



**ANÁLISE DO CONTEÚDO PALINOLÓGICO DA FORMAÇÃO MORRO DO  
CHAVES, BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS E SEU SIGNIFICADO  
BIOESTRATIGRÁFICO E PALEOAMBIENTAL**

Porto Alegre, 2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE PALEONTOLOGIA E ESTRATIGRAFIA**

**GUSTAVO GONÇALVES GARCIA**

**PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III**

**ANÁLISE DO CONTEÚDO PALINOLÓGICO DA FORMAÇÃO MORRO DO  
CHAVES, BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS E SEU SIGNIFICADO  
BIOESTRATIGRÁFICO E PALEOAMBIENTAL**

Porto Alegre, 2012

**GUSTAVO GONÇALVES GARCIA**

**PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III**

**ANÁLISE DO CONTEÚDO PALINOLÓGICO DA FORMAÇÃO MORRO DO  
CHAVES, BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS E SEU SIGNIFICADO  
BIOESTRATIGRÁFICO E PALEOAMBIENTAL**

Projeto apresentado como requisito para aprovação na disciplina GEO-03015 - Projeto Temático em Geologia III, do curso de graduação em Geologia, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Orientador:** Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

**Supervisor:** Prof. Dr. Antônio Jorge Vasconcellos Garcia

Porto Alegre, 2012

## FICHA TÉCNICA DO PROJETO

### I – IDENTIFICAÇÃO

**Linha Temática:** Estratigrafia de Sequência; Palinologia; Interpretação Bioestratigráfica e Paleoambiental da Bacia de Sergipe-Alagoas.

**Aluno Proponente:** Gustavo Gonçalves Garcia

### II – DADOS GERAIS

**Título:** ANÁLISE DO CONTEÚDO PALINOLÓGICO DA FORMAÇÃO MORRO DO CHAVES, BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS E SEU SIGNIFICADO BIOESTRATIGRÁFICO E PALEOAMBIENTAL

**Área dos Estudos (Local):** Sub-bacia de Alagoas, na pedreira Atol, atualmente do Grupo CIMPOR S.A., localizada na cidade de São Miguel dos Campos (AL).

**Data de Início:** 01/12/2011

**Duração:** 12 meses

**Instituições Envolvidas:** IG-UFRGS e NUPEG-UFS

### III – ORIENTAÇÃO

**Orientador:** Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

**Supervisor:** Prof. Dr. Antônio Jorge Vasconcellos Garcia

Garcia, Gustavo Gonçalves.

Análise do conteúdo palinológico da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas e seu significado bioestratigráfico e paleoambiental. / Gustavo Gonçalves Garcia. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2012.

[123 f]. il.

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia. - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

Co-orientador: Prof. Dr. Antônio Jorge Vasconcellos Garcia.

1. Palinologia. 2. Bioestratigrafia. 3. Paleoambiente. 4. Cretáceo inferior. 5. Bacia Sergipe-Alagoas. I. Título.

---

Catálogo na Publicação  
Biblioteca Geociências - UFRGS  
Miriam Alves CRB 10/1947

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “**ANÁLISE DO CONTEÚDO PALINOLÓGICO DA FORMAÇÃO MORRO DO CHAVES, BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS E SEU SIGNIFICADO BIOESTRATIGRÁFICO E PALEOAMBIENTAL**”, elaborado por Gustavo Gonçalves Garcia, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

**Comissão Examinadora:**

---

Prof. Dr. Valesca Brasil Lemos

---

Msc. Eduardo Premaor

## DEDICATÓRIA

Chegar ao fim desta etapa só foi possível devido à dedicação intensa das mulheres da minha vida. Dedico este trabalho a minha mãe, Maria Felicidade Guimarães Gonçalves Garcia, por toda preocupação e orientação. Dedico também as minhas irmãs, Marina Gonçalves Garcia e Natália Gonçalves Garcia, pela compreensão e ajuda sempre que necessário. E por fim, dedico este trabalho a minha noiva Luiza Friedrich, pelo companheirismo e dedicação total em querer me ver feliz. A todas vocês o meu obrigado eterno.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente ao Prof. Dr. Antônio Jorge Vasconcellos Garcia, por sua orientação paciente há mais de 24 anos, e por sua indicação do material de estudo. Ao projeto Camures Carbonático II por todo apoio de campo e cursos. Ao Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo e toda sua equipe pela disponibilidade para discussões, e toda infraestrutura para a realização deste trabalho. Ao CNPQ pela bolsa de apoio à Paleontologia Nacional. Ao orientador Prof. Paulo Alves de Souza pela orientação, paciência, disponibilidade e pelo acolhimento da proposta de pesquisa. A toda equipe PROGEOLOGIA/UFS pela disponibilidade e troca de conhecimento. Ao meu “co-orientador” e amigo Ms. Eduardo Premaor por todo conhecimento passado, disponibilidade infinita, e auxílio integral ao meu projeto. Aos meus amigos técnicos do Anexo do Instituto de Geologia da UFRGS, pela convivência e o acolhimento. Ao Dr. Mitsuru Arai, pelo auxílio nas identificações taxonômicas. A comissão examinadora desta monografia, Prof. Dr. Valesca Brasil Lemos e Msc. Eduardo Premaor.

*“Nós NÃO nos desculpamos por criar mais alguns tipos de bacias. Isso foi feito pela Tectônica de Placas; nós só estamos tentando classificar e, portanto entender melhor as bacias sedimentares do mundo.”*

## RESUMO

A Bacia de Sergipe-Alagoas tem sido amplamente estudada no âmbito das pesquisas sobre rochas geradoras e reservatório de hidrocarbonetos, por possuir uma das mais completas sequências estratigráficas expostas das bacias da margem continental brasileira. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo a análise do contexto bioestratigráfico e paleoambiental das litologias pertencentes à Formação Morro do Chaves (Cretáceo Inferior), na sub-bacia de Alagoas, que faz parte da seção representante do intervalo de transição entre a fase rifte e marinha restrita. O material analisado, do ponto de vista palinológico, foi coletado na Formação Morro do Chaves, particularmente da pedra CIMPOR (ex-Atol), localizada no município de São Miguel dos Campos, Estado de Alagoas. Das 17 amostras coletadas, oito amostras se mostraram estéreis e nove amostras apresentaram conteúdo palinológico, dentre as quais somente seis foram consideradas para a análise bioestratigráfica. As considerações paleoambientais foram realizadas com base no conteúdo palinológico e nas informações paleontológicas e geológicas disponíveis. A pacote sedimentar estudado corresponde a parte carbonática da Formação Morro do Chaves, que possui aproximadamente 70,0 m de espessura na localidade descrita acima. A unidade em questão é formada por rochas carbonáticas coquinóides intercaladas com níveis de folhelhos de coloração verde escura. Foram recuperadas associações palinoflorísticas entre os 5,0 m a 70,0 m do perfil. O material palinológico recuperado não apresenta boa resolução para a esta técnica, mas foi possível a identificação de 9 gêneros de esporos e 8 gêneros de grãos de pólen. Dentre os esporos podemos observar os gêneros *Biretisporites*, *Deltoidospora*, *Cyathidites*, *Verrucosisporites*, *Pilosporites*, *Cicatricosporites*, *Appendicisporites*, *Densoisporites*, *Aequitriradites*. Já dentre os grãos de pólen podemos identificar os gêneros *Equisetosporites*, *Gnetaceaepollenites*, *Eucommiidites*, *Retimonocolpites*, *Monocolpopollenites*, *Inaperturopollenites*, *Circulina* e *Dicheiopollis*, além de duas espécies dois gêneros de fungos. Em decorrência do grau de preservação do material, a idade foi estabelecida pela presença da ocorrência da espécie *Dicheiopollis etruscus*, identificado com o auxílio da bibliografia existente. Assim caracterizou-se a palinozona *Dicheiopollis etruscus*, que compreende os andares Rio da Serra até Jiquiá Superior, contudo, com base em outros dados paleontológicos e geológicos, determina-se a idade Barremiana para o intervalo. Em observações microscópicas sob luz fluorescente foram identificadas algumas vesículas algálicas indeterminadas, classificadas como possíveis ficomas de algas da classe Prasinophyceae, assim estabelecendo uma possível origem marinha para os depósitos devido ao fato de que a classe destas algas ser predominantemente de ambientes marinhos, contudo também há registros em ambientes de água doce ou salobra. A matéria orgânica amorfa presente no material analisado mostrou um alto grau de fluorescência em alguns níveis. Através do material analisado neste trabalho foi possível posicionar a Formação Morro do Chaves em um ambiente aquático (grande lago/ laguna) situado em uma zona costeira sujeita condições de clima quente com pouca disponibilidade de água doce e potencialmente sofrendo esporádicas incursões marinhas.

**Palavras-chave:** Palinologia, Bioestratigrafia, Paleoambiente, Cretáceo Inferior, Bacia Sergipe-Alagoas.

## ABSTRACT

The Sergipe-Alagoas has been widely studied in the context of research on source rocks and reservoir hydrocarbons, for possessing one of the most complete stratigraphic sequences exposed among the Brazilian continental margin. In this offshoot, this work aims at the analysis of biostratigraphic and paleoenvironmental based on palynology, context of the Morro do Chaves Formation (Lower Cretaceous), in Alagoas Sub-basin, which is part of the section representing the transition interval between the rift and restricted marine phases. The material analyzed was collected in Morro do Chaves Formation, particularly at the Quarry CIMPOR (former Atol), located in the municipality of São Miguel dos Campos, State of Alagoas. Among 17 samples collected, eight resulted sterile for palynology and nine showed palynological content, of which only six were considered for biostratigraphic analysis. The studied sedimentary carbonate corresponds to part of the Morro do Chaves Formation, which owns approximately 70.0 m thick at the location described above. The unit in question is composed of carbonate rocks "coquinóides" shales interspersed with dark green. Floristic palynology associations were recovered between 5.0 m 70.0 m profile. At total of 9 genera of spores and 8 genera of pollen grains were recognized. Among the spores: *Biretisporites*, *Deltoidospora*, *Cyathidites*, *Verrucosisporites*, *Pilosporites*, *Cicatricosisporites*, *Appendicisporites*, *Densoisporites* and *Aequitriradites* were identified. *Equisetosporites*, *Gnetaceaepollenites*, *Eucommiidites*, *Retimonocolpites*, *Monocolpopollenites*, *Inaperturopollenites*, *Circulina* and *Dicheiropollis* represent pollen grains. Two indetermined fungi spores. The age was established by the presence of *Dicheiropollis etruscus* characterizing the *Dicheiropollis etruscus* palinozone, comprising Rio da Serra to Uper Jiquiá series. However, based on other paleontological and geological data, a Barremian age was determined for the interval. In microscopic observations were identified under fluorescent technique were identified probably *Prasinophyceae* vesicles, thus establishing a possible marine origin for the deposits due to the fact that the class of these algae is predominantly of marine environments, yet there records in freshwater environments or brackish. The amorphous organic matter present in the analyzed material showed a high degree of fluorescence at some levels. Through the material analyzed in this study it was possible to position the Morro do Chaves Formation in an aquatic environment (large lake / lagoon) located in a coastal area subject to hot weather conditions with little freshwater availability and potentially suffering sporadic marine incursions.

**Keywords:** Palynology, Biostratigraphy, Paleoenvironment, Lower Cretaceous, Sergipe-Alagoas Basin.

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

Fig. 1 – Modelo evolutivo da deposição dos carbonatos lacustres da Formação Morro do Chaves (Azambuja Filho <i>et al.</i> , 1998).....	23
Fig. 2. Localização da Pedreira ATOL, área de estudo (Modificado de Garcia <i>et al.</i> 2011).....	27
Fig. 3. Fluxograma Projetual do Projeto Temático.....	29

### Capítulo 2

Fig. 4. Carta estratigráfica da Sub-bacia Alagoas (conforme Neto <i>et al.</i> , 2007).....	31
Fig. 5. Vista geral da Pedreira Atol situada em São Miguel dos Campos, afloramento de maior expressão da Formação Morro do Chaves.....	33
Fig. 6. Zonas bioestratigráficas dos andares locais do nordeste do Brasil (conforme Arai <i>et al.</i> 1989).....	38

### Capítulo 3

Fig. 7. Elementos palinológicos.....	40
Fig. 8: Perfil representativo da relação de palinomorfos e seus ambientes deposicionais (modificado de Seyve, 1990).....	41
Fig. 9. Modelo de ficha de descrição de perfis litofaciológicos utilizada na descrição dos perfis na Pedreira Carapeba (Garcia <i>et al.</i> , 2011).....	44
Figura 10. Classificação de rochas carbonáticas segundo Dunham (1962).....	45
Fig. 11: Coleta de amostras com posicionamento das mesmas no perfil estratigráfico.....	46

Fig. 12: Desagregação física, A e B) desagregação física de amostras maiores utilizando o martelo; C) tamanho suficiente para a preparação palinológica; D) desagregação física utilizando o pistilo.....	48
Fig. 13: Equipamentos de proteção individual (EPI), itens de precaução para evitar acidentes.....	49
Fig. 14: Teste para verificar a presença de minerais carbonáticos: A) ácido clorídrico; B) inserção de uma pequena fração da amostra para o teste; C) reação de efervescência, indicando a presença de material carbonoso.....	50
Fig. 15: Capela de exaustão.....	51
Fig. 16: A) dissolução do material com HCl; B) Preenchimento do béquer com água destilada para a neutralização do ácido.....	51
Fig. 17: descarte da solução neutralizada de ácido clorídrico; A) primeiro descarte para tratamento químico posterior; B) descartes secundários feitos diretamente no esgotamento pluvial.....	52
Fig. 18: A) dissolução do material com HF; B) Preenchimento do béquer com água destilada para a neutralização do ácido.....	53
Fig. 19: Resíduo da desagregação química, pronto para ser peineirado.....	53
Fig. 20: A) peneira de 500 mesh; B) peneira de 60 mesh; C e D) procedimento de peneiramento para eliminação do material maior que 500 mesh e menor que 60 mesh.....	55
Fig. 21: Confecção de lâmina d'água para fins de primeira análise; A) coloca-se uma gota de resíduo com o auxílio de um canudinho, B) posicionamento da gota de resíduo no centro da lâmina, C) cola-se a lamínula sobre a gota de resíduo, e D) a lamínula dissipa a gota de resíduo pela lâmina para uma melhor visualização.....	56

Fig. 22: processo de confecção de lâminas palinológicas, utilizando-se de uma chapa quente: A) uma gota de água destilada é colocada na chapa aquecida para fixar a lamínula; B) fixação da lamínula na chapa quente; C) coloca-se água destilada para facilitar a dispersão posterior do resíduo; D e E) utiliza-se uma gota de cellosize para não permitir a propagação de bactérias, preservando assim a lâmina; F) com o auxílio de um canudo de plástico coloca-se de uma a três gotas de resíduo, dependendo da concentração do material; G) novamente é colocada água destilada para facilitar a distribuição do resíduo; H) por fim espalha-se o resíduo sobre a lamínula com o auxílio de um palito de dentes, assim que a chapa aquecida seca esta água destilada a lamínula é retirada da chapa.....	58
Fig. 23. Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo.....	59
Fig. 24. Observações no microscópio binocular de luz branca.....	60

#### Capítulo 4

Fig. 25: Perfil estratigráfico simplificado com a localização dos pontos de coletas de folhelhos para preparação palinológica, destacando as litologias: A) camada de coquina da base da pedreira; B e C) Folhelho alterado, com destaque para os peixes fósseis; D) camada de carvão; E e F) camada de coquina mais grosseira com pouco retrabalhamento; G) contato do folhelho com o arenito com <i>ripples</i> .....	63
Fig. 26. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 02 (A: observação sob luz branca; B: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 04 (C: observação sob luz branca; D: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 06 (E: observação sob luz branca; F: observação sob luz fluorescente).....	74

Fig. 27. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 08 (A: observação sob luz branca; B: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 10 (C: observação sob luz branca; D: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 12 (E: observação sob luz branca; F: observação sob luz fluorescente).....	75
Fig. 28. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 14 (A: observação sob luz branca; B: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 16 (C: observação sob luz branca; D: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 18 (E: observação sob luz branca; F: observação sob luz fluorescente).....	76
Fig. 29. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 20 (A e C: observação sob luz branca; B e D: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 22 (E: observação sob luz branca; F: observação sob luz fluorescente).....	77
Fig. 30. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 24 (A: observação sob luz branca; B: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 26 (C: observação sob luz branca; D: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 28 (E: observação sob luz branca; F: observação sob luz fluorescente).....	78
Fig. 31. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 30 (A, C e E: observação sob luz branca; B, D e F: observação sob luz fluorescente).....	79
Fig. 32. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 30 (A: observação sob luz branca; B: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 34 (C e E: observação sob luz branca; D e F: observação sob luz fluorescente).....	80
Fig. 33. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 34 (A, C e E: observação sob luz branca; B, D e F: observação sob luz fluorescente).....	81

Fig. 34. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 34 (A: observação sob luz branca; B: observação sob luz fluorescente); Nível MCH CAR (C: observação sob luz branca; D: observação sob luz fluorescente).....	82
--	----

## Capítulo 5

Fig. 35. Ocorrências mundiais de <i>Dicheiropollis etruscus</i> (amplitude segundo Hengreen <i>et al.</i> (1996), Depeche <i>et al.</i> (1986), Arai <i>et al.</i> (1989), Regali <i>et al.</i> (1974)).....	91
Fig. 36. Reconstrução paleoambiental genérica da Formação Morro do Chaves, com alguns elementos da associação microflorística (  ), descrita neste trabalho, e alguns elementos da associação listada por Antonioli <i>et al.</i> (2004, 2009) (  ) e possíveis novas descobertas (modificado de Martínez <i>et al.</i> , 2008).....	99
Fig. 37. Modelo paleogeográfico para o Eoalbiano, proposto por Arai (2009), modificado de Azevedo (2001, 2004) e integrando dados micropaleontológicos recentes (Viviers, 1985 e Dias Brito, 2000). Em azul claro os mares intracontinentais e epicontinentais, em azul escuro os oceanos ou mares mais profundos, em amarelo os recifes de corais com rudistas. ( <i>in</i> Arai, 2009).....	101
Fig. 38. Mapa paleogeográfico proposto neste trabalho (modificado de Frisch <i>et al.</i> , 2011).....	103

## LISTA DE QUADROS

### Capítulo 3

Quadro 1. Classificação de rochas carbonáticas considerando o tamanho dos seus constituintes aloquímicos e classificação de rochas siliciclásticas correspondente (adaptado de Wentworth, 1922 e Folk 1959).....	45
--	----

### Capítulo 4

Quadro 2. Conteúdo palinológico sumarizado da Formação Morro do Chaves na Pedreira CIMPOR (*MP-P: número da lâmina na Palinoteca do Laboratório Marleni Marques Toigo, Departamento de Estratigrafia e Paleontologia, Instituto de Geociências, UFRGS). Classificação das lâminas: A) Lâminas sem o processamento com KOH; B) Lâminas processadas com KOH; C e D) Lâminas com concentrações de resíduo elevadas; E, U e G) Lâminas ultraconcentradas; CAR) Lâmina de vitrenio.....	72
Quadro 3. Distribuição estratigráfica dos táxons identificados por amostra.....	86

### Capítulo 5

Quadro 4. Comparativo dos táxons provenientes da Pedreira CIMPOR citados por Antonioli <i>et al.</i> (2009) e aqueles registrados neste trabalho, em nível de gênero.....	89
Quadro 5: Tabela cronológica do Mesozóico, com posicionamento estratigráfico dos andares locais para o Cretáceo do Brasil.....	93

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	20
1.1 PROBLEMA.....	21
1.2 PREMISSAS.....	22
1.3 HIPÓTESES.....	24
1.4 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....	25
1.5 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE INVESTIGAÇÃO.....	26
1.6 FLUXOGRAMA PROJETUAL.....	28
2 ESTADO DA ARTE.....	30
2.1 CONTEXTO GEOLÓGICO E ESTRATIGRÁFICO.....	30
2.2 PALEONTOLOGIA.....	33
3 PROCEDIMENTO E DETALHAMENTO DAS TÉCNICAS EMPREGADAS NA PESQUISA.....	39
3.1 RELEVÂNCIA DA TÉCNICA UTILIZADA.....	39
3.2 ADEQUAÇÃO DA TÉCNICA PARA TESTAR A HIPÓTESE.....	42
3.3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
3.3.1 ETAPA DE CAMPO .....	42
3.3.2 PREPARAÇÃO PALINOLÓGICA.....	46
3.3.2.1 DESAGREGAÇÃO FÍSICA.....	47
3.3.2.2 DISSOLUÇÃO QUÍMICA.....	48
3.3.2.3 CONCENTRAÇÃO DOS RESÍDUOS PALINOLÓGICOS – PENEIRAMENTO.....	54
3.3.2.4 CONFECÇÃO DAS LÂMINAS PALINOLÓGICAS.....	55
3.4 VULNERABILIDADE DA TÉCNICA.....	58
3.5 RESOLUÇÃO DA TÉCNICA CONSOANTE O LABORATÓRIO E EQUIPAMENTO UTILISADO / PRECISÃO DA TÉCNICA EM RELAÇÃO AO LABORATÓRIO ADOTADO.....	59
3.6 OBSERVAÇÃO DO CONTEÚDO PALINOLÓGICO E REGISTRO DE DADOS.....	60
3.6.1 OBSERVAÇÕES AO MICROSCÓPIO.....	60

3.7 PONTOS CRÍTICOS DOS PROCEDIMENTOS E CUIDADOS ADOTADOS.....	61
4 RESULTADOS.....	62
4.1 LEVANTAMENTO DO PERFIL E POSICIONAMENTO ESTRATIGRÁFICO DAS AMOSTRAS.....	62
4.1.1 DESCRIÇÃO DAS FÁCIES.....	62
4.1.2 AMOSTRAGEM PALINOLÓGICA.....	69
4.2 RESULTADOS DO PROCESSAMENTO PALINOLÓGICO.....	70
4.3 PRINCIPAIS GRUPOS DE PALINOMORFOS IDENTIFICADOS.....	82
4.4 DISTRIBUIÇÃO ESTRATIGRÁFICA.....	86
5 DISCUSSÃO.....	87
5.1 DISCUSSÃO DA GÊNESE SEDIMENTAR.....	87
5.2 CORRELAÇÕES TAXONÔMICAS.....	88
5.3 CORRELAÇÃO E DATAÇÃO.....	89
5.3.1 POSICIONAMENTO BIOESTRATIGRÁFICO.....	90
5.4 AMBIENTE DEPOSICIONAL.....	94
5.5 DISCUSSÕES PALEOGEOGRÁFICAS.....	100
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
6.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES.....	104
7 PROPOSTA DE REFINAMENTO DOS DADOS.....	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
ANEXOS.....	118

## 1 INTRODUÇÃO

A micropaléontologia é uma das ferramentas mais eficazes para a datação relativa de extratos sedimentares, sendo de grande importância para correlações paleogeográficas e paleoambientais. Uma das linhas de pesquisa da micropaléontologia é a palinologia, estudo dos microfósseis de parede orgânica de alto grau de preservação. Esses constituintes são denominados palinóforos, oriundos da flora continental (esporos e grãos de pólen, fungos) como de habitats aquosos continentais e marinhos (algas clorófitas: clorofíceas e prasinofíceas, dinoflagelados, quitinozoários, acritarcos, escolecodontes e palinoforaminíferos). Além dos palinóforos, a palinologia inclui também o estudo dos fitoclastos e da matéria orgânica amorfa.

A Bacia de Sergipe-Alagoas apresenta uma das mais completas sucessões estratigráficas aflorantes, estando representados depósitos de todos os seus estágios evolutivos: sinéclise, pré-rift, rift, transicional e drift (Cretáceo Inferior ao Holoceno). Os limites entre esses estágios foram graduais, refletindo modificações no estilo tectônico predominante que afetou cada uma das sequências sedimentares (Schaller, 1969; Garcia, 1992). Dessa forma torna-se importante fonte de dados para o entendimento da evolução das bacias costeiras brasileiras, apresentando-se como “bacia escola”.

A deposição das litologias do que constituem o Grupo Coruripe corresponde às fases rift e transicional da bacia que foi preenchido por sistemas alúvio-flúvio-deltaico representados pelas formações Feliz Deserto,

Penedo, Barra de Itiúba, Rio Pitanga, Morro do Chaves, Coqueiro Seco, Poção, Maceió e Muribeca (Campos Neto *et al.*, 2007).

Dentre os litotipos aflorantes do Grupo Caruripe (Cretáceo Inferior), destacam-se os depósitos carbonáticos da Formação Morro do Chaves, alguns dos quais proporcionando explorações minerais.

A Formação Morro do Chaves é relativamente rica em termos paleontológicos, com ocorrências de coquinas formadas por bivalves intercaladas por folhelhos orgânicos ricos em ostracodes (p. ex. Kinoshita, 2007) e peixes (p. ex. Gallo *et al.*, 2009a, 2010 e Gallo 2009c). O único trabalho palinológico disponível é o de Antonioli *et al.* (2004, 2009), que constituem uma análise preliminar do conteúdo esporopolínico para fins bioestratigráfico. Contudo, ainda não foi desenvolvido um trabalho de análise sistemática do conteúdo palinológico desta unidade, focado nas litofáceis siliciclásticas finas.

## 1.1 PROBLEMA

Informações provenientes de dados micropaleontológicos são fundamentais para correlação entre registros sedimentares, sejam eles pertencentes a uma mesma bacia ou de distintas bacias, com histórias contemporâneas.

As bacias vizinhas da Sub-bacia Alagoas, com seções aflorantes, possuem informações bioestratigráficas e paleoambientais advindas de palinomorfos (Carvalho *et al.*, 2006). Em algumas destas bacias dispõem-se também de dados palinológicos de subsuperfície (p. ex.: Regali *et al.*, 1974). Dessa forma, o levantamento de dados e a análise palinológica da Formação Morro do Chaves é de importância fundamental para tais correlações bioestratigráficas, além de poder permitir interpretações paleoambientais desta porção da margem continental brasileira.

Partindo dos comentários de Arai (2009, *op. Cit.*, p. 343) ao afirmar que “espera-se que a hipótese de entrada de águas tetianas vindas do norte nos primórdios do Atlântico Sul setentrional, primeiramente concebida com

bases paleontológicas, constitua um novo paradigma a ser aceito por geocientistas de todas as especialidades”. Com o *seaway* do Nordeste do Brasil, permitindo o acesso das águas tetianas ao Atlântico Setentrional, passando pelas bacias de São Luís, Parnaíba, Araripe e Sergipe, e se estabelecendo onde as terras encontravam-se mais rebaixadas ou sem relevo acentuado, no interior do continente emerso, o próprio autor conclui que “o modelo clássico de entrada do mar no Barremiano-Aptiano deve ser revisto” (Arai, 2009, *op. Cit.*, p. 343). Street & Bown (2000) e Zharkov *et al.* (1998), ao discutirem a evolução paleogeográfica do Berriasiano-Barremiano no Cretáceo Inferior, já chamam a atenção a presença dos possíveis caminhos apontados por Arai (2009).

Assim torna-se imprescindível um estudo sistemático do conteúdo micropaleontológico, iniciado aqui com o conteúdo palinológico, com maior detalhamento do marco limítrofe dos paleoambientes continental e marinho da Sub-bacia de Alagoas.

## 1.2 PREMISSAS

Estudos palinológicos prévios (Maffizzoni, 2000), realizados na Formação Morro do Chaves revelaram a ausência de esporos, grãos de pólen e outros palinomorfos, porém, detectou a presença de uma quantidade significativa de matéria orgânica amorfa (MOA) que, segundo Tyson (1995) pode ser derivada do fitoplâncton, de bactérias, resinas vegetais superiores e da diagênese de tecidos de macrófitas. Antonioli *et al.* (2004, 2009) recuperaram palinomorfos na unidade, representativos de uma idade relativa ao Barremiano. Contudo, os trabalhos de Antonioli *et al.* (2004, 2009) são carentes de informações, uma vez que constituem comunicações em eventos, desprovidas de dados fundamentais a uma análise mais profunda.

Em termos paleoambientais, Azevedo (2004) e Arai (2009) indicam uma proveniência marinha vinda de norte para os depósitos situados a norte da Bacia Sergipe-Alagoas, região onde afloram os registros mais bem expostos da Formação Morro do Chaves, amostrados para o presente

estudo. Nesse contexto, ocorre uma sedimentação mista, formada pela intercalação de calcários coquinóides da Formação Morro do Chaves, associados aos depósitos terrígenos (folhelhos e arenitos) da Formação Coqueiro Seco. O modelo assumido para essa deposição é originado a partir de sedimentação lacustre em contexto rifte, onde leques aluviais terrígenos coalescentes avançavam e interagiam com a sedimentação lacustre. O avanço e recuo da borda lacustre, influenciados pelo tectonismo e/ou variação climática, permitiam ocasionalmente o afogamento dos depósitos terrígenos, favorecendo a propagação dos organismos e, conseqüentemente, a deposição das litofácies carbonáticas, intercaladas nos depósitos arenosos e conglomeráticos (figura 1).

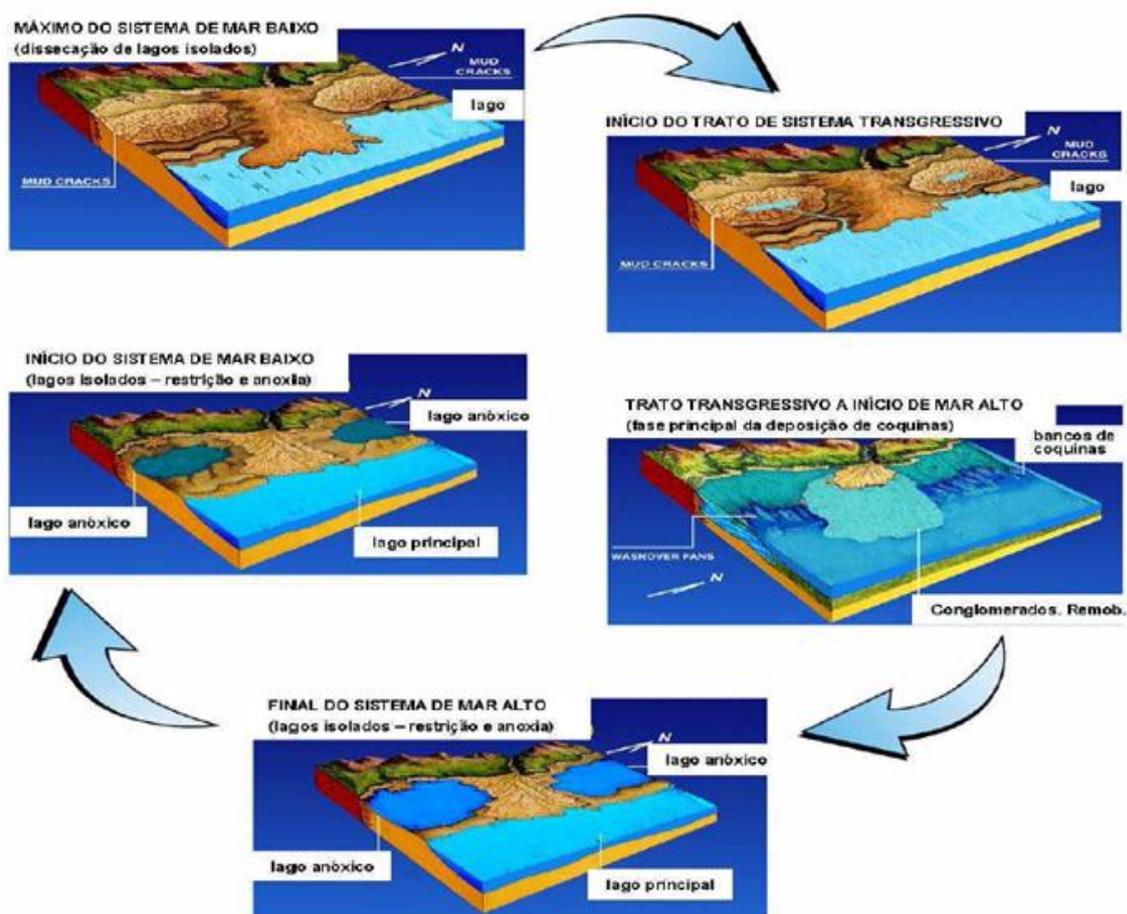


Fig. 1 – Modelo evolutivo da deposição dos carbonatos lacustres da Formação Morro do Chaves (Azambuja Filho *et al.*, 1998). Terminologia de tratos de sistemas marinhos adaptado ao ambiente lacustre.

Gallo *et al.* (2009a, 2009b, 2010) e Gallo (2009c) interpretaram os níveis da Formação Morro do Chaves na Pedreira do Grupo CIMPOR, através da identificação de fragmentos de um peixe do gênero *Mawsonia* e da família †Enchodontidae, e de fragmentos fósseis da mais antiga tartaruga *Pleurodira* já encontrada do gênero *Testudines*, sugere certa influência marinha.

Estes dados, associados à presença de pacotes evaporíticos de idades anteriores às idades dos pacotes situados mais a sul na mesma bacia, sugerem a necessidade de uma análise mais sistemática das informações que podem ser retiradas dos dados micropaleontológicos da unidade alvo da presente pesquisa.

As informações disponíveis em afloramento se tornam relevantes já que garantem uma boa visualização vertical e lateral das heterogeneidades e geometria dos corpos e boa integração com dados de maior e menor escala. A utilização de dados palinológicos de afloramentos em conjunto com outras ferramentas (p. ex.: geofísico, perfis de poços, isótopos etc.) poderão permitir aproximações posteriores entre os modelos virtuais e os depósitos que constituem reservatórios em subsuperfície. O melhor entendimento do contexto bioestratigráfico e paleoambiental desses depósitos conduz ao esclarecimento e aumento na capacidade preditiva sobre a distribuição dos diferentes tipos litológicos ao longo da bacia.

### **1.3 HIPÓTESES**

Este trabalho procura encontrar e reconhecer microfósseis de parede orgânica (palinologia) em níveis selecionados na Formação Morro do Chaves, uma vez que estes elementos geralmente são eficientes para a resolução da problemática anunciada (idade relativa e ambiente deposicional). Utilizando como referências principais os trabalhos de Antonioli *et al.* (2004 e 2009) que também analisaram o conteúdo palinológico da Formação Morro do Chaves, tendo estabelecido uma idade relativa correspondente ao andar Jiquiá Inferior (Barremiano).

Considerando a possibilidade de uma proveniência de invasão marinha vinda de norte nesta região da Sub-bacia de Alagoas, torna-se necessário olhar com mais rigor as reconstruções paleogeográficas existentes para a região. Estudos anteriores, em nível global, apontam para possibilidades de entrada de águas do Atlântico Central/Tetianas nas paleolatitudes outrora ocupadas pela Sub-bacia Alagoas (Hay *et al.*, 1999; Torsvik & Cocks, 2004).

#### **1.4 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS**

Este projeto específico de TCC tem por objetivo a recuperação e o reconhecimento dos registros de microfósseis de parede orgânica (palinomorfos) e fitoclastos e matéria orgânica amorfa, registrados na Formação Morro do Chaves, da Sub-bacia Alagoas, com vistas a compor a base bioestratigráfica e paleoambiental.

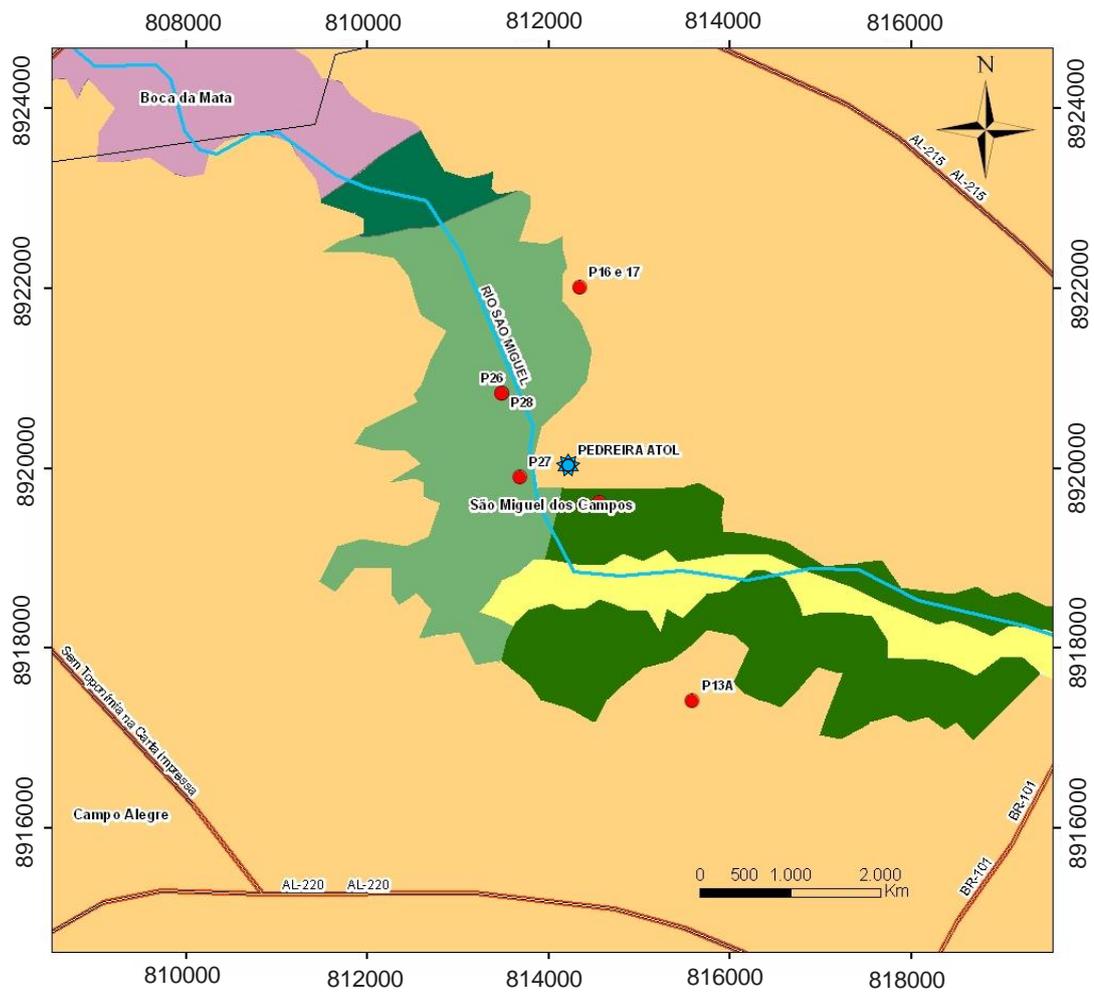
O reconhecimento de fósseis guias se faz imprescindível para a identificação de zonas bioestratigráficas, além do levantamento de dados para utilização na caracterização paleoambiental.

Esses esforços permitirão o treinamento de recurso humano em palinologia capacitado em trabalhos com aplicações diretas na análise bioestratigráfica, interpretação paleoambiental, fundamentais na análise de bacias sedimentares.

Através desse projeto busca-se encontrar elementos que permitam expor uma nova interpretação do contexto bioestratigráfico e paleoambiental para a Formação Morro do Chaves. Sendo assim o principal foco do trabalho é a datação relativa da unidade, com base em palinomorfos, para um melhor refinamento da idade da Formação Morro do Chaves. Comparações com outros modelos bioestratigráficos propostos para o mesmo intervalo de tempo, são de grande importância, assim podendo contribuir para o conhecimento sobre a palinoflora do Cretáceo Inferior do Brasil.

## **1.5 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE INVESTIGAÇÃO**

O afloramento alvo deste projeto está situado nas proximidades da cidade de São Miguel dos Campos, a 5,0 Km oeste da BR-101, Estado de Alagoas, ligada pela estrada secundária não pavimentada que leva à Fazenda São Sebastião (figura 2). Os depósitos aflorantes da Formação Morro do Chaves da antiga Pedreira ATOL, são objeto de exploração pelo Grupo CIMPOR. Todas as amostras analisadas neste trabalho pertencem a esta pedreira, devido ao fato da mesma constituir o mais representativo afloramento da Fm. Morro do Chaves, da fácies carbonática.



## Legenda

-  Pedreira Atol (afloramento de estudo)
-  Afloramentos Formação Morro do Chaves e Formação Coqueiro Seco
-  drenagem
-  Rodovias Estadual
-  Rodovias Federal
-  Municípios Alagoas

### Carta São Miguel e Atlaia

-  Formação Barreiras
-  Formação Coqueiro Seco
-  Formação Morro do Chaves
-  Formação Rio Pitanga
-  Embasamento
-  Sedimentos de Praias



Base Cartográfica:  
Cartas Geológicas  
da Bacia de Sergipe/Alagoas  
(PETROBRAS/DNPM, 1975)  
Folha de Propriária (escala: 1:50.000)

Informações Cartográficas:  
Projeção Universal Transversa  
de Mercator (UTM)  
Datum SAD 69

Fig. 2. Localização da Pedreira ATOL, área de estudo (Modificado de Garcia *et al.* 2011).

## 1.6 FLUXOGRAMA PROJETUAL

A partir do fluxograma apresentado na etapa anterior (Projeto Temático em Geologia II), novas técnicas de análise foram inseridas na tentativa de refinamento dos dados, conforme apresentado no fluxograma abaixo (figura 3). Para melhor recuperação do conteúdo palinológico foi acrescentado ao processamento a técnica de clareamento da matéria orgânica com a utilização de detergente neutro, que constitui parte da técnica de preparação de material palinológico descrito por Oliveira *et al.* (2003) e Brenner (1998), porém a mesma não demonstrou resultados satisfatórios para melhorar a identificação do material esporopolínico. Também foi acrescentado ao fluxograma projetual a observação das lâminas em luz fluorescente, para a observação de elementos algálicos porventura presentes.

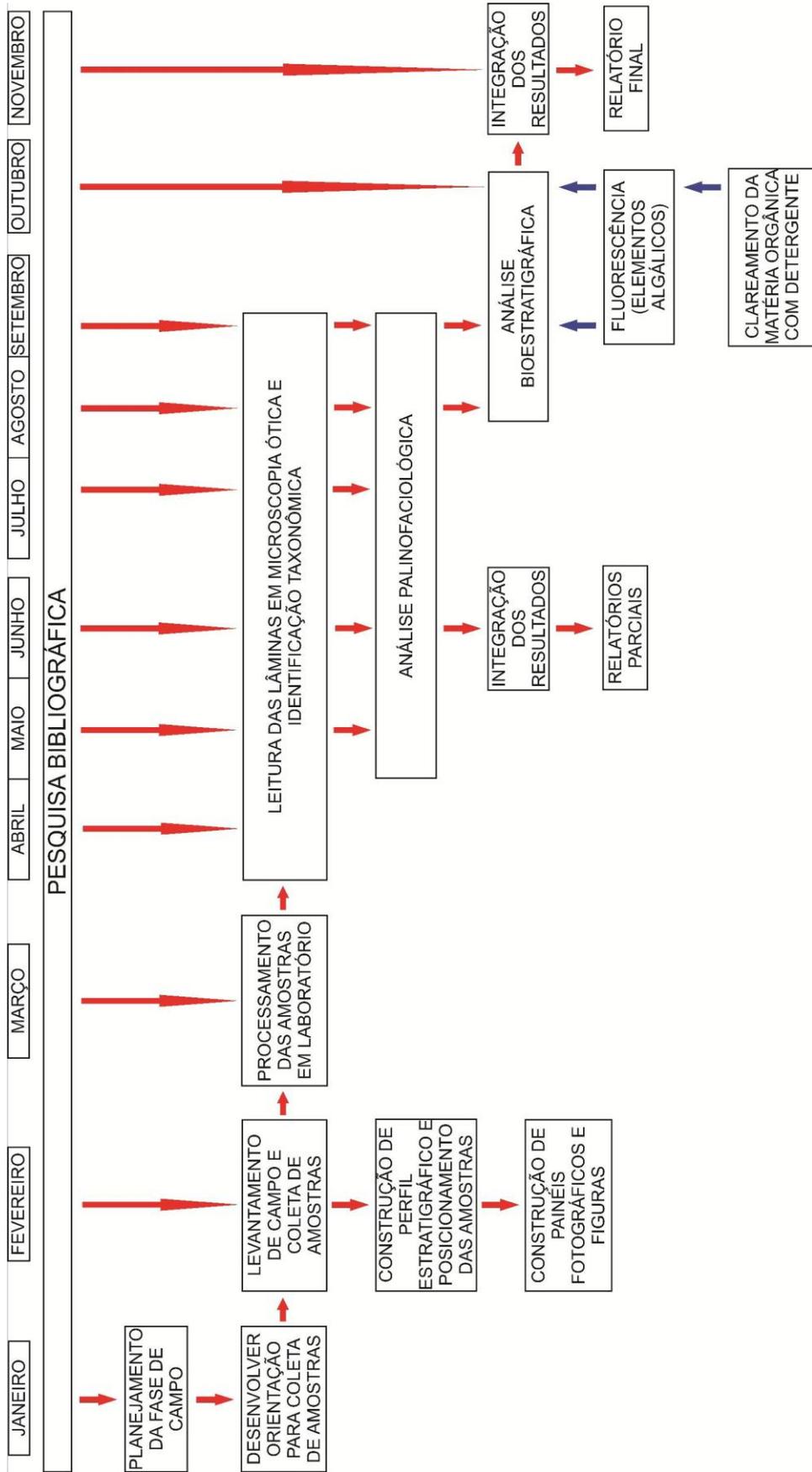


Fig. 3. Fluxograma Projetual do Projeto Temático em Geologia

## **2 ESTADO DA ARTE**

### **2.1 CONTEXTO GEOLÓGICO E ESTRATIGRÁFICO**

A região hoje ocupada pelos depósitos da Bacia de Sergipe-Alagoas encontra-se evolutivamente relacionada à separação do continente Gondwana, que originou o Oceano Atlântico Sul. Ao longo dessa evolução, esta área sedimentar passou por quatro estágios evolutivos: sinéclise, pré-rift, rift, transicional e drift. As informações geológicas discutidas aqui estão relacionadas cronoestratigraficamente ao estágio rifte, ao qual a Fm. Morro do Chaves esteve vinculada (figura 4).



O estágio rifte é representado por uma sequência continental depositada em meios-gráben, limitados por falhas com orientação predominantemente N-S, em um contexto transtensional, evoluindo para afastamento simples de placas, em concomitância com o afinamento crustal, durante o Eo-Cretáceo. A sedimentação encontra-se parcialmente representada pelos calcários da Formação Morro do Chaves, associados aos depósitos terrígenos da Formação Coqueiro Seco.

Durante a fase drifte de evolução da bacia, é caracterizado o início da influência marinha em caráter permanente há cerca de 115 milhões de anos, durante o Albiano ao Pleistoceno. Entretanto, a ruptura final que separou o Gondwana em dois continentes ocorreu há cerca de 80 milhões de anos. A representação desse estágio é marcada pelos calcarenitos bioclásticos e oncolíticos e pelos calcilutitos lagunares e de talude da Formação Riachuelo.

Segundo Garcia *et al.* (2010) o modelo deposicional onde é inserida a Formação Morro do Chaves é atualmente atribuído como composto por uma sedimentação lacustre em contexto rifte, onde leques aluviais terrígenos coalescentes avançam interagindo com a sedimentação lacustre e carbonática. O avanço e recuo da borda lacustre, influenciado pelo tectonismo ou pelo aumento do nível do lago, permitiam em parte o afogamento dos depósitos terrígenos, favorecendo uma maior propagação dos organismos e conseqüentemente maior deposição das litofácies carbonáticas, intercaladas nos depósitos arenosos e conglomeráticos descritos na Pedreira Atol (figura 5).



Fig. 5. Vista geral da Pedreira Atol situada em São Miguel dos Campos, afloramento de maior expressão da Formação Morro do Chaves.

## 2.2 PALEONTOLOGIA

Há poucos trabalhos paleontológicos completos realizados na Formação Morro do Chaves. Todavia é de suma importância a abordagem de tais ferramentas (fósseis) para melhor compreensão do contexto do intervalo em questão dentro da evolução estrutural da bacia.

Escassos estudos paleontológicos na Formação Morro do Chaves foram realizados, embora ocorra expressivo conteúdo fossilífero. Nogueira *et al.* (2003) descreveram as rochas coquinóides formadas por moluscos bivalvos (calcirruditos), as quais constituem o principal pacote sedimentar da seção aflorante na Pedreira Atol. O estudo de tal material é de importância devido ao fato que tipos de reservatório como estes são de difícil ocorrência no registro geológico, pois normalmente essas associações estão relacionadas a ambientes de baixa energia e acúmulo de lama. A composição dos bioclastos que compõem essas “coquinas” é metaestável (aragonita), ocasionando uma intensa recristalização/cimentação que acarreta na obstrução da porosidade inicial.

Gallo *et al.* (2009b) identificaram a primeira ocorrência de *Testudines* (tartarugas) na Formação Morro do Chaves, posicionada no andar Jiquiá Inferior (~ Barremiano Superior/Aptiano Inferior). Esse único exemplar foi preservado em uma concreção carbonática, onde foram encontrados porções do crânio, mandíbula, casco e elementos apendiculares. Segundo os autores, o exemplar foi classificado na Família *Bothremydidae*, e representa, provavelmente, o mais antigo registro de Eupleurodira no mundo e a mais antiga tartaruga fóssil já encontrada no país.

Gallo *et al.* (2009a, 2009c 2010) descreve também na Formação Morro do Chaves, novas ocorrências de †Mawsoniidae (Sarcopterygii, Actinistia) e a presença de †Enchodontidae (que sugere certa influência marinha). A família Mawsoniidae possui amplitude temporal do Triássico Médio (Ladiniano) ao Cretáceo Superior (Cenomaniano) com distribuição nas Américas do Sul e do Norte, África e Europa. O gênero *Mawsonia* ocorre durante todo o Cretáceo da América do Sul e da África, permitindo melhores correlações estratigráficas e interpretações biogeográficas.

Uma identificação das associações de palinórfos presentes na unidade em questão foi realizada por Antonioli *et al.* (2004, 2009), a partir de amostras de folhelhos negros intercalados com bancos de margas coquinóides e ricos em bivalvos, e arenitos finos a médios com estruturas *hummocky*. Os autores identificaram 15 espécies de esporos, pertencentes a oito gêneros, e 20 espécies de grãos de pólen que compreendem 12 gêneros. A palinoflora encontrada é formada pelos grãos de pólen atribuídos a gimnospermas (*Classopollis*, *Equisetosporites*, *Araucariacites*, *Eucommiidites*, *Gnetaceaepollenites*, *Inaperturopollenites*, *Dicheiropollis*), em associação com os esporos triletes (*Apiculatisporis*, *Aequitriradites*, *Cicatricosisporites*, *Verrucosisporites*, *Deltoidospora*, *Leptolepidites*, *Concavisporites*). Em proporções menores são encontrados os gêneros *Stelatopollis* e *Transitoripollis* de grãos de pólen afins às angiospermas. Tendo como base a associação encontrada na seção investigada da Formação Morro do Chaves, a unidade foi posicionada no andar Jiquiá

inferior (Barremiano superior). Devido à grande quantidade de esporos e grãos de pólen, foi indicado um ambiente deposicional predominantemente continental para a Formação Morro do Chaves. Todavia estes trabalhos que definem o andar Jiquiá para a Sub-bacia de Alagoas são pobres em figuras e discussão, devido ao fato de estarem representados apenas em forma de resumo em evento, carecendo assim de maiores esclarecimentos sobre a localização das coletas de amostras e técnicas empregadas na preparação palinológica.

Mostrando mais uma vez a alta diversidade de fósseis desta unidade, Motta *et al.* (2011) descrevem o achado de fragmentos de um pterossauro. O material estava guardado no acervo paleontológico do MCT-PUCRS, oriundo de uma coleta realizada no ano de 1996 em uma expedição a Formação Morro do Chaves na Bacia de Sergipe-Alagoas. Durante a triagem do material fossilífero coletado, foram identificados elementos do crânio e pós-crânio semi-articulados, associados a abundantes restos de peixes. O elemento mais representativo constitui uma porção de mandíbula de 50,7 mm de comprimento, levemente curva e sem projeção ventral conspícua. Apresenta também muitos dentes bem preservados que variam muito tanto de tamanho (2,0 mm - 11,4 mm), quanto no espaçamento entre eles. Com as informações identificadas puderam-se descartar algumas espécies conhecidas no Brasil, como as das famílias Tapejaridae e Nyctosauridae, por estes não possuírem dentes. Pode-se também excluir a família Anhangueridae, pela mandíbula não apresentar nenhuma projeção (crista) nos exemplares encontrados. Entretanto faz-se necessário uma análise mais detalhada do conteúdo fossilífero encontrado, tanto o material não identificado, quanto o restante do material coletado na mesma região.

A correlação de estratos sedimentares com os andares da escala cronoestratigráfica padrão constitui uma das principais dificuldades dos pesquisadores do mundo inteiro. Essa dificuldade é resultante do fato de que a grande maioria das unidades pertencentes à escala padrão são fixadas com base em estratos marinhos, com base em fósseis marinhos que possuem ampla distribuição paleogeográfica.

Por conseguinte foram estabelecidos andares locais, amarrados a palinozonas constituídas por fósseis índices continentais. No Brasil os andares locais do Cretáceo Inferior são: Dom João, Rio da Serra, Aratu, Buracica, Jiquiá e Alagoas, com ressalva ao primeiro que é atribuído parte ao Jurrásico.

Em Arai *et al.* (1989) expõe-se uma comparação entre alguns esquemas de correlação das palinozonas com as biozonas de ostracodes segundo os andares locais do Cretáceo Inferior do Brasil. Sendo de maior importância para a temática do presente trabalho as superzonas e zonas palinológicas. Em nenhum dos trabalhos citados em Arai *et al.* (1989) houve identificação de palinozonas para o andar Dom João devido a esterilidade da unidade.

Regali *et al.* (1974), para os andares Rio da Serra, Aratu, Buracica e até o andar Jiquiá Médio, estabeleceram a superzona palinológica *Cedridites* ? sp. (*apud* Regali *et al.* 1974, est. 3, fig. 4), subdivida em 4 zonas palinológicas. A palinozona mais basal é a *Alisporites* ? sp. que juntamente com a palinozona seguinte, *Leptolepidites major*, definem o andar Rio da Serra. A terceira palinozona é a *Caytonipollenites pallidus*, que corresponde ao intervalo da base do andar Aratu até a parte basal do andar Buracica Inferior. A última palinozona dentro da superzona *Cedridites* ? sp. é a *Dicheiropollis etruscus*, que abrange a parte superior do andar Buracica Inferior até o andar Jiquiá Inferior.

O restante do andar Jiquiá e o andar Alagoas, conforme proposto por Regali *et al.* (1974), são fixados com base na superzona *Exesipollenites tumulus*, que possui sete zonas palinológicas listadas da base para o topo: *Aequitriradites spinulosus*, *Inaperturopollenites crisopelensis*, *Inaperturopollenites curvimuratus*, *Foveotriletes* sp., *Inaperturopollenites turbatus*, *Sergipea variverrucata* e *Caytonipollenites* ? sp, onde a palinozona *Aequitriradites spinulosus* é a única do andar Jiquiá.

Já Beurlen (1981) define, a exceção dos andares Rio da Serra e Alagoas, uma zona palinológica para cada andar. O andar Rio da Serra é o único que possui duas zonas palinológicas, a zona *Alisporites* ? sp. na parte

inferior, e a zona *Leptolepodites major* na parte superior do andar. Os andares seguintes Aratu, Buracica e Jiquiá, são compreendidos respectivamente pelas palinozonas: *Caytonipollenites pallidus*, *Dicheiropollis etruscus*, *Aequitriradites spinulosus*. Para Beurlen (1981) o andar Alagoas corresponde desde a zona palinológica *Inaperturopollenites crisopolensis* até a zona *Incertas sedis F*, sendo fixado apenas uma zona a mais que Regali *et al.* (1974).

Regali & Viana (1988) definem praticamente as mesmas zonas definidas anteriormente (Regali & Viana, 1986), com uma pequena diferença de posicionamento das zonas na parte superior do período correspondente. Os autores acima citados também estabeleceram para os andares Rio da Serra, Aratu, Buracica e até o andar Jiquiá Médio a superzona palinológica *Cedridites* ? sp., entretanto constituída por cinco zonas palinológicas. A primeira zona corresponde a parte inferior do andar Rio da Serra, que é fixada a palinozona *Alisporites* ? sp., seguida da palinozona *Leptolepidites major*, que marca parte do andar Rio da Serra Superior. A palinozona *Caytonipollenites pallidus*, abrange a parte superior do andar Rio da Serra Superior, o andar Aratu e o andar Buracica Inferior. A palinozona *Dicheiropollis etruscus* define a parte superior do andar Buracica até a parte inferior do andar Jiquiá. O andar Jiquiá Médio e marcado pela palinozona *Stellettopollis bituberensis*. A parte superior do andar Jiquiá e o andar Alagoas são marcados pela superzona *Exesipollenites tumulus*, que é constituída respectivamente da base para o topo, pelas zonas palinológicas: *Aequitriradites spinulosus*, *Clavatipollenites crisopolensis*, *Inaperturopollenites curvimuratus*, *Inaperturopollenites turbatus*, *Sergipea variverrucata* e *Complicatisaccus cearenses*, com apenas a palinozona *Aequitriradites spinulosus* pertencente ao andar Jiquiá Superior.

As palinozonas descritas acima são sintetizadas na figura 6.

REGALI, UESUGUI & SANTOS (1974)			BEURLEN (1981)			REGALI & VIANA (1986)			REGALI & VIANA (1988)				
AND	CÓD.	ZONAS DE OSTRACODES	CÓD.	SUPERZONAS E ZONAS PALINOLÓGICAS	AND	ZONAS DE OSTRACODES	ZONAS PALINOLÓGICAS	AND	ZONAS DE OSTRACODES	ZONAS PALINOLÓGICAS	AND	ZONAS DE OSTRACODES	ZONAS PALINOLÓGICAS
ALGAS	PC-20		ALGAS	<i>Incertas sedis F</i> (P-290) <i>I. crisopolensis</i> (P-230)	ALGAS	<i>Cytheridea</i> ? 201 / 218	<i>Vitr. aff. signatus</i> <i>S. variverrucata</i> <i>Inapert. turbatus</i> <i>I. curvimuratus</i> <i>I. crisopolensis</i>	ALGAS	<i>Cytheridea</i> ? spp. gr. 201-218	<i>Cytheridea</i> ? spp. gr. 201-218	ALGAS	<i>Cytheridea</i> ? spp. gr. 201-218	<i>S. variverrucata</i> <i>Inapert. turbatus</i> <i>I. curvimuratus</i> <i>C. crisopolensis</i>
ALGAS	PC-21		ALGAS	<i>Exosporites tumulus</i>	ALGAS	<i>L. froelseni</i>	<i>Aequitriradites spinulosus</i> (P-220)	ALGAS	<i>L. froelseni</i>	<i>L. froelseni</i>	ALGAS	<i>L. froelseni</i>	<i>A. spinulosus</i>
ALGAS	PC-22		ALGAS	?	ALGAS	<i>Petrobrasia diversicostata</i>	<i>Petrobrasia diversicostata</i>	ALGAS	<i>Petrobrasia diversicostata</i>	<i>Petrobrasia diversicostata</i>	ALGAS	<i>Petrobrasia diversicostata</i>	<i>S. bituberensis</i>
ALGAS	PC-23		ALGAS		ALGAS	<i>Cypridea (Sebastianites) fida minor</i>	<i>Dicheiropollis etruscus</i>	ALGAS	<i>Cypridea (Sebastianites) fida minor</i>	<i>Dicheiropollis etruscus</i>	ALGAS	<i>Cypridea (S) fida minor</i>	<i>Dicheiropollis etruscus</i>
ALGAS	PC-24		ALGAS		ALGAS	<i>Coriaciona coriacea</i>	<i>etruscus</i> (P-180)	ALGAS	<i>Coriaciona coriacea</i>	<i>etruscus</i>	ALGAS	<i>Coriaciona coriacea</i>	
ALGAS	PC-25		ALGAS		ALGAS	<i>Cypridea (M?) bibullata bibullata</i>	<i>Caytonipollenites pallidus</i> (P-160)	ALGAS	<i>Cypridea (M?) bibullata bibullata</i>	<i>Caytonipollenites pallidus</i>	ALGAS	<i>C. (M?) bibullata bibullata</i>	<i>Caytonipollenites pallidus</i>
ALGAS	PC-26		ALGAS		ALGAS	<i>Paracypridea obovata obovata</i>	<i>Caytonipollenites pallidus</i>	ALGAS	<i>Paracypridea obovata obovata</i>	<i>Caytonipollenites pallidus</i>	ALGAS	<i>Paracypridea obovata obovata</i>	
ALGAS	PC-27		ALGAS		ALGAS	<i>Paracypridea brasiliensis</i>	<i>Leptolepidites major</i> (P-140)	ALGAS	<i>Paracypridea brasiliensis</i>	<i>Leptolepidites major</i>	ALGAS	<i>Paracypridea brasiliensis</i>	<i>Leptolepidites major</i>
ALGAS	PC-28		ALGAS		ALGAS	<i>Cypridea (M) candensis</i>	<i>Alisporites ? sp.</i> (P-120)	ALGAS	<i>Cypridea (M) candensis</i>	<i>Alisporites ? sp.</i>	ALGAS	<i>C. (M) Candensis RT-003</i>	<i>Alisporites ? sp.</i>
ALGAS	PC-29		ALGAS		ALGAS	<i>Theriosynoecum varietuberatum</i>		ALGAS	<i>Theriosynoecum varietuberatum</i>		ALGAS	<i>Theriosynoecum varietuberatum</i>	
ALGAS	PC-30		ALGAS		ALGAS	<i>Bisulcocypris pricei</i>		ALGAS	<i>Bisulcocypris pricei</i>		ALGAS	<i>B. pricei</i>	
ALGAS	PC-31		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-32		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-33		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-34		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-35		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-36		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-37		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-38		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-39		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-40		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-41		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-42		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-43		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-44		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-45		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-46		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-47		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-48		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-49		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-50		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-51		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-52		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-53		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-54		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-55		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-56		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-57		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-58		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-59		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-60		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-61		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-62		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-63		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-64		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-65		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-66		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-67		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-68		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-69		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-70		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-71		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-72		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-73		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-74		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-75		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-76		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-77		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-78		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-79		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-80		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-81		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-82		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-83		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-84		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-85		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-86		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-87		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-88		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-89		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-90		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-91		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-92		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-93		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-94		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-95		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-96		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-97		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-98		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-99		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		
ALGAS	PC-100		ALGAS		ALGAS			ALGAS			ALGAS		

Fig. 6. Zonas bioestratigráficas dos andares locais do nordeste do Brasil (conforme Arai et al. 1989)

### **3 PROCEDIMENTO E DETALHAMENTO DAS TÉCNICAS EMPREGADAS NA PESQUISA**

#### **3.1 RELEVÂNCIA DA TÉCNICA UTILIZADA**

O presente trabalho visa efetuar levantamentos sistemáticos de campo com descrição de perfis de detalhe dos intervalos aflorantes da porção carbonática da unidade juntamente com uma amostragem orientada. Para este trabalho será utilizada a técnica padrão proposta por Wood *et al.* (1996) que trata dos processos da preparação de amostras para análise palinológica. Estas ferramentas aliadas a estudos isotópicos, paleontológicos, entre outros, vem sendo desenvolvidas como constituintes de uma estratégia básica de coleta de dados para a construção de um banco de dados de informações que permitam melhor elucidar a idade, origem e proveniência dos depósitos deste intervalo estratigráfico da Bacia Sergipe-Alagoas.

Para isso será de igual importância o conhecimento das informações já existentes sobre a paleontologia da área e outras informações geológicas. Também se faz necessário o conhecimento paleogeográfico do Cretáceo Inferior, mais precisamente do período Barremiano, tanto das bacias marginais brasileiras, como também sobre suas correlações mundiais.

Devido à abundância relativa, e a dispersão rápida e eficiente, a palinologia é uma das ferramentas mais utilizadas nas bacias sedimentares brasileiras para a determinação de idades relativas e paleoambientes. Apesar de outros elementos oferecerem uma maior resolução

bioestratigráfica para o Cretáceo, como por exemplo, foraminíferos e nanofósseis calcários, contudo os elementos palinológicos são mais específicos em determinados intervalos. Consoante a isso se tem o fato de serem observados desde ambientes continentais até ambientes hadais (figura 7).

A utilização da palinologia para determinar idades relativas de determinados intervalos é de grande auxílio por se tratar de uma área da micropaléontologia que estuda diversos grupos taxonômicos. Dentre os palinomorfos podemos observar esporos, grãos de pólen, algas clorofíceas, algas dinofíceas, acritarcos, quitinozoários, palinoforaminíferos, esporos de fungos e escolecodontes, além de preservar fitoclastos e matéria orgânica amorfa (figura 8).

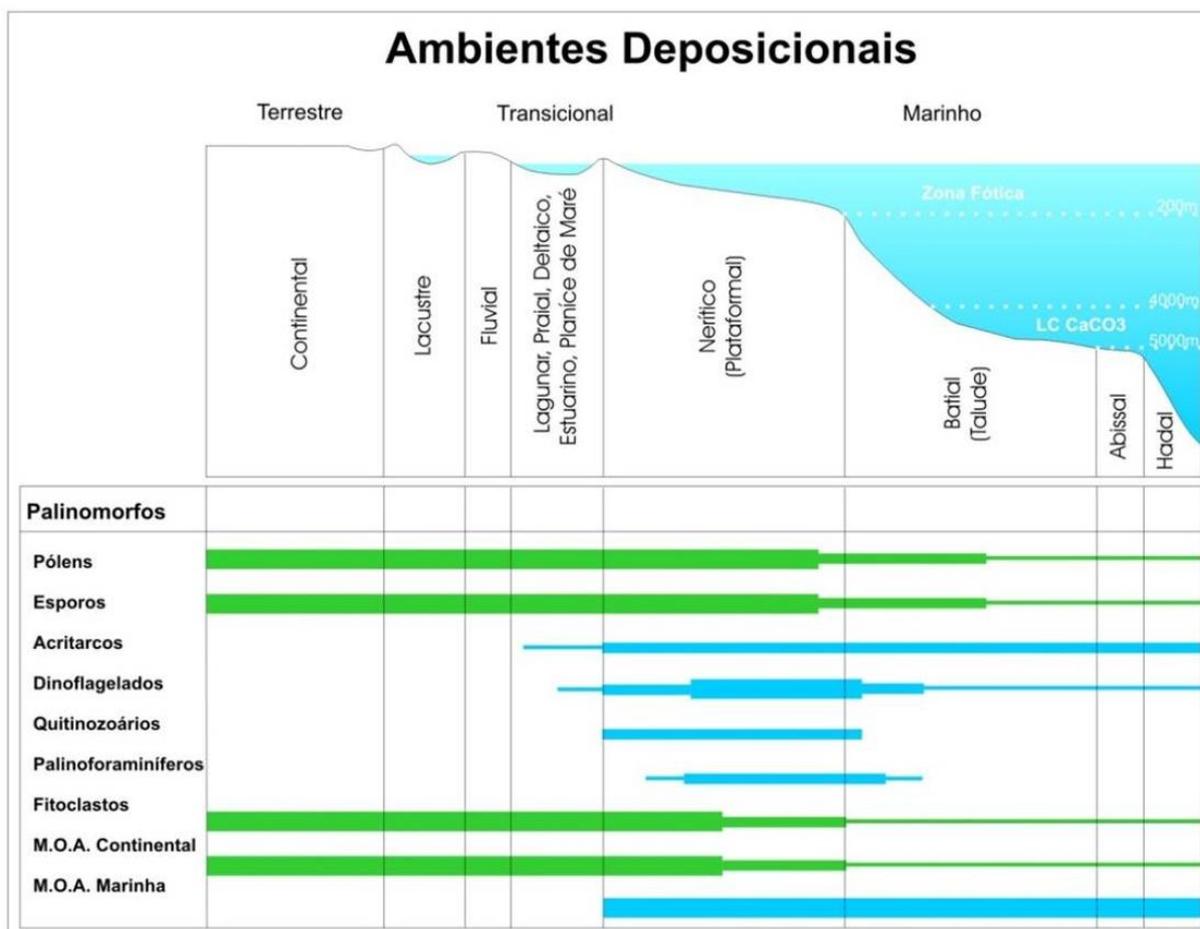


Fig. 7: Perfil representativo da relação de palinomorfos e seus ambientes deposicionais (modificado de Seyve, 1990).

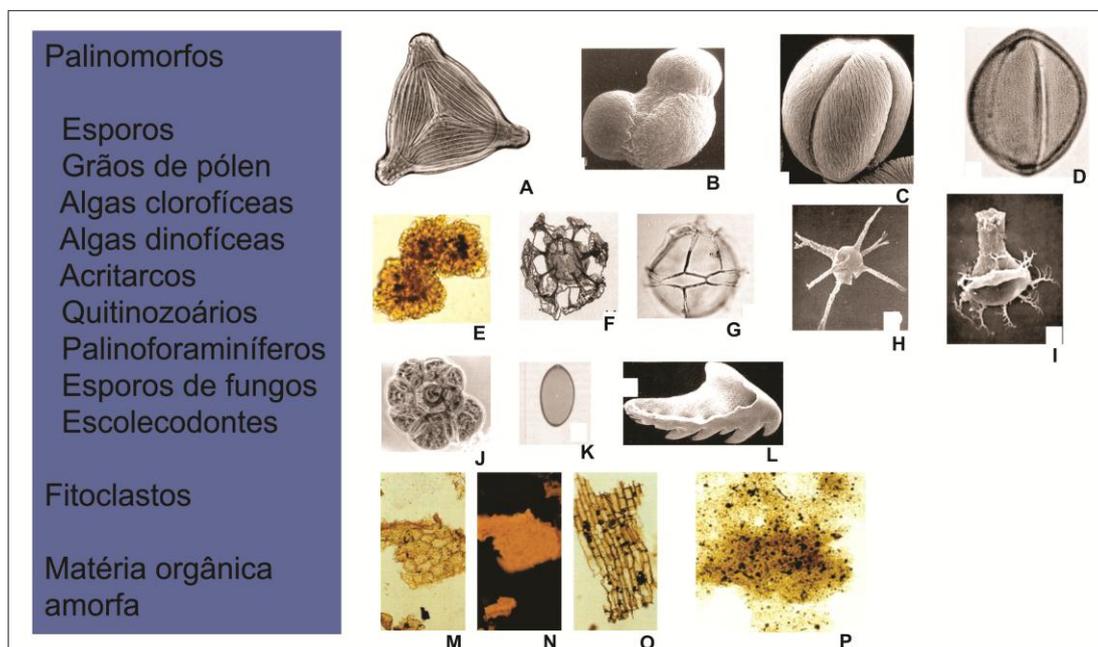


Fig. 8. Elementos palinológicos: A) Esporos; B, C e D) Grãos de pólen; E) Alga clorófitas; F e G) Algas dinofíceas; H) Acritarco; I) Quitinozoária; J) Palinoforaminífero; K) esporo de fungo; L) Escolocodontes; M, N e O) Fitoclastos e P) Matéria orgânica amorfa.

O material palinológico está constantemente sendo depositados em todos os tipos de sedimentos localizados sobre ou nas proximidades dos ambientes continentais (ambientes transicionais e marinhos rasos), mas nem todos os ambientes tem a capacidade de preservar estes constituintes. De uma maneira mais simplificada podemos classificar as rochas que apresentam melhor grau de preservação de do material de estudo seguindo algumas características, como coloração e a litologia. Rochas de colorações verde, vermelha, branca, amarela são estéreis ou contém pouca quantidade de palinomorfos, já rochas de coloração cinza-escuro a pretas demonstram maior incidência em palinomorfos. Quanto à litologia, rochas de composição pelítica tendem a apresentar maiores quantidades de palinomorfos em relação a rochas de composição mais grosseiras (arenitos, conglomerados).

Os material estudado pela palinologia possui maior resistência as intempéries em ambientes mais calmos, onde o aporte sedimentar permita uma decantação do material palinológico. Por conseguinte rochas

constituídas por siltitos e folhelhos tendem a preservar mais material, não descartando a fertilidade de outros tipos de rochas sedimentares, somente classificando em grau de preservação de elementos palinológicos.

### **3.2 ADEQUAÇÃO DA TÉCNICA PARA TESTAR A HIPÓTESE**

O estudo aqui disposto visa analisar o conteúdo palinológico, tendo como base o conhecimento de que rochas de granulometria mais fina, como siltitos e folhelhos, tendem a ser mais favoráveis a preservação de maiores quantidades de matéria orgânica e palinomorfos, por conseguinte foram coletadas amostras destas litologias para análise.

A pesquisa palinológica foi desempenhada em função de existirem zoneamentos bem definidos para a área de estudo. Assim podendo fixar a idade relativa da Formação Morro do Chaves com base em fósseis índice que determinam palinozonas.

A técnica aqui proposta pode melhor elucidar também o ambiente deposicional que foi formado esta unidade. Tendo ocorrências tanto em ambientes terrestres (esporos e grãos de pólen) como em ambientes marinhos (dinoflagelados, quitinozoários, acritarcos, escolecodontes e palinoforaminíferos).

### **3.3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.3.1 ETAPA DE CAMPO**

Os procedimentos para descrição dos perfis de campo seguiram a metodologia adotada pelo Projeto CAMURES CARBONATO, conforme segue (Garcia *et al.*, 2011, Relatório Interno).

Os perfis litofaciológicos foram construídos com base nos trabalhos de Garcia & Eastwood (1981) e Tucker (1991), que tratam da descrição de afloramentos com um significativo detalhamento, e também em um trabalho

que apresentou uma aplicação direta para afloramentos carbonáticos (Aigner *et al.*, 1995).

A ficha modelo (figura 9) utilizada para a descrição de perfil, busca a integração de métodos de descrição de rochas siliciclásticas que possam ocorrer em afloramento e de rochas carbonáticas. Esta ficha é composta por uma coluna que trata da Classificação de rochas carbonáticas segundo Dunham (1962), que nas devidas proporções pode ser utilizada tanto em campo quanto em laboratório, para descrição das rochas carbonáticas. Baseia-se na identificação de sedimentos gerados em ambiente de alta/baixa energia baseado na quantidade de lama carbonática presente na amostra (figura 10). A ficha possui também a escala granulométrica de Wentworth (1922), utilizada para caracterização de sedimentos siliciclásticos, assim como sua adaptação para rochas carbonáticas presente no trabalho de Folk de 1959. Os intervalos granulométricos utilizados constam no quadro 1.

<b>Ficha de Descrição de Rochas Híbridas</b>			
Classificação Dunham (1962)	Litofácies		
	Litologia	Textura e Estruturas	Descrição
Boin Gra Pac Wec Mud			
Arg S Amf Af Am Ag Amg Gr Sx M Mar Clu Cra	Adaptado de FOLK (1959) (Rochas Siliciclásticas) (Rochas Carbonáticas)		
LEGENDA			

Fig. 9. Modelo de ficha de descrição de perfis litofaciológicos utilizada na descrição dos perfis no Projeto CAMURES CARBONATO (Garcia *et al.*, 2011).

Textura deposicional reconhecível				Componentes unidos orgânicamente durante a deposição	Textura deposicional não reconhecível
Componentes originais não unidos orgânicamente durante a deposição					
Contém lama carbonática (micrita)		Sem micrita			
Suportado pela matriz		Grão Suportado			
< 10% de aloquímicos	> 10% de aloquímicos				
MUDSTONE	WACKSTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BOUNDSTONE	CRISTALINO

Figura 10. Classificação de rochas carbonáticas segundo Dunham (1962).

Quadro 2. Classificação de rochas carbonáticas considerando o tamanho dos seus constituintes aloquímicos e classificação de rochas siliciclásticas correspondente (adaptado de Wentworth, 1922 e Folk 1959).

Diâmetro das Partículas (mm)	Tipo Carbonático (Aloquímico)		Tipo Siliciclástico
< 0,004	-		Argila/ Folhelho
0,004 a 0,0063	Calclutito		Siltito
0,063 a 0,125	Calcarenitos	Calcarenito Muito Fino	Arenito Muito Fino
0,125 a 0,250		Calcarenito Fino	Arenito Fino
0,250 a 0,500		Calcarenito Médio	Arenito Médio
0,500 a 1,000		Calcarenito Grosso	Arenito Grosso
1,000 a 2,000	Calcirruditos	Calcirrudito Fino	Arenito Muito Grosso
2,000 a 4,000		Calcirrudito Médio	Arenito
4,000 a 16,000		Calcirrudito Grosso	Conglomerado e
16,000 a 64,000			Brecha

A primeira etapa, para um bom processamento posterior, consiste na coleta em campo das amostras. Ao coletar a amostra para este fim, procura-se por camadas com menor grau de alteração, compostas por folhelhos escuros (por apresentarem uma melhor resolução para técnica de preparação), sendo assim é necessário, por vezes, realizar uma escavação

mais profunda para a obtenção de uma amostra de confiança, menos intemperizada.

Cada amostra deve ser guardada em saco plástico individual contendo as informações sobre a numeração da camada e o posicionamento no perfil estratigráfico do afloramento (figura 11). Para a análise palinológica necessitamos de aproximadamente 20 g de rocha fragmentada, a partir de fragmentos com dimensões acima de 2,0 mm para processamento.



Fig. 11: Coleta de amostras com posicionamento das mesmas no perfil estratigráfico.

### 3.3.2 PREPARAÇÃO PALINOLÓGICA

Os procedimentos de preparação palinológica corresponde ao método que recupera microfósseis de natureza orgânica, não mineralizados, constituídos de esporopolenina (de fórmula química bastante complexa do tipo  $C_{90} H_{110}$  até  $158 O_{10}$  até 44) ou de substâncias quitinóides. Devido a essa natureza química, são necessárias técnicas de extração e concentração de

matéria orgânica da rocha. Esta matéria orgânica é composta de palinomorfos (microfósseis de origem marinha, continental, animal ou vegetal), fitoclastos e matéria orgânica amorfa.

Para a extração e concentração deste material são empregadas técnicas de dissolução específicas por reagentes químicos, utilizando equipamentos de proteção adequados e tendo os cuidados necessários durante o manuseio dos ácidos. Para este tipo de estudo é utilizada a técnica padrão proposta por Wood *et al.* (1996). Esta técnica consiste na aplicação de ácido clorídrico (HCl) e ácido fluorídrico (HF) para eliminar ao máximo, os constituintes minerais da rocha, para que reste apenas um resíduo composto por palinomorfos.

### **3.3.2.1 DESAGREGAÇÃO FÍSICA**

Para começar a preparação do material a ser processado, é necessário fragmentar as amostras para que se tenha uma quantidade homogênea de rocha, com fragmentos menores para que a reação com os ácidos seja mais eficiente. As amostras maiores são primeiramente fragmentadas com a utilização do martelo, deve-se tomar o cuidado para embrulhar a amostra em saco plástico e papéis/jornais para não perder material. As amostras menores e as maiores que já foram fragmentadas com o martelo, são fragmentadas a um tamanho menor com o almofariz (grau) e pistilo, tendo o cuidado para não pulverizar as amostras, pois isso pode quebrar o material de interesse (figura 12). Para uma homogeneidade do tamanho dos fragmentos que irão reagir com os ácidos, o conteúdo é peneirado em malha de 2,0 mm, para que os fragmentos com dimensões menores que 2,0 mm sejam descartados.

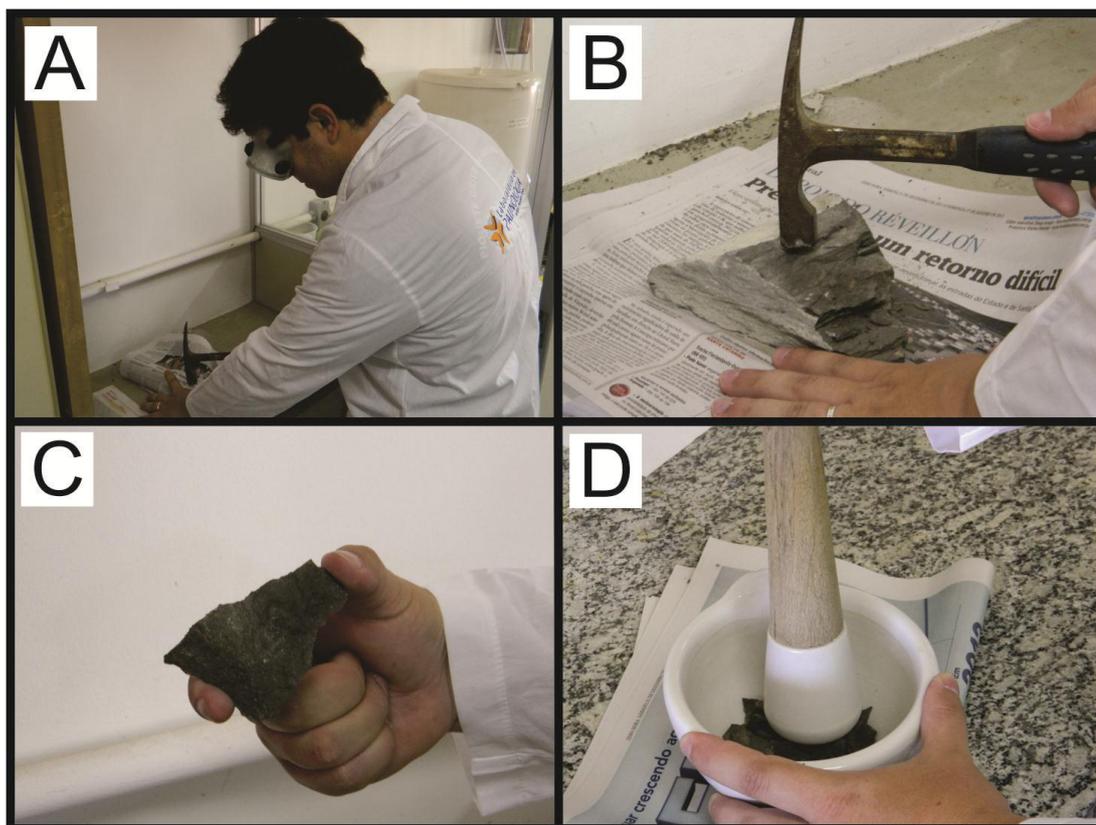


Fig. 12: Desagregação física, A e B) desagregação física de amostras maiores utilizando o martelo; C) tamanho suficiente para a preparação palinológica; D) desagregação física utilizando o pistilo.

Após a fragmentação, o material é peneirado em malha de 2 mm para que fragmentos menores que 2 mm sejam descartados. Após realizar o peneiramento, pesa-se o material até ter a quantidade definida (aproximadamente 20 g). Depois de todas as etapas da desagregação física o material já está pronto para a dissolução química, sendo colocado em béqueres plásticos de 1000 ml devidamente identificados.

### 3.3.2.2 DISSOLUÇÃO QUÍMICA

Para a realização das análises químicas devem ser tomadas algumas precauções essenciais para a proteção individual de quem irá preparar as amostras. Alguns itens de segurança devem ser colocados anteriormente a qualquer contato com os ácidos, principalmente, como jaleco, luvas, óculos

de proteção para gases e máscara de proteção para gases (figura 13). É de suma importância acrescentar essa ressalva para a realização deste tipo de trabalho.



Fig. 13: Equipamentos de proteção individual (EPI), itens de precaução para evitar acidentes.

Após a identificação de todos os béqueres (com a numeração de campo dada para as amostras), os mesmos são levados à capela para realização do teste de verificação da presença de material carbonático nas amostras. Com a capela ligada (segundo todos os procedimentos de segurança devido à volatilidade dos ácidos) é retirada uma pequena fração de cada amostra e colocada em um béquer de vidro contendo ácido clorídrico (HCl a 37%) e verificada se há reação nas amostras (figura 14). Se a reação é efervescente, a amostra é separada para o processamento com HCl, se não é passa direto para a etapa de dissolução com HF.

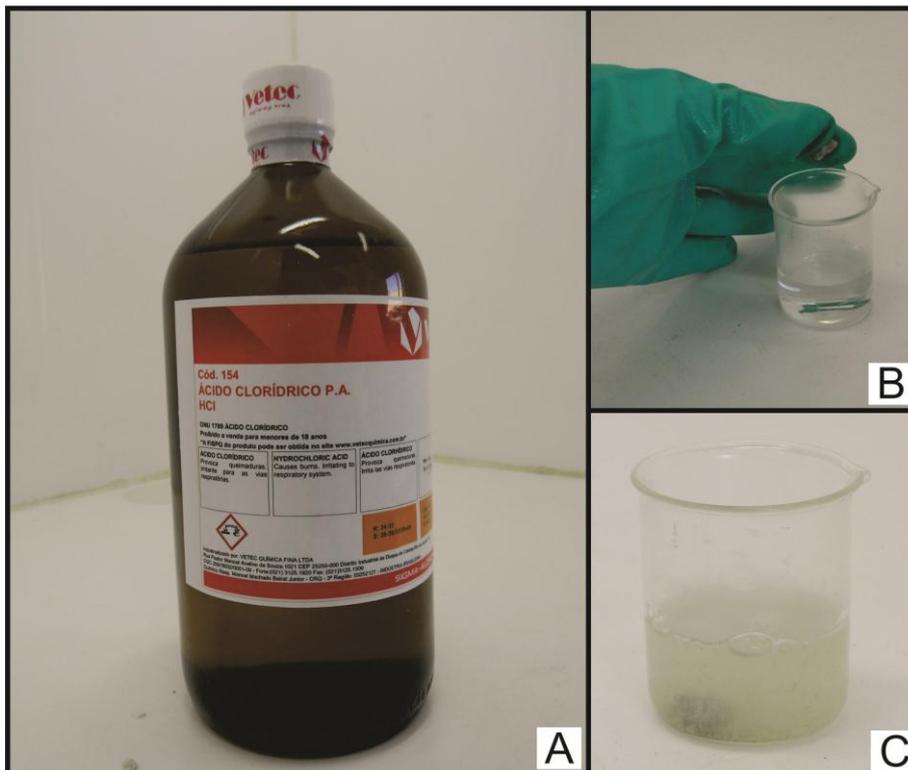


Fig. 14: Teste para verificar a presença de minerais carbonáticos; A) ácido clorídrico; B) inserção de uma pequena fração da amostra para o teste; C) reação de efervescência, indicando a presença de material carbonoso.

O ácido clorídrico é adicionado em béqueres até cobrir totalmente as amostras, espera-se uma hora para dar tempo da reação cessar. O ácido deve ser neutralizado para seu descarte. Depois de esperar uma hora para a reação com ácido clorídrico cessar, sempre trabalhando dentro da capela (figura 15), o recipiente é preenchido com água destilada até 2 cm da borda (figura 16). Como o material de interesse são elementos orgânicos, por serem constituídos por material muito fino esperam-se no mínimo oito horas para que o mesmo deposite no fundo do recipiente, para que na hora de descarte da água destilada não se perca o material do fundo.



Fig. 15: Capela de exaustão.



Fig. 16: A) dissolução do material com HCl; B) Preenchimento do béquer com água destilada para a neutralização do ácido.

Para uma neutralização eficaz dos ácidos são realizadas no mínimo três trocas de água destilada (utiliza-se água destilada para não contaminar a amostra com material palinológico recente). Ressalta-se o cuidado que deve se tomar com o descarte da água destilada, como a primeira água a ser retirada ainda possui alto teor de HCl, esta é descartada em galões de plástico para serem tratadas antes do descarte final (figura 17). As outras trocas de água podem ser descartadas diretamente no esgotamento pluvial.

O ácido clorídrico em especial, os reagentes e os íons de cálcio devem ser removidos, pois quando permanecem na amostra, tendem a reagir com a adição do ácido fluorídrico da próxima etapa, precipitando em pequenos cristais de fluoreto de cálcio, que é de difícil remoção (Uesugui, 1979).

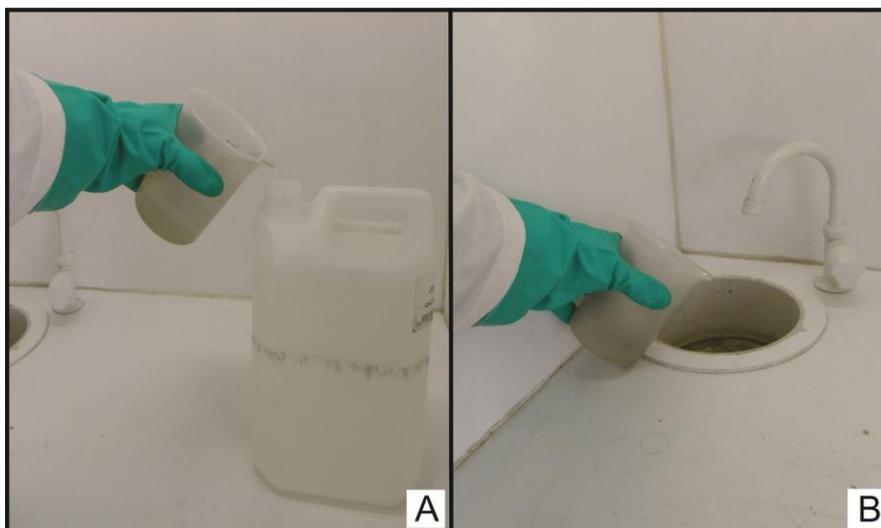


Fig. 17: descarte da solução neutralizada de ácido clorídrico; A) primeiro descarte para tratamento químico posterior; B) descartes secundários feitos diretamente no esgotamento pluvial.

Após a realização da dissolução da fração carbonática é adicionado o ácido fluorídrico (HF 48%) para dissolver os minerais silicatados. Da mesma forma como na adição do ácido clorídrico, é adicionado o ácido fluorídrico nas amostras até cobrir por completo as mesmas, tomando cuidado para o ácido ser adicionado vagorosamente, pois esta reação pode ser mais violenta e exotérmica. Para garantir uma dissolução dos minerais silicatados mais eficiente, as amostras são submetidas ao HF por vinte e quatro horas, com a capela ligada devido ao ácido ser muito volátil (figura 18).

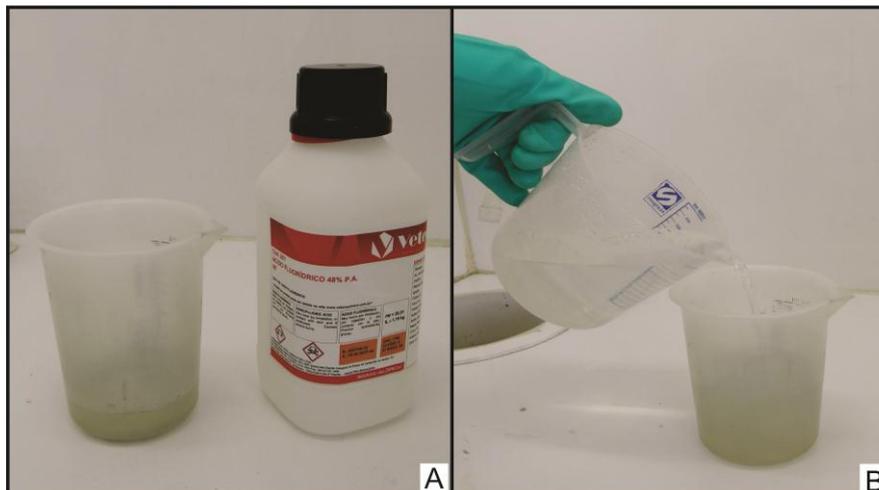


Fig. 18: A) dissolução do material com HF; B) Preenchimento do béquer com água destilada para a neutralização do ácido.

Após as vinte e quatro horas, é realizada a neutralização através de trocas de água, com água destilada. Com os resíduos já neutralizados é adicionado ácido clorídrico até atingir o dobro do volume do resíduo. É novamente realizada trocas de água para neutralização do ácido. O resíduo que resta (figura 19) após o término das etapas de desagregação química ainda não é o resíduo final, que deve passar por peneiras para a eliminação das partículas com tamanho superior a 25 mm/ $\mu$ m e inferior a 250 mm/ $\mu$ m.

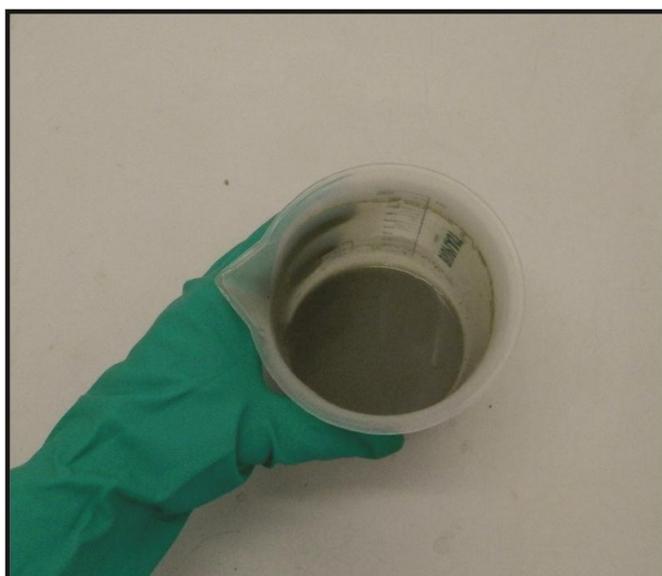


Fig. 19: Resíduo da desagregação química, pronto para ser peineirado.

### **3.3.2.3 CONCENTRAÇÃO DOS RESÍDUOS PALINOLÓGICOS – PENEIRAMENTO**

Com o resíduo já neutralizado, é feita a concentração do mesmo com a utilização em conjunto de duas peneiras. A peneira que vai receber o resíduo primeiro possui uma malha de 500 mesh (0,025 mm = 25  $\mu$ m), e a segunda peneira possui uma malha de 60 mesh (0,250 mm = 250  $\mu$ m), o que ficar retido entre essas peneiras é o resíduo propriamente dito. Este procedimento de peneiramento é realizado individualmente para cada amostra em uma pia, lembrando-se de tomar o cuidado para lavar a peneira entre a preparação de cada amostra, lavando com água e sabão e depois com água destilada, para evitar possíveis contaminações. A técnica de manuseio da peneira constitui de movimentos verticais e horizontais com a adição de água destilada, além de batidas suaves na pia para a eliminação do material menor que 60 mesh, que normalmente é a matéria orgânica amorfa que envolve os palinomorfos, indesejável e que dificulta a visualização e identificação taxonômica dos mesmos ao microscópio (figura 20). Cada amostra deve ser guardada em um potinho plástico com a devida numeração para posterior preparação das lâminas palinológicas.

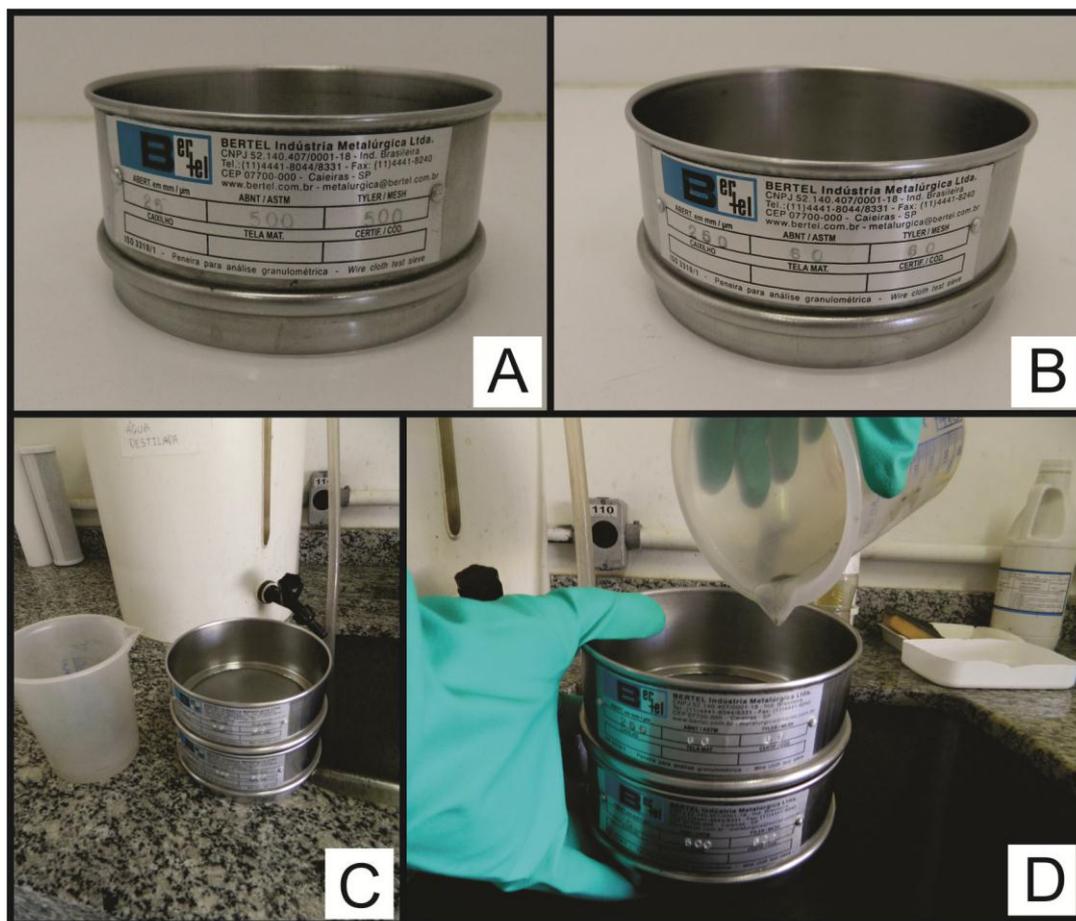


Fig. 20: A) peneira de 500 mesh; B) peneira de 60 mesh; C e D) procedimento de peneiramento para eliminação do material maior que 500 mesh e menor que 60 mesh.

### 3.3.2.4 CONFEÇÃO DAS LÂMINAS PALINOLÓGICAS

Para a confecção das lâminas palinológicas, utilizou-se lamínulas (24 x 32 mm) e lâminas de vidro (24 x 76 mm). Foram identificadas todas as lâminas com a numeração estabelecida de MP-P (Museu de Paleontologia-Palinologia), que após a realização dos estudos aqui propostos serão depositadas na Palinoteca do Museu de Paleontologia do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade federal do rio Grande do Sul.

Antes de montar a lâmina definitiva, efetuamos uma lâmina d'água, que consiste em uma gota do resíduo colocada diretamente sobre a lâmina e coberta pela lamínula para espalhar o resíduo (figura 21). Esta lâmina d'água é confeccionada para que se observe o grau de esterilidade da

amostra, ou seja, obtêm-se uma primeira análise da amostra, o que facilita a definição das melhores amostras, e se será necessário confeccionar mais de uma lâmina para o mesmo nível/amostra.

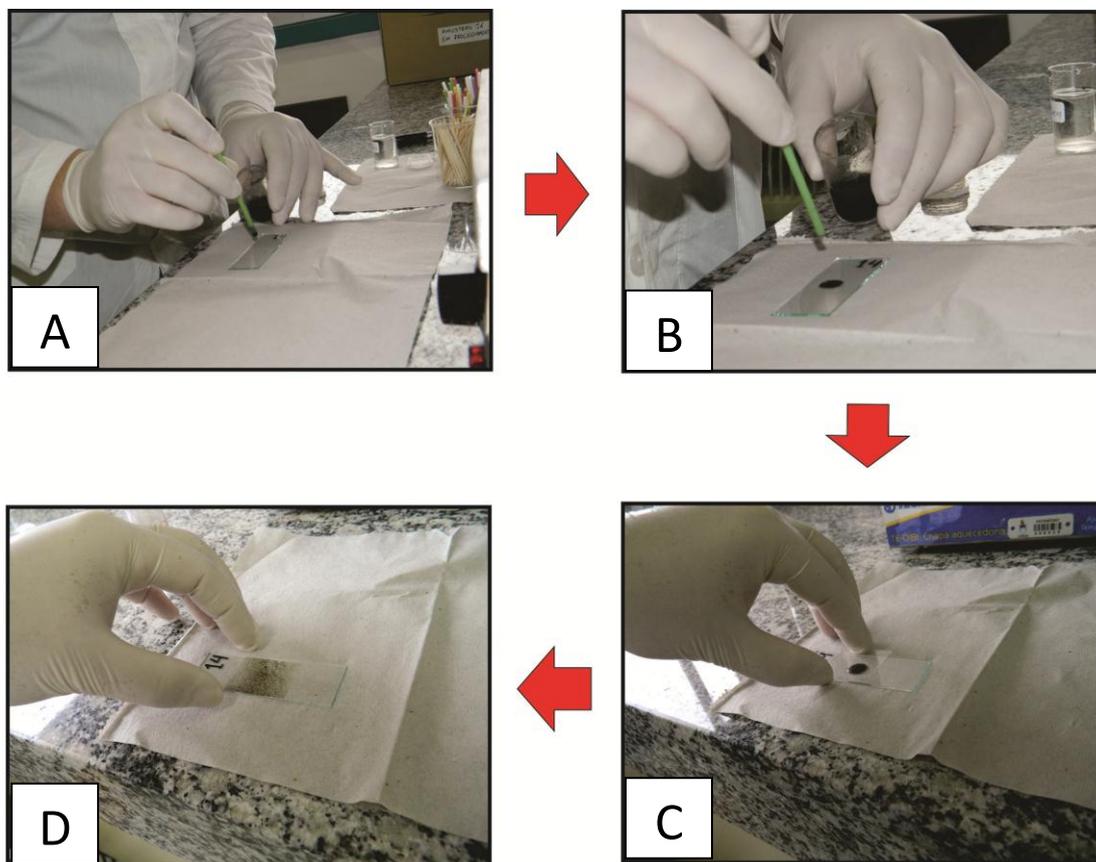


Fig. 21: Confeção de lâmina d'água para fins de primeira análise; A) coloca-se uma gota de resíduo com o auxílio de um canudinho, B) posicionamento da gota de resíduo no centro da lâmina, C) cola-se a lamínula sobre a gota de resíduo, e D) a lamínula dissipa a gota de resíduo pela lâmina para uma melhor visualização.

A confecção das lâminas é realizada em uma chapa quente esquentada a temperatura aproximada de 60 °C. Primeiramente após o aquecimento da chapa, é colocada uma gota de água destilada para fixação da lamínula na chapa para melhor manuseio; assim que a lamínula está bem fixada é adicionada água destilada sobre a lamínula para que o resíduo se disperse mais sob toda a extensão da mesma. Para que o resíduo tenha maior aderência e também para impedir a proliferação de fungos na lâmina é adicionada uma gota de cellosize. Depois de feita estas etapas são

adicionados os resíduos com o auxílio de canudos descartáveis para retirar o mesmo dos potinhos plásticos onde as amostras foram guardadas. A quantidade de resíduo posto na lâmina depende da concentração que se deseja obter, mais normalmente vai de uma a três gotas. Para melhor aproveitamento da área da lamínula utiliza-se um palito para misturar e espalhar o resíduo. Aguarda-se a água destilada evaporar para não formar bolhas durante a colagem da lamínula a lâmina (figura 22). Depois de seca, a lamínula é retirada da chapa e colocada dentro da capela para a colagem com o composto Entelan (devido ao cheiro forte do produto utilizado para a colagem este procedimento é realizado dentro da capela com o exaustor ligado), onde são adicionadas três gotas do composto na lâmina e colada a lamínula sobre a lâmina.

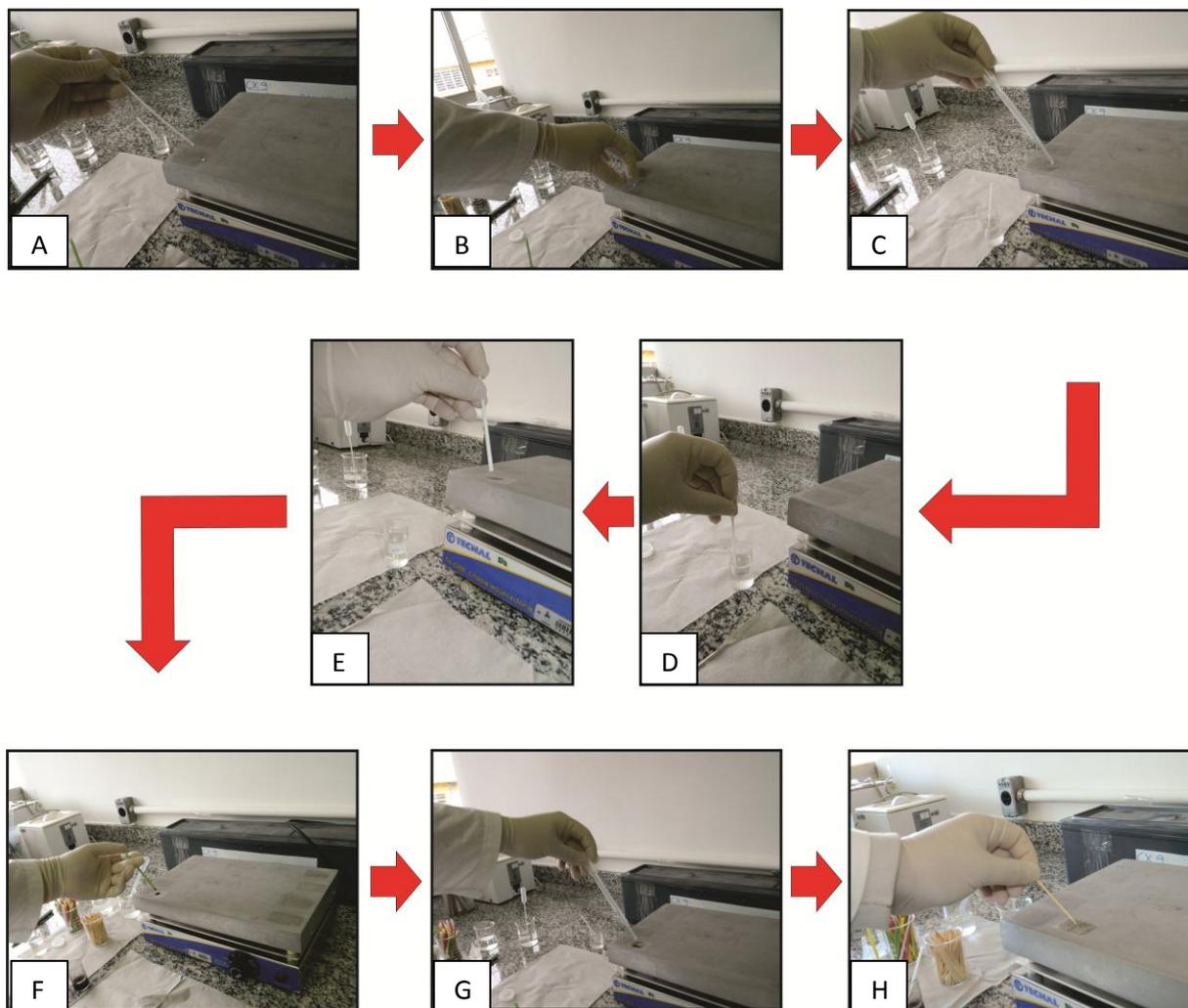


Fig. 22: processo de confecção de lâminas palinológicas, utilizando-se de uma chapa quente: A) uma gota de água destilada é colocada na chapa aquecida para fixar a lamínula; B) fixação da lamínula na chapa quente; C) coloca-se água destilada para facilitar a dispersão posterior do resíduo; D e E) utiliza-se uma gota de celosize para não permitir a propagação de bactérias, preservando assim a lâmina; F) com o auxílio de um canudo de plástico coloca-se de uma a três gotas de resíduo, dependendo da concentração do material; G) novamente é colocada água destilada para facilitar a distribuição do resíduo; H) por fim espalha-se o resíduo sobre a lamínula com o auxílio de um palito de dentes, assim que a chapa aquecida seca esta água destilada a lamínula é retirada da chapa.

### 3.4 VULNERABILIDADE DA TÉCNICA

A técnica de preparação e análise palinológica tem como restrição a sua melhor resolução ser gerada em folhelhos escuros, sendo mais rara a preservação em outros tipos de litologia. E como restrição pós-preparação

tem-se por vezes a grande quantidade de matéria orgânica dificultando a visualização e identificação dos microfósseis de parede orgânica, mesmo que esta grande quantidade de matéria orgânica amorfa também indique outras evidências ambientais.

### **3.5 RESOLUÇÃO DA TÉCNICA CONSOANTE O LABORATÓRIO E EQUIPAMENTO UTILISADO / PRECISÃO DA TÉCNICA EM RELAÇÃO AO LABORATÓRIO ADOTADO**

O Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo (figura 23), do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, apresenta à disposição recursos físicos para uma boa preparação de amostras. Sua precisão de resultados é considerada muito boa, como apresentada nos diversos trabalhos publicados vinculados ao laboratório. Assim sendo a preparação das amostras deste trabalho contou com toda infraestrutura e apoio do laboratório.



Fig. 23. Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo.

### 3.6 OBSERVAÇÃO DO CONTEÚDO PALINOLÓGICO E REGISTRO DE DADOS

#### 3.6.1 OBSERVAÇÕES AO MICROSCÓPIO

Para obter uma visualização dos palinomorfos com boa resolução é necessário à utilização de um microscópio ótico de qualidade, que possibilite estudos com mais detalhe. Para esses estudos, faz-se imprescindível que o mesmo esteja equipado com mais de uma ocular/objetivas, tais como a de 10x, 20x, 40x e a de 100x (lente de imersão), assim permite-se varreduras nas lâminas amplas, ganhando-se tempo na pesquisa, e com a observação em mais detalhe, quando necessário, com aumentos de até 1000 vezes. Neste trabalho o equipamento utilizado para o estudo dos palinomorfos foi o microscópio binocular de luz branca Olympus CX31 (figura 24), e o microscópio binocular de luz branca e luz fluorescente Olympus BX51. A fotografias apresentadas neste trabalho foram tiradas com a máquina fotografica Olympus Evolt E330.



Fig. 24. Observações no microscópio binocular de luz branca.

### **3.7 PONTOS CRÍTICOS DOS PROCEDIMENTOS E CUIDADOS ADOTADOS**

O principal risco na análise de palinórfos é a baixa potencialidade palinológica das amostras, isto é, mostrarem-se estéreis. O material analisado e processado apresentou muito baixa potencialidade de palinórfos nas primeiras lâminas confeccionadas, levando a confecção de lâminas muito concentradas para a melhor concentração de palinórfos, fitoclastos e matéria orgânica amorfa.

Devido a esta constatação o tempo de decantação foi estendido, uma vez que é um dos pontos críticos para a perda de palinórfos que não decantam e acabam sendo descartados juntamente com a água destilada.

Em algumas amostras processadas, foi observado que no resíduo final havia uma grande quantidade de matéria orgânica amorfa (que dificulta a observação dos palinórfos). Assim sendo utilizou-se de KOH a 20% que auxilia na fragmentação da matéria orgânica amorfa. As amostras que foram submetidas a mais este processo passaram novamente pelas peneiras tendo assim um novo resíduo final.

Além da adição de KOH para fragmentar a matéria orgânica amorfa, foi utilizado detergente neutro para clarear a mesma, a fim de facilitar a visualização e posterior classificação do material esporopolínico.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 LEVANTAMENTO DO PERFIL E POSICIONAMENTO ESTRATIGRÁFICO DAS AMOSTRAS**

#### **4.1.1 DESCRIÇÃO DAS FÁCIES**

As camadas identificadas no perfil estratigráfico da pedreira CIMPOR (ex-Atol), representado na figura 25, são descritas a seguir juntamente com a indicação das respectivas amostras coletadas nas mesmas, e tendo como base as classificações de Dunham (1962) e Folk (1959).



**MCH-001**

Calcirrudito, segundo a classificação de Folk (1959), formado principalmente por bioclastos de bivalves, constituindo os denominados depósitos de “coquinas” da unidade, de coloração variando de cinza a branco. Apresenta granodecrescência ascendente. As coquinas estão dispostas em camadas relativamente contínuas de geometrias lenticulares, com espessura aproximadamente entre 1,0 m 0,2 m e internamente podem apresentar estratificações cruzadas visíveis em alguns intervalos. A porosidade primária está preenchida por cimento espático. São classificadas como Grainstone / Packstone segundo Dunham (1962).

**MCH-002**

Folhelho de coloração esverdeada, mostrando uma variação lateral para porções mais orgânicas sobre as coquinas. O intervalo de folhelho possui lentes no calcirrudito intercaladas, as quais apresentam intraclastos de folhelhos em seu interior. Há fragmentos de vegetação carbonificada, pequenos lenhos fósseis, e peixes fósseis, ocorrem também cimentações de piratas em menor número e tamanho.

**MCH-003**

Calcirrudito representando uma camada lenticular “coquinóide” e mostrando uma superfície de erosão na base em contato com os folhelhos.

**MCH-004**

Camada de folhelho escuro de coloração cinza esverdeado, com nódulos de piratas grandes, chegando a 4,0 cm de diâmetro. Muitos fragmentos de peixes fósseis (escamas e ossos) com tamanho máximo encontrado de 30 cm.

**MCH-005**

Calcirrudito formado principalmente por bioclastos de bivalves, “coquinas”, de coloração variando de cinza a branco. Apresenta granodecrescência ascendente. As coquinas estão dispostas em camadas contínuas e de formato lenticular. Clasto suportado, clastos estes de bivalves retrabalhados (microcristalino).

**MCH-006**

Folhelho cinza, muito escuro. Concreções de piratas e presença de fragmentos de peixes fósseis são atributos comuns neste intervalo.

**MCH-007**

Calcirrudito ocorrendo na base dos pacotes de calcarenito que passam a dominar para o topo caracterizando uma granodecrescência ascendente.

**MCH-008**

Folhelho cinza esverdeado com concreções de piratas e mostrando aspectos bastantes coquinóide.

**MCH-009**

Como os pacotes anteriores, calcirrudito formado principalmente por bioclastos de bivalves, de coloração variando de cinza a branco. Apresenta granodecrescência ascendente. As coquinas estão dispostas em camadas lenticulares de grande continuidade lateral.

**MCH-010**

Folhelho com coloração variando de cinza claro a cinza escuro, com a presença de piratas oxidadas e fragmentos de peixes fósseis. Apresenta grande quantidade de ostracodes visíveis em amostra de mão.

**MCH-011**

Calcirrudito na base dos sets de cruzadas, gradando para calcarenito no topo dos sets, marcando assim uma granodecrescência ascendente.

**MCH-012**

Folhelho de coloração cinza esverdeado mostrando sinais de pouca alteração. Apresenta quantidade de fragmentos de peixes fósseis inferiores em relação aos outros folhelhos.

**MCH-013**

Intervalo de calcirrudito coquinóide. As coquinas tendem a ser mais grosseiras em virtude das conchas apresentarem tamanhos entre 2,0 cm e 5,0 cm. Alternância de coloração esbranquiçada e cinza, em função de intercalações com pelitos. Interpretado como depositados em ambiente de inframaré.

**MCH-014**

Folhelho de coloração cinza esverdeado contendo fragmentos de peixes fósseis. Folhelho apresenta intercalações de calcirruditos mostrando pequenas *hummockys* (truncamentos por ondas).

**MCH-015**

Calcirrudito formado principalmente por bioclastos de bivalves, coquinas, de coloração variando de cinza a branco. Apresenta granodecrescência ascendente. As coquinas estão dispostas em camadas contínuas.

**MCH-016**

Folhelho esverdeado com pirita (chegando a tamanhos de até 3,0 cm, um pouco alterado).

**MCH-017**

Calcirrudito formado principalmente por bioclastos de bivalves e de coloração variando de cinza a branco, disposto em grandes lentes.

**MCH-018**

Folhelho esverdeado com bastante fósseis de peixes e restos vegetais, além de concreções de pirita de até 2,0 cm.

**MCH-019**

Arenito médio apresentando marcas de carga na base, no contato com o folhelho.

**MCH-020**

Folhelho verde escuro com abundantes fósseis de peixes e a identificação de um exemplar fóssil de um possível “crinoide” (?). Apresenta uma fina camada preta que lembra carvão, porém oxidada.

**MCH-021**

Calcirrudito de coloração branca a cinza, sem estruturas visíveis.

**MCH-022**

Folhelho um pouco alterado, com intercalações de coquinas de bivalves dispersas.

**MCH-023**

Arenito híbrido de coloração cinza esverdeado, com granulometria variando de média a grossa, com intercalações de coquinas. Presença de clastos de quartzo e bivalves. Rocha híbrida. Bivalves bastante retrabalhados, com silte na matriz. Porosidade boa na ordem de 8%. Clasto suportado.

**MCH-024**

Wakestone (areia média com argila). Calcarenito de coloração mais escura devido à presença de fração argila. Intercalação estrutural com o nível MCH-24.

**MCH-025**

Rocha híbrida, arenito e coquina. Calcirrudito laminado de coloração branco esverdeado. Bivalves estão mais inteiros, grau de retrabalhamento menor. Intraclastos de fragmentos de micas com stivencita. Suportado pela matriz. Com espessura total de aproximadamente 9,0 m.

**MCH-026**

Argilito de coloração esverdeada, alteração superficial. Camada com 50,0 cm de espessura

**MCH-027**

Arenito híbrido de coloração marrom acinzentado, com estratificação cruzada. Barras alongadas laminadas. Não possui porosidade.

**MCH-028**

Argilito de coloração marrom esverdeado, pacote bem espesso (aproximadamente 5,0 m), com alto grau de alteração.

**MCH-029**

Arenito híbrido com estratificação plano-paralela. Espessura total não passando de 60,0 cm.

**MCH-030**

Folhelho de coloração cinza esverdeado. Apresenta-se extremamente alterado pelo fato de encontrar-se na parte superficial do perfil.

**MCH-031**

Arenito muito fino a fino com estratificação truncada por ondas. Camada com 45,0 cm de espessura. Coloração bege claro, bastante oxidado.

**MCH-032**

Folhelho extremamente alterado (não recomendado para análise palinológica).

**MCH-033**

Arenito fino com aproximadamente 10,0 cm de espessura de coloração marrom, bastante oxidado.

**MCH-034**

Folhelho bastante alterado de coloração marrom esverdeado, fragmentos de elementos indeterminados com cor branca.

**4.1.2 AMOSTRAGEM PALINOLÓGICA**

A Formação Morro do Chaves é formada por coquinas intercaladas por folhelhos cinza esverdeados. Como dito anteriormente os folhelhos escuros apresentam uma maior resolução para a palinologia, ou seja, é neste tipo de rocha que os palinóforos se preservam melhor.

No caso da Formação Morro do Chaves tem-se dois empecilhos para uma pesquisa paleontológica em relação a distribuição geográfica de afloramentos e características litológicas ideais para o processamento, respectivamente: 1º) A Formação encontra-se quase que exclusivamente em um único ponto, a Pedreira CIMPOR de São Miguel dos Campos (ex-Atol), o que não permite uma variação lateral de coleta do material; 2º) não há folhelhos realmente escuros, que definiriam uma situação ideal de coleta, o

que há na pedreira são folhelhos cinza esverdeados com um alto grau de alteração (mesmo em coletas mais profundas).

O reconhecimento litofaciológico e a construção do perfil estratigráfico para descrição da unidade foi realizado na Pedreira do Grupo CIMPOR (ex-Atol). Juntamente a isto foram identificados e descritos 18 níveis de litologias mais indicadas para a análise palinológica (os folhelhos escuros), porém somente 17 níveis apresentaram menor alteração intempérica para uma melhor análise palinológica, indicados no perfil.

Dos níveis coletados foram processadas dezesseis amostras de folhelhos mais uma amostra de carvão encontrada em uma superfície colapsada. As amostras estão localizadas no perfil desde a altura de 5,0 m até a altura de 68,0 m no perfil descrito acima. As análises descritas a seguir foram realizadas no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, no Instituto de Geociências, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Todas as amostras coletadas neste trabalho foram retiradas do paredão leste da pedreira, escolhido por ser o ponto mais espesso da pedreira e devido ao lado oposto apresentar risco a coleta devido a inclinação de 30° para NE, criando assim um plano de escorregamento de material solto das escavações.

#### **4.2 RESULTADOS DO PROCESSAMENTO PALINOLÓGICO**

Das dezessete amostras analisadas, dez reagiram ao teste para minerais carbonáticos da preparação palinológica, assim sendo foram iniciados os procedimentos de dissolução da rocha levando em conta a composição mineralógica. Foram separadas as sete amostras que não reagiram ao HCl e deu-se início ao tratamento químico nas dez amostras restantes.

No final do processamento com o HCl foram incluídas as sete amostras que não reagiram ao teste para a presença de minerais

carbonáticos para realizar o ataque com HF. Assim todas as amostras terminaram o processamento químico ao mesmo tempo.

Com base na grande quantidade de matéria orgânica amorfa em alguns níveis e a esterilidade de outros, foi determinada necessidade de confecção de mais ou menos lâminas de cada nível. Assim sendo, para níveis com altas concentrações de matéria orgânica amorfa foram realizadas maiores quantidades de lâminas com diferentes graus de concentração de resíduo por lâmina, já lâminas onde não foram identificados constituintes orgânicos, não foi realizada a confecção de mais de duas lâminas.

Todos os níveis de folhelhos coletados foram processados e mostraram resultados em termos de presença de matéria orgânica particulada. Contudo, em relação ao conteúdo palinológico, apenas onze amostras apresentaram resultados, das quais apenas cinco mostraram grau de preservação suficientemente bom para a identificação taxonômica.

Apesar de a maioria dos níveis ter mostrado pelo menos um exemplar de esporomorfo, muitos destes estão bastante amassados e deteriorados, o que não possibilita nenhum tipo de descrição. Assim foram feitas interpretações estratigráficas e ambientais somente dos níveis em que se podem observar exemplares em estado razoável para classificação, pelo menos em nível de gênero.

Fitoclastos e matéria orgânica amorfa ocorrem na maioria das amostras, além de outros palinomorfos indeterminados (vesículas algáticas? e ficomas) visíveis somente em observação sob luz fluorescente. No quadro 2, o conteúdo palinológico de cada nível é sumarizado. Nas figuras 26 a 34 são apresentados campos ópticos observáveis em microscopia sob luz branca e fluorescente, de todos os níveis estudados.

Quadro 2: Conteúdo palinológico sumarizado da Formação Morro do Chaves na Pedreira CIMPOR (\*MP-P: número da lâmina na Palinoteca do Laboratório Marleni Marques Toigo, Departamento de Estratigrafia e Paleontologia, Instituto de Geociências, UFRGS). Classificação das lâminas: A) Lâminas sem o processamento com KOH; B) Lâminas processadas com KOH; C e D) Lâminas com concentrações de resíduo elevadas; E, U e G) Lâminas ultraconcentradas; CAR) Lâmina de vitrenio.

Nível / Profundidade	Quantidade lâminas	Nº lâmina*	Resultados palinológicos	Resultados da observação em fluorescência
MCH-02 5,20m - 5,70m	1	MP-P 7994 (A)	Sem recuperação palinológica	MOA sem fluorescência e estruturas indeterminadas
MCH-04 07,00m-07,30m	6	MP-P 7995 (A)	Esporomorfos indeterminados	Alta fluorescência MOA e restos orgânicos indeterminados
		MP-P 7996 (B)		
		MP-P 7997 (C)		
		MP-P 7998 (D)		
		MP-P 7999 (E)		
		MP-P 8000 (G)		
MCH-06 10,10m-10,30m	4	MP-P 8001 (A)	Esporos e grãos de pólen, matéria orgânica amorfa abundante	Alta fluorescência MOA e restos orgânicos indeterminados
		MP-P 8002 (B)		
		MP-P 8003 (U)		
		MP-P 8004 (G)		
MCH-08 13,10m-13,60m	1	MP-P 8005 (A)	Pouca recuperação palinológica	MOA com baixa fluorescência
MCH-10 17,60m-18,00m	2	MP-P 8006 (A)	Esporos e grãos de pólen, matéria orgânica abundante	MOA com fluorescência mediana
		MP-P 8007 (B)		
MCH-12 20,00m-20,40m	2	MP-P 8008 (A)	Sem recuperação palinológica	Pirita e MOA sem fluorescência
		MP-P 8009 (B)		
MCH-14 23,40m-23,50m	3	MP-P 8010 (A)	Pouca recuperação palinológica	Fitoclastos e estruturas indeterminadas
		MP-P 8011 (B)		
		MP-P 8012 (B)		
MCH-16 27,00m-27,10m	1	MP-P 8013 (A)	Pouca recuperação palinológica	Nenhuma identificação
MCH-18 32,10m-33,10m	1	MP-P 8014 (A)	Pouca recuperação palinológica	Estruturas indeterminadas

MCH-20 34,60m-34,75m	3	MP-P 8015 (A)	Esporos e grãos de pólen, matéria orgânica abundante	MOA com fluorescência mediana
		MP-P 8016 (B)		
		MP-P 8017 (G)		
MCH-22 38,75m-38,85m		MP-P 8018 (A)	Sem recuperação palinológica	Fitoclastos, restos orgânicos indeterminados e baixa fluorescência da MOA
MCH-24 41,85m-42,45m	2	MP-P 8019 (A)	Sem recuperação palinológica	Nenhuma identificação
		MP-P 8020 (B)		
MCH-26 52,45m-52,95m	1	MP-P 8021 (A)	Pouca recuperação palinológica	Restos orgânicos indeterminados e vesículas indeterminadas
MCH-28 55,00m-60,00m	2	MP-P 8022 (A)	Sem recuperação palinológica	Fitoclastos e MOA com baixa fluorescência
		MP-P 8023 (B)		
MCH-30 61,50m-65,50m	5	MP-P 8024 (A)	Esporos e grãos de pólen, matéria orgânica abundante	Vesículas indeterminadas, restos orgânicos indeterminados e alta fluorescência da MOA
		MP-P 8025 (B)		
		MP-P 8026 (U)		
		MP-P 8027 (C)		
		MP-P 8028 (G)		
MCH-34 66,30m-67,80m	1	MP-P 8029 (A)	Sem recuperação palinológica	Fitoclastos e formas indeterminadas arredondadas spp.
Carvão bancada2/18,00m	1	MP-P 8030 (CAR)	Pouca recuperação palinológica	Elemento do grupo da Inertinita (Fusinita ?), fitoclastos e baixa fluorescência da MOA

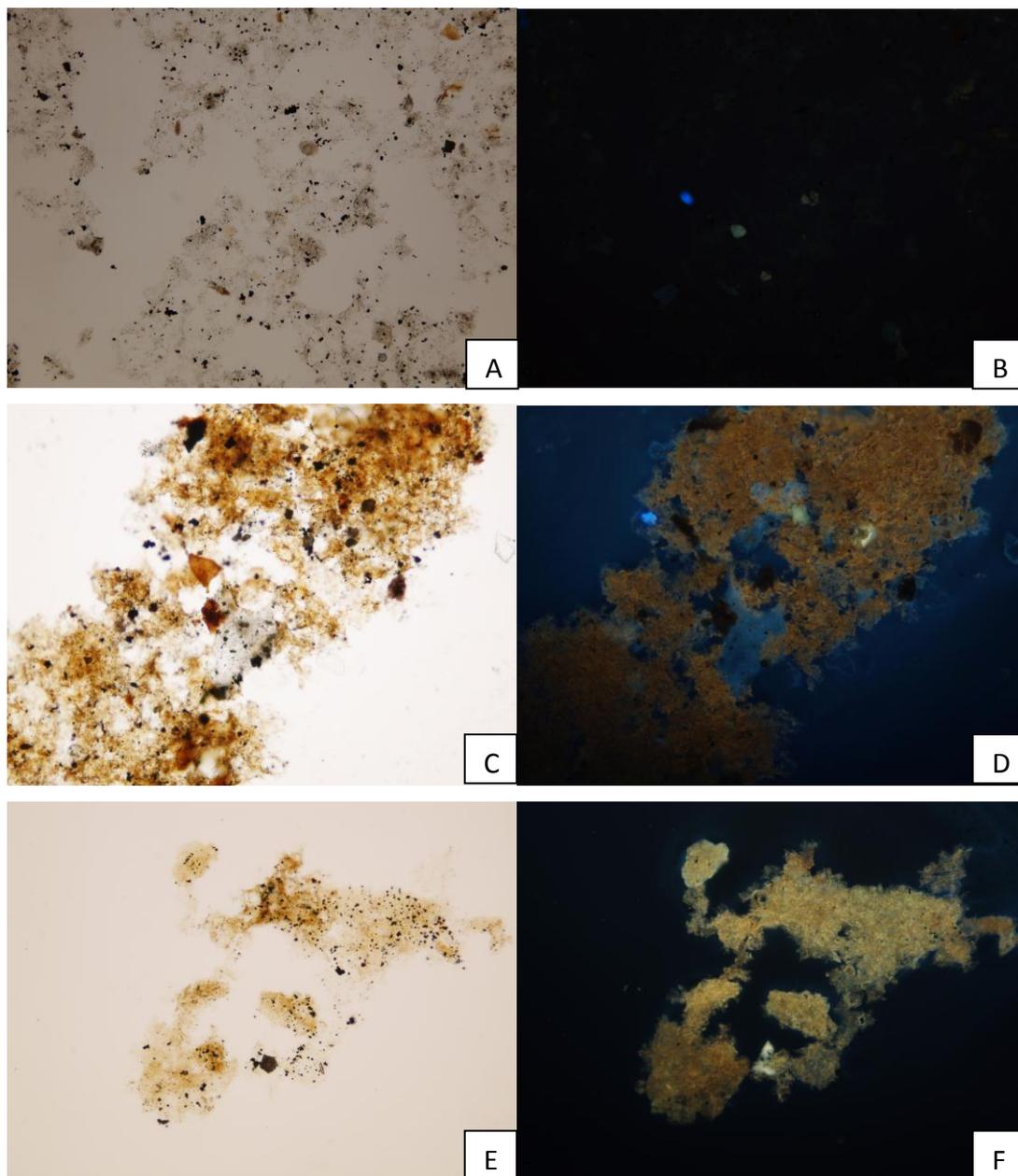


Fig. 26. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 02 (A: observação sob luz branca; B: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 04 (C: observação sob luz branca; D: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 06 (E: observação sob luz branca; F: observação sob luz fluorescente).

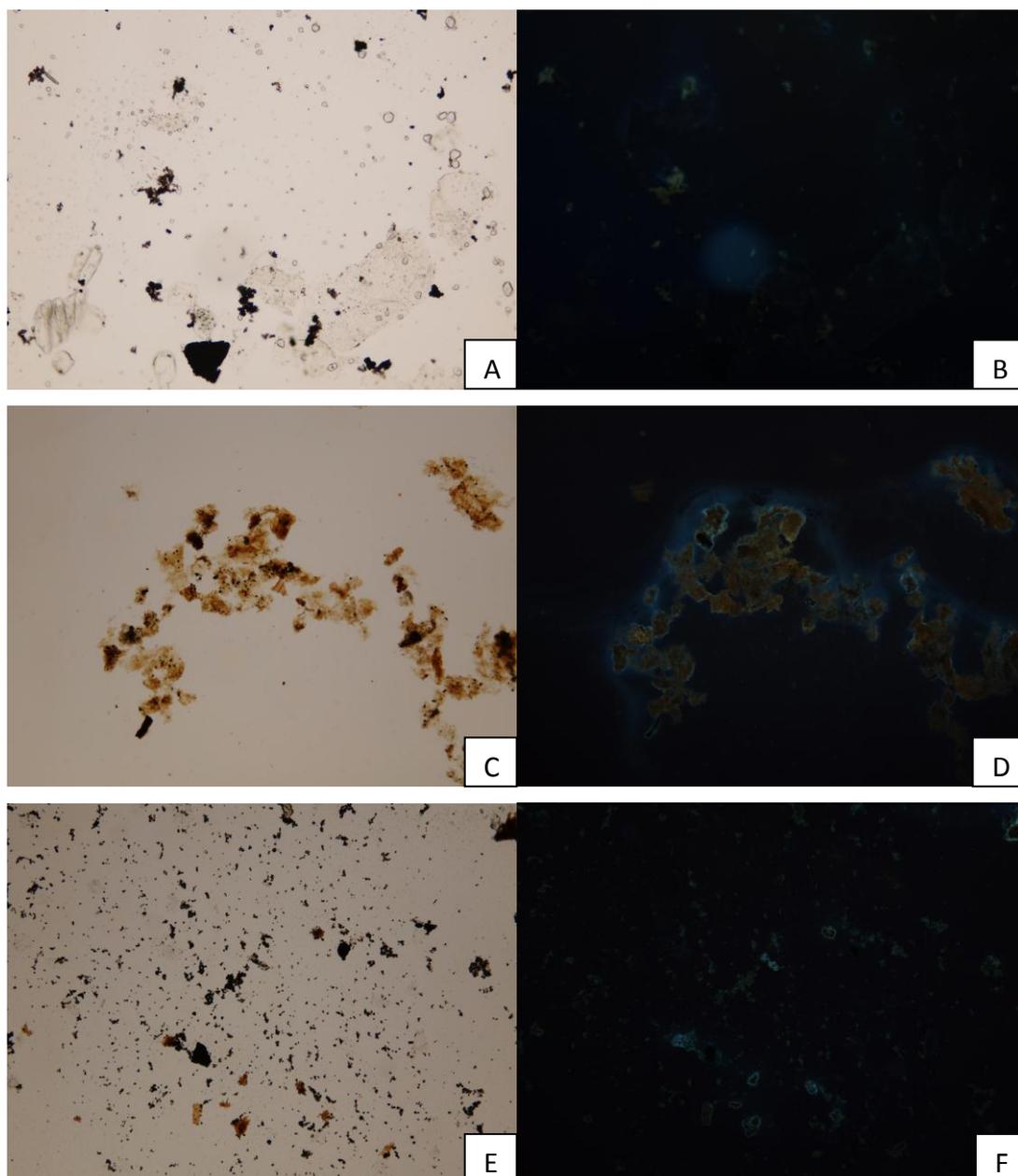


Fig. 27. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 08 (A: observação sob luz branca; B: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 10 (C: observação sob luz branca; D: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 12 (E: observação sob luz branca; F: observação sob luz fluorescente).

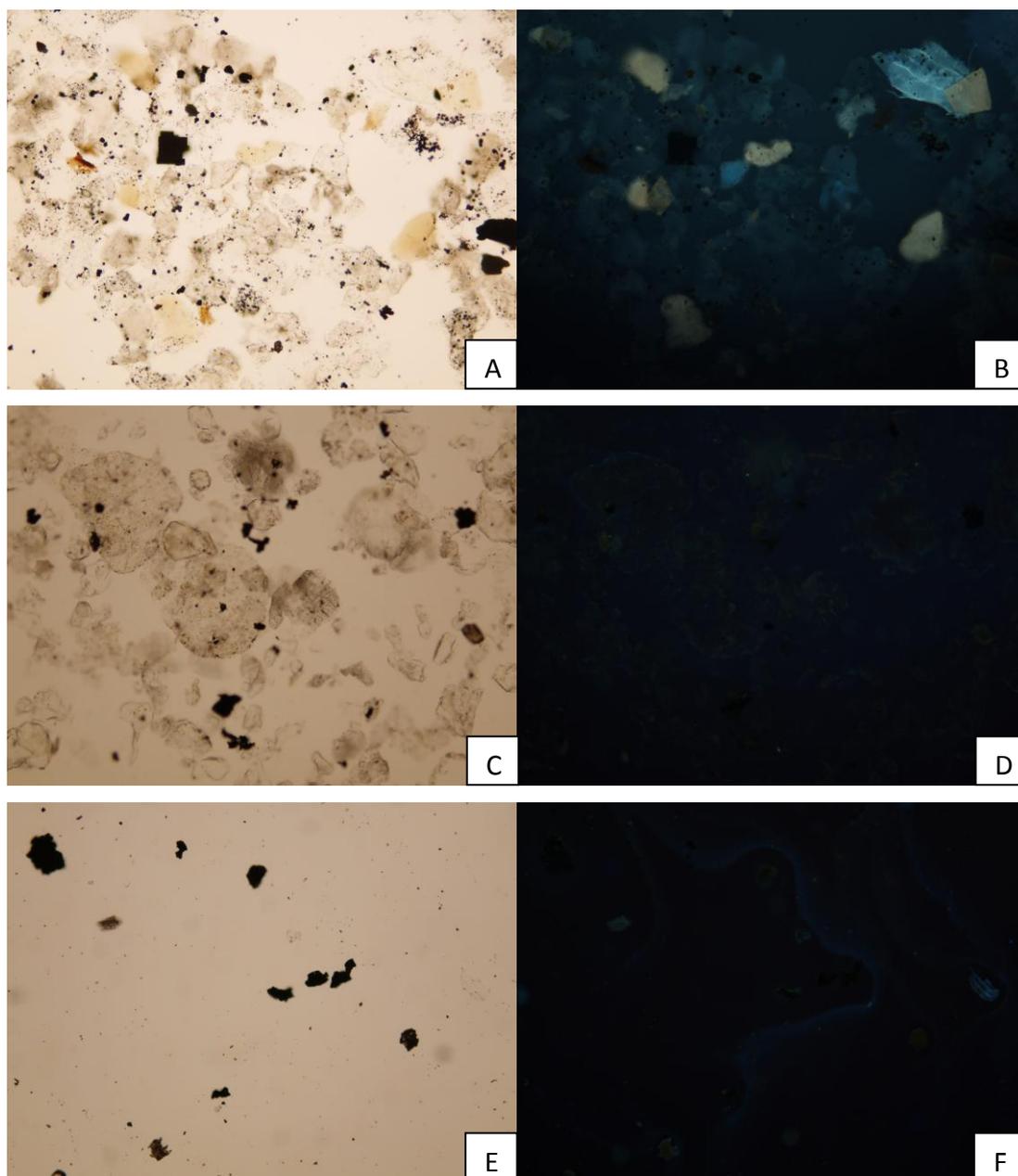


Fig. 28. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 14 (A: observação sob luz branca; B: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 16 (C: observação sob luz branca; D: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 18 (E: observação sob luz branca; F: observação sob luz fluorescente).

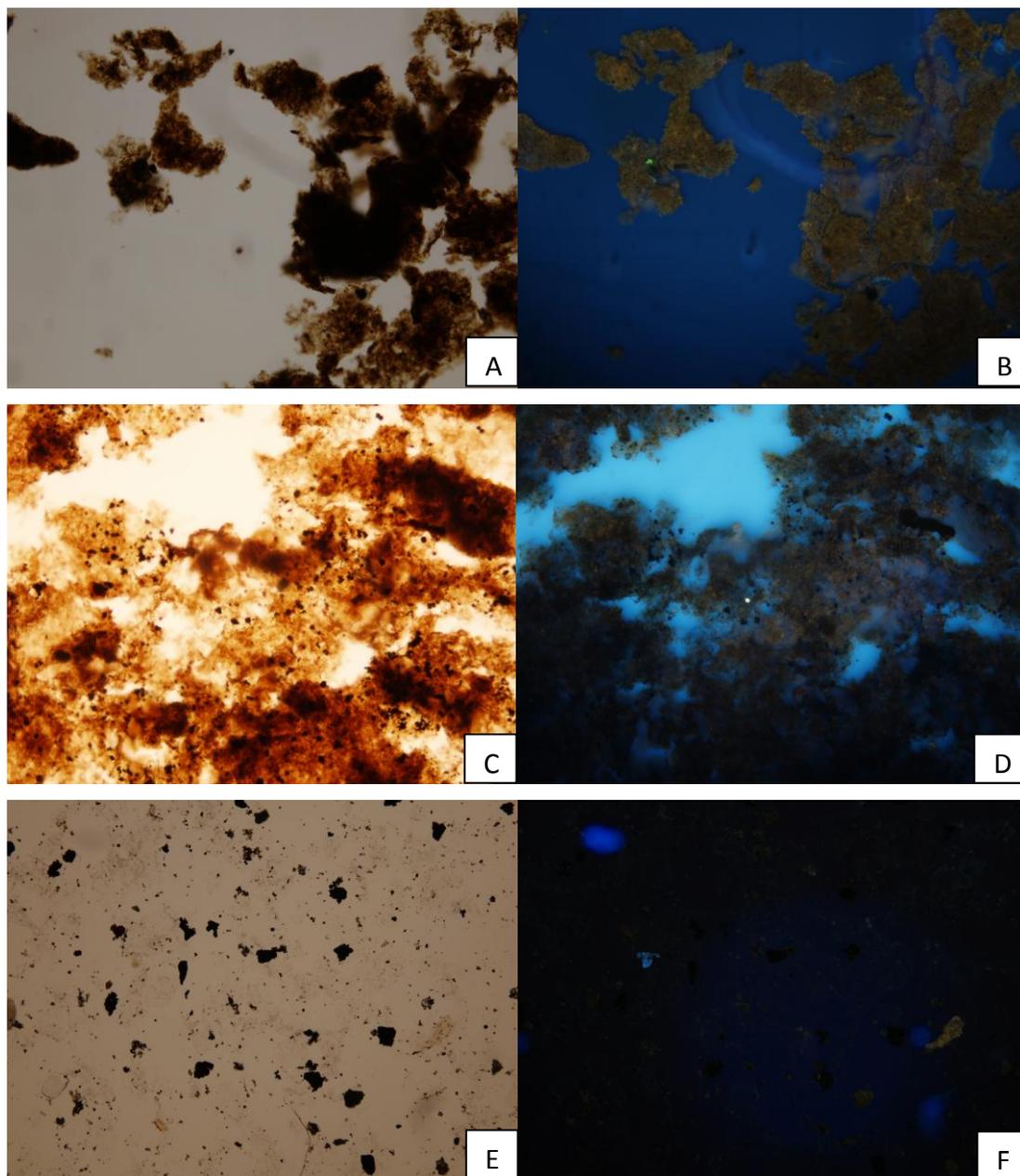


Fig. 29. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 20 (A e C: observação sob luz branca; B e D: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 22 (E: observação sob luz branca; F: observação sob luz fluorescente).

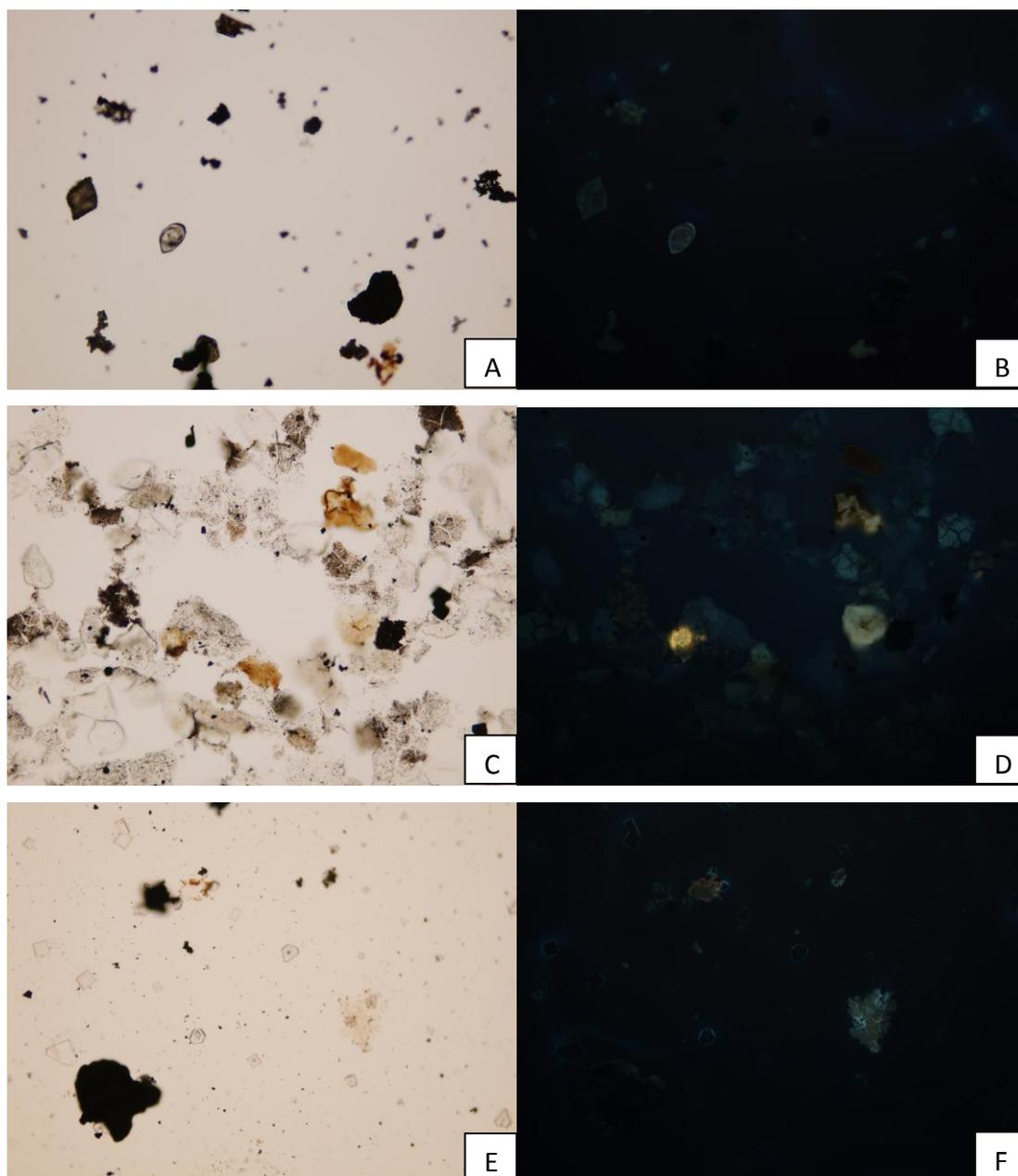


Fig. 30. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 24 (A: observação sob luz branca; B: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 26 (C: observação sob luz branca; D: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 28 (E: observação sob luz branca; F: observação sob luz fluorescente).

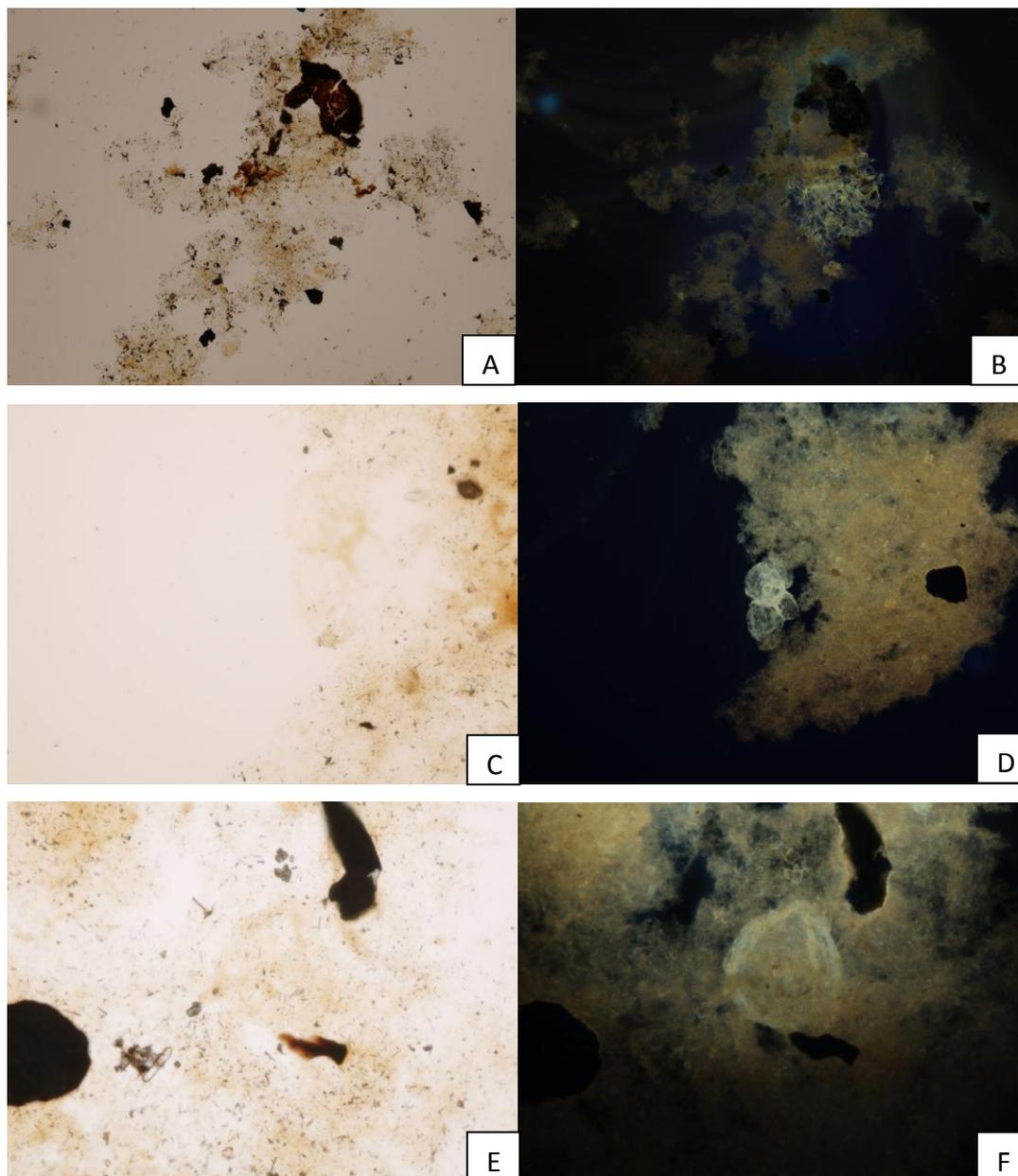


Fig. 31. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 30 (A, C e E: observação sob luz branca; B, D e F: observação sob luz fluorescente).

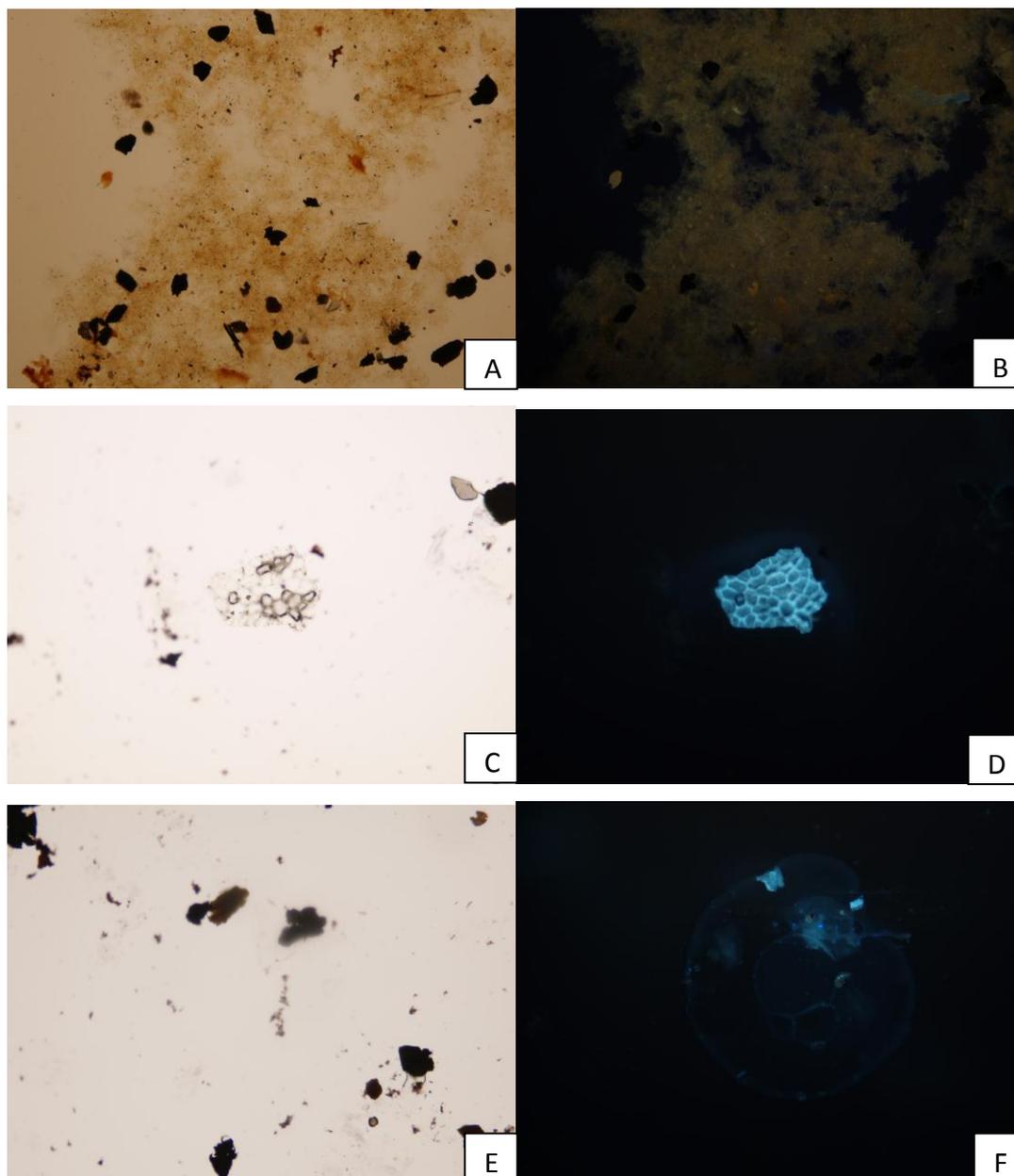


Fig. 32. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 30 (A: observação sob luz branca; B: observação sob luz fluorescente); Nível MCH 34 (C e E: observação sob luz branca; D e F: observação sob luz fluorescente).

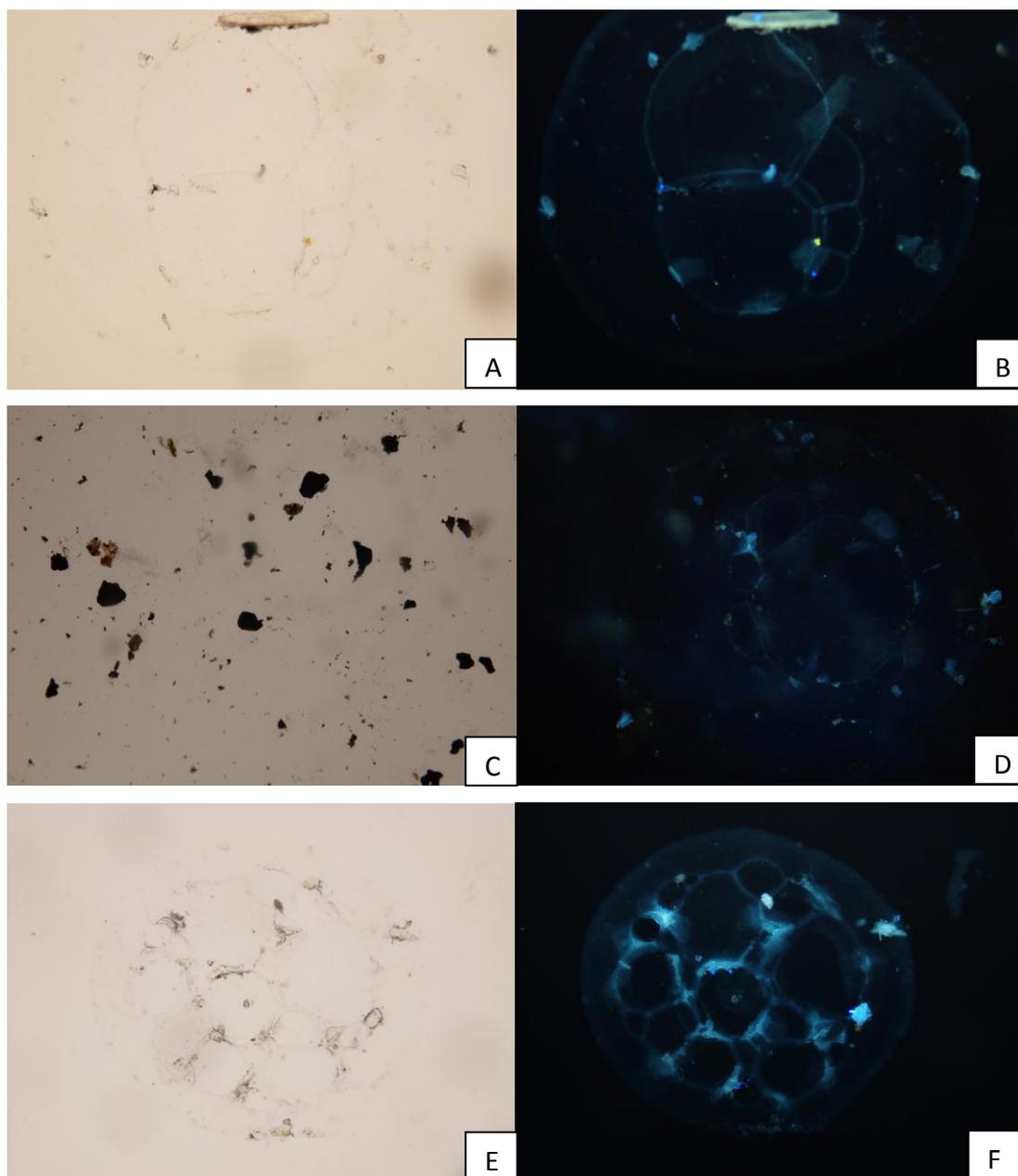


Fig. 33. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 34 (A, C e E: observação sob luz branca; B, D e F: observação sob luz fluorescente).

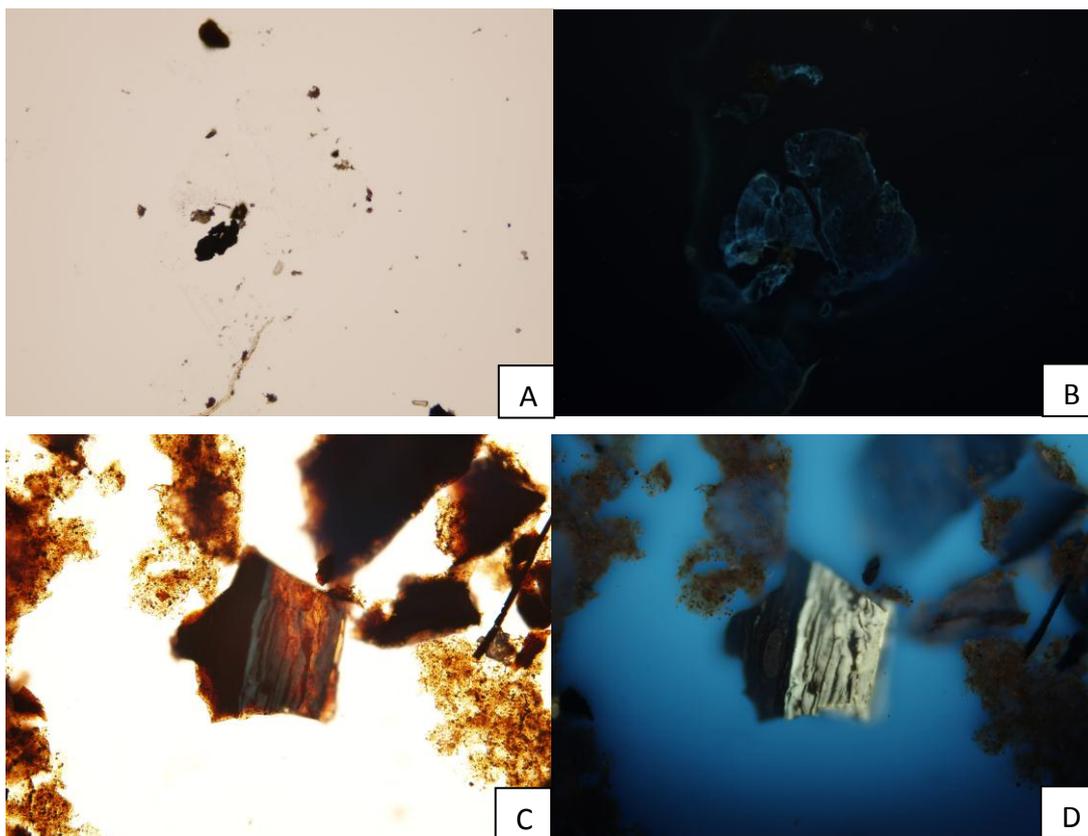


Fig. 34. Fotomicrografias de campo óptico de cada nível estudado: Nível MCH 38 (A: observação sob luz branca; B: observação sob luz fluorescente); Nível MCH CAR (C: observação sob luz branca; D: observação sob luz fluorescente).

#### 4.3 PRINCIPAIS GRUPOS DE PALINOMORFOS IDENTIFICADOS

Um total de 9 gêneros de esporos e 8 gêneros de grãos de pólen, assim como dois exemplares de fungos foram identificados. Todos os exemplares foram identificados em cinco dos dezessete níveis de folhelhos processados, conforme listagem que segue e ilustrações em anexo (estampas I, II e III).

SPORITES H. POTONIÉ, 1893.

Anteturma PROXIGERMINANTES R. POTONIÉ 1975.

Turma TRILETES AZONALES (REINSCH, 1881) POTONÉ & KREMP, 1954

Subturma AZONOTRILETES (LUBER, 1935) DETTMANN, 1963

Infraturma LAEVIGATI, QUASILAEVIGATI (BENNIE & KIDSTON, 1886)  
POTONIÉ, 1956

Gênero *BIRETISPORITES* (DELCOURT & SPRUMONT), 1955 *emend.*  
DELCOURT, DETTMANN & HUGHES, 1963

***Biretisporites potoniaei* in Delcourt & Sprumont, 1955  
(Estampa I, fig. A).**

Gênero *DELTOIDISPORA* (MINER, 1935) *emend.* POTONIÉ, 1956  
***Deltoidospora tenuis* in Lima, 1978 (Estampa I, fig. B).**

Gênero *CYATHIDITES* COUPER, 1953

***Cyathidites punctatus* in Delcourt & Sprumont, 1963 (Estampa I, fig. C).**

Infraturma APICULATI BENNIE & KIDSTON, 1886 *emend.* POTONIÉ, 1956

Subinfraturma VERRECATI DYBOWA & JACHOWIKS, 1957

Gênero *VERRUCOSISPORITES* IBRAHIM 1933 *emend.* POTONIÉ &  
KREMP, 1955

***Verrucosisporites* sp. (Estampa I, fig. D).**

Subinfraturma NODATI DYBOWA & JACHOWICZ, 1957

Gênero *PILOSISPORITES* Delcourt & Sprumont, 1955

***Pilosisporites trichopapillosus* in (Thiegart) Delcourt & Sprumont, 1955  
(Estampa I, fig. E).**

Infraturma MURORNATI POTONIÉ & KREMP, 1954

Gênero *CICATRICOSISPORITES* POTONIÉ & GELLETICH, 1933

***Cicatricosisporites* sp. 1 in LIMA, 1978 (Estampa I, fig. F).**

***Cicatricosisporites* sp. 1 in DINO, 1992 (Estampa I, fig. I).**

***Cicatricosisporites* spp. (Estampa I, fig. G, H, J, K e L).**

Subturma ZONOTRILETES WALTZ, 1935

Infraturma AURICULATI SCHOPF, 1938 *emend.* DETTMANN, 1963

Gênero *APPENDICISPORITES* WEILAND & KRIEGER, 1953.  
***Appendicisporites* sp. 1 in DINO, 1992 (Estampa II, fig. A).**

Infraturma ZONATI POTONIÉ & KREMP, 1954.  
 Gênero *AEQUITRIRADITES* DELCOURT & SPRUMONT, 1955 *emend.*  
 DETTMANN, 1963  
***Aequitriradites* sp. (Estampa II, fig. B).**

Infraturma PERINOTRILETI ERDTMANN, 1947 *emend.* DETTMANN, 1963  
 Gênero *DENSOISPORITES* (WEYLAND & KRIEGER, 1953) DETTMANN,  
 1963  
***Densoisporites dettmannae* in (SRIVASTAVA) DEJAX, 1987  
 (Estampa II, fig. C).**

#### POLLENITES

Anteturma VARIEGGERMINANTES R. POTONIÉ, 1975  
 Turma ALETES, KRIPTAINAPERTURATES Ibrahim, 1933  
 Subturma AZONALETES (Luber, 1935) Potonié & Kremp, 1954  
 Infraturma PSILONAPITI Erdtman, 1947  
 Gênero *INAPERTUROPOLLENITES* (Pflug, 1952 ex Thomson & Pflug,  
 1953, Potonié, 1958) Potonié, 1966  
***Inaperturopollenites* sp. (Estampa II, fig. D).**

Gênero *DICHEIROPOLLIS* TREVISAN, 1971  
***Dicheiropollis etruscus* in TREVISAN 1971 (Estampa II, fig. E e F).**

Infraturma CIRCUMPOLLINI Klaus, 1960  
 Gênero *CIRCULINA* Malyawkina, 1949  
***Circulina simplex* (tétrade) in MALYAVKINA 1949 (Estampa II, fig. G).  
*Circulina* sp. (Estampa II, fig. H).**

Turma PLICATES (NAUMOVA, 1937, 1939) POTONÉ, 1960

Subturma COSTATES POTONÉ, 1970

Infraturma COSTATI, POTONIÉ, 1970

Gênero *EQUISETOSPORITES* (DAUGHERTY, 1941) *emend.* SINGH, 1964

***Equisetosporites subcircularis* in LIMA, 1980 (Estampa II, fig. I e J).**

***Equisetosporites* sp. (Estampa II, fig. K e L).**

Gênero *GNETACEAPOLLENITES* THIEGART, 1938

***Gnetaceapollenites* spp. (Estampa III, fig. A e B).**

Subturma PRAECOLPATES POTONIÉ & KREMP, 1954

Gênero *EUCOMMIIDITES* (ERDTMAN, 1948) HUGUES, 1961

***Eucommiidites* sp. 2 in LIMA, 1978 (Estampa III, fig. C).**

Infraturma SCULPATI POTONIÉ, 1970

Gênero *RETIMONOCOLPITES* PIERCE *emend.* JUHÁSZ & GÓCZÁN, 1985

***Retimonocolpites excelsus* in WARD, 1986 (Estampa III, fig. D).**

Gênero *MONOCOLPOPOLLENITES* THOMSOM & PFLUG, 1953 *emend.*

NICHOLS, AMES & TRAVERSE, 1973

***Monocolpopollenites* sp. (Estampa III, fig. E).**

Fungi Carlos Linneo 1753

**Esporos indeterminados (Estampa III, fig. F e G).**

Divisão Chlorophyta Pascher 1974

Classe Prasinophyceae ? Christensen 1962

**? vesículas indeterminadas**

*INCERTAE SEDIS*

**Formas indeterminadas poligonais**

**Formas indeterminadas arredondadas**

#### 4.4 DISTRIBUIÇÃO ESTRATIGRÁFICA

A distribuição estratigráfica das espécies identificadas é apresentada no quadro 3, onde pode-se observar uma maior resposta da camada mais basal (MCH-06). As camadas mais superiores, MCH-30 e MCH-34, apresentam elementos algálicos ideterminados e outras formas.

Quadro 3. Ocorrência dos táxons identificados por amostra e altura no perfil.

Táxon \ Nível estratigráfico e altura (m)	MCH-04 (07,0 m)	MCH-06 (10,1 m)	MCH-10 (17,6 m)	MCH-20 (34,6 m)	MCH-30 (61,5 m)	MCH-34 (66,3 m)
<b>Esporos</b>						
<i>Biretisporites potoniaei</i>		X				
<i>Deltoidospora tenuis</i>		X				
<i>Cyathidites punctatus</i>		X				
<i>Verrucosporites</i> sp.		X				
<i>Pilosporites trichopapilosus</i>				X		
<i>Cicatricosporites</i> sp. 1 in LIMA, 1978		X		X		
<i>Cicatricosporites</i> sp. 1 in DINO (1992)						
<i>Cicatricosporites</i> spp.	X				X	
<i>Appendicisporites</i> sp. 1 in DINO, 1992		X				
<i>Aequitriradites</i> sp.		X				
<i>Densoisporites dettmannae</i>			X			
<b>Grãos de pólen</b>						
<i>Inaperturopollenites</i> sp.				X		
<i>Dicheiopollis etruscus</i>		X				
<i>Circulina simplex</i>				X		
<i>Circulina</i> sp.		X				
<i>Equisetosporites subcircularis</i>		X				
<i>Equisetosporites</i> sp.		X				
<i>Gnetaceapollenites</i> sp.	X	X				
<i>Eucommiidites</i> sp.2 in LIMA, 1978				X		
<i>Retimonocolpites excelsus</i>			X			
<i>Monocolpopollenites</i> sp.			X			
<b>Fungos</b>						
Esporos indeterminados				X	X	
<b>Prasinophyceae ?</b>						
Vesículas indeterminadas					X	
<b>Incertae sedis</b>						
Formas indeterminadas poligonais		X				
Formas indeterminadas arredondadas						X

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 DISCUSSÃO DA GÊNESE SEDIMENTAR

A Formação Morro do Chaves, na fácies carbonática, parece contextualizar condições de águas relativamente rasas para o desenvolvimento dos organismos carbonáticos em ambiente lacustre, quando formada essencialmente por camadas de calcirrudito constituídos principalmente por coquinas de bioclastos de bivalves, coquinas, de coloração variando de cinza a branco. Apresenta granodecrescência ascendente, na base dos sets e calcarenito no topo, isso define a granodecrescência ascendente (*thinning upward*), na maioria dos pacotes. A intercalação destas litologias com folhelhos cinza e cinza-esverdeados, contendo fósseis de peixes e outros elementos, indica condições de águas relativamente mais profundas, em situações distais aos aportes terrígenos, em condições redutoras, tendo em vista seus teores orgânicos.

As coquinas estão dispostas em camadas geralmente contínuas, algumas em lentes, com espessura aproximadamente entre 0,2 m a pacotes de até 12,0 m. A porosidade primária está preenchida por cimento espático. As coquinas tendem a ser mais grosseiras. Conchas com tamanhos entre 0,5 cm e 5,0 cm. É classificada segundo Dunham (1962) como Grainstone / Packstone, sendo seus depósitos formados em ambiente de inframaré.

Intercalados a este grande pacote de coquinas, há folhelhos de coloração esverdeada, com uma variação lateral mais orgânica sobre as coquinas, com espessuras milimétricas, mas podendo chegar até pacotes de

aproximadamente 6,0 m de espessura. Geralmente com lentes no calcirrudito (intraclastos de folhelhos no calcirrudito). Há fragmentos de vegetação, pequenos lenhos fósseis, e muitos fragmentos de peixes fósseis com tamanho máximo encontrado de 40,0 cm. Possui grandes nódulos de pirita, chegando a medir cerca de 8,0 cm de diâmetro, caracterizando assim um ambiente bastante redutor. Alguns folhelhos de coloração cinza claro possuem grande quantidade de ostracodes visíveis em amostras de mão. Por vezes são observadas no contato com o calcirrudito pequenas *hummockys*.

No topo do pacote ocorre diminuição da espessura das camadas de calcirrudito e aumento da espessura das camadas de folhelhos, além da deposição de camadas de arenito com granulometria variando de média a grossa, com intercalações de coquinas. Ocorrem clastos de quartzo e bivalves caracterizando uma rocha híbrida. Na base da camada possui estratificação plano-paralela com variação para estratificações cruzadas. Esses arenitos representam já a unidade superior à Formação Morro do Chaves, denominada Formação Barreiras.

## 5.2 CORRELAÇÕES TAXONÔMICAS

Utilizando os trabalhos de Antonioli *et al.* (2004, 2009) como referências do estudo palinológico já desenvolvido para a Formação Morro do Chaves, é feita uma análise comparativa dos resultados expostos na tabela 4. Dentre os 8 gêneros de esporos identificados no trabalho de Antonioli *et al.* (2009), 7 são descritos, e dentre os 12 gêneros de grãos de pólen identificados, 9 são descritos. No presente trabalho são apresentados 9 gêneros de esporos e 8 gêneros de grãos de pólen. Assim apenas 5 gêneros de esporos estão presentes nos dois trabalhos, e apenas 5 gêneros de grãos de pólen também estão presentes nos dois trabalhos, ou seja, há identificações distintas neste trabalho. A comparação entre os trabalhos esta demonstrada no quadro 4.

Quadro 4. Comparativo dos táxons provenientes da Pedreira CIMPOR citados por Antonioli *et al.* (2009) e aqueles registrados neste trabalho, em nível de gênero.

	Antonioli <i>et al.</i>	Este trabalho
Esporos		<i>Biretisporites</i>
	<i>Deltoidospora</i>	<i>Deltoidospora</i>
		<i>Cyathidites</i>
	<i>Concavisporites</i>	
	<i>Leptolepidites</i>	
	<i>Verrucosisporites</i>	<i>Verrucosisporites</i>
	<i>Apiculatisporis</i>	
		<i>Pilosisorites</i>
	<i>Cicatricosisporites</i>	<i>Cicatricosisporites</i>
		<i>Appendicisporites</i>
	<i>Aequitriradites</i>	<i>Aequitriradites</i>
		<i>Densoisorites</i>
	Grãos de pólen	<i>Inaperturopollenites</i>
<i>Araucariacites</i>		
<i>Dicheiopollis</i>		<i>Dicheiopollis</i>
<i>Classopollis</i>		
		<i>Circulina</i>
<i>Equisetosporites</i>		<i>Equisetosporites</i>
<i>Gnetaceaepollenites</i>		<i>Gnetaceaepollenites</i>
<i>Eucommiidites</i>		<i>Eucommiidites</i>
<i>Stelatopollis</i>		
		<i>Retimonocolpites</i>
		<i>Monocolpopollenites</i>
<i>Transitoripollis</i>		
Outros elementos		vesículas indeterminadas (Classe <i>Prasinophyceae</i> )
		formas indeterminadas arredondadas spp.

### 5.3 CORRELAÇÃO E DATAÇÃO

O Cretáceo Inferior não marinho é um grande desafio, em termos de estudo, em vários locais pelo mundo, por consequência da falta de fósseis-

guia para correlações internacionais (Arai *et al.*, 1989). Para a coluna cronoestratigráfica do Brasil, definiram-se andares locais: Dom João, Rio da Serra, Aratu, Buracica, Jiquiá e Alagoas, descritos a partir de ostracodes continentais (Schaller, 1969). Assim é preciso amarrar estes andares a fósseis guias locais. Conjuntos palinológicos desta bacia e de outras da margem costeira brasileira foram estudados e correlacionados aos andares estabelecidos com base em ostracodes (Regali *et al.*, 1974; Beurlen, 1981; Regali & Viana, 1986; Ragali & Viana, 1988).

Para estabelecer a idade relativa de uma unidade sedimentar, procura-se sempre identificar um fóssil com características específicas para a datação mais precisa. Estes fósseis são denominados fósseis índice, ou fósseis guia, e para ser classificado como um bom fóssil guia, deve possuir as seguintes características: baixa amplitude vertical (rápida evolução e extinção); alta distribuição horizontal (boa distribuição paleogeográfica); fácil identificação taxonômica; possuir grande número de exemplares; e não ser condicionado a uma litologia.

### 5.3.1 POSICIONAMENTO BIOESTRATIGRÁFICO

A zona bioestratigráfica onde foi posicionada a Formação Morro do Chaves, foi definida com base na identificação da espécie guia *Dicheiropollis etruscus* Trevisan, 1971, que segundo Arai *et al.* (1989), ocorre desde o andar Rio da Serra até o andar Jiquiá Inferior. Apesar de terem sido recuperados apenas dois exemplares do táxon, apresentaram boa identificação, assim definindo-o como fóssil guia para a unidade com base em sua baixa amplitude vertical, e sua ampla distribuição paleogeográfica

A espécie *Dicheiropollis etruscus* possui uma ampla distribuição paleogeográfica, uma das características principais da definição de um fóssil guia. Sua amplitude, estabelecida com base nas ocorrências mundiais, é correspondente ao intervalo entre o Berriasiano até o Aptiano (figura 35), o que não permite uma datação relativa muito precisa, devido ao fato de representar uma ampla zona bioestratigráfica. Assim para trabalho aqui

desenvolvido, fica estabelecida para a Formação Morro do Chaves a idade de ~145.0 Ma a ~119.0 Ma, todavia o refinamento aqui discutido leva em consideração os trabalhos análogos da Bacia do Recôncavo

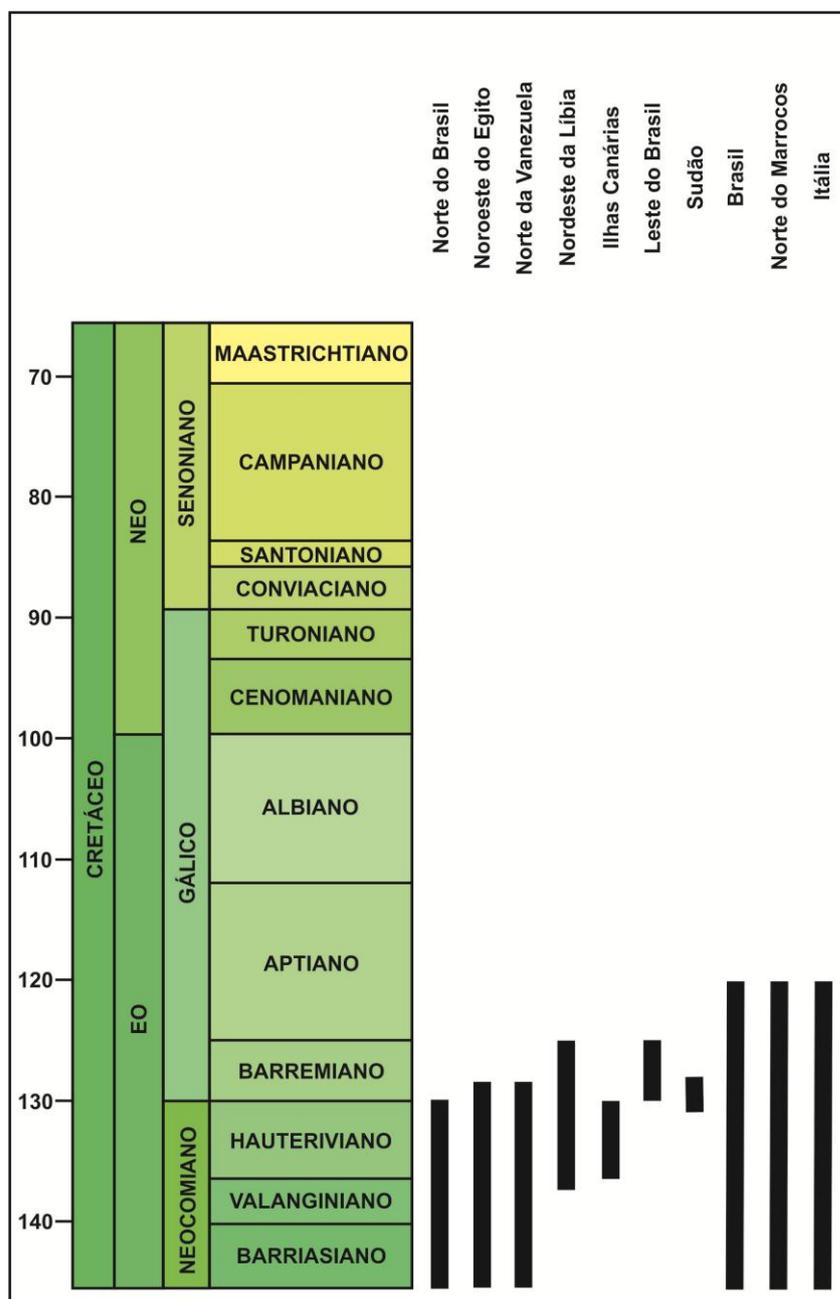


Fig. 35. Ocorrências mundiais de *Dicheiropollis etruscus* (amplitude segundo Hengreen *et al.* (1996), Depeche *et al.* (1986), Arai *et al.* (1989), Regali *et al.* (1974)).

A definição de uma idade relativa tão ampla deve-se ao fato de ter sido recuperado e identificado apenas este fóssil guia, contudo é possível refinar melhor essa idade tomando as análises realizadas em outros trabalhos.

Devido aos trabalhos de Regali *et al.* (1974), Depeche *et al.* (1986), Arai *et al.* (1989) e Hengreen *et al.* (1996) que apresentam ocorrências de *Dicheiropollis etruscus* pelo Brasil, mas principalmente o trabalho de Depeche *et al.* (1986) que trata da ocorrência da espécie na Bacia do Recôncavo, pode-se estabelecer correlação com a unidade em questão, com maior precisão, colocando-a mais restrita ao andar Buracica e Jiquiá Inferior, Cretáceo Inferior (quadro 5).

Quadro 5: Tabela cronológica do Mesozoico, com posicionamento estratigráfico dos andares locais para o Cretáceo do Brasil (baseado em Campos Neto *et al.* 2007).

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	IDADE	ANDARES LOCAIS	DURAÇÃO (Ma)
Mesozóico	Cretáceo	Superior	Maastrichtiano		66.0 - 72.1 ±0.2
			Campaniano		72.1 ±0.2 - 83.6 ±0.2
			Santoniano		83.6 ±0.2- 86.3 ±0.5
			Coniaciano		86.3 ±0.5 - 89.8 ±0.3
			Turoniano		89.8 ±0.3 - 93.9
			Cenomaniano		93.9 - 100.5
		Albiano	100.5 - 113.0		
		Inferior	Aptiano	Alagoas	113.0 - 125.0
			Barremiano	Jiquiá	125.0 - 129.4
				Buracica	
			Hauteriviano	Aratu	129.4 - 132.9
			Valagíniano	Rio da Serra	132.9 - 139.8
					Berriasiano

Os trabalhos de Antonioli et al. (2004, 2009) estabelecem um posicionamento estratigráfico mais preciso com base na identificação de duas espécies guias com amplitude bioestratigráfica menor, além da identificação da espécie *Dicheiropollis etruscus*. Foi citada a ocorrência conjunta das espécies *Aequitriradites spinulosus* e *Transittoripollis crisopolensis*, assim foi estabelecida também a palinozona *Dicheiropollis etruscus*, contudo a zona palinológica foi posicionada no Barremiano Superior devido à zona do *Aequitriradites spinulosus*, compreender o período entre os andares Aratu Superior e Jiquiá Inferior (Beurlen et al., 1994)

#### **5.4 AMBIENTE DEPOSICIONAL**

Com base nas observações de campo, do ponto de vista deposicional o que se pode concluir para os depósitos descritos e amostrados é que foram gerados em ambiente subaquoso, onde o aporte de sedimentos siliciclásticos terrígenos (arenitos e conglomerados-Formação Coqueiro Seco) de forma cíclica e controlada pelas condições tectônicas e/ou climáticas da bacia, promoviam um relativo raseamento do corpo d'água, favorecendo assim a deposição de sedimentos carbonáticos bioclásticos (coquinas), da Formação Morro do Chaves. Este material bioclástico retrabalhado de forma mais ou menos intensa se acumulou em lentes calcarenosas e calcirudáceas, intercalando-se em litologias finas siltico-argilosas (e margosas) que se acumulavam em posições relativamente mais profundas do corpo d'água, onde dominavam condições redutoras.

Das recuperações palinológicas realizadas no presente trabalho, observaram-se exemplares de flora continental (conteúdo esporopolínico) e possíveis constituintes marinhos (conteúdo vesicular indeterminado e outros elementos). Contudo não devem ser deixadas de lado as pesquisas feitas na região, como as da equipe da pesquisadora Valéria Gallo, que mostraram a ocorrência da primeira tartaruga *Pleurodira* (Gallo et al., 2009b), e

fragmentos de peixes do gênero †Enchodontidae (Gallo *et al.*, 2009c) aos quais foram sugeridos ambientes marinhos.

Apesar das interpretações clássicas entenderem o contexto deposicional destas unidades como vinculados ao estágio rifte-continental, os elementos fossilíferos contidos nestas litologias até o momento apresentam certa “ambiguidade” interpretativa, apontando contextos tanto marinhos (Gallo *et al.*, 2009a, 2009b, 2009c, 2010) como continentais (Azambuja Filho *et al.*, 1998, Negrao & Cavalcanti, 2009).

Fica evidente a alta diversificação de grupos fósseis na unidade, entretanto não há diversidade taxonômica e quantitativa dentro de cada grupo, o que pode ser interpretado como um ambiente lagunar.

Esporos e grãos de pólen necessitam de água para sua formação, assim são elementos gerados em ambiente terrestre alimentado por algum tipo de circulação de água.

A proliferação do conteúdo esporopolínico pode ser realizada através do ar, da água, ou mesmo do próprio sedimento (quando o mesmo é incorporado a este). Assim um exemplar deste material recuperado em uma determinada unidade, pode ter feito parte do ecossistema da área, ou pode ter sido transportado de centenas de quilômetros.

Os rios são agentes transportadores que carregam uma grande quantidade de material em suspensão, percorrendo grandes distâncias e passando por diversos ecossistemas, ou seja, toda a zona que é cortada por esses rios libera em seus cursos sua associação esporopolínica, e quanto mais zonas o rio cruzar mais diversificado ficará sua associação microflorística. Além dos rios, o ar é também um eficaz agente transportador, entretanto sua dispersão é inferior ao percurso que um rio pode ter.

A associação descrita neste trabalho apresenta grande quantidade de grãos de pólen de gimnospermas (*Gnetaceapollenites*, *Equisetosporites*, *Circulina*, *Eucomiidites*), Premaor (2012). Essa associação é composta por plantas da Família *Cheirolepidiaceae*, que representam coníferas que seriam adaptadas a climas tropicais e subtropicais preferencialmente, um pouco áridos. Eram encontradas não apenas ao longo da costa, mas também no

interior, nos planos e encostas altas. A Família *Gnataceae* também compõe essa associação, constituída de plantas arbustivas ou semi-trepadeiras. Distribuem-se em áreas espalhadas em regiões quentes e frias, áridas, montanhosas, rochosas ou desérticas, adaptadas a climas extremos.

Também faz parte da associação palinológica encontrada neste trabalho esporos com afinidade botânica as Pteridophytas, tais como os gêneros: *Appendicisporites*, *Cicatricosisporites* e *Densoisporites*. Os dois primeiros gêneros listados são representantes da Família *Schizeaceae*, constituída por plantas de estrato herbáceo, preferencialmente em regiões tropicais e subtropicais, necessidade de muita água em condições de clima quente. O outro gênero é o representante da Família *Sphagnaceae*, que são plantas de pequeno porte com estrato herbáceo, cosmopolitas, preferencialmente tropicais com melhor adaptação a ambientes levemente úmidos e com sombra (Premaor, 2012).

Já o trabalho de Antonioli *et al.* (2004, 2009), lista, para a unidade, a ocorrência de *Araucariacites*, da Família *Araucariaceae*, plantas arbóreas de grande porte de zonas mais frias, mesmo que nos trópicos (regiões de elevadas altitudes).

Através destas associações palinológicas, estabelece-se uma situação ambiental para a época. A Formação Morro do Chaves é formada em ambiente aquático (grande lago/ laguna) em zona costeira. Através da associação esporopolínica sabe-se que este lago/laguna estaria situado em uma planície (plantas herbáceas) com regiões montanhosas mais afastadas (plantas arbóreas de grande porte), englobada em condições de clima quente com pouca disponibilidade de água. Devido a essa pouca disponibilidade de água o agente transportador do material mais favorável teria sido o ar, mas principalmente grandes enxurradas esporádicas potencialmente deslocavam também o conteúdo esporopolínico para dentro do lago/ laguna.

Associado a esta contextualização, tem-se a presença de esporos de fungos indeterminados, que condicionam a região a certa umidade, necessária a sua proliferação. Assim caracterizando áreas de banhados

próximos a este corpo d'água. Outra característica importante a ser ressaltada é a presença de alguns fitoclastos com grande angulosidade, o que implica em uma proximidade destas plantas com o corpo d'água.

A análise em microscópio óptico sob luz fluorescente permitiu alguns avanços sobre as questões paleoambientais da unidade. Identificou-se em alguns níveis vesículas algálicas indeterminadas, o que introduz no sistema deposicional um novo elemento, as algas. Estas constituem possíveis ficomas de algas da classe Prasinophyceae, identificadas nos dois níveis situados no topo da seção.

Segundo Felix (2012) a classe Prasinophyceae é constituída por algas verdes unicelulares que possuem um ciclo de vida dividido em duas fases: uma fase móvel e uma fase não móvel, denominada ficoma.

Esse grupo surgiu no Cambriano e perdura até o Recente, devido a este fato muitos fósseis dessa classe são identificados com base em similaridades morfológicas com os estágios de ficomas dos representantes atuais. O habitat das espécies viventes da classe Prasinophyceae é predominantemente marinho, contudo também há registros em ambientes de água doce ou salobra (Tappan, 1980). Estes elementos podem ser encontrados em depósitos proximais (lagos rasos, áreas de deltas) e em sedimentos marinhos.

O carvão encontrado na seção também representa um importante caráter interpretativo. O mesmo possui um alto grau de maturação, constituindo um vitrenio "muito puro". A identificação deste nível a aproximadamente 18,0 m da base do perfil demonstra uma situação em que houve tempo suficiente para a deposição de matéria orgânica para a posterior geração desta pequena camada de carvão. Assim há neste ambiente deposicional um período de tempo onde a energia do sistema era calma, e o aporte de material orgânico era um pouco maior.

Ao encontro da interpretação feita com base no nível de carvão, a grande quantidade de matéria orgânica amorfa corrobora com a idéia de um ambiente de baixa energia e com baixa oxigenação. Além do fato de muitos níveis da unidade, possuírem agregados de pirita de até 5,0 cm, indicando

novamente um ambiente bastante redutor. Mesmo que se considere este contexto redutor pós-deposicional (diagenético), a presença de alguns agregados de pirita sugerem uma condição de formação inicial durante a diagênese (eodiagenética), portanto sob influência do contexto dos fluídos sim-deposicionais.

A matéria orgânica amorfa presente no material analisado mostrou um alto grau de fluorescência em alguns níveis, levantando uma questão importante que trata do significado do alto grau de fluorescência e a origem da matéria orgânica amorfa. A matéria orgânica amorfa fluorescente poder ser resultado da biodegradação de organismos algálicos marinhos, uma vez que esse tipo de fluorescência é atribuído a essa origem (Gregory *et al.* 1991 e Tyson, 1995).

As classificações de matéria orgânica amorfa baseiam-se, principalmente, nas intensidades de suas cores de fluorescência, na região imatura. As intensidades de cores de fluorescência para o querogênio amorfo, imaturo, podem ser correlacionadas com os resultados do índice de hidrogênio (IH) (Gregory *et al.*, 1991 e Tyson, 1995). Desta forma, querogênios com colorações de fluorescência mais escuras (acastanhadas), apresentariam menor potencialidade para a geração de hidrocarbonetos líquidos e os de colorações mais claras (amareladas), maior potencialidade, quando analisados dentro da zona madura (Costa, 2006).

Na observação microscópica em luz ultravioleta, os representantes do fitoplâncton marinho (algas prasinofíceas e acritarcos) destacam-se pela sua alta fluorescência amarelo esverdeada (Castro, 2008).

Diante destas constatações, corrobora-se a idéia de Arai (2009), de que a análise de supostas invasões marinhas deve ser revista. Esta questão decorre ao fato do ambiente predominante da classe Prasinophyceae ser marinho. Com estes novos dados pode-se aproximar a unidade cada vez mais do modelo proposto por Arai (2009).

A Reconstrução paleoambiental genérica da Formação Morro do Chaves, com alguns elementos da associação microflorística deste trabalho

e alguns elementos do trabalho de Antonioli *et al.* (2004, 2009), e possíveis novas descobertas estão ilustrada na figura 36.

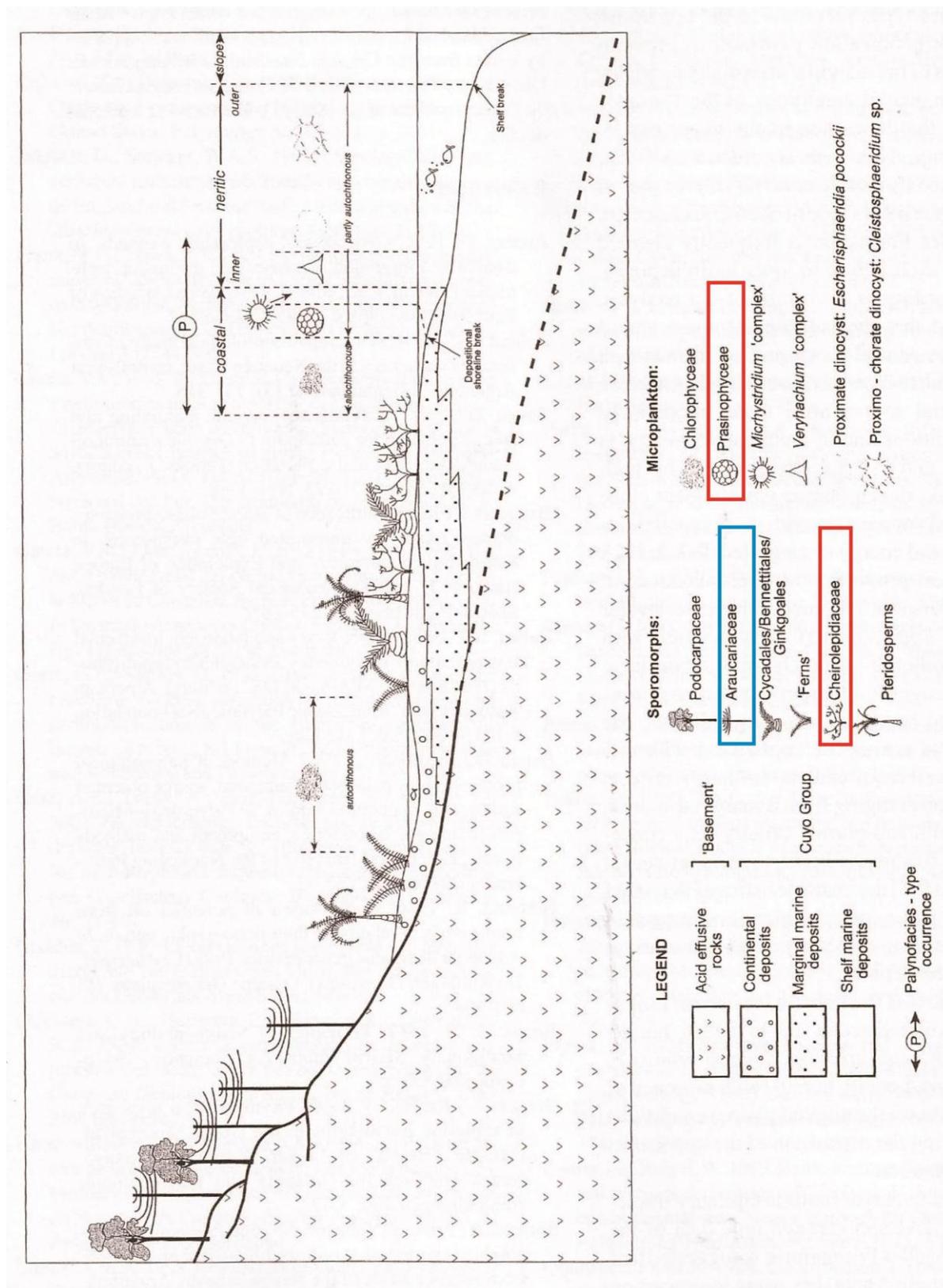


Fig. 36. Reconstrução paleoambiental genérica da Formação Morro do Chaves, com alguns elementos da associação microfóssil ( ), descrita neste trabalho, e alguns elementos da associação listada por Antonioli *et al.* (2004, 2009) ( ). Possíveis novas descobertas (modificado de Martínez *et al.*, 2008).

## 5.5 DISCUSSÕES PALEOGEOGRÁFICAS

Há 130 Ma, no Cretáceo Inferior (início do Barremiano), África e América do Sul efetivam sua separação (Hay *et al.*, 1999). À norte do continente em fragmentação o Atlântico Central e o Tétis mantinham sua conexão. Mais tardiamente no Cretáceo Inferior, intensificou-se a propagação da abertura do Atlântico Sul para norte, momento em que teria sido parcialmente fechada a conexão do Atlântico Central com o Tétis.

Mapas paleogeográficos apresentados por Torsvik & Cocks. (2004) permitem observar que entre 130 e 110 Ma a conexão entre o Tétis e o Atlântico Central ainda permanecia aberta, como também poderia estar permitindo um acesso de águas oceânicas de norte para sul, ao longo da futura margem equatorial brasileira e através das zonas rebaixadas do continente situadas neste setor norte do Gondwana, com o Tétis podendo estar avançando de norte para sul sobre uma área continental rebaixada (*seaways*). Deste modo, águas marinhas relativamente rasas cobriam parte do continente neste momento do Cretáceo Inferior desde o Barremiano.

Durante a fase *drifte* de evolução da bacia, teria se dado o início da influência marinha em caráter permanente sendo assim considerado há cerca de 115 milhões de anos, durante o Albiano, com a instalação da sedimentação carbonática e mista da Formação Riachuelo, em Sergipe. Entretanto, Souza Lima (2008) chama a atenção que, novos dados indicam que durante os estágios finais da fase sin-rifte da Bacia Sergipe-Alagoas, do Andar Aratu ao Eo-Alagoas, incluindo portanto o Barremiano e o Eo-Aptiano, incursões marinhas episódicas podem ter sido freqüentes na sub-bacia de Alagoas.

Arai (2009) considera seguro que a efetiva conexão das águas do Atlântico Sul e do Atlântico Norte/Central tenha ocorrido desde o Aptiano (125,0-112,0 Ma) até o Maastrichtiano (70,6-65,5 Ma) (Dias Brito, 1987). Arai (2009) considera também que os novos dados paleontológicos, aliados a análise paleobiogeográficas, permitem atribuir às invasões marinhas

provenientes de norte (Tétis/Atlântico Central) a formação das primeiras bacias evaporíticas brasileiras no Aptiano (figura 37).

Este intervalo é correlato temporal (Barremiano) e evolutivo às formações Toca e Mengo, respectivamente carbonática e terrígena arenosa, intercaladas com folhelhos da Formação Point Indienne, na Bacia do Congo (Goodall, *et al.*, 1992).

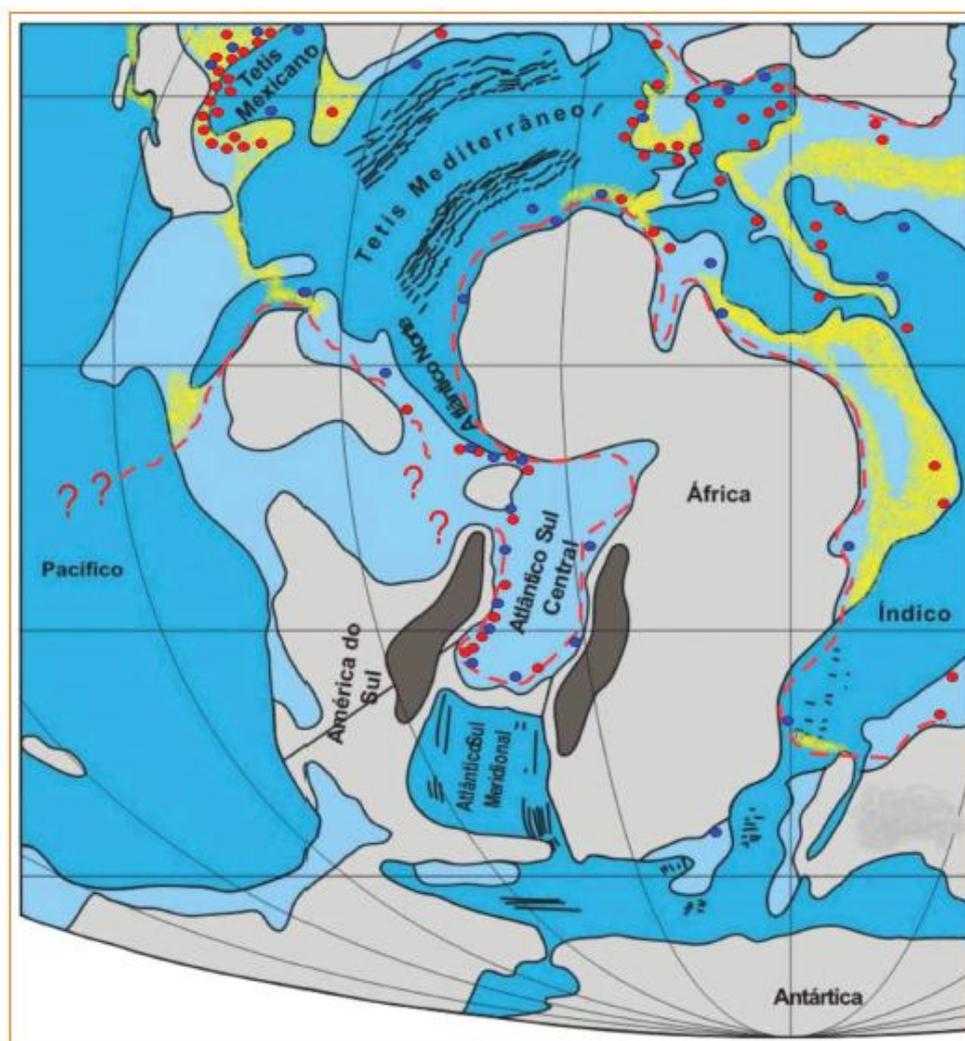


Fig. 37. Modelo paleogeográfico para o Eoalbio, proposto por Arai (2009), modificado de Azevedo (2001, 2004) e integrando dados micropaleontológicos recentes (Viviers, 1985 e Dias Brito, 2000). Em azul claro os mares intracontinentais e epicontinentais, em azul escuro os oceanos ou mares mais profundos, em amarelo os recifes de corais com rudistas (*in* Arai, 2009).

Interessante observar que Azevedo (2004) posiciona sua reconstituição páleogeográfica entre 110 e 100 Ma, adotando como base o mapa de Hay *et al.* (1999), referido inicialmente.

O material fóssilífero apresentado neste trabalho foi encontrado na Formação Morro do Chaves, posicionada com base em dados palinológicos no Barremiano (Antonioli *et al.*, 2004, 2009). Essa idade é aqui confirmada. Esta unidade estratigráfica da Bacia Sergipe-Alagoas vinha sendo considerada até recentemente como de origem lacustre associada à fase rifte. Entretanto Gallo *et al.* (2009c) já registra a ocorrência de um peixe fóssil do gênero †Enchodontidae sugere certa influência marinha, assim como Arai (2009) também propôs.

As amostras analisadas indicam claramente a presença de material de origem continental nos intervalos estudados, o que poderia ser considerado uma discordância com essas ideias, mas pelo contrário. Se este dado palinológico for considerado a única informação para atribuir contexto deposicional à Formação Morro do Chaves, esta unidade seria interpretada como depositada em contexto subaquoso continental. Estas interpretações paleogeográficas parecem, portanto compatíveis com o estágio anterior à separação do continente Gondwana. Entretanto, há que ser consideradas as demais evidências apontadas anteriormente e as possíveis novas identificações taxonômicas apresentadas neste trabalho (vesículas indeterminadas e formas arredondadas indeterminadas).

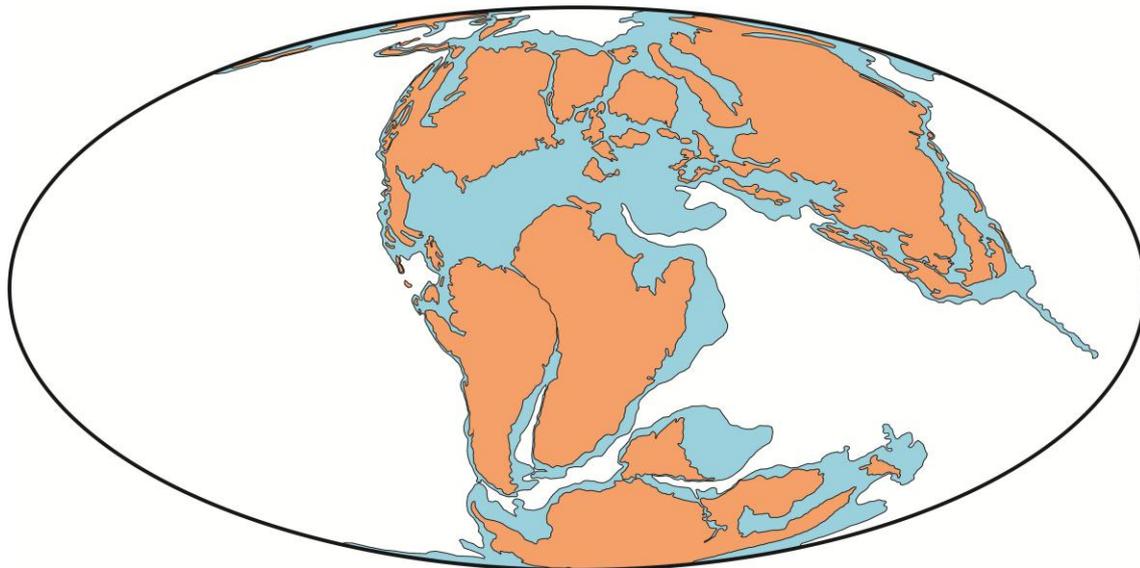


Fig. 38. Mapa paleogeográfico proposto neste trabalho, Neocomiano (modificado de Frisch *et al.*, 2011).

O mapa paleogeográfico apresentado na figura 38 corresponde às interpretações paleogeográficas realizadas com base no material identificado no presente trabalho. Estabelece assim uma representação do Neocomiano, correspondendo mais fidedignamente à situação evolutiva dos continentes segundo os resultados palinológicos aqui apresentados. Porém deve ser feita uma ressalva sobre a interpretação da baixa recuperação de material, com a distribuição deposicional do conteúdo palinológico de natureza terrestre, ou seja, o conteúdo esporopolínico pode ser depositado desde ambientes continentais até ambientes de talude. Já os possíveis elementos marinhos observados (Prasinofíceas), que necessitam de confirmação, de modo a testar a proposta de Arai (2009) de uma invasão marinha, de águas tetianas, de norte pelo continente sul-americano.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

- A zona bioestratigráfica onde foi posicionada a Formação Morro do Chaves, foi definida com base na identificação da espécie guia *Dicheiropollis etruscus* Trevisan, 1971, que segundo Arai *et al.* (1989), ocorre desde o andar Rio da Serra até o andar Jiquiá Inferior.
- A espécie *Dicheiropollis etruscus* possui uma amplitude correspondente ao intervalo entre o Berriasiano até o Aptiano.
- Devido aos trabalhos de Depeche *et al.* (1986), que trata da ocorrência da espécie na Bacia do Recôncavo, e os trabalhos de Antonioli *et al.* (2004, 2009), é possível estabelecer um posicionamento estratigráfico mais preciso, posicionando a unidade no Barremiano Superior (com base na ocorrência conjunta do *Dicheiropollis etruscus* e fósseis índices mais com maior precisão bioestratigráfica.
- Das recuperações palinológicas realizadas no presente trabalho, observaram-se exemplares de flora continental (conteúdo esporopólinico) e possíveis constituintes marinhos (conteúdo vesicular indeterminado e outros elementos).

- Fitoclastos com grande angulosidade implicam em uma proximidade destas plantas com o corpo d'água.
  
- A Formação Morro do Chaves é formada em ambiente aquático (grande lago/ laguna) em zona costeira, através da associação esporopolínica sabe-se que este lago/laguna estaria situado em uma planície (plantas herbáceas) com regiões montanhosas mais afastadas (plantas arbóreas de grande porte), com áreas de banhados próximos a este corpo d'água.
  
- Condições de clima quente com pouca disponibilidade de água.
  
- Agente transportador do material mais favorável teria sido o ar, mas principalmente grandes enxurradas esporádicas potencialmente deslocavam também o conteúdo esporopolínico para dentro do lago/ laguna.
  
- Vesículas algálicas indeterminadas são identificadas e constituem possíveis ficomas de algas da classe Prasinophyceae. O habitat predominantemente dessa classe de algas é marinho, contudo também há registros em ambientes de água doce ou salobra (Tappan, 1980).
  
- O carvão encontrado possui um alto grau de maturação. A identificação deste material demonstra uma situação em que houve tempo suficiente para a deposição de matéria orgânica, ou seja, um período de tempo onde a energia do sistema era calma, e o aporte de material orgânico era um pouco maior.
  
- Agregados de pirita de até 5,0 cm indicam um ambiente bastante redutor.
  
- A matéria orgânica amorfa mostrou um alto grau de fluorescência em alguns níveis, levantando uma questão sobre o significado dessa alta fluorescência. Podendo ser resultado da biodegradação de organismos

algálicos marinhos, uma vez que esse tipo de fluorescência é atribuído a essa origem.

- Corrobora-se a ideia de Arai (2009), de que a análise de supostas invasões marinhas deve ser revista.

- Estabelece assim uma representação do Neocomiano, correspondendo mais fidedignamente à situação evolutiva dos continentes segundo os resultados palinológicos aqui apresentados. Porém deve ser feita uma ressalva sobre os possíveis elementos marinhos observados (Prasinofíceas), que necessitam de confirmação, de modo a testar a proposta de Arai (2009) de uma invasão marinha, de águas tetianas, de norte pelo continente sul-americano.

## 7 PROPOSTA DE REFINAMENTO DOS DADOS

Em função do material analisado não ter apresentado uma boa recuperação de material para estudos palinológicos, ou seja, o resultado foi baixo mais bom, levanta-se algumas questões e sugestões para estudos futuros. Em primeiro lugar a técnica de extração do material carbonático e silicoso pode ser revista, em virtude de muitas amostras não terem passado pelas mesmas etapas de processamento, assim sendo poderia ser realizado, um processamento mais completo e mais lento. Em segundo lugar, ainda tem outros organismos no âmbito da micropaleontologia que ainda foram pouco estudados para a unidade em questão, como o caso dos ostracodes, assim poderia por fim na questão do ambiente deposicional, e datação. Outros aspectos a se considerar é que: a partir do “pressuposto” continental, organismos caracteristicamente marinhos não foram alvo de tentativas de achado nestes intervalos, como por exemplo foraminíferos.

As novas observações de microscopia óptica sob luz fluorescente deixam uma nova abordagem aberta para trabalhos futuros. Faz-se necessárias maiores amostragens e análises, na tentativa de obtenção de resultados mais satisfatórios.

Fica evidente a necessidade de firmar parcerias com pesquisadores de diferentes áreas paleontológicas para melhor analisar a Formação Morro do Chaves devido a sua alta diversidade de elementos. Assim fica proposta a ideia de um projeto além de multiescalar, multidisciplinar, reunindo pesquisadores de áreas como micropaleontologia, paleontologia de vertebrados, geologia sedimentar de rochas carbonáticas, etc. Mais estudos

integrados são, portanto necessários para obter maiores esclarecimentos sobre o exato contexto paleogeográfico do intervalo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIGNER, T., SCHAUER, M., JUNGHANS, W.-D., REINHARDT, L. 1995. Outcrop gamma-ray logging and its applications: examples from the German Triassic. *Sedimentary Geology*, Tübingen, nº 100, p. 47-61.
- ANTONIOLI, L.; DINO, R.; GALLO, V. 2004. Palinologia de amostras da Pedreira Atol, Formação Coqueiro Seco, Membro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas (NE), Brasil. XI Reunião de Paleobotânicos e Palinológicos – Livro de Resumos, 5.
- ANTONIOLI, L.; DINO, R.; GALLO, V. 2009. Palinomorfos barremianos e peixes associados em sedimentos da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas, Nordeste do Brasil. XXI Congresso Brasileiro de Paleontologia – Livro de Resumos, 22.
- ARAI, M.; HASHIMOTO, A. T.; UESUGUI, N. 1989. Significado Cronoestratigráfico da Associação Microflorística do Cretáceo Inferior do Brasil. ***Boletim de Geociências da PETROBRAS***, Rio de Janeiro, 3 (1/2): 87-103.
- ARAI, M. 2009. Paleogeografia do Atlântico Sul no Aptiano: um novo modelo a partir de dados micropaleontológicos recentes. ***Boletim de Geociências da PETROBRAS***, 17(2): 331-351.
- AZAMBUJA FILHO, N. C. de.; ARIENTI, L. M.; MELLO, M. R. 1998. Sedimentological and geochemical evidence of high frequency climatic cycles controlling the deposition of source and reservoir rocks in Lower Cretaceous rift lake of the Sergipe-Alagoas Basin, Brazil. Extended Abstract. AAPG Annual Convention, Salt lake City.
- AZEVEDO, R.L.M. 2001. **O Albiano no Atlântico Sul: estratigrafia, paleoceanografia e relações globais**. 401 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Porto Alegre.

- AZEVEDO, R. L. M. 2004. Paleoceanografia e a evolução do Atlântico Sul no Albiano. ***Boletim de Geociências da PETROBRAS***, 12(2): 231–249.
- BEURLIN, G. 1981. Correlação das unidades geocronológicas e bioestratigráficas com os ciclos globais de variação do nível do mar. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. DEPEX. LABOR. Relatório interno.
- BEURLIN, G.; CAMPOS, D. A.; VIVIERS, M. C. 1994. Stratigraphic Range of the Cretaceous Mega- and Microfossils of Brazil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza. Instituto de Geociências.
- BRENNER, W. W. 1998. Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten der Mikroabsorptionsspektrometrie für organisch-wandige Mikrofossilien. GEOMAR, Research Center for Marine Geosciences Christian Albrechts University in Kiel. GEOMAR REPORT 76. p. 38 – 106.
- BUSBY, C. J.; INGERSOLL, R. V. 1995. Tectonics of sedimentary basins. Cambridge, Mass., USA: Blackwell Science. X, 579 p.,: ill., maps; 27cm.
- CAMPOS NETO, O.P.; SOUZA-LIMA, W.; CRUZ, F.E. 2007. Bacia Seripe-Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobras*. Rio de Janeiro. 15(2):405-415.
- CARVALHO, M.A.; FILHO, J.G.M.; MENEZES, T.R. 2006. Paleoenvironmental reconstruction based on palynofacies analysis of the Aptian–Albian succession of the Sergipe Basin, Northeastern Brazil. *Marine Micropaleontology*, 59: 56–81.
- CASTRO, C. O. 2008. Caracterização organofaciológica e do potencial de geração de petróleo e gás no Devoniano Superior da Bacia do Paraná. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia. Departamento de Estratigrafia e Paleontologia – DEPA. f. 78.

- COSTA, A. C. 2006, Avaliação do Metamorfismo Orgânico do Membro Assistência da Formação Irati, da Bacia do Paraná, na Região de Rio Claro – SP. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia – CCT. Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo – LENEP. Curso de Engenharia de Exploração e Produção de Petróleo. F. 63.
- DEPECHE, F.; CAMPOS, D.; BERTHOU, P. Y. 1986. Mise en évidence du Barrémien dans la Série de Reconcavo (Etat de Bahia, Brésil): apport des ostracodes, des spores et des polens. *Revue de Micropaléontologie*, 29 (2): 93-102.
- DIAS-BRITO, D. 1987. A Bacia de Campos no Mesocretáceo: uma contribuição à paleoceanografia do Atlântico Sul primitivo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 17, n. 2, p. 162-167.
- DIAS-BRITO, D. 2000. Global stratigraphy, palaeobiogeography and palaeoecology of Albian-Maastrichtian pithonellid calcispheres: impact on Tethys configuration. **Cretaceous Research**, v.21, p. 315-349.
- DUNHAM, R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (ed) Classification of carbonate rocks. Tulsa. AAPG Memoir 1, p.108-122.
- FÉLIX, C. M. 2012. Nova Abordagem para o tratamento taxonômico de determinadas espécies de palinófitos do paleozoico superior do Gondwana, com ênfase na bacia do Paraná, Brasil. Tese de Doutorado. IGEO/UFRGS. Porto Alegre, Brasil. [206 f.] 37il.
- FOLK, R. L. 1959. Spectral subdivision of limestones types; In Harm, W.E. (ed) Classification of carbonate rocks. Tulsa. AAPG Memoir 1, p.62-85.
- FRISCH, W.; MESCHÉDE, M.; BLANKEY, R. C. 2011. Continental Drift and Mountain Building. 1st Edition., 2011, VIII, 212 p. 194 illus. in color.

- GALLO, V. 2009c. A paleoictiofauna marinha das bacias marginais brasileiras. XXI Congresso Brasileiro de Paleontologia – Livro de Resumos, 266.
- GALLO, V.; SILVA, H. M. A.; PETRA, R.; RAMOS, R. R. C.; MASSA, R. S.; PAGNONCELLI, D. & ANTONIOLI L. 2009a. Novas ocorrências de †Mawsoniidae (Sarcopterygii, Actinistia) na Formação Morro do Chaves, Cretáceo Inferior da Bacia de Sergipe-Alagoas, NE do Brasil. Livro de Resumos do Congresso Brasileiro de Paleontologia 21: 178-179.
- GALLO, V.; SILVA, H. M. A.; RAMOS, R. R. C.; PETRA, R.; ROMANO, P. S. R. 2009b. A tartaruga Pleurodira mais antiga do Brasil. XXI Congresso Brasileiro de Paleontologia – Livro de Resumos, 180.
- GALLO, V.; CARVALHO, M. S. S.; SANTOS, H. R. S. 2010. New occurrence of †Mawsoniidae (Sarcopterygii, Actinistia) in the Morro do Chaves Formation, Lower Cretaceous of the Sergipe-Alagoas Basin, Northeastern Brazil. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cinc. Nat., Belém, v. 5, n. 2, p.195-205.
- GARCIA, A. J. V.; EASTWOOD, M. E. 1981. Um procedimento gráfico para descrição de perfis estratigráficos. Atas do III Simpósio de Geologia Regional, Curitiba, Paraná, v. 2 , p. 1-13.
- GARCIA, A. J. V. 1992. Estratigrafia, sedimentação e diagênese dos arenitos da Formação Serraria, Cretáceo Inferior da Bacia de Sergipe-Alagoas, Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, Brasil.
- GARCIA, G.G.; SILVA, R.C.; RANGEL, C.V.G.T.; GARCIA, A.J.V. 2010. As sedimentações Carbonáticas e mistas das formações Morro dos Chaves e Riachuelo na Bacia de Sergipe-Alagoas. **45º Congresso Brasileiro de Geologia**. Belém. CD-ROM.

- GARCIA, A.J.V.; PEREIRA, F.C.; DANTAS, D.R.; MOURA, F.P.; ROCHA, L.M.; ARAUJO, W.B.; FIGUEIREDO, S.A.; DANTAS, M.V. e WEIDMANN, G. (2011) - Caracterização Multiescalar em Reservatórios Carbonáticos Análogos da Bacia Sergipe-Alagoas.(CAMNURES-CARBONATO) Etapa 1: Projeto Carapeba; UFS, FAPESE, Petrobras – Rede CARMOD. Relatório Parcial 1 (Inédito).
- GOODALL, J. G. S.; COLES, G. P. e WHITAKER, M. F. (1992) - An integrated palynological, palynofacies and micropaleontological study of the pre-salt formations of the south Gabon subbasin and Congo Basin. In Curnelle, R. 1992. Recueil des Communication, Colloques de Geologie Africaine. Elf Aquitaine, Mémoire 13, p. 365-399.
- GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; MCKEE, W. A. & CUMMINS, K. W. 1991. An Ecosystem Perspective of Riparian Zones. University of California Press on behalf of the American Institute of Biological Sciences. *BioScience*, v. 41, n. 8, p. 540-551
- HAY, W. W., DECONTO, R. M., WOLD, C. N., WILSON, K. M., VOIGT, S., SCHULZ, M., WOLD, A. R., DULLO, W. C., RONO, B., BALUKHOVSKY, A. N., SÖDING, E. 1999. Alternative global Cretaceous paleogeography. In: E. Barrera and C.C. Johnson. (eds.), Evolution of the Cretaceous Ocean–Climate System. *Geological Society of America*, Special paper 33: 1–47. Boulder.
- 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.

- KINOSHITA, E. M. 2007. Modelagem sísmica-geométrica de Fácies dos Carbonatos lacustres do Mb Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MAFFIZZONI, A. F. 2000. Paleoiçtiofauna da Formação Coqueiro Seco Aptiano Inferior do Estado de Alagoas Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, RS – Brasil, [149.f.] il.
- MARTÍNEZ, M. A.; PRÁMPARO, M. B.; QUATTROCCHIO, M. E.; ZAVALA, C. A. 2008. Depositional environments and hydrocarbon potential of the Middle Jurassic Los Molles Formation, Neuquén Basin, Argentina: palynofacies and organic geochemical data. *Revista Geológica de Chile* 35 (2): 279-305.
- MOTTA, F. A.; MALABARBA, M. C. S. L. 2011. Primeiro Registro de Pterossauro da Bacia Sergipe-Alagoas. XII Salão de Iniciação Científica – PUCRS, Porto Alegre, Livro de Resumos.
- NEGRAO, A.P.; CAVALCANTI, R.M.B. 2009. **Depósitos Carbonáticos da Formação Morro do Chaves (Barremiano) na Pedreira CIMPOR, Bacia de Sergipe-Alagoas, São Miguel dos Campos (AL).** XXXI Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Artística e Cultural UFRJ – Livro de Resumos, 15.
- NETO, O.P.A.C.; LIMA W.S.; CRUZ F.E.G. 2007. Bacia Sergipe-Alagoas. ***Boletim de Geociências da PETROBRAS***, 15(2): 405–415.
- NOGUEIRA, M.S.; LEMOS, V.B.; TERRA, G.J.S. 2003. **As “coquinas” do membro Morro do Chaves, Cretáceo, Inferior da Bacia de Alagoas, e seu potencial para reservatório de petróleo.** 2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás. CD-ROM.

- OLIVEIRA, A. D.; FILHO, J. G. M.; CARVALHO, M. A.; MENEZES, T. R.; LANA, C.C.; BRENNER, W. W. 2003. Método de preparação palinológica por peneiramento: nova técnica para melhorar a recuperação de dinoflagelados do Quaternário. *II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa; IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário; II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas*. Resumo expandido.
- PREMAOR, E. 2012. Esporos e grãos de pólen do Cretáceo: significado paleoclimático e paleogeográfico. Porto Alegre: IGEO/UFRGS. Exame de Qualificação para Doutorado.
- REGALI, M.S.P., UESUGUI, N.; SANTOS, A.S. 1974. Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil I. *Boletim Técnico da PETROBRAS*, 17(3): 177–191.
- REGALI, M. S. P. & VIANA, C. F. 1986. Sedimentos do Neojurássico-Eocretáceo do Brasil e a escala cronoestratigráfica internacional. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. CENPES. DIVEN. Trabalho de uso restrito ao âmbito da PETROBRÁS.
- REGALI, M. S. P. & VIANA, C. F. 1988. Sedimentos do Neojurássico-Eocretáceo do Brasil: idade e correlação com a escala internacional. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. SEDES. pré-print.
- SEYVE, C. 1990. Introdução à Micropaleontologia. Universidade A. Neto, Faculdade de Ciências - Departamento de Geologia. Elf Aquitaine Angola. 232p.
- SCHALLER, H. 1969. Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe / Alagoas. *Boletim Técnico da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 21-86.

- SOUZA LIMA, W. 2008. Seqüências evaporíticas da bacia de Sergipe-Alagoas. In: Mohriak, W. U.,; Szatmari, P. & Anjos, S. M. C. (eds.), Sal: Geologia e Tectônica. Editora Beca, PETROBRAS, São Paulo, pp. 230-249.
- STREET, C. e BOWN, P. R. 2000. Paleobiogeography of Early Cretaceous (Berriasian-Barremian) calcareous nannoplankton. *Marine Micropaleontology* 39: 265-291. Ed. Elsevier.
- TORSVIK, T.H. & COCKS, L.R.M. 2004. Earth geography from 400 to 250 million years: a palaeomagnetic, faunal and facies review. *Journal Geol. Soc. Lond.* 161, 555-572.
- TAPPAN, H. 1917. *The Paleobiology of Plant Protists*. University of California, Los Angeles. W. H. Freeman and Company San Francisco.
- TREVISAN, L. 1971. Dicheiopollis, a pollen type from Lower Cretaceous sediments of Southern Tuscany (Italy) Paris. - *Pollen et Spores*, 13 (4): 561-596.
- TUCKER, M. E. 1991. *Sedimentary Petrology*. An Introduction to the origin of Sedimentary Rocks. Blackwell Scientific Publications.
- TYSON, R. V. 1995. *Sedimentary organic matter: organic facies and palynofacies*. London: Chapman & Hall. 615 p.
- UESUGUI, N. 1979. Palinologia; técnicas de tratamento de amostras: *Boletim Técnico da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, 22: 229–240.
- VIVIERS, M. C. 1985. Características bioestratigráficas dos sedimentos albo/cenomaniãos da Bacia do Ceará: relações com outras bacias brasileiras e africanas. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Coletânea de Trabalhos Paleontológicos**. Brasília. p. 529-538. (Geologia, 27, Paleontologia e Estratigrafia, 2).

ZHARKOV, M. A.; MURDMAA, I. O. e FILATOVA, N. I. (1998) - Paleogeography of the Barriasian-Barremian Ages of the Early Cretaceous. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 6(1): 47–69. Translated from *Stratigrafiya. Geologicheskaya Korrelyatsiya*, 6(1): 49–72. Original Russian Text Copyright © 1998 by Zharkov, Murdmaa, Filatova.

WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*. 30: 377-392.

WOOD, G.D.; GABRIEL, A.M.; LAWSON, J.C. 1996. Palynological techniques - processing and microscopy. In: Jansonius, J. & McGregor, D.C. (Edt.), *Palynology: Principles and Applications*, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1, pp. 29–50.

## ANEXOS

### Estampa I

#### ***Biretisporites potoniaei* in Delcourt & Sprumont, 1955**

**A:** lamina MP-P 8004, cordenada England Finder, X17-3.

#### ***Deltoidospora tenuis* in Lima, 1978**

**B:** lamina MP-P 8003, cordenada England Finder, Q18-1.

#### ***Cyathidites punctatus* in Delcourt & Sprumont, 1963**

**C:** lamina MP-P 8003, cordenada England Finder, Q22-2.

#### ***Verrucosisporites* sp.**

**D:** lamina MP-P 8003, cordenada England Finder, Q30-1.

#### ***Pilosisorites trichopapillosus* in (Thiegart) Delcourt & Sprumont, 1955**

**E:** lamina MP-P 8017, cordenada England Finder, E22-2.

#### ***Cicatricosisporites* sp. 1 in LIMA, 1978**

**F:** lamina MP-P 8017, cordenada England Finder, P18-2.

#### ***Cicatricosisporites* sp. 1 in DINO, 1992**

**G:** lamina MP-P 8004, cordenada England Finder, O42-2.

#### ***Cicatricosisporites* spp.**

**H:** lamina MP-P 7996, cordenada England Finder, K38-4.

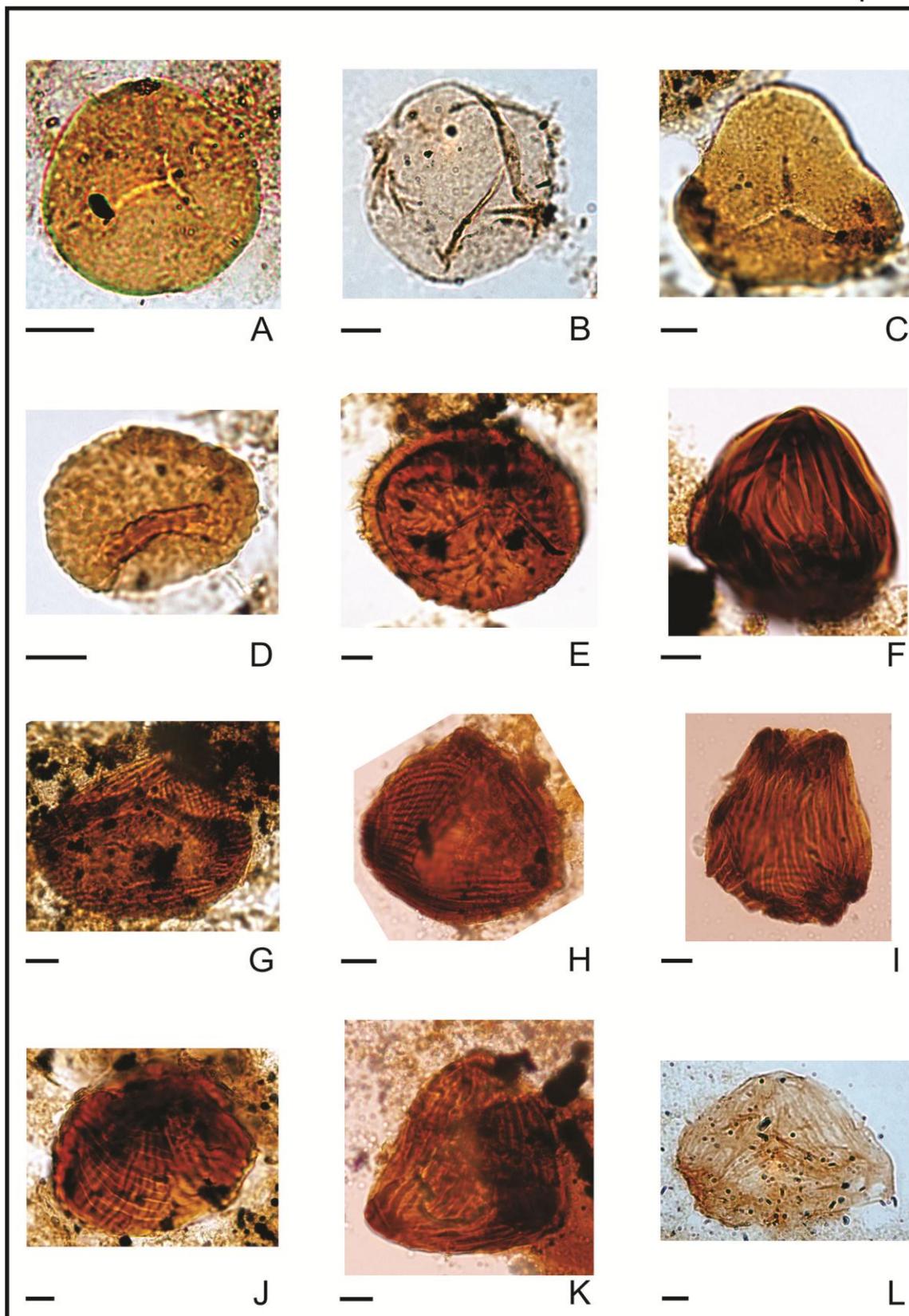
**I:** lamina MP-P 7996, cordenada England Finder, N28-2.

**J:** lamina MP-P 8003, cordenada England Finder, D33-4.

**K:** lamina MP-P 7996, cordenada England Finder, E39-2.

**L:** lamina MP-P 8025, cordenada England Finder, V41-4.

## Estampa I

Escala gráfica 10  $\mu$ m

## **Estampa II**

### ***Appendicisporites* sp. 1 in DINO, 1992**

**A:** lamina MP-P 8003, cordenada England Finder, V45-4.

### ***Aequitriradites* sp.**

**B:** lamina MP-P 8004, cordenada England Finder, W20-3.

### ***Densoisporites dettmannae* in (SRIVASTAVA) DEJAX, 1987**

**C:** lamina MP-P 8007, cordenada England Finder, W38-1.

### ***Inaperturopollenites* sp.**

**D:** lamina MP-P 8016, cordenada England Finder, G17-1.

### ***Dicheiropollis etruscus* in TREVISAN 1971**

**E:** lamina MP-P 8003, cordenada England Finder, R20-2.

**F:** lamina MP-P 8003, cordenada England Finder, X43-4.

### ***Circulina simplex* (tétrade) in MALYAVKINA 1949**

**G:** lamina MP-P 8016, cordenada England Finder, Y19-1.

### ***Circulina* sp.**

**H:** lamina MP-P 8003, cordenada England Finder, V23-3.

### ***Equisetosporites subcircularis* in LIMA, 1980**

**I:** lamina MP-P 8001, cordenada England Finder, P24-4.

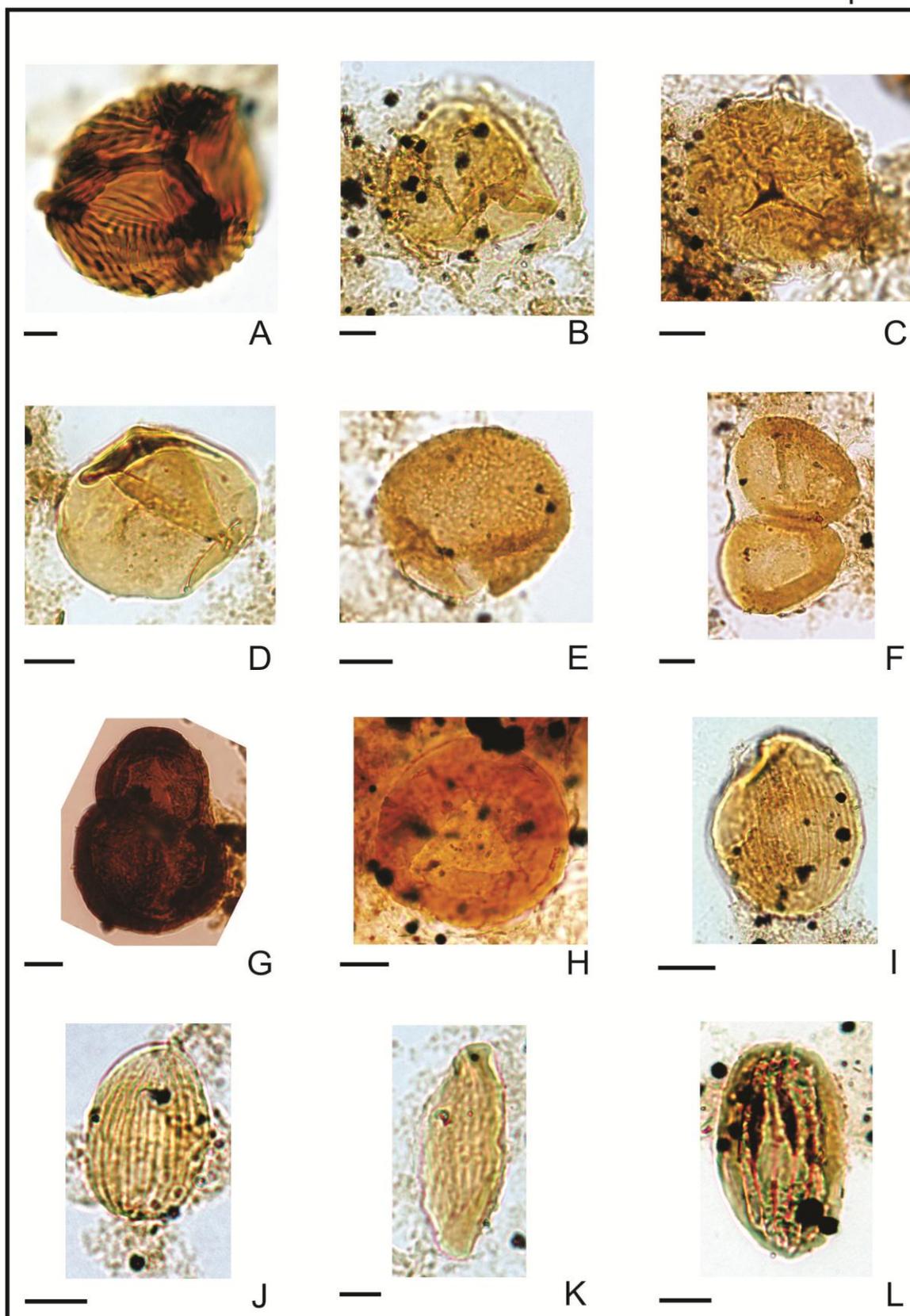
**J:** lamina MP-P 8004, cordenada England Finder, J48-3.

### ***Equisetosporites* sp.**

**K:** lamina MP-P 8003, cordenada England Finder, X28-3.

**L:** lamina MP-P 8001, cordenada England Finder, E26-3.

## Estampa II

Escala gráfica 10  $\mu$ m

**Estampa III*****Gnetaceapollenites* spp.**

**A:** lamina MP-P 8004, cordenada England Finder, D47-4.

**B:** lamina MP-P 7995, cordenada England Finder, Y23-4.

***Eucommiidites* sp. 2 in LIMA, 1978**

**C:** lamina MP-P 8017, cordenada England Finder, B37-4.

***Retimonocolpites excelsus* in WARD, 1986**

**D:** lamina MP-P 8007, cordenada England Finder, T27-4.

***Monocolpopollenites* sp.**

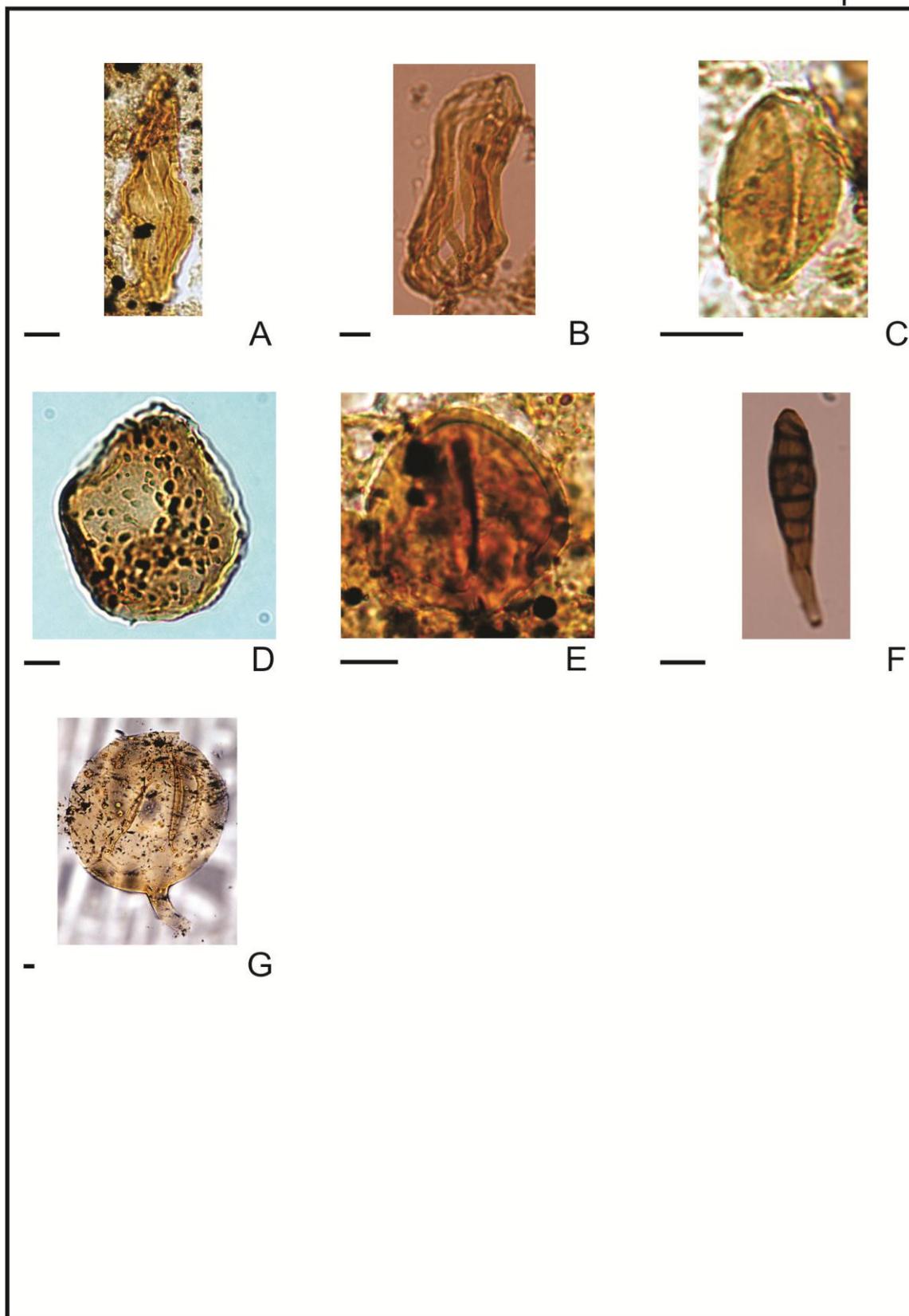
**E:** lamina MP-P 8007, cordenada England Finder, X35-2.

**Esporos indeterminados de fungos**

**F:** lamina MP-P 8017, cordenada England Finder, Z31-3.

**G:** lamina MP-P 8027, cordenada England Finder, D21-3.

## Estampa III

Escala gráfica 10  $\mu$ m