitude 20°S. Conjugando os dados obtidos pelas análises palinológicas e por traços de fissão em apatita com a distribuição dos arenitos campanianos, é possível caracterizar duas regiões continentais distintas que serviram como áreas-fonte para os sítios deposicionais investigados na região *offshore* da bacia.

referências bibliográficas

- ANDERSON, J. M.; ANDERSON, H. M.; CLEAL, C. J. Systematics of the Gymnosperms In: ANDERSON, J. M.; ANDERSON, H. M.; CLEAL, C. J. (Ed.). **Brief History of the Gymnosperms**: classification, biodiversity, phytogeography and ecology. Pretoria: National Biodiversity Institute, 2007. p. 91-218. (Strelitzia, 20).
- ANTUNES, R. L. Eventos erosivos na seção terciária do paleocânion de Regência (Bacia do Espírito Santo, Brasil): um enfoque com base na bioestratigrafia dos nanofósseis calcários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. **Anais ...** Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990. p. 455-469.
- ARCHANGELSKY, S. Comparative ultrastructure of three Early Cretaceous gymnosperm pollen grains: Araucariacites, Balmeiopsis and Callialasporites. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 83, n. 1-3, p. 185-198, Sept. 1994.
- ARCHANGELSKY, S.; GAMERRO, J. C. Pollen Grains Found in Coniferous Cones from the Lower Cretaceous of Patagonia (Argentina). **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 5, n. 1-4, p. 179-182, Dec. 1967.
- CHEMALE JR., F.; HADLER NETO, J. C. (Coord.). **Termocronologia por traços de fissão em apatita**: margem SE do Brasil e Uruguai. [Porto Alegre]: UFRGS, 2005. 131 p. (Projeto Evolter, v. 4).
- DETTMANN, M. E.; MOLNAR, R. E.; DOUGLAS, G.; BURGER, D.; FIELDING, C.; CLIFFORD, H. T.; FRANCIS, J.; JELL, P.; RICH, T.; WADE, M.; RICH, P. V.; PLEDGE, N.; KEMP, A.; ROZEFELDS, A. Australian cretaceous terrestrial faunas and floras: biostratigraphic and biogeographic implications. **Cretaceous Research**, Amsterdam, v. 13, n. 3, p. 207-262, June 1992.
- DEV, S. The Fossil Flora of Jabalpur Series – 3: spores and pollen grains. **The Palaeobotanist**, Lucknow, v. 8, n. 1-2, p. 43-56, 1961.
- DUTRA, T.; STRANZ, A.; WILBERGER, T. P. Araucariaceae: phytohistory of a family In: ANDERSON, J. M.; ANDERSON, H. M.; CLEAL, C. J. (Ed.). **Brief History of the Gymnosperms**: classification, biodiversity,

phytogeography and ecology. Pretoria: National Biodiversity Institute, 2007. p. 56-59. (*Strelitzia*, 20).

FRANÇA, A. B. Mapas Isolíticos, Bacias de Campos e Espírito Santo. In: SEMINÁRIO DE INTERPRETAÇÃO EXPLORATÓRIA, 6., 2007. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2007. p. 108.

FRANÇA, R. L.; DEL REY, A. C.; TAGLIARI, C. V.; BRANDÃO, J. R.; FONTANELLI, P. R. Bacia do Espírito Santo. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 501-510, maio/nov. 2007.

GALLAGHER, K.; HAWKESWORTH, C. J.; MANTOVANI, M. S. M. Denudation, fission track analysis and the long-term evolution of passive margin topography: application to the southeast Brazilian margin. **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdam, v. 8, n. 1, p. 65-77, Jan. 1995.

GRADSTEIN, F. M.; AGTERBERG, F. P.; OGG, J. G.; HARDENBOL, J.; van VEEN, P.; THIERRY, J.; HUANG, Z. A Mesozoic time scale. **Journal of Geophysical Research: solid earth**, Washington, v. 99, B. 12, p. 24051-24074, 1994.

GRADSTEIN, F. M.; AGTERBERG, F. P.; OGG, J. G.; HARDENBOL, J.; van VEEN, P.; THIERRY, J.; HUANG, Z. A. Triassic, Jurassic and Cretaceous time scale. In: BERGGREN, W. A.; KENT, D. V.; AUBRY, M. P.; HARDENBOL, J. (Ed.). **Geochronology, Time scales and global stratigraphic correlation**. Tulsa: Society for Sedimentary Geology – SEPM, 1995. p. 95-126. (Special Publication, n. 54).

GREEN, P. F. Thermal and tectonic history of the east Midlands shelf (onshore UK) and surrounding regions assessed by apatite fission track analysis. **Journal of the Geological Society**, London, v. 146, n. 5, p. 755-773, Oct. 1989.

GREEN, P. F. Early Tertiary paleo-thermal effects in Northern England: reconciling results from apatite fission track analysis with geological evidence. **Tectonophysics**, Amsterdam, v. 349, n. 1-4, p. 131-144, May 2002.

GREEN, P. F.; DUDDY, I. R.; GLEADOW, A. J. W.; TINGATE, P. R.; LASLETT, G. M. Thermal annealing of fission tracks in apatite. **Chemical Geology: Isotope Geoscience section**, Amsterdam, v. 59, p. 237-253, 1986.

HERNGREEN, G.F.W. An Upper Senonian Pollen Assemblage of Borehole 3-PIA-10-AL State of Alagoas, Brazil. **Pollen et Spores**, v. 17, n. 1, p. 93 - 140, 1975.

MARTINEZ, M.A.; PRAMPARO, M.B.; QUATTROCHIO, M.E. ; ZAVALA, C.A. Depositional environments and hydrocarbon potential of the Middle Jurassic Los Molles Formation, Neuquén Basin, Argentina: palynofacies and organic geochemical data. **Revista geológica de Chile**, Santiago, v. 35, n. 2, p. 279-305, July 2008.

RANGEL, H. D.; MARTINS, F. A. L.; ESTEVES, F. R.; FEIJÓ, F. J. Bacia de Campos. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 203-218, jan./mar. 1994.

UESUGUI, N. Palinologia: técnica de tratamento de amostras. **Boletim Técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 229-240, out./dez. 1979.

VIEIRA, R. A. B.; MENDES, M. P.; VIEIRA, P. E.; COSTA, L. A. R.; TAGLIARI, C. V.; BACELAR, L. A. P.; FEIJÓ, F. J. Bacias do Espírito Santo e Mucuri. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 191-202, jan./mar. 1994.

WINTER, W. R.; JAHNERT, R. J.; FRANÇA, A. B. Bacia de Campos. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 511-530, maio/nov. 2007.

webgrafia

GUTIÉRREZ, A. M. R. Pinos Colombianos: ocho nativos en peligro. **Revista M&M**, Bogotá, n. 63, 2009. Disponível em: <<http://www.revista-mm.com>>. Acesso em: 03 set. 2009.

expanded abstract

The palynological analysis of four wells in the Espírito Santo Basin has revealed an expressive abundance of *Callialasporites* sp. cf. *Perotrilites* sp. sensu *Herngreen (1975)* pollen grains during the Campanian-Maastrichtian interval, and especially, in the middle Campanian strata. The high abundances of this species represents an unusual situation when compared to the records of this species in other marginal Brazilian sedimentary basins.

This study is to understand the spatial distribution pattern of *Callialasporites* sp. cf. *Perotrilites* sp. sensu *Herngreen (1975)* in the basin and investigate the paleoecological and paleofloristic conditions associated with the high abundance of this species. The palynological interpretations have been integrated with the apatite fission tracks analysis (AFTA) data that allowed a paleophysiographic characterization of the analyzed region.

The *Callialasporites* species used in this study was originally classified by *Herngreen (1975)* as *Perotrilites* sp. (fig. 3a), a trilete spore belonging to the fern group. In the 1990's, palynologists from Petrobras reclassified it as *Callialasporites*, genus belonging to the gymnosperm group and identified it as *Callialasporites* sp. cf. *Perotrilites* sp. sensu *Herngreen (1975)*. According to *Archangelsky and Gamarro (1967)*, the *Callialasporites* genus shows paleobotanical affinity with the podocarpacean family. Therefore, it is possible to associate the high abundances of this species with the installation of podocarpacean paleoflora in upland regions (fig. 5) created by a remarkable tectonic activity during the middle Campanian. The excellent preservation of the specimens (fig. 6 a-e) and their occurrence as tetrads (fig. 6f) suggest that these miospores had been transported over short distances, implying a relative proximity of the source areas (uplands).

Until now, the high abundances of *Callialasporites* sp. cf. *Perotrilites* sp. sensu *Herngreen (1975)* are limited to the area of wells ES-1, ES-2, ES-3 and ES-4 (figs. 4 and 7). The species was not recorded in the Campanian strata of wells ES-5 and ES-6 located more to the south of the other wells in the north of the Campos Basin. The distribution pattern of this species matches very well with the distribution of the Campanian sandstones (fig. 8). It is possible to confirm that the distribution of these miospores has been controlled by a sedimentary process that carried the sands from the continent

through the Regência paleocanyon. The absence of *Callialasporites* sp. cf. *Perotrilites* sp. sensu *Herngreen (1975)* in wells ES-5 and ES-6 suggests that the paleo-physiography of the continental regions located south of latitude 21°S (fig. 7) were not composed of uplands. These paleoecological conditions were not favorable to the installation of the podocarpacean paleoflora in those regions.

Studies of apatite fission tracks analysis (AFTA) were developed in the EVOLTER project entitled "Tectonic Evolution and Thermal History of the South-East Brazilian and West African Margins" ("Evolução Tectônica e História Térmica da Margem SE do Brasil e W da África"), in four large areas of the Brazilian eastern margin including the so called Center-East region where the Espírito Santo Basin is located (*Chemale Jr. and Hadler Neto, 2005*). According to these authors, expressive reliefs were created between 60 - 70 Ma and 80 - 90 Ma (fig. 9). Based on the AFTA data the Coastal Region of the Espírito Santo Basin was subjected to an important tectonic uplift event followed by denudation around 80 Ma (fig. 11) in the middle Campanian. These AFTA results confirm the palynological interpretation of the development of uplands in the middle Campanian, which have favored the installation of a podocarpacean paleoflora. The reliefs created in the Center-East region reached altitudes around 3.000m. The probable source area of the depositional site of the analyzed wells is the southern upland areas near to the present Doce River (fig. 12). This interpretation is based on the excellent preservation of *Callialasporites* sp. cf. *Perotrilites* sp. sensu *Herngreen (1975)* specimens that indicates the proximity of the source area to the depositional site. The denudation map (fig. 12) shows that the regions located south of latitude 21°S were not characterized by expressive reliefs, justifying the absence of this species in the area of wells ES-5 and ES-6 (fig. 7). Based on the integration of palynological analysis, the AFTA data and the distribution of the Campanian sandstones (fig. 8), it is possible to characterize two different continental regions that acted as distinct source areas for the offshore depositional sites of the Espírito Santo Basin.