



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia

Juliana Melo de Godoy

**PALINOFÁCIES E ANÁLISE ORGANOGEQUÍMICA DA FORMAÇÃO
MORRO DO CHAVES, BACIA SERGIPE-ALAGOAS, BRASIL**

**Trabalho de Conclusão de Curso
(Geologia)**

UFRJ
Rio de Janeiro
2019



UFRJ

Juliana Melo de Godoy

**PALINOFÁCIES E ANÁLISE ORGANOGEOQUÍMICA DA FORMAÇÃO MORRO
DO CHAVES, BACIA SERGIPE-ALAGOAS, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientador:

Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho

Coorientador:

Dr. Antonio Donizeti de Oliveira

UFRJ
Rio de Janeiro
2019

GODOY, Juliana Melo de
**Palinofácies e Análise Organogeoquímica da
Formação Morro do Chaves, Bacia Sergipe-Alagoas,
Brasil** / Juliana Melo de Godoy - - Rio de Janeiro: UFRJ /
IGEO, 2019.

xii, 59 f. : il.; 30cm

Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia) –
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de
Geociências, Departamento de Geologia, 2019.

Orientador: Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho

Coorientador: Dr. Antonio Donizeti de Oliveira

1. Geologia. 2. Paleontologia e Estratigrafia – Trabalho
de Conclusão de Curso. I. João Graciano Mendonça Filho,
Antonio Donizeti de Oliveira II. Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de
Geologia. III. Título.

Juliana Melo de Godoy

**Palinofácies e Análise Organogeoquímica da Formação Morro do Chaves,
Bacia Sergipe-Alagoas, Brasil**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientador:

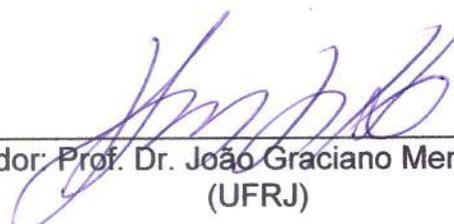
Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho

Co-orientador:

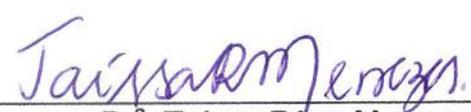
Dr. Antonio Donizeti de Oliveira

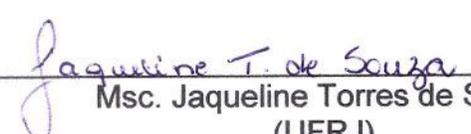
Aprovada em: 12 de fevereiro de 2019

Por:


Orientador: Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho
(UFRJ)


Co-orientador: Dr. Antonio Donizeti de Oliveira
(UFRJ)


Dr.ª Taíssa Régio Menezes
(CENPES, PETROBRAS)


Msc. Jaqueline Torres de Souza
(UFRJ)

Agradecimentos

Inicialmente agradeço ao orientador Professor Dr. João Graciano e coorientador Dr. Antonio Donizeti. Obrigada pela oportunidade, por todo o apoio e por serem sempre solícitos ao esclarecimento de dúvidas e discussões. Foi um ano de muito aprendizado.

Agradeço ao LAGESED, supervisionado pelo Prof. Dr. Leonardo Borghi, pela disponibilização das amostras e do perfil estratigráfico, fundamentais para a realização deste trabalho. Agradeço também à Ariely Rigueti por todo o material bibliográfico disponibilizado e pelo auxílio na coleta das amostras.

Agradeço aos demais pesquisadores e técnicos do LAFO (Laboratório de Palinofácies e Fácies Orgânica) pela recepção e auxílio durante os procedimentos no laboratório: Joalice, Jaqueline, Thiago, Aline e Eliane.

Agradeço aos meus pais por todo apoio e suporte oferecido ao longo desta trajetória.

Aos meus amigos por todos os momentos até aqui. Obrigada por todos esses anos de graduação compartilhando momentos bons e difíceis, que serão recordados com muita nostalgia: Carolina Lyra, Mayara Coutinho, Juliana Vilhena, Jeniffer Chiappini, Claudio Andrade, Renan Gomes, Mariana Henriques, Julia Caetano, Isabelle Almeida, Adriano Carneiro, Daniel Machado e Bárbara Queiroz.

Resumo

GODOY, Juliana Melo de. **Palinofácies e Análise Organogeoquímica da Formação Morro do Chaves, Bacia Sergipe-Alagoas, Brasil**. 2019. xii, 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A Formação Morro do Chaves (Barremiano-Aptiano), correspondente à seção rifte da Bacia Sergipe-Alagoas, vem sendo amplamente estudada por ser considerada análoga aos reservatórios do intervalo Pré-Sal das Bacias de Santos e Campos. É constituída por coquinas com intercalações de folhelhos e arenitos depositados em ambiente lacustre durante o rifteamento que resultou na abertura do Oceano Atlântico. Foram utilizadas 48 amostras coletadas do testemunho 2-SMC-3-AL, retirado da Pedreira Atol em São Miguel dos Campos (AL). Este trabalho propõem o estudo da assembleia de constituintes orgânicos desta sucessão sedimentar, através da análise palinofaciológica e análise organogeoquímica, com a finalidade de colaborar com a compreensão da evolução paleoambiental durante o Aptiano. A palinofácies possibilita a identificação e classificação dos grupos e subgrupos da matéria orgânica particulada, através de técnicas de microscopia utilizando luz branca transmitida e luz azul incidente (fluorescência). Já a análise organogeoquímica permite a quantificação do teor de Carbono Orgânico Total (COT), Enxofre Total (ST) e Resíduo Insolúvel (RI) presente nos sedimentos. Dentre as quarenta e oito amostras submetidas à acidificação com ácido clorídrico e fluorídrico, apenas oito apresentaram boa recuperação da matéria orgânica. Estas amostras apresentaram COT variando de 0,12 a 13,45%, teor de ST variando de 0,81 a 2,51% indicando períodos mais redutores e valores percentuais altos de RI caracterizando litologias predominantemente siliciclásticas. O grupo Amorfo (MOA bacteriana, fitoplanctônica de água doce e vegetal) apresenta predominância nestas amostras. Há também a ocorrência de *Botryococcus* e esporomorfos, correspondentes ao grupo Palinomorfo, assim como ocorrência de zooclastos. A correlação de todos os dados sugere um paleoambiente lacustre com variações de regimes óxicos a disóxicos-anóxicos, associados a um clima árido e com vegetação ao seu entorno.

Palavras-chave: Palinofácies; Formação Morro do Chaves; Bacia Sergipe-Alagoas

Abstract

GODOY, Juliana Melo de. **Palynofacies and Organogeochemical Analysis of Morro do Chaves Formation, Sergipe-Alagoas Basin, Brazil.** 2019. xii, 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Morro do Chaves Formation (Barremian-Aptian), related to the rift section of Sergipe-Alagoas Basin, has been widely studied because it's considered analogous to the Pre-Salt's reservoirs of Santos e Campos Basins. It consists of coquinas with shales and sandstones intercalations, associated to a lacustrine environment during the rifting which resulted in the opening of the Atlantic. 48 samples were used, which had been collected from 2-SMC-3-AL well core drilled in Atol Quarry, in São Miguel dos Campos (AL). This work proposes the study of the assembly of organic constituents of this sedimentary succession, through the palynofaciological analysis and organogeochemical analysis, collaborating with the understanding of paleoenvironmental evolution during the Aptian. Palynofacies allows the identification and classification of groups and subgroups of particulate organic matter through microscopy techniques using transmitted white light and incident blue light (fluorescence). The organogeochemical analysis allows quantification of the Total Organic Carbon (TOC), Total Sulfur (ST) and Insoluble Residue (IR) present in the sediments. Among the forty eight samples submitted to acidification with hydrochloric acid and hydrofluoric acid, only eight had achieved good recovery of organic matter. These samples had TOC values ranging from 0.12 to 13.45%, ST values ranging from 0.81 to 2.51% indicating reducing environments and high percentage values of IR characterizing predominantly siliciclastic lithologies. The Amorphous group (bacterial, vegetable and freshwater phytoplanktonic MOA) is predominant in these samples. There is also the occurrence of *Botryococcus* and sporomorphs corresponding to the Palynomorph group, as well as the occurrence of zooclasts. The correlation of all data suggests a lacustrine paleoenvironment with variations from oxic to anoxic regimes, associated to an arid climate and vegetation nearby.

Key-words: Palynofacies; Morro do Chaves Formation, Sergipe-Alagoas Basin

Lista de figuras

- Figura 1-** Modelo geodinâmico esquemático da margem continental divergente (Mohriak, 2003).....4
- Figura 2-** Mapa da bacia e arcabouço tectônico generalizado (Lana, 1990).....6
- Figura 3-** Localização do testemunho coletado 2-SMC-3-AL na Pedreira Atol, São Miguel dos Campos (AL). (Modificado de Rigueti, 2018).....6
- Figura 4-** Carta estratigráfica da sub-bacia Sergipe, com destaque (em vermelho) para a Fm. Morro do Chaves e Fm.Coqueiro Seco (Campos Neto *et al.*, 2007).....11
- Figura 5-** Carta estratigráfica da sub-bacia Alagoas com destaque (em vermelho) para a Fm. Morro do Chaves e Fm.Coqueiro Seco (Campos Neto *et al.*, 2007).....12
- Figura 6-** Evolução do modelo de fácies, na qual a margem ativa apresenta progradação de leques deltaicos; os folhelhos constituem corpos isolados formados com o rebaixamento do nível do lago com exposição subaérea (gretas de ressecamento); as coquinas se estabelecem em plataformas rasas na margem flexural, com baixa influência de aporte terrígeno. Progradação eventual dos leques deltaicos sobre os carbonatos. (Azambuja *et al.*, 1998).....14
- Figura 7-** Modelo proposto por Teixeira (2012) representando o contexto tectônico e deposicional da Formação Morro do Chaves. Na margem ativa (esquerda) do rifte há sedimentação predominantemente terrígena em leques deltaicos e na margem flexural (direita) há sedimentação predominantemente carbonática em plataformas e praias bioclásticas, onde atuavam ondas e correntes de tempestade.....15
- Figura 8-** Correlação esquemática das unidades estratigráficas do Barremiano-Aptiano, com ênfase nas formações carbonáticas coquinoídes (em azul) das bacias de Campos, Sergipe-Alagoas (sub-bacia Sergipe), Congo e Cabinda (Thompson *et al.*, 2015).....16
- Figura 9-** Perfil esquemático referente ao testemunho 2-SMC-3-AL com a indicação das 48 amostras utilizadas e suas respectivas profundidades. As amostras sinalizadas em vermelho indicam aquelas que apresentaram boa recuperação e foram submetidas à análise de palinofácies.....21
- Figura 10-** (A) Cadinhos em processo de neutralização na capela; (B) Analisador SC 144DR – LECO.....22
- Figura 11-** Fluxograma indicando as etapas da preparação das amostras.....25
- Figura 12-** (A) Amostras na capela durante o processo de neutralização; (B) Amostras em tubos de centrífuga com ZnCl₂.....26
- Figura 13-** (A) Procedimento de preparação de lâminas na chapa aquecida; (B) Tubo de centrífuga com boa recuperação de matéria orgânica; (C) Tubo de centrífuga com baixa recuperação.....28

Figura 14- Fluxograma indicando as etapas da análise de palinofácies.....	29
Figura 15- Fotomicrografias da MOA bacteriana em luz branca transmitida (LT) e modo fluorescente (MF). BE: Formas cônicas; CF: Pelicular; (LT): A, B, C / (MF): D, E, F.....	33
Figura 16- Fotomicrografias da MOA fitoplanctônica em luz branca transmitida (LT) e modo fluorescente (MF). (LT): A, B, C / (MF): D, E, F.....	33
Figura 17- Fotomicrografias da MOA vegetal em luz branca transmitida (LT) e modo fluorescente (MF). (LT): A, B, C / (MF): D, E, F.....	34
Figura 18- Fotomicrografias dos grãos de pólen em luz branca transmitida (LT) e modo fluorescente (MF). AD: Colpado; BE: <i>Classopolis</i> ; CF: Tétrade. (LT): A, B, C / (MF): D, E, F.....	35
Figura 19- Fotomicrografias dos esporos em luz branca transmitida (LT) e modo fluorescente (MF). AD e BE: Marca trilete; BE e CF: Ornamentações. (LT): A, B, C / (MF): D, E, F.....	35
Figura 20- Fotomicrografias dos fitoplânctons de água doce do gênero <i>Botryococcus</i> em luz branca transmitida (LT) e modo fluorescente (MF). (LT): A, B / (MF): C, D.....	35
Figura 21- Fotomicrografias dos fragmentos de Zooclastos em luz branca transmitida (LT) e modo fluorescente (MF). AD e BE: Estruturas “dentadas”; CF: Fraturado e degradado. (LT): A, B, C / (MF): D, E, F.....	36
Figura 22- Gráficos binários e tabela representando os valores percentuais dos grupos da matéria orgânica em relação à profundidade para o testemunho 2-SMC-3-AL.....	37
Figura 23- Gráficos binários e tabela representando os valores percentuais dos grupos da matéria orgânica em relação à profundidade para o testemunho 2-SMC-3-AL e sua subdivisão em quatro intervalos.....	43

Lista de Quadros

Quadro 1- Classificação e descrição do grupo Amorfo (Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.*, 2002; Menezes *et al.*, 2008; Mendonça Filho *et al.*, 2010b, 2012; Mendonça Filho e Gonçalves, 2017).....17

Quadro 2- Classificação e descrição do grupo Fitoclasto (Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.*, 2002; Menezes *et al.*, 2008; Mendonça Filho *et al.*, 2010b, 2012; Mendonça Filho e Gonçalves, 2017).....18

Quadro 3- Classificação e descrição do grupo Palinomorfo ((Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.*, 2002; Menezes *et al.*, 2008; Mendonça Filho *et al.*, 2010b, 2012; Mendonça Filho e Gonçalves, 2017).....19

Lista de tabelas

Tabela 1- Valores percentuais do Carbono Orgânico Total (COT), Enxofre Total (ST) e Resíduo Insolúvel (RI) das quarenta e oito amostras processadas.....	30
Tabela 2 - Valores percentuais do Carbono Orgânico Total (COT), Enxofre Total (ST) e Resíduo Insolúvel (RI) das oito amostras recuperadas.....	32

SUMÁRIO

Agradecimentos	v
Resumo	vi
<i>Abstract</i>	vii
Lista de figuras	viii
Lista de quadros	x
Lista de tabelas.....	xi
1.0 INTRODUÇÃO	1
2.0 OBJETIVOS	2
3.0 CONTEXTO GEOLÓGICO	3
3.1 Margem passiva brasileira.....	3
3.2 Localização e aspectos gerais	5
3.3 Estratigrafia	7
3.3.1 Formação Morro do Chaves	13
4.0 MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA	17
5.0 MATERIAIS E MÉTODOS	20
5.1 Análise Organogeoquímica (COT, S, RI)	22
5.1.1 Procedimento Laboratorial	22
5.1.2 Preservação da matéria orgânica.....	23
5.2. Análise de Palinofácies	24
5.2.1 Procedimento Laboratorial	24
5.2.2 Palinofácies	28
6.0 RESULTADO	30
6.1 Análise Organogeoquímica (COT, S, RI)	30
6.2 Análise de Palinofácies	32
7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
7.1 Discussões	38
7.2 Conclusão.....	42
7.3 Trabalhos futuros.....	44
8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1.0 INTRODUÇÃO

A Bacia Sergipe-Alagoas, localizada no nordeste do Brasil, constitui uma bacia de margem passiva formada durante a abertura do oceano Atlântico no Mesozoico. Esta vem sendo amplamente estudada no âmbito das pesquisas de rochas geradoras e reservatórios de hidrocarbonetos, pelo fato de apresentar uma das sequências estratigráficas mais completas (Feijó e Vieira, 1991; Souza Lima *et al.*, 2002).

A Formação Morro do Chaves compreende as idades Barremiano e Aptiano do Cretáceo Inferior, sendo constituída por coquinas intercaladas com folhelhos e arenitos (Campos Neto *et al.*, 2007). Estes afloramentos localizados na Pedreira Atol, em São Miguel dos Campos, são de extrema importância para os pesquisadores por apresentarem grande exposição destes depósitos que são considerados análogos aos reservatórios do intervalo Pré-Sal das Bacias de Campos (Fm. Coqueiros) e Santos (Fm. Itapema).

O testemunho de sondagem 2-SMC-3-AL utilizado neste trabalho apresenta 160 m de profundidade compreendendo a Fm. Morro do Chaves e a unidade sobrejacente, Fm. Coqueiro Seco. Foram utilizadas 48 amostras para este trabalho, sendo realizadas análises organogeoquímicas e palinofaciológica. A primeira análise permite quantificar os teores de Carbono Orgânico Total, Enxofre Total e Resíduo Insolúvel. Já a segunda consiste na maceração química para retirada da matriz mineral. Este procedimento é realizado com ácido clorídrico e fluorídrico (HCl e HF), associado a processos de peneiramento. Posteriormente, utiliza-se líquido denso para concentração e isolamento da matéria orgânica e há a confecção das lâminas organopalinológicas, as quais são analisadas utilizando técnicas de microscopia.

A literatura ainda apresenta poucos trabalhos caracterizando, através da análise de palinofácies, os grupos e subgrupos da matéria orgânica particulada de tal formação. Tal estudo constitui uma importante ferramenta por fornecer informações paleoambientais e relativas ao potencial de geração de hidrocarboneto das rochas, por meio da determinação do tipo, abundância e origem da assembleia de constituintes orgânicos.

2.0 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo a identificação e caracterização da matéria orgânica particulada, através da análise organogeoquímica associada ao estudo de palinofácies, da sequência sedimentar da Formação Morro do Chaves. O interesse da indústria e do meio acadêmico vem sendo crescente perante a este tipo de ocorrência, uma vez que expressivos volumes de hidrocarbonetos encontram-se contidos em reservatórios desta natureza. Dessa forma, por meio da integração dos dados obtidos, busca-se melhor compreensão acerca da evolução paleoambiental durante o Aptiano, de forma a colaborar com uma interpretação mais acurada de tais depósitos e seus análogos.

3 CONTEXTO GEOLÓGICO

3.1 Margem passiva brasileira

A Bacia Sergipe-Alagoas, localizada no nordeste do Brasil, é uma das bacias de margem continental formadas durante a abertura do oceano Atlântico Sul no final do Jurássico e no Cretáceo (Souza Lima *et al.*, 2002). As margens continentais divergentes são caracterizadas pela ocorrência de um centro de espalhamento oceânico ativo e pelo afastamento progressivo das placas tectônicas que inicialmente estavam unidas. As bacias localizadas nas bordas dos continentes em separação são designadas de bacias de margem passiva, caracterizadas por importantes feições tectonossedimentares de grande interesse, muitas delas altamente prolíficas em hidrocarbonetos (Mohriak, 2012). Estas bacias são, portanto, formadas por processos extencionais que levam à ruptura de um continente e à formação de um oceano ao longo de diversos estágios evolutivos, resultando em diferentes padrões de tectônica e sedimentação (Mohriak 2003, 2012).

Tal autor caracteriza a primeira fase com o início dos processos extencionais, os quais posteriormente resultaram na separação entre os continentes sul-americano e africano. Admite-se afinamento litosférico regionalmente distribuído, com leve soerguimento astenosférico. A deposição é caracterizada por ser ampla e com sequências sedimentares pouco espessas, associadas a falhas incipientes na crosta superior (Figura 1a).

A próxima fase é definida pelo aumento do estiramento litosférico, associado à intensa atividade magmática (derrames basálticos). Em decorrência da geração de falhas mais expressivas afetando a crosta continental, há a formação de hemi-grábens (Figura 1b). Estes são preenchidos por depósitos sedimentares continentais lacustres (Neocomiano–Barremiano).

No final do rifteamento os esforços distensivos atuando na litosfera são novamente intensos. A formação de grandes falhas desencadeia a rotação dos blocos de rifte formados na etapa anterior (Figura 1c). Com o prosseguimento dos esforços distensivos, há o rompimento da litosfera e geração de um centro de espalhamento oceânico. Segundo Harry e Sawyer (1992, apud Mohriak, 2003), esta ocorrência possivelmente está associada à concentração do estiramento litosférico no centro de espalhamento, amplamente distribuído anteriormente.

Nessa fase também há ocorrência de magmatismo continental e oceânico com reativação de grandes falhas e erosão dos blocos de rifte por uma discordância regional,

separando ambientes de deposição tipicamente continentais (lacustre e fluvial) de ambientes transicionais e marinhos (Figura 1d).

Sobre essa discordância angular algumas bacias registram espessura significativa de sedimentos Aptianos, que constituem uma sequência sedimentar do estágio final de rifte, podendo originar rochas geradoras. Esta sequência é sobreposta por sedimentos evaporíticos no Aptiano Superior e posteriormente a sedimentação torna-se predominantemente carbonática, com o período Albiano dominado por plataformas de águas rasas. Ao fim deste intervalo, adentrando no Cenomaniano e Turoniano, com o resfriamento da litosfera oceânica, ocorre o aumento de paleobatimetria, resultando no término da deposição carbonática e na acumulação de sedimentos marinhos de águas profundas (Figura 1e).

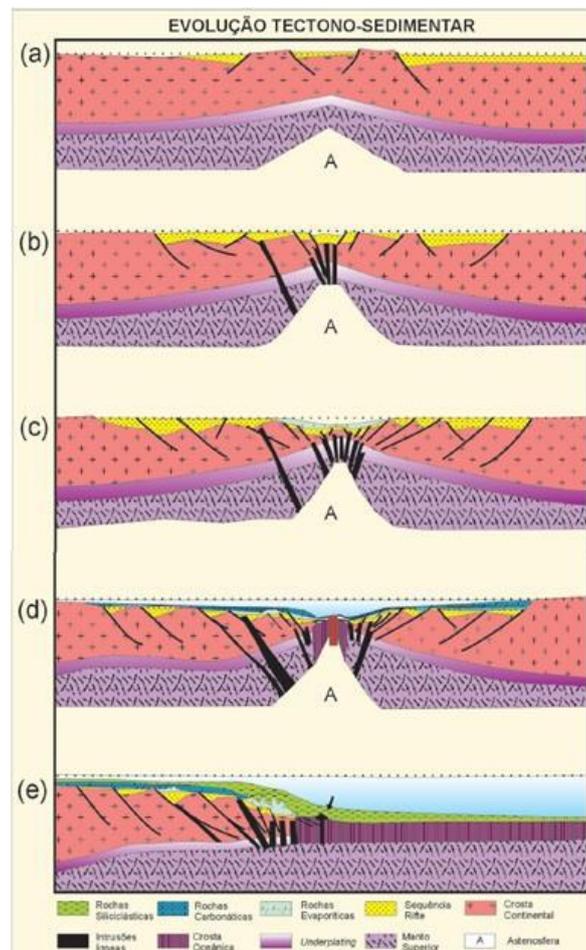


Figura 1- Modelo geodinâmico esquemático da margem continental divergente (Mohriak, 2003).

Portanto, é possível correlacionar as principais sequências tectonossedimentares das bacias com o estilo estrutural e tipos litológicos dominantes nos ambientes sedimentares de cada fase evolutiva. Na margem divergente brasileira, a sequência designada como pré-rifte a sin-rifte corresponde a rochas siliciclásticas e carbonáticas depositadas em ambiente continental lacustre. A sequência marinha transicional é caracterizada por grande espessura de evaporitos em águas profundas, condicionando a formação de estruturas halocinéticas, de grande importância para a migração de hidrocarbonetos. Já a sequência pós-rifte ou marinha, com rochas carbonáticas e siliciclásticas, engloba os principais reservatórios para as acumulações de petróleo na margem continental (Mohriak, 2012).

3.2 Localização e aspectos gerais

A Bacia Sergipe-Alagoas possui forma alongada na direção NNE/SSW com 350 km de extensão, sendo limitada pelos paralelos 9° e 11° 30' S. Apresenta uma área total de 34.600km², com 12.000km² correspondentes à porção emersa e cota batimétrica de 2.000 m (Lana, 1990). Tal bacia forma um rifte assimétrico cujo limite norte é o Alto de Maragogi, enquanto o limite sul é representado pelo Sistema de Falhas Vaza-Barris, separando-a das bacias Pernambuco-Paraíba e Jacuípe, respectivamente (Azambuja *et al.*, 1998).

As principais características estruturais da bacia (Figura 2) estão relacionadas à intensa atividade tectônica, que afetou a área desde o início do rifteamento entre a América do Sul e África, no início do Cretáceo (Azambuja *et al.*, 1998). Estruturalmente a bacia consiste num meio gráben mergulhando para sudeste (Ojeda e Fugita, 1976). As falhas N-S, mais antigas, estão dispostas de forma escalonada (em échelon) em relação à direção de estruturação da bacia (N45E). A implantação do Rifte Sul-Atlântico foi, pelo menos parcialmente, controlada por linhas de fraquezas preexistentes, sendo significativa a coincidência de orientações do rifte e do cinturão granulítico, ambos N-S desde Campos até Salvador, onde se bifurcam (Mohriak, 2003).

A Bacia Sergipe-Alagoas sempre foi abordada em diversos trabalhos como uma bacia única, dentre estes se destaca Lana (1990). Feijó e Vieira (1991) individualizaram as Bacias de Sergipe e Alagoas alegando diferenças importantes em seu caráter estrutural e estratigráfico, considerando a feição positiva denominada Alto de Jaboatã-Penedo, nas imediações do Rio São Francisco, como o limite entre ambas. Para tais autores, essa distinção entre estas duas bacias principia pela natureza do embasamento sobre o qual se assentam. O embasamento sob a Bacia de Sergipe é formado pelas rochas metamórficas proterozoicas de baixo grau dos grupos Miaba e Vaza Barris, já a Bacia de Alagoas desenvolveu-se sobre as rochas graníticas proterozoicas do Batólito Alagoas-Pernambuco. Souza-Lima *et al.* (2002) apresentaram uma outra visão, na qual a Bacia Sergipe-Alagoas abrangeria ainda as sub-bacias de Jacuípe e do Cabo. Contudo, para admitir tal interpretação, seria necessário realizar um estudo de integração no limite setentrional da Bacia de Sergipe-Alagoas.

Neste trabalho, será considerada a concepção de Campos Neto *et al.* (2007). Segundo tais autores, além do Alto de Jaboatã-Penedo não caracterizar um divisor de bacias, este se encontra restrito apenas à porção emersa e de águas rasas, não se prolongando até o bloco baixo da charneira Eoalagoas. Outra justificativa fundamenta-se na região de águas profundas, na qual não há nenhuma feição geológica que justifique um limite de bacias. No entanto, devido a diferenças no preenchimento sedimentar e estilo tectônico da porção sergipana para a alagoana, são consideradas duas cartas estratigráficas distintas.

A Bacia Sergipe-Alagoas foi implantada na Província da Borborema, caracterizada pela presença de diversas faixas móveis brasileiras, separadas por maciços interiores, onde afloram complexos gnáissicos-migmatíticos do pré-cambriano inferior a médio, retrabalhados no Brasiliano. O embasamento da bacia é composto, ao sul do Rio Coruripe, por metassedimentos do Sistema de Dobramentos Sergipano, e daí até o extremo norte, por granitos e gnaisses do Maciço de Pernambuco. Esta diferença na composição do embasamento se reflete na estruturação interna da bacia: a porção sergipana é mais segmentada e as falhas têm direções mais variadas que na porção alagoana. (Mohriak, 2003).

3.3 Estratigrafia

Entre as bacias marginais brasileiras, a Bacia Sergipe-Alagoas apresenta exposta a mais completa sucessão estratigráfica. Segundo Lana (1990), a estratigrafia de tal bacia é consequência direta da sua evolução estrutural, sendo o preenchimento sedimentar variável de

um compartimento tectônico para outro, configurando várias sub-bacias. Feijó (1994), na revisão das cartas estratigráficas, fez o reconhecimento das sequências deposicionais através de discordâncias e suas conformidades relativas: Sequência Permo–Carbonífera (sinéclise), Sequência Juro-eocretácea (pré-rifte), Sequências Rifte, Sequência de Transição e Sequências da Margem Passiva (drifte). Tais supersequências caracterizam-se por mudanças nítidas na sedimentação e estilo tectônico, sendo resultantes da evolução tectono-sedimentar imprimida pela separação e formação do Atlântico Sul (Lana, 1990).

Campos Neto *et al.* (2007) subdividiram o pacote sedimentar de forma distinta. Apesar da grande correlação com o que havia sido proposto na revisão anterior, houve modificações na hierarquia estratigráfica, assim como reconhecimento de novas sequências/limites: Supersequência Paleozóica, Supersequência Pré-rifte, Supersequência Rifte, Supersequência Pós-rifte, Supersequência Drifte. Foram propostas duas cartas estratigráficas (Figura 4 e Figura 5), as quais serão utilizadas como base para esse trabalho, sendo as nomenclaturas litoestratigráficas das mesmas baseadas em Schaller (1969) e Feijó (1994), havendo alterações realizadas pelos autores a fim de enfatizar a estratigrafia de sequências.

A primeira supersequência corresponde ao estágio intra-cratônico, período anterior a qualquer manifestação de separação dos continentes africano e americano. A sedimentação permo-carbonífera encontra-se representada pelas rochas siliciclásticas da Formação Batinga, de provável origem glacial, e pelos arenitos eólicos, folhelhos e laminitos algais lacustres da Formação Aracaré.

A segunda supersequência, correspondente à fase pré-rifte, é representada por sedimentos fluviais e lacustres neojurássicos das formações Candeeiro, Bananeiras e Serraria. Esses sedimentos continentais foram depositados em ambiente tectônico ainda calmo, em sinéclises originadas a partir dos primeiros esforços tensionais que culminariam com a ruptura do continente Gondwana.

Já a terceira supersequência, representada pela fase rifte, corresponde ao estágio de subsidência mecânica da bacia, apresentando grandes variações laterais de fácies e de espessura devido ao forte tectonismo vigente durante sua deposição. As bacias foram individualizadas em função de um rifte complexo inicialmente transtensional e depois puramente extensional, propagando-se de sul para norte (Asmus e Porto, 1980). O rifte gerado foi então preenchido pelos seguintes depósitos, referentes ao ambiente continental e marinho restrito:

Sequência K10-K20 (estiramento inicial do rifte - idade Rio da Serra):

- Folhelhos esverdeados com intercalações de arenitos da Fm. Feliz Deserto.

Sequência K34-K36 (1º pulso tectônico do rifte – Aratu, Buracica e Jiquiá):

- Conglomerados aluviais da Fm. Rio Pitanga;
- Arenitos alúvio-fluviais da Fm. Penedo;
- Carbonatos coquinóides e folhelhos da Fm. Morro do Chaves;
- Arenitos, siltitos e folhelho da Fm. Barra de Itiúba.

Sequência K38 (2º pulso tectônico do rifte – Neojiquiá a Alagoas):

- Conglomerados aluviais da Fm. Rio Pitanga;
- Carbonatos da Fm. Morro do Chaves;
- Arenitos e folhelhos da Fm. Coqueiro Seco;
- Conglomerados aluviais da Fm Poção (sub-bacia Alagoas).

Sequência K40 (final do 2º pulso tectônico – Eoalagoas):

- Evaporitos Paripueira (sub-bacia Alagoas);
- Conglomerados de leques alúvios-deltaicos das Fm. Pitanga e Fm. Poção;
- Arenitos, folhelhos e evaporitos e calcilutitos da Fm. Maceió.

O início e o término do estágio rifte da bacia ainda é motivo de controvérsia. Campos Neto *et al.*(2007) consideram que o início do rifte ocorreu no início do Andar Rio da Serra (aproximadamente 142 Ma), enquanto o término tenha ocorrido no Eoalagoas (aproximadamente 116 Ma), quando o tectonismo foi intenso e delineou-se a linha de charneira. Posteriormente, uma discordância expressiva ocorreu em toda bacia. Esse evento erosivo regional, denominado de discordância pré-Neo-Alagoas, também ocorreu nas bacias de Camamu, Almada, Espírito Santo, Campos e Santos, onde também limita o final do estágio rifte (Dias, 2005).

A quarta supersequência corresponde ao estágio transicional, representando a passagem do ambiente continental para marinho. Na idade Neo-Alagoas, com o início da subsidência térmica, a bacia sofre basculamento para SE permitindo a primeira grande incursão marinha, resultando na deposição dos sedimentos da Fm. Muribeca. Essa sequência é composta pelo

Mb. Carmópolis (siliciclásticos grossos), Mb. Ibura (evaporitos, carbonatos microbiais e folhelhos) e Mb. Oiteirinhos (intercalações de folhelhos e calcilutitos), todos pertencentes à Fm. Muribeca.

A última supersequência, referente à fase drifte, representa a completa separação dos continentes Sul-Americano e Africano, refletindo a instalação progressiva de condições oceânicas. Engloba as unidades depositadas em função da subsidência tectônica e sobrecarga sedimentar, com transgressões e regressões em ciclos subordinados: Fm. Riachuelo (plataformas carbonáticas), Fm. Cotinguiba (carbonatos de baixa energia, ambiente batial e abissal), Fm. Marituba (arenitos), Fm. Mosqueiro (carbonatos), Fm. Calumbi (folhelhos com intercalações de arenitos) e Fm. Barreiras (sedimentos costeiros na porção emersa da bacia).

A área de estudo é compreendida pela sequência K38 da sub-bacia Alagoas, sendo esta associada ao início do segundo pulso de rifteamento (Neojiquiá a Eoalagoas). Tal sequência compreende as Fm. Coqueiro Seco, Fm. Morro do Chaves e Fm. Poção. Nesse estágio, houve o aumento do tectonismo propagando-se por toda bacia, havendo a deposição do sistema alúvio-deltáico e lacustre da Fm. Coqueiro Seco, com alta taxa de sedimentação devido à subsidência da bacia. Os depósitos da Fm. Coqueiro Seco predominavam em relação aos conglomerados aluviais da Formação Poção e aos carbonatos e folhelhos da Formação Morro do Chaves (Campos Neto *et. al.*, 2007). Vale também ressaltar a ocorrência dos conglomerados da Fm. Poção na parte alagoana, enquanto tais depósitos caracterizam a Fm. Rio Pitanga na porção sergipana.

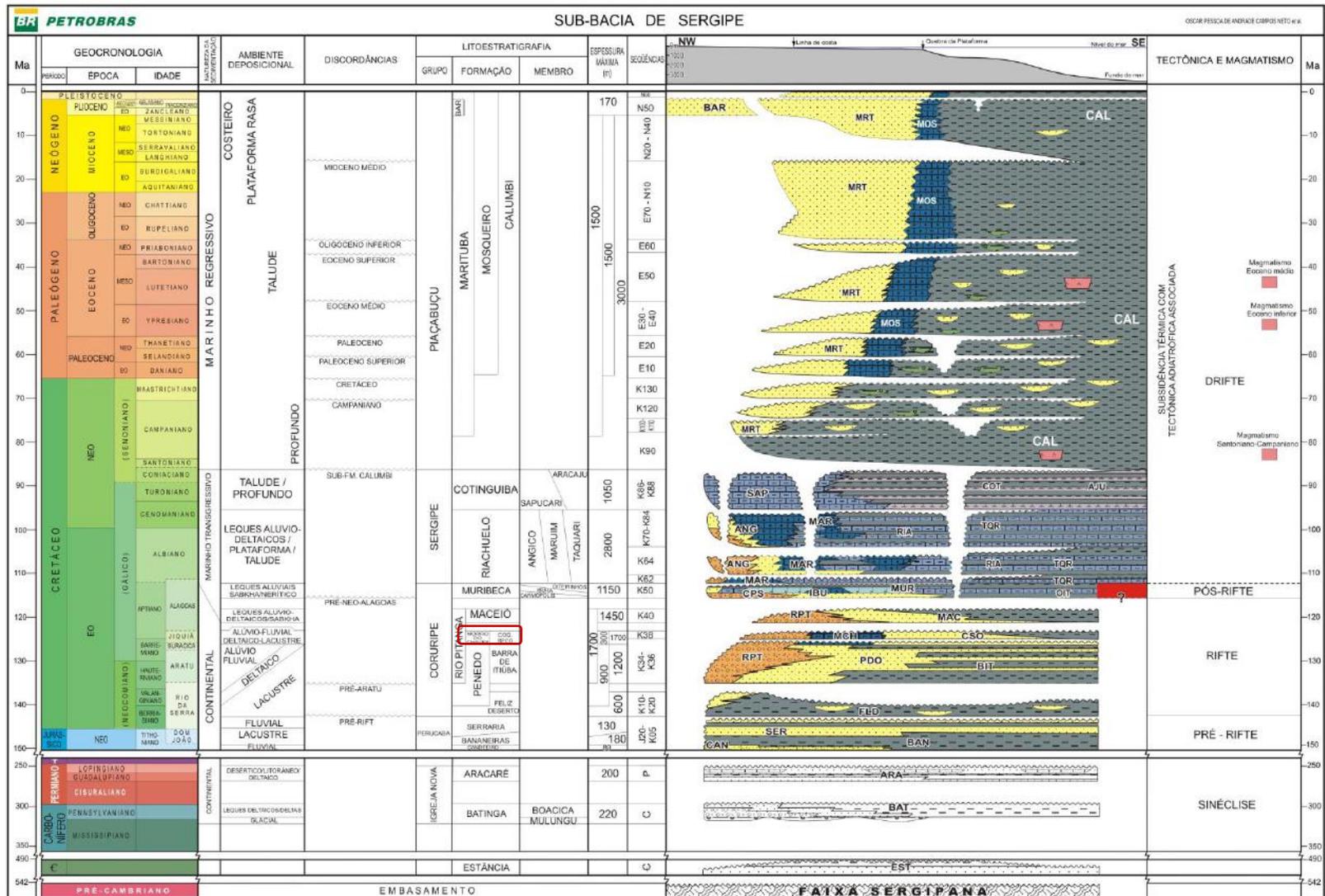


Figura 4- Carta estratigráfica da sub-bacia Sergipe, com destaque (em vermelho) para a Fm. Morro do Chaves e Fm.Coqueiro Seco (Campos Neto *et al.*, 2007).

3.3.1 Formação Morro do Chaves

A Fm. Morro do Chaves foi classificada, quanto às suas unidades litoestratigráficas, de formas distintas na bibliografia. Schaller (1969) classificou tal unidade como Formação Morro do Chaves, sendo esta constituída por coquinas, arenitos, conglomerados e folhelhos. Feijó (1994) propôs o rebaixamento de tal unidade para Membro da Formação Coqueiro Seco. No entanto, Campos Neto *et al.* (2007) constataram que a unidade Morro do Chaves ocorre tanto na sequência K34-K36 quanto na sequência K38, retomando, então, a primeira classificação adotada: Fm. Morro do Chaves. Esta apresenta o contato inferior concordante com a Fm. Penedo, enquanto seu contato superior com a Fm. Coqueiro Seco é erosivo ou gradacional (Schaller, 1969).

O termo coquina foi definido por Pettijohn (1957) como rocha carbonática consistindo totalmente ou parcialmente de fragmentos fósseis mecanicamente transportados e selecionados. A literatura possui maior aceitação pela definição de Schäffer (1972), na qual o termo refere-se a acumulações formadas por conchas ou fragmentos de conchas depositados por um agente transportador. No entanto, vale ressaltar que as coquinas não são formadas exclusivamente por conchas. A Fm. Morro do Chaves, por exemplo, apresenta quantidades consideráveis de material siliciclástico, chegando a conter mais de 50% de matriz (Tavares, 2015).

A Fm. Morro do Chaves é constituída por fácies predominantemente terrígenas e fácies predominantemente carbonáticas. Azambuja *et al.* (1998) associaram os depósitos de tal formação às seguintes fácies: conglomerados e arenitos depositados em leques deltaicos próximos a borda de falha, conglomerados reelaborados por ondas; arenitos ricos em bivalves; espessas camadas de coquinas; e folhelhos escuros lacustres.

Ainda segundo tais autores, durante os momentos de transgressão, extensas áreas eram encobertas por água e formava-se um grande lago. Nos períodos mais áridos, algumas porções acabavam isoladas do lago principal. Nestas áreas mais restritas havia, então, a deposição dos folhelhos. A crescente evaporação favorecia o aumento da salinidade, propiciando a estratificação da coluna d'água e bloom algal. Como consequência, havia o desenvolvimento da anoxia, favorecendo a preservação da matéria orgânica (2-8% COT). Tais autores ainda indicaram a presença abundante de componentes diagnósticos de condições de água hipersalina nos biomarcadores desses folhelhos. Já os bivalves teriam vivido em águas rasas e oxigenadas. Após sua morte, eventos de tempestades, seriam responsáveis pelo

retrabalhamento das conchas e acumulação das mesmas em barras de coquinas e depósitos praias (Figura 6).

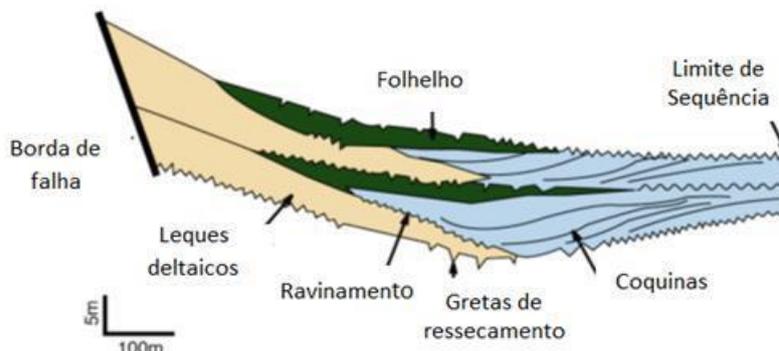


Figura 6- Evolução do modelo de fácies, na qual a margem ativa apresenta progradação de leques deltaicos; os folhelhos constituem corpos isolados formados com o rebaixamento do nível do lago com exposição subaérea (gretas de ressecamento); as coquinas se estabelecem em plataformas rasas na margem flexural, com baixa influência de aporte terrígeno. Progradação eventual dos leques deltaicos sobre os carbonatos. (Modificado de Azambuja *et al.*, 1998).

Enquanto Azambuja *et al.* (1998) associam a deposição de argilitos à águas rasas e calmas em ambiente árido, devido à constatação de gretas de ressecamento, Teixeira (2012) e Tavares *et al.* (2015) interpretam tais estruturas como gretas de diástase, ou seja, estruturas sedimentares causadas pela deformação de sedimentos com diferentes competências. Portanto, estes últimos autores apresentam uma concepção distinta, correlacionando os depósitos de argilito a ambientes profundos.

Teixeira (2012) e Rigueti (2018) sugerem o desenvolvimento dos carbonatos em plataformas rasas com baixo gradiente e praias bioclásticas na margem flexural do rifte, associados a um ambiente lagunar com baixo aporte terrígeno e condições de alta energia (Figura 7). As conchas se formavam em diferentes áreas do lago e eram transportadas por eventos de tempestade, evidenciado pela fragmentação das conchas e ausência de fácies contendo bivalves em posição de vida ou articulados (Teixeira, 2012).

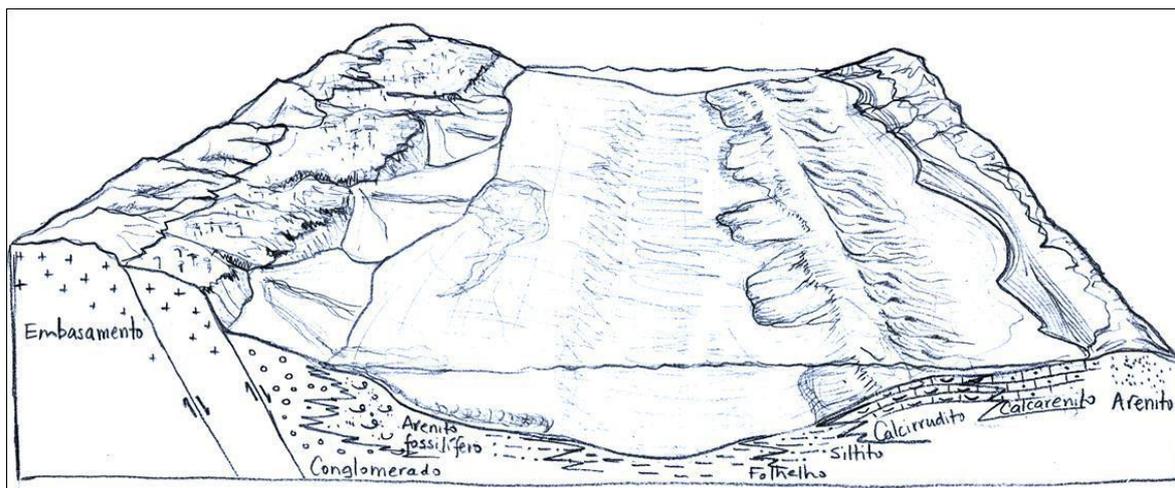


Figura 7- Modelo proposto por Teixeira (2012) representando o contexto tectônico e deposicional da Formação Morro do Chaves. Na margem ativa (esquerda) do rifte há sedimentação predominantemente terrígena em leques deltaicos e na margem flexural (direita) há sedimentação predominantemente carbonática em plataformas e praias bioclásticas, onde atuavam ondas e correntes de tempestade.

Ainda segundo tal autor, a tectônica e o clima são fatores que irão influenciar a sedimentação, uma vez que estes irão modificar o nível do lago e aporte de sedimentos clásticos. Dessa forma, o nível relativo de lago alto favorecia a progradação de praias e plataformas bioclásticas, com as ondas e correntes como agente de sedimentação. Já durante os períodos de nível relativo de lago baixo, havia exposição das plataformas bioclásticas e desenvolvimento de um sistema fluvial reelaborando as conchas e aumentando o aporte de terrígeno. A acumulação de conchas remobilizadas na área rasa do lago constituirá os depósitos de coquinas.

Em relação à transição da Fm. Morro do Chaves para a Fm. Coqueiro Seco, esta seria gradual e caracterizada pelo aumento progressivo do aporte terrígeno, por meio do estabelecimento de um sistema flúvio-deltaico (Figueiredo, 1981; Azambuja *et al.*, 1998).

Depósitos de coquinas semelhantes podem ser encontrados em outras bacias, sendo estas correlacionáveis litoestratigraficamente (Figura 8). A Fm. Coqueiros (Bacia de Campos) e Fm. Toca (Bacia do Congo) são alguns exemplos os quais se caracterizam por serem bons reservatórios de hidrocarboneto. No entanto, há certa dificuldade no estudo dos mesmos, devido à escassez desse tipo de ambiente deposicional no registro geológico. Apesar de apresentarem processos deposicionais similares ao longo do Atlântico Sul, tais depósitos apresentarão padrões estratigráficos e processos diagenéticos distintos, uma vez que fatores

4.0 MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA

Tyson (1995), Mendonça Filho (1999), Mendonça Filho *et al.* (2002), Menezes *et al.* (2008), Mendonça Filho *et al.* (2010b, 2012), Mendonça Filho e Gonçalves (2017) definiram e refinaram a classificação geral para a identificação dos três principais grupos de constituintes morfológicos: Amorfo, Fitoclasto e Palinomorfo (Quadro 1, 2 e 3). O grupo Amorfo constitui a matéria orgânica resultante do retrabalhamento ou degradação bacteriana, não apresentando forma ou estrutura definida. Podem ser derivadas de bactérias, fitoplânctons, vegetais superiores e esteiras microbiais. Já o grupo Fitoclasto representa partículas do querogênio derivado de vegetais superiores ou fungos. Podem ser subdivididos em não opacos, opacos, cutículas e membranas. Os palinórfos são os microfósseis de parede orgânica resistentes à maceração ácida (HCl e HF), sendo diferenciados em três subgrupos: esporórfos (terrestres), microplânctons de água doce e marinho (aquáticos) e zoomórfos. Já o grupo Zooclasto é composto por fragmentos de partículas orgânicas de origem animal. Podem incluir restos de exoesqueleto de artrópodes, revestimentos orgânicos de algumas conchas de bivalves, carapaças de ostracodes e fragmentos de graptólitos (Tyson, 1995).

Quadro 1- Classificação e descrição do grupo Amorfo (Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.*, 2002; Menezes *et al.*, 2008; Mendonça Filho *et al.*, 2010b, 2012; Mendonça Filho e Gonçalves, 2017).

GRUPO	SUBGRUPO	DESCRIÇÃO
AMORFO	MOA Material orgânico de fitoplâncton ou bactéria derivado de ataque microbiológico	Material não estruturado e com formato variado; cor: amarelo-laranja-vermelho; laranja-marrom; cinza, algumas vezes inclusões com de palinórfos; fitoclastos, pirita, etc; pode exibir coloração de fluorescência fraca a intensa e ser não fluorescente.
	RESINA Derivado de vegetais superiores de florestas tropicais e subtropicais	Partícula não estruturada, hialina, usualmente arredondada, homogênea com intensa coloração de fluorescência.
	MOA DE PRODUTOS DE TECIDOS VEGETAIS (Fitoclasto Pseudoamorfo/Amorfidado)	Contorno difuso; pode ser marrom claro a marrom escuro. Mostra feições de MOA sensu usual e padrão flat. Geralmente sem inclusões e pode apresentar fraca a intensa coloração de fluorescência (frequentemente laranja).
	MOA BACTERIANA (Mucilagem) Substância Polimérica Extracelular -	Material não estruturado e com contorno difuso; cor: amarelo pálido, amarelo, laranja e cinza, algumas vezes inclusões de pirita. Apresenta aspecto tênue, espessura muito fina ("pelicular", sensu Combaz, 1980) com impressões de "crateras" pela dissolução de minerais carbonáticos após o processo de acidificação. Típica de níveis carbonáticos, onde a principal fonte de matéria orgânica é um produto rico em lipídios, oriundo da atividade de bactérias fotossintetizantes, e não devido ao retrabalhamento microbiológico de outra biomassa. Exibe fluorescência fraca a forte e em intervalos dolomitizados geralmente está sem fluorescência.
	Esteiras Microbiais MOA derivada da produtividade primária de bactérias (fotossíntese)	Consiste predominantemente do maceral lamalginita quando observado em luz refletida. As partículas geralmente tem a forma uniforme com contornos angulares e retos após o processo de isolamento da matéria orgânica. Exibe intensa coloração de fluorescência.

Quadro 2- Classificação e descrição do grupo Fitoclasto (Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.*, 2002; Menezes *et al.*, 2008; Mendonça Filho *et al.*, 2010b, 2012; Mendonça Filho e Gonçalves, 2017).

GRUPO	SUBGRUPO	ORIGEM	DESCRIÇÃO	
FITOCLASTO	OPACO	Equidimensional	Partícula de cor preta de forma quadrática.	
		Alongado	Partícula de cor preta de forma alongada. Eixo longo 3 vezes maior que o eixo curto.	
		Corroído	Partícula de cor preta com contornos difusos e irregulares.	
	NÃO OPACO	<p>Não Degradado contorno nítido pode ser levemente irregular ou mesmo, lascado ou;</p> <p>Degradado Contorno irregular e difuso, lascado ou;</p> <p>Pseudomorfo Contorno difuso, não exhibe coloração de fluorescência, oriundo de retrabalhamento microbiológico ou;</p> <p>Em decomposição " Altamente Preservado" Contorno irregular em luz branca transmitida e exhibe fluorescência. Indicação de alto grau de preservação química que só é possível, devido a condições específicas</p>	Hifas de Fungo	Filamentos individuais do micélio da fase vegetativa dos fungos.
			Não Bioestruturado	Partícula de cor marrom não-bioestruturada
			Cutícula	Partícula de cor amarela-pálido a marrom claro, delgadas, com estrutura celular, em alguns casos com estômatos visíveis.
			Membrana	Partícula de cor amarela comumente transparente, sem estrutura celular.
			Bioestruturado	Partícula de cor marrom claro a escuro com bioestruturas. Podem ser classificados como: estriado, listrado, bandado, perfurado.
	ESCLEREÍDEO	Células encontradas em diferentes partes do vegetal (raiz, caule e folha) e tem a função de sustentação e resistência. Podem ocorrer total ou parcialmente carbonizados por processos de combustão e/ou oxidação, podendo ser classificados como opacos (pretos) ou não-opacos.		

Quadro 3- Classificação e descrição do grupo Palinomorfo (Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.*, 2002; Menezes *et al.*, 2008; Mendonça Filho *et al.*, 2010b, 2012; Mendonça Filho e Gonçalves, 2017).

GRUPO	SUBGRUPO	ORIGEM	DESCRIÇÃO		
PALINOMORFO	ESPOROMORFO	Esporo	Palinomorfo terrestre produzido por Pteridófitas, Briófitas e Fungos.		Forma triangular ou circular, apresentando a marca trilete ('Y') ou monolete (uma cicatriz). Ornamentação variada.
		Grão de Pólen	Palinomorfo terrestre produzido por Gimnospermas e Angiospermas.		Morfologia complexa a simples; usualmente esférico a subs esférico; ornamentação variada; pode apresentar aberturas.
	MICROPLÂNCTON DE ÁGUA DOCE	Botryococcus	Algas verdes	Chlorophyta (Chlorococcales)	Colônia globular irregular; tamanho 30 a 2000 µm, algumas vezes com vários lóbulos; Ordoviciano-Recente.
		Pediastrum			Algas coloniais, radialmente simétricas; 30-200µm em diâmetro e com dois chifres no anel mais externo das células. Células internas podem ser de forma irregular com espaços entre elas ou compactadas. Jurássico(?)-Recente.
		Scenedesmus			Algas verdes coloniais com 4, 8 ou 16 células em linha e não móveis. Diferentes formas de cenóbio são encontradas, tais como lineares, costulacoides, elipsoides, ovoides.
		Zignematacea	Algas verdes (?)	Chlorophyta (Zignematales)	São algas verdes filamentosas ou unicelulares, uniseriadas (não lineares) que produzem esporos resistentes a acidificação. Os filamentos são divididos em por septos e estão presentes diversamente na forma de cloroplastos. Maioria das espécies tem esporos e poucos são polimórficos.
		Gloeocapsomorpha			Algas azuis esverdeadas (?)
		MICROPLÂNCTON MARINHO	Dinocisto	Restos de cistos produzidos durante a parte sexual do ciclo de vida de dinoflagelados.	
	Prasinófitas		Microfósseis produzidos por pequenas algas quadriflageladas.		Maioria como Tasmanites, são esféricas, diâmetro de 50 a 2000µm. Pré- Cambriano -Recente
	Acritarco		Cistos fossilizados de organismos unicelulares. Não tem <i>status</i> taxonômico formal.		Grupo polifinético de palinórficos, cujo nome significa "origem incerta". Organismos de pequena dimensão (5 a 150 µm). Ornamentação e formas variada. Surgiram no Pré-Cambriano com auge no Ordoviciano-Devoniano. No Meso-Cenozoico tem baixa diversidade.
	ZOOMORFO	Palinoforaminífero	Película interna que reveste a carapaça dos foraminíferos.		Parede interna quitinosa; marrom; câmaras menores muitas vezes mais escuras.
		Escolecodonte	Elementos dispersos do aparelho bucal dos anelídeos poliquetas.		Peças bucais, compostas por quitina. Ordoviciano inferior-Recente
		Quitinozoário	Vesículas em forma de garrafinhas ocas (30 a 2000µm), afinidade incerta		Constituem um grupo extinto de organismos marinhos, microscópicos, dotados de testas orgânicas de quitina. Ordoviciano-Siluriano.
		Película de Ostracodes	Película orgânica que reveste a carapaça dos Ostracodes.		Parede de composição orgânica; coloração variada em luz branca transmitida, pode apresentar fluorescência.
		Hidrozoário	Pólipos do Filo Cnidaria, Classe Hydrozoa, Ordem Hidroïda		Formas polipóides sésseis de exoesqueleto orgânico (quitina). Marinhos ou de água doce.
			Colônias de pólipos do Filo Cnidaria, Classe Hydrozoa, Ordem Hidroïda		Formas polipóides coloniais sésseis de exoesqueleto orgânico (quitina). Marinhos ou de água doce.
	Medusas do Filo Cnidaria, Classe Hydrozoa (Ordem Hydroïda) ou Classe Scyphozoa		Fomas medusóides (medusas). Marinhos e/ou de água doce		
	GRUPO ZOOCLASTO	Graptólito, Ovos de Crustáceos, Tintinídeos, Conchostráceos, Fragmentos de Artrópodes, etc			

5.0 MATERIAIS E MÉTODOS

Esse trabalho está vinculado ao projeto SACL-Shell (Sergipe-Alagoas Carbonate Laboratory), em parceria com o LAGESED (Laboratório de Geologia Sedimentar – UFRJ). O objetivo geral consiste na análise geológica sedimentar e caracterização geoquímica e análise de palinofácies das sucessões carbonáticas cretácicas da Fm. Morro do Chaves, a fim de compreender a evolução paleoambiental e estratigráfica registrada na evolução da margem continental brasileira.

A metodologia baseou-se na avaliação dos dados de geoquímica orgânica e palinofácies. Quarenta e oito amostras foram selecionadas para a confecção de lâminas organopalinológicas, referentes ao testemunho de sondagem 2-SMC-3-AL perfurado na pedreira Atol, São Miguel dos Campos (AL). Vale ressaltar que o perfil detalhado do mesmo foi disponibilizado pelo LAGESED.

O testemunho utilizado apresenta aproximadamente 160,0 m. Sua amostragem foi realizada com base em alterações faciológicas, acompanhando o perfil a fim de obter informações mais precisas durante a coleta do material. O perfil a seguir (Figura 9) representa o testemunho 2-SMC-3-AL com suas respectivas litologias e a indicação das 48 amostras que foram utilizadas para este trabalho. As litologias identificadas constituem argilitos, coquinas, e arenitos. Os argilitos apresentam coloração escura, sendo esverdeados a pretos. Já as coquinas apresentam coloração clara à acinzentada. A diferenciação das coquinas no perfil baseia-se principalmente no teor da fração siliciclástica, na seleção/fragmentação das conchas e indicativos de compactação física/química ou processos diagenéticos, caracterizando calcarenitos e calcirruditos. Os arenitos também apresentam coloração clara e granulometria variando de areia fina a grossa, sendo predominante a fração areia média.

Os procedimentos a seguir descritos foram realizados no Laboratório de Palinofácies & Fácies Orgânica (LAFO), localizado no Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, UFRJ.

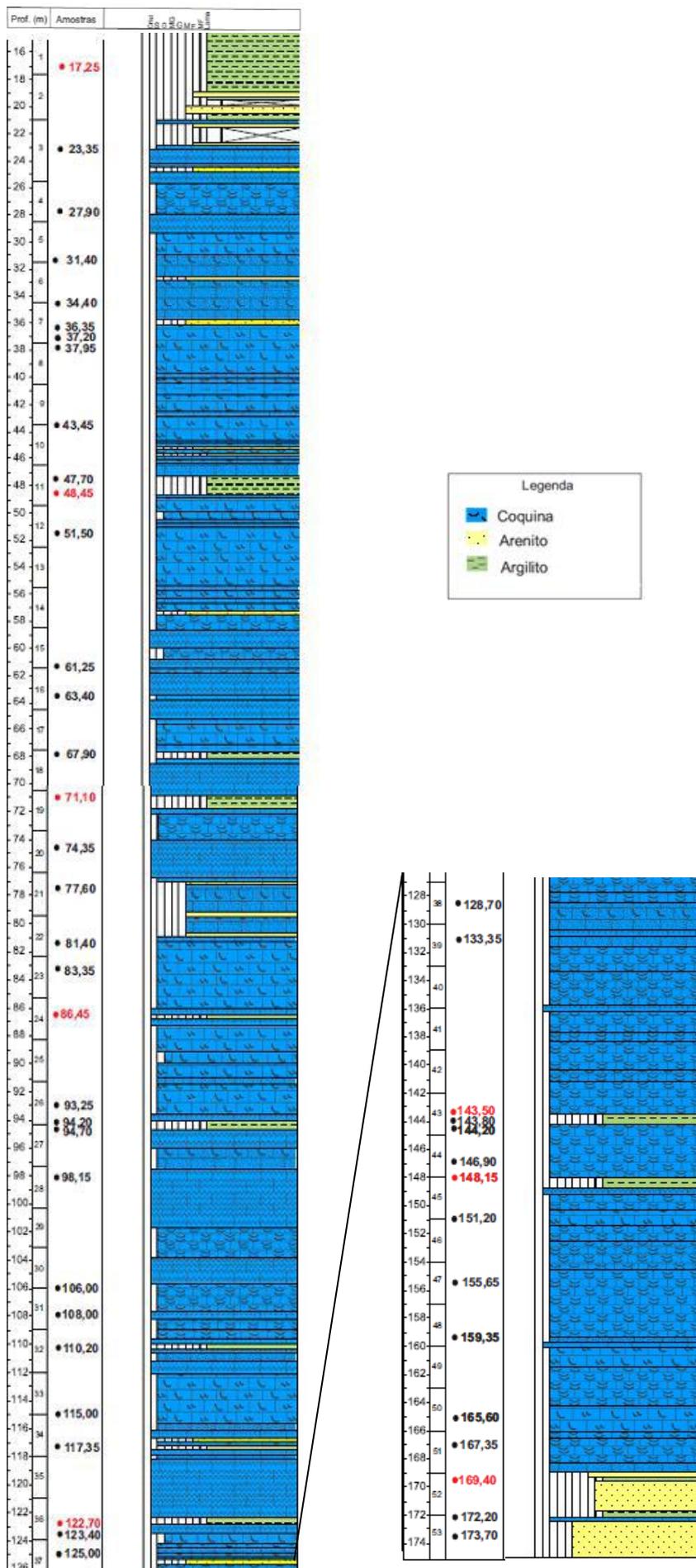


Figura 9- Perfil esquemático referente ao testemunho 2-SMC-3-AL com a indicação das 48 amostras utilizadas e suas respectivas profundidades. As amostras sinalizadas em vermelho indicam aquelas que apresentaram boa recuperação e foram submetidas à análise de palinofácies.

5.1 Análise Organogeoquímica (COT, S, RI)

5.1.1 Procedimento Laboratorial

Inicialmente as amostras foram colocadas em placas de Petri e levadas à estufa (aproximadamente 50° C). Tal procedimento foi realizado para a umidade não interferir nos resultados a serem analisados.

As amostras foram pulverizadas em almofariz de ágata e pesados cerca de 0,26 g em cadinhos de cerâmica porosos. Tais cadinhos são colocados, então, em um suporte e realiza-se a acidificação com HCl 37% (ácido clorídrico) na capela, permanecendo por no mínimo 24h para haver a descarbonatação. Nessa etapa, é necessário haver cautela para que o material de determinada amostra não seja ejetado do cadinho, devido à intensa reação do ácido com a fração carbonática. Após a acidificação, inicia-se a lavagem adicionando água destilada nas laterais e bases do cadinho. Em seguida, adiciona-se água destilada aquecida até a borda dos cadinhos, com a finalidade de retirar o cloreto e a acidez da amostra (Figura 10A). Esse procedimento de neutralização é realizado cerca de cinco vezes e então o pH é verificado, sendo o ideal em torno de 6-7. Se a amostra permanecer ácida, tais etapas são realizadas novamente a fim de obter a neutralização da amostra. Retira-se o excesso de água do suporte e os cadinhos são levados à estufa (50 °C) para secagem. Após o resfriamento é realizada a pesagem dos cadinhos.

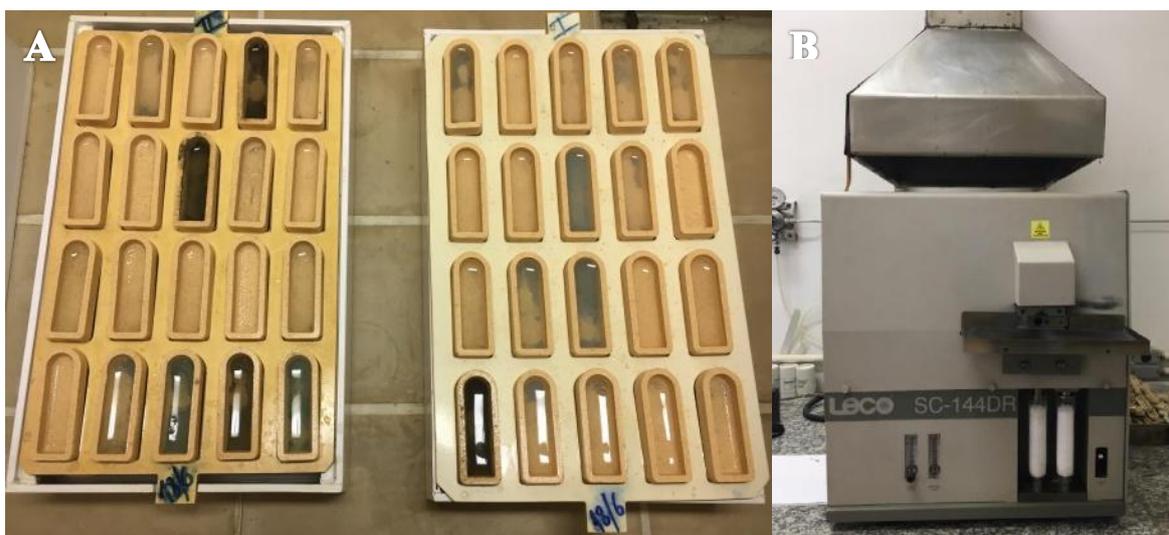


Figura 10- (A) Cadinhos em processo de neutralização na capela; (B) Analisador SC 144DR – LECO.

Após a acidificação consegue-se obter o valor do resíduo insolúvel através da massa inicial (Mi) e a massa final após a descarbonatação (Mf). Nessa etapa, portanto, concentram-se os resíduos resistentes ao ácido, restando o carbono orgânico com a fração mineral siliciclástica. O cálculo a ser realizado para obtenção do resíduo insolúvel (RI) é o seguinte:

$$RI (\%) = (Mf/Mi) \times 100$$

A combustão da amostra é realizada no equipamento SC 144DR – LECO (Figura 10B), o qual permite a quantificação simultânea de Carbono (C) e Enxofre (S) através de um detector infravermelho. Este método segue as normas de referência da ASTM D 4239 (*American Society for Testing and Materials*) com adaptações.

Antes de iniciar tal procedimento, é realizada a calibração do equipamento com curvas de referência. Para tal, utilizam-se padrões com valores de C e S conhecidos. O cadinho contendo a amostra, previamente pulverizada e descarbonatada, é levado ao forno com o auxílio de uma haste de metal e submetido à liberação do oxigênio superseco a uma temperatura de 1350 °C. A combustão total da amostra é então desencadeada pela associação da alta temperatura com o fluxo de oxigênio. Vale ressaltar que essa análise é realizada com o auxílio de um software, o qual fornecerá os valores do C e S ao término do procedimento, com base nos respectivos valores das massas iniciais adicionadas previamente ao programa.

5.1.2 Preservação da matéria orgânica

Segundo Jarvie (1991), a percentagem em peso relativa de carbono orgânico total (COT % em peso) em uma amostra expressa a abundância da matéria orgânica presente nos sedimentos. As variações de COT são controladas por alguns fatores como: aporte sedimentar, a granulometria do sedimento e clima.

A deposição de sedimentos com granulometria fina limita o acesso do oxigênio molecular dissolvido, aumentando então as chances de preservação da matéria orgânica (Tissot & Welte, 1984). Segundo Trask (1939, apud Tyson 1995), os sedimentos na fração argila podem conter duas vezes mais matéria orgânica que a fração silte e até quatro vezes mais que os sedimentos constituídos por areia fina. A explicação para esse padrão baseou-se na similaridade na velocidade de sedimentação, ou seja, na hidrodinâmica dos constituintes orgânicos e das partículas minerais com granulometria fina.

No entanto, a taxa de preservação da matéria orgânica não se encontra diretamente relacionada à alta produtividade primária. Sendo assim, a maior parte da produção primária é degradada e reciclada na zona fótica e o material depositado depende de certas condições para ser preservado como: ambientes de águas mais rasas, matriz mineral apresentando granulometria fina (argila/silte) e interface sedimento-água apresentando oxigênio depletado, ambiente disóxico-anóxico (Batten, 1996).

5.2 Análise de Palinofácies

5.2.1 Procedimento Laboratorial

A seleção das amostras foi baseada nos maiores valores de COT, espaçamento das amostras ao longo do perfil a fim de obter uma representatividade do testemunho como um todo e na coloração das amostras dando prioridade àquelas com tons mais escuros. Foram empregados dois métodos: processamento convencional (HCl-HF- HCl) e processamento apenas com HCl. Houve essa distinção devido à presença de amostras com baixo valor de RI (< 3) e COT, ou seja, amostras essencialmente carbonáticas.

A preparação do material (Figura 11) para a análise de Palinofácies foi baseada nos procedimentos palinológicos padrões não-oxidativos descritos por Tyson (1995), Mendonça Filho (1999), Mendonça Filho *et al.* (2010a) e Oliveira *et al.* (2004, 2006). O objetivo dessas preparações consiste em eliminar a fração mineral por acidificação a fim de concentrar os constituintes orgânicos para confecção das lâminas. As 48 amostras selecionadas foram submetidas aos métodos de maceração ácida.

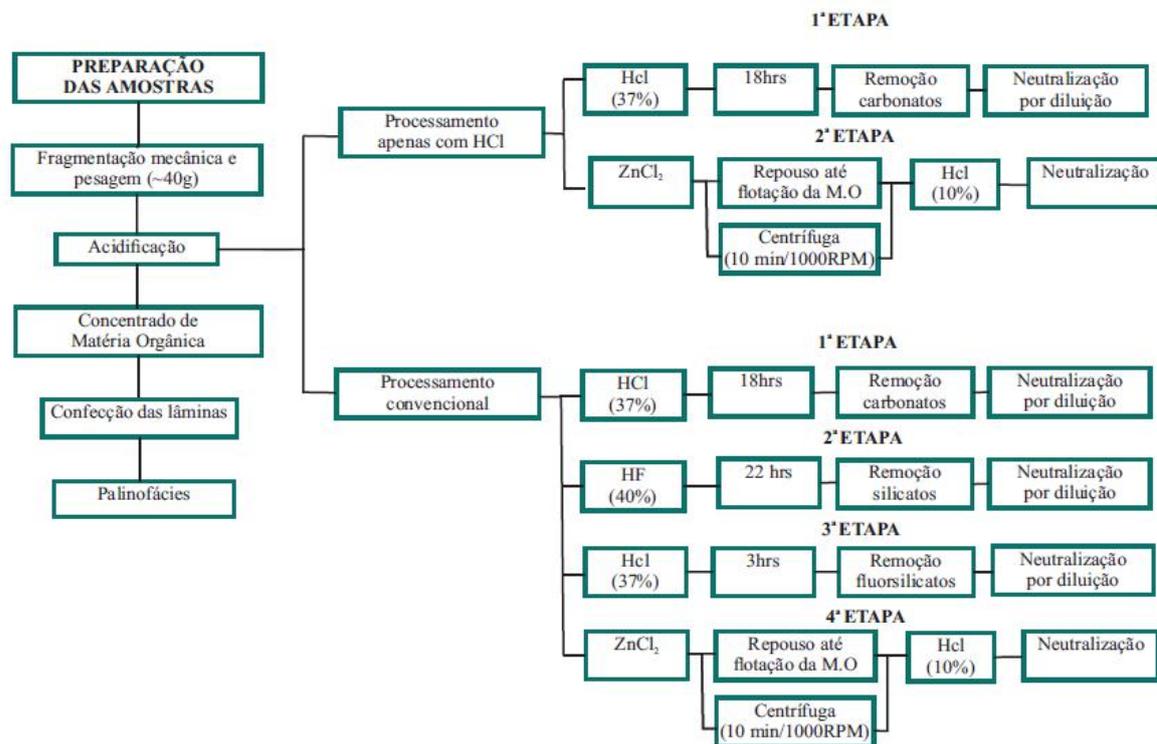


Figura 11- Fluxograma indicando as etapas da preparação das amostras.

- PROCESSAMENTO CONVENCIONAL

Tal procedimento compreendeu as amostras selecionadas com os valores de RI > 3, englobando tanto os carbonatos quanto os argilitos. Inicia-se com o peneiramento das amostras, as quais são pesadas (aproximadamente 40 g), identificadas e acondicionadas em bécheres de plástico. Na capela é realizada a acidificação com HCl 37% (ácido clorídrico), adicionando uma quantidade suficiente para cobrir todo o material. Utiliza-se álcool 95% para reduzir a reatividade do material, se necessário. Deixa-se reagindo por aproximadamente 18 horas. Em seguida, é realizada a neutralização por diluição (Figura 12A), acrescentando água filtrada até completar a capacidade do bécher (1000 ml) com 1 hora de repouso e é realizado o peneiramento (10 µm). Esse procedimento de neutralização é realizado cerca de 3 vezes.

A primeira acidificação com HCl tem como objetivo remover os carbonatos do material. A próxima etapa consiste na adição de HF 40% (ácido fluorídrico) por 22 horas para remoção dos silicatos. A quantidade ideal de ácido (~200 ml) consiste no dobro da quantidade de água presente no bécher. Realiza-se a neutralização por diluição por 3 vezes para remoção do ácido, com tempo de repouso de 1 hora. Já a terceira e última acidificação consiste na adição de cerca de 15 ml de HCl 37% por 3 horas para retirada do fluorsilicato formado com a adição de HF ao material. É realizada a neutralização por diluição e peneiramento por cerca de 4x.

Verifica-se o pH com indicadores até ficar em torno de 5, para então as amostras serem retiradas da capela em tubos de centrífuga.

A próxima etapa consiste na adição cloreto de zinco (ZnCl_2 ; $\rho=2,91 \text{ g/cm}^3$) com a finalidade de separar por densidade os componentes orgânicos dos demais (Figura 12B). Portanto, retira-se o excesso de água dos tubos de centrífuga e adiciona-se ZnCl_2 até a marcação de 50ml dos mesmos. Agita-se cada tubo para homogeneizar. O material pode permanecer em repouso até o dia seguinte para haver a flotação ou pode-se acelerar este processo através da utilização da centrífuga (10 min/1000 RPM).

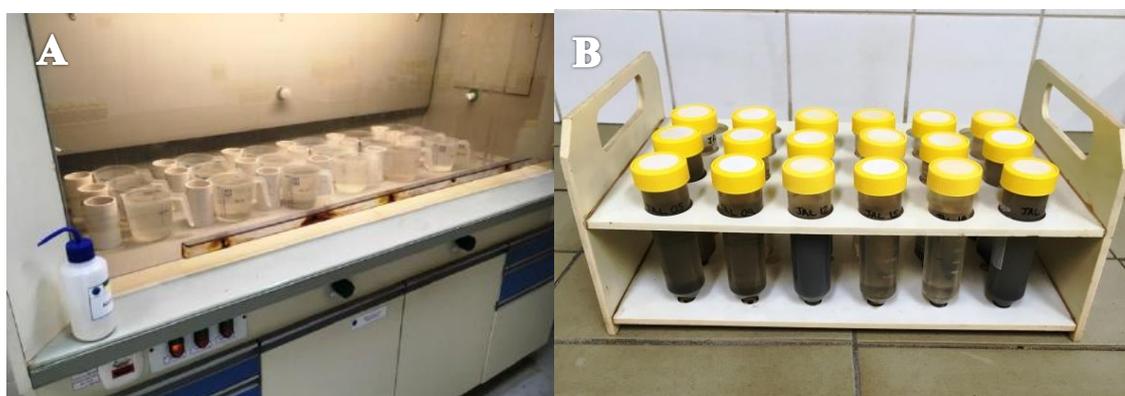


Figura 12- (A) Amostras na capela durante o processo de neutralização; (B) Amostras em tubos de centrífuga com ZnCl_2 .

Após a flotação da matéria orgânica transfere-se aproximadamente 15 ml do material contendo a fração sobrenadante para novos tubos de centrífuga limpos e identificados. O próximo passo consiste na adição de HCl diluído 10% a estes tubos com o material sobrenadante a fim de facilitar a retirada do cloreto. Completa-se o tubo com o ácido até a marcação de 50 ml e o material é deixado em repouso por no mínimo 1 hora.

Em seguida realiza-se a neutralização. Retira-se o excesso de água com o auxílio da peneira. O material retido na peneira retorna ao tubo de centrífuga e este é preenchido com água filtrada até a marcação de 50 ml. Agita-se para homogeneizar e os tubos são colocados na centrífuga (1min/1500 RPM) com o objetivo de acelerar a decantação do material. Repete-se o procedimento cerca de 5x e verifica-se o pH. Se o material estiver neutro, estará pronto para a preparação das lâminas.

Em determinadas amostras, como não houve a separação da matéria orgânica por densidade e boa quantidade da fração mineral persistiu à acidificação, foi realizado o

bateamento. Vale ressaltar que este procedimento não é compreendido pelo processamento convencional, sendo o mesmo utilizado em métodos palinológicos.

Para o bateamento, coloca-se a amostra no vidro de relógio e adiciona-se água com o pisset, formando um redemoinho para concentrar a matéria orgânica no centro e decantar os minerais mais densos ao fundo. Com o auxílio da pipeta retira-se logo abaixo da superfície e no centro, a matéria orgânica sobrenadante. Repetir procedimento com a fração já bateada até obter a maior quantidade de matéria orgânica e menor fração mineral possível. A amostra bateada é, então, identificada e adicionada a um novo tubo de centrífuga para acondicionamento. Dessa forma há a separação do material orgânico da matriz mineral, de forma física e não química, por meio da eliminação mecânica dos minerais (Oliveira *et al.*, 2004).

- PROCESSAMENTO APENAS COM HCl

Neste método foram utilizadas as amostras que são essencialmente carbonáticas (RI < 3). Este processamento compreende apenas a primeira acidificação com HCl e os passos seguintes referentes à adição de cloreto de zinco, flotação e neutralização são os mesmos descritos anteriormente no processamento convencional. Após tais etapas, as lâminas organofaciológicas podem ser preparadas.

- CONFECÇÃO DAS LÂMINAS

Se houver boa quantidade de material orgânico recuperado é realizada a confecção da lâmina peneirada e não peneirada. A peneirada será utilizada para identificação e contagem dos constituintes orgânicos, enquanto a não peneirada é utilizada como forma de controle e para fornecer uma visão geral, uma vez que não houve eliminação dos componentes inferiores a 10 μ m. Portanto, em casos que houver baixa recuperação do material, realiza-se apenas a lâmina peneirada (Figura 13).

Este procedimento inicia-se com a limpeza das lamínulas e lâminas com papel e ar comprimido. Em seguida, as lamínulas são dispostas sobre uma chapa aquecida (50° C). Parte da amostra é retirada com o auxílio da pipeta do tubo de centrífuga e peneirada (10 μ m) para retirada do excesso de água. Coloca-se na lamínula o material retido na pipeta e adicionam-se algumas gotas de água para ajudar a homogeneizar. O material restante na peneira retorna para o tubo de centrífuga. As lâminas são identificadas e posteriormente dispostas na capela.

Algumas gotas de resina (Entellan-Merck) são adicionadas sobre a superfície das lâminas. Então, as lamínulas são retiradas da chapa quando secas e sobrepostas à resina.

A diferença existente na preparação da lâmina não-peneirada consiste na retirada de parte da fração orgânica, com o auxílio da pipeta, diretamente do tubo de centrífuga. Portanto, não há a etapa do peneiramento. As etapas seguintes de homogeneização, secagem e colagem são as mesmas descritas anteriormente.



Figura 13- (A) Procedimento de preparação de lâminas na chapa aquecida; (B) Tubo de centrífuga com boa recuperação de matéria orgânica; (C) Tubo de centrífuga com baixa recuperação.

5.2.2 Palinofácies

O conceito de palinofácies foi introduzido por Combaz (1964) para descrever a assembleia dos componentes da matéria orgânica contidos em um sedimento após a remoção da matriz sedimentar (mineral) pela acidificação com HCl (ácido clorídrico) e HF (ácido fluorídrico). Tyson (1995) correlaciona ainda o ambiente deposicional e potencial das rochas geradoras de hidrocarboneto, definindo o termo palinofácies como *“um corpo de sedimento contendo uma assembleia distinta de matéria orgânica palinológica que reflete um grupo específico de condições ambientais, podendo ser associada com um potencial de geração de hidrocarbonetos característico”*.

A definição de palinofácies utilizada nesse trabalho consiste no estudo da matéria orgânica particulada presentes nos sedimentos e rochas sedimentares, através de métodos de isolamento da matéria orgânica, associando técnicas de microscopia para aquisição de dados e métodos estatísticos para sua interpretação (Mendonca Filho, 1999; Mendonca Filho *et al.*, 2010a, 2012).

O objetivo da análise de palinofácies (Figura 14) consiste em identificar e classificar os componentes palinológicos individuais determinando suas proporções relativas, atentando ao tamanho, forma e estado de preservação (Menezes *et al.*, 2008). Ainda segundo tais autores, o caráter interdisciplinar de tal análise consiste em um diferencial, sendo viável a correlação da sedimentologia, estratigrafia, palinologia e geoquímica orgânica.

A análise consiste no exame qualitativo (identificação das partículas) e quantitativo (contagem de 300 a 500 componentes orgânicos) em cada lâmina. Para tal, utilizam-se técnicas de microscopia de luz branca transmitida e luz azul/ultravioleta incidente (fluorescência). O equipamento disponível para tal estudo foi o microscópio Zeiss, modelo Axio Imager.A1m, com ocular de 10x e contendo objetivas de 10x, 20x, 40x e 100x. Na contagem foi utilizada objetiva de 20x e foram contabilizadas todas as partículas, exceto as inferiores a 10 µm no retículo graduado. No entanto, os palinomorfos são contabilizados mesmo com tamanho inferior ao indicado, ao apresentarem mais da metade da partícula.

A identificação da matéria orgânica particulada baseou-se na classificação geral proposta por Tyson (1995), Mendonça Filho (1999), Mendonça Filho *et al.* (2002), Menezes *et al.* (2008), Mendonça Filho *et al.* (2010b, 2012), Mendonça Filho e Gonçalves (2017), na qual os constituintes da matéria orgânica particulada são divididos em três principais grupos e seus subgrupos: Amorfo, Fitoclasto e Palinomorfo. Além disso, foram confeccionados gráficos binários com base no percentual dos valores obtidos na contagem, para auxiliar na interpretação dos dados.

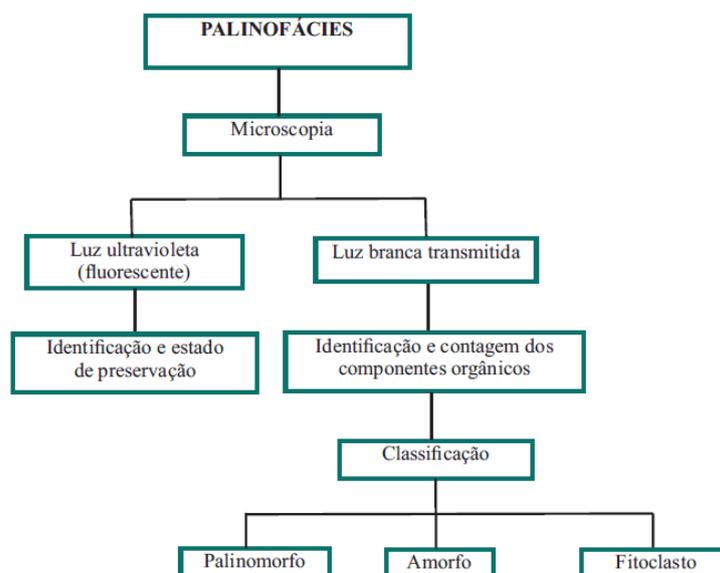


Figura 14- Fluxograma indicando as etapas da análise de palinofácies.

6.0 RESULTADO

6.1 Análise Organogeoquímica (COT, S, RI)

A tabela 1 indica os valores de Carbono Orgânico Total (COT), Enxofre Total (ST) e Resíduo Insolúvel (RI) apresentados pelas quarenta e oito (48) amostras que foram processadas. Dentre tais amostras, apenas oito apresentaram boa recuperação da matéria orgânica particulada (3PSA 01, 3PSA 13, 3PSA 23, 3PSA 30, 3PSA 49, 3PSA 57, 3PSA 61, 3PSA 71). As demais foram consideradas estéreis, não sendo possível realizar a análise de palinofácies. As amostras com boa recuperação (Figura 9) estão correlacionadas aos maiores valores de COT e correspondem aos argilitos, enquanto os carbonatos coquinoídes não apresentaram valores de COT consideráveis.

Vale ressaltar que o espaçamento entre estas oito amostras apresenta espessura considerável, atingindo uma média de aproximadamente 22m. Da base do testemunho em direção ao topo, as amostras apresentam os seguintes intervalos: 3PSA 71 para 3PSA 61 o intervalo é de 21,25m; 3PSA 61 para a 3PSA 57 o intervalo é de 4,65m; 3PSA-57 para a 3PSA-49 o intervalo é de 20,8m; 3PSA-49 para a 3PSA-30 o intervalo é de 36,25; 3PSA 30 para 3PSA 23 o intervalo é de 15,35m; da 3PSA-23 para a 3PSA-13 o intervalo é de 22,65m; 3PSA-13 para a 3PSA-01 o intervalo é de 31,2m.

As amostras recuperadas apresentam valores de carbono orgânico total (COT) variando de 0,12 a 13,45%; o enxofre total (ST) varia de 0,81 a 2,51%; o resíduo insolúvel (RI) apresenta uma variação de 49 a 91% indicando que em relação à sua composição há o predomínio da fração siliciclástica em detrimento da fração carbonática (Tabela 2). Vale destacar a amostra 3PSA 71, a qual apresenta os valores mínimos de COT e ST e o máximo de RI.

Tabela 1- Valores percentuais do Carbono Orgânico Total (COT), Enxofre Total (ST) e Resíduo Insolúvel (RI) das quarenta e oito amostras processadas.

Amostras	Prof (m)	COT%	ST%	RI%
3PSA 01	17,25	2,65	0,94	79
3PSA 03	23,35	0,12	0,12	2
3PSA 04	27,90	0,08	0,03	1
3PSA 05	31,40	0,10	0,05	29
3PSA 06	34,40	0,10	0,06	3
3PSA 07	36,35	0,12	0,20	6

3PSA 08	37,20	0,10	0,12	1
3PSA 09	37,95	0,10	0,06	2
3PSA 11	43,45	0,11	0,05	1
3PSA 12	47,70	0,15	1,00	91
3PSA 13	48,45	1,71	1,25	75
3PSA 15	51,50	0,06	0,11	<1
3PSA 18	61,25	0,10	0,05	<1
3PSA 19	63,40	0,07	0,16	67
3PSA 21	67,90	0,11	0,60	72
3PSA 23	71,10	13,45	1,92	90
3PSA 25	74,35	0,11	0,32	6
3PSA 26	77,60	0,11	0,09	40
3PSA 27	81,40	0,12	0,09	5
3PSA 28	83,35	0,12	0,10	5
3PSA 30	86,45	3,50	1,26	80
3PSA 32	93,25	0,10	0,14	3
3PSA 33	94,20	0,21	0,82	76
3PSA 34	94,70	0,08	0,45	8
3PSA 35	98,15	0,10	0,04	6
3PSA 38	106,00	0,11	0,11	6
3PSA 39	108,00	0,10	0,03	3
3PSA 41	110,20	0,09	0,77	93
3PSA 44	115,00	0,10	0,07	4
3PSA 46	117,35	0,10	0,84	53
3PSA 49	122,70	2,96	2,51	77
3PSA 51	123,40	0,08	0,06	7
3PSA 55	133,35	0,07	0,19	5
3PSA 57	143,50	4,12	1,22	73
3PSA 58	143,80	0,05	0,39	4
3PSA 59	144,20	0,07	0,12	2
3PSA 60	146,90	0,07	0,04	1
3PSA 61	148,15	1,30	0,92	49
3PSA 63	151,20	0,06	0,02	<1
3PSA 65	155,65	0,07	0,03	<1
3PSA 66	159,35	0,06	0,02	1
3PSA 68	165,60	0,05	0,10	2
3PSA 69	167,35	0,05	0,03	<1
3PSA 71	169,40	0,12	0,81	91
3PSA 73	172,20	0,09	0,31	93
3PSA 75	173,70	0,32	0,20	86

Tabela 2 - Valores percentuais do Carbono Orgânico Total (COT), Enxofre Total (ST) e Resíduo Insolúvel (RI) das oito amostras recuperadas.

Amostras	COT%	ST%	RI%
3PSA 01	2,65	0,94	79
3PSA 13	1,71	1,25	75
3PSA 23	13,45	1,92	90
3PSA 30	3,5	1,26	80
3PSA 49	2,96	2,51	77
3PSA 57	4,12	1,22	73
3PSA 61	1,3	0,92	49
3PSA 71	0,12	0,81	91

6.2 Análise de Palinofácies

A assembleia de palinofácies foi caracterizada pela presença dos seguintes grupos: Amorfo, Palinomorfo, Fitoclasto e Zooclasto.

Ocorre o predomínio do Grupo Amorfo em relação aos demais grupos da matéria orgânica particulada. As amostras apresentam valores percentuais em torno de 92,1 a 100% de material amorfo, sendo o valor da base de 15% o menor observado (Figura 22). Em relação aos tipos de MOA foram identificadas três tipos: MOA Bacteriana, MOA derivada de fitoplânctons de água doce e MOA vegetal. Há também a ocorrência restrita de resinas. Estas apresentam coloração marrom escuro e fluorescência marrom-claro com limites bem definidos e retilíneos. Apresentam textura hialina característica.

A MOA bacteriana ocorre nas amostras 3PSA 23 e 3PSA 57 apresentando coloração variando de marrom-clara a marrom-escura em luz branca transmitida e coloração amarelada bem intensa em modo fluorescência (Figura 15). Apresenta predominantemente limite retilíneo bem demarcado, espessura grossa ou por vezes fina com feições de crateras decorrentes da dissolução de carbonatos. Apresenta também inclusões de pirita. É possível identificar em tal amostra certas formas cônicas e tubulares. Sendo assim, há a ocorrência do material amorfo relacionado ao fragmento de certo organismo de origem animal (Zooclasto).

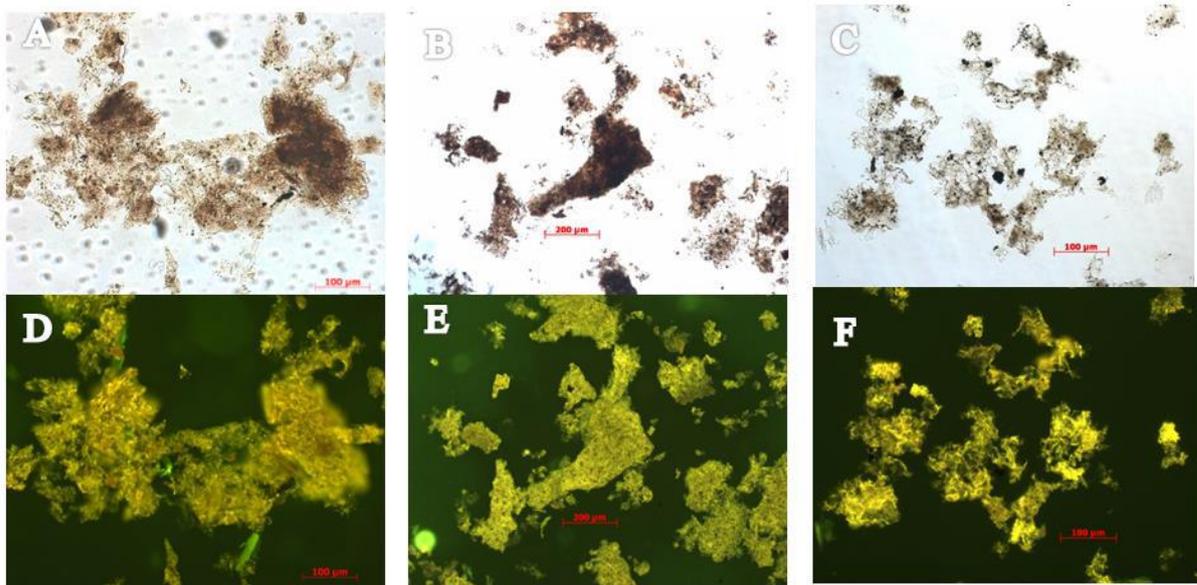


Figura 15- Fotomicrografias da MOA bacteriana em luz branca transmitida (LT) e modo fluorescente (MF). BE: Formas cônicas; CF: Pelicular; (LT): A, B, C / (MF): D, E, F.

A MOA fitoplanctônica derivada de alga de água doce foi identificada nas amostras 3PSA 01, 3PSA 30 e 3PSA 61. Também ocorre em associação com a MOA vegetal nas amostras 3PSA 13 e 3PSA 49. Possui coloração de marrom-escuro a marrom-clara em luz branca transmitida (Figura 16). Apresenta o centro da partícula mais denso e a borda mais fina, sendo esta serrilhada e difusa. Em modo fluorescência sua coloração vai de amarela clara a amarela alaranjada. Este material amorfo possivelmente originou-se a partir do microplâncton de água doce do gênero *Pediastrum*.

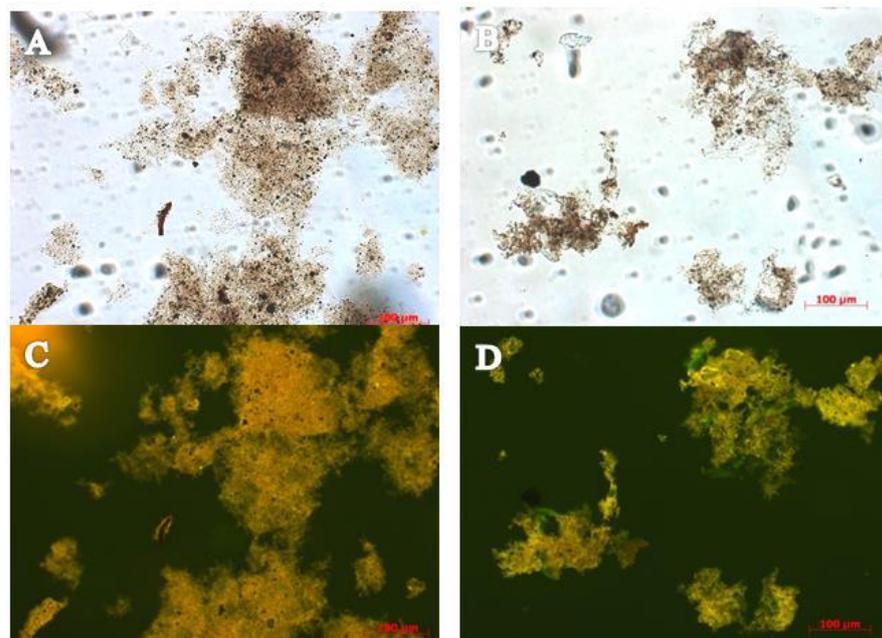


Figura 16- Fotomicrografias da MOA fitoplanctônica em luz branca transmitida (LT) e modo fluorescente (MF). (LT): A, B, C / (MF): D, E, F.

Já a MOA vegetal ocorre nas amostras 3PSA 13 e 49 (Figura 17). Sua coloração em luz branca transmitida é marrom escura. Constituem partículas mais densas e planares, com limites por vezes retilíneos ou mais difusos. Possui coloração amarela alaranjada em modo fluorescência.

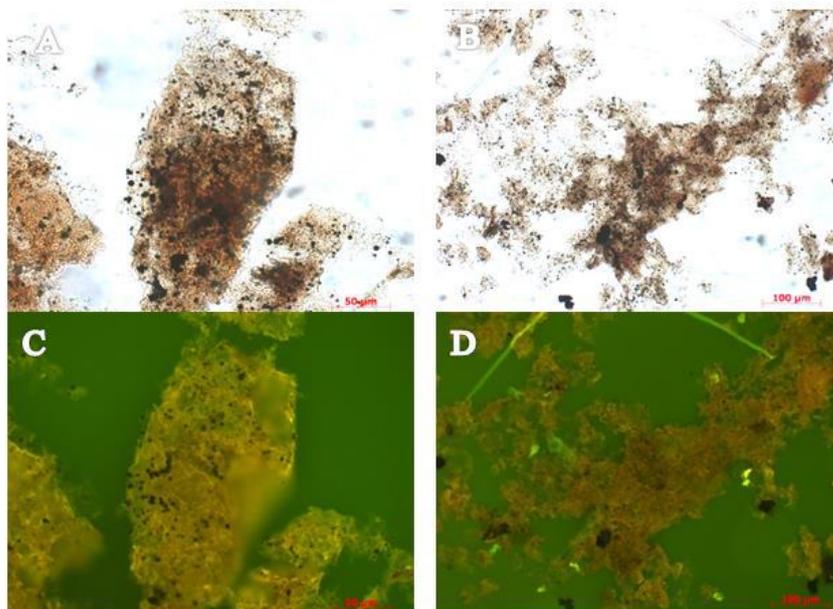


Figura 17- Fotomicrografias da MOA vegetal em luz branca transmitida (LT) e modo fluorescente (MF). (LT): A, B, C / (MF): D, E, F.

Em relação ao grupo Palinomorfo, a contagem dos componentes resultou em valores percentuais baixos, variando de 0 a 1,3% (Figura 22). Este grupo foi identificado nas amostras 3PSA 01, 3PSA 13, 3PSA 71. Os esporomorfos (grãos de pólen e esporos) representaram o subgrupo com maior ocorrência. Estes possuem coloração variando de amarelo pálido a marrom-escuro sob luz transmitida, já no modo de fluorescência apresentam-se amarelo escuro a alaranjado (Figura 18 e 19). Ocorrem como inclusões na MOA ou de forma dispersa. Foram identificados diferentes tipos, com formas, tamanhos e ornamentações distintas. Há, também, a ocorrência de microplâncton de parede orgânica de água doce do gênero *Botryococcus* em apenas uma amostra (3PSA-01), no topo do testemunho. São algas coloniais, globulares e de tamanho variável. Apresentam coloração marrom sob luz branca transmitida e fluorescência tipicamente amarela forte (Figura 20).

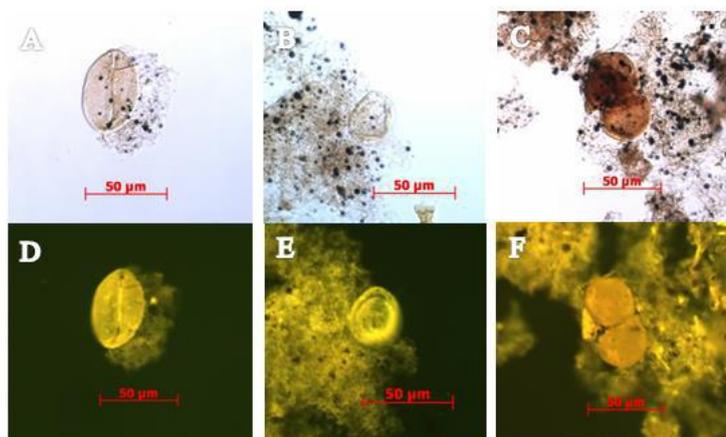


Figura 18- Fotomicrografias dos grãos de pólen em luz branca transmitida (LT) e modo fluorescente (MF). AD: Colpado; BE: *Classopolis*; CF: Tétrade. (LT): A, B, C / (MF): D, E, F.

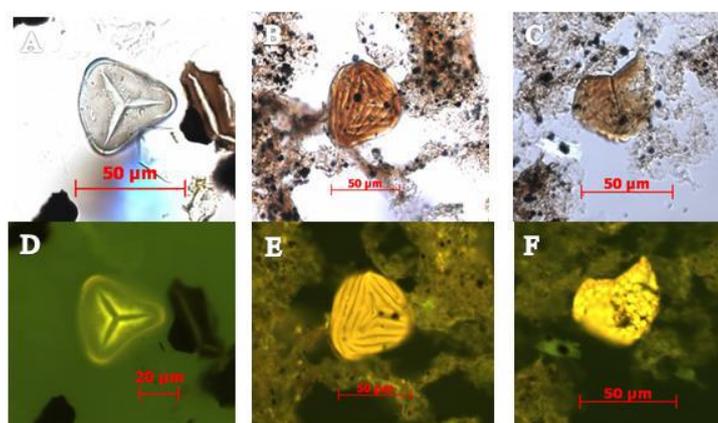


Figura 19- Fotomicrografias dos esporos em luz branca transmitida (LT) e modo fluorescente (MF). AD e BE: Marca trilete; BE e CF: Ornamentações. (LT): A, B, C / (MF): D, E, F.

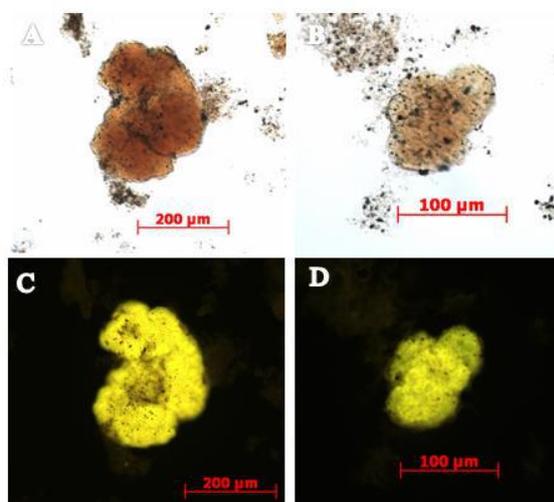


Figura 20- Fotomicrografias dos fitoplânctons de água doce do gênero *Botryococcus* em luz branca transmitida (LT) e modo fluorescente (MF). (LT): A,B / (MF): C,D.

O grupo Fitoclasto não apresentou valores significativos nas análises (Figura 22). Apenas o subgrupo da cutícula foi identificado na amostra 3PSA 13, com coloração amarelo-pálido, fluorescência moderada, estruturação interna e degradadas.

Por fim, o grupo Zooclasto apresenta valores variando de 0 a 7,9%, com exceção da amostra da base (3PSA 71), cujo percentual corresponde a 84,1% (Figura 22). Os zooclastos analisados possuem coloração marrom-claro a escuro sob luz branca transmitida e as partículas com melhor preservação apresentam fluorescência amarelo-escuro, enquanto outras não apresentam fluorescência e se encontram mais fragmentadas. São de diversos tamanhos, geralmente bem preservados e apresentando limites bem definidos e com certas estruturas “dentadas”.

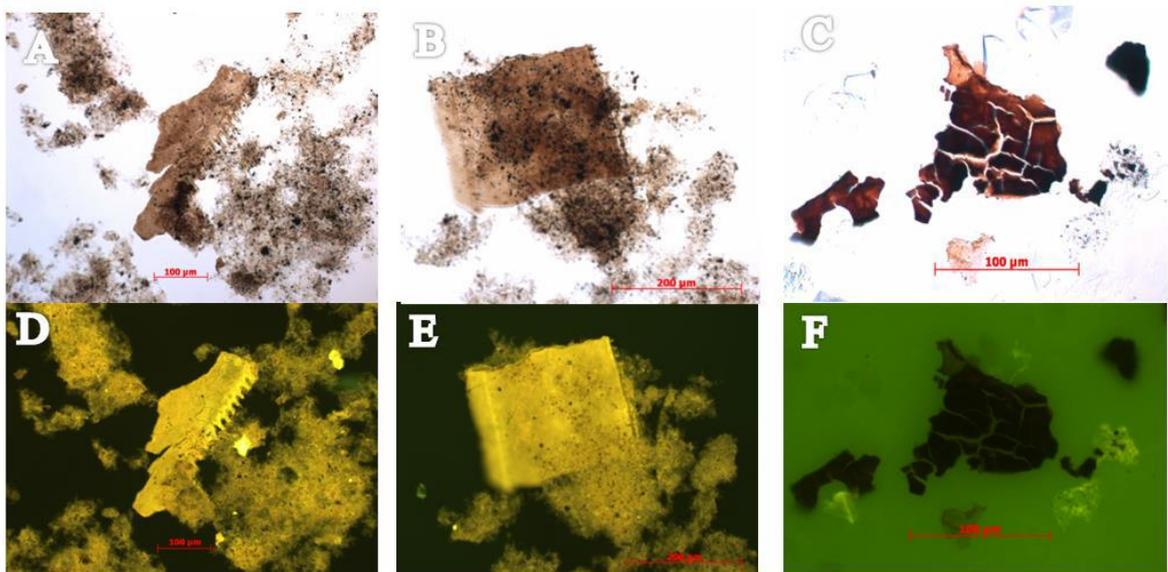
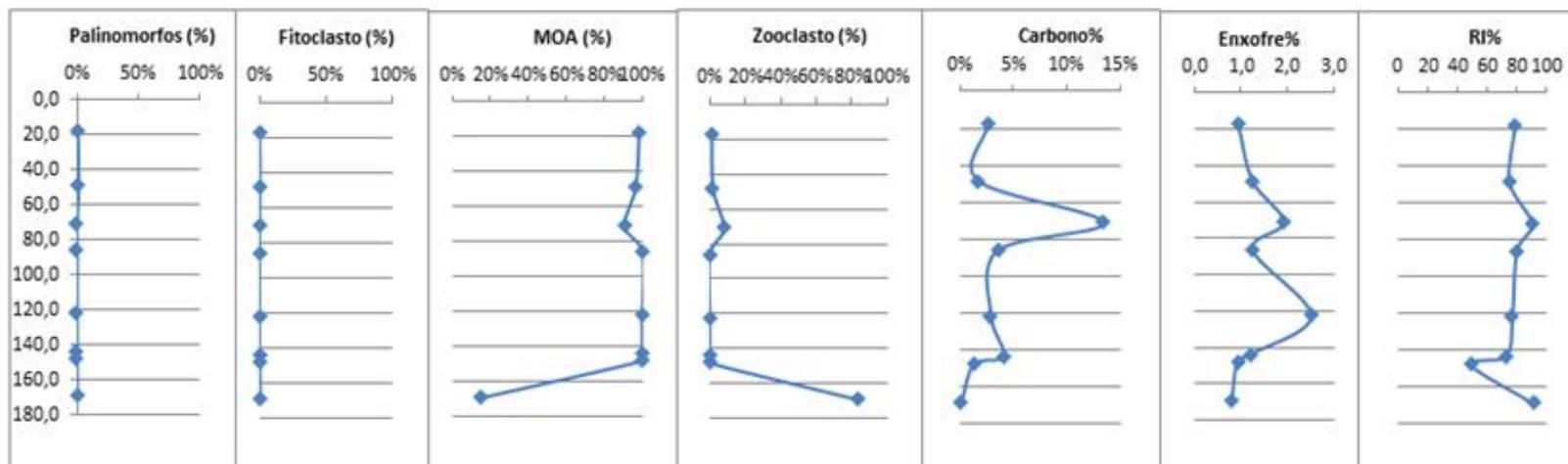


Figura 21- Fotomicrografias dos fragmentos de Zooclastos em luz branca transmitida (LT) e modo fluorescente (MF). AD e BE: Estruturas “dentadas”; CF: Fraturado e degradado. (LT): A, B, C / (MF): D, E, F.



Amostras	Prof (m)	Palino%	Fito %	MOA%	Zoo %	COT%	ST%	RI%
3PSA 01	17,25	0,7	0	98,3	1	2,65	0,94	79
3PSA 13	48,45	1,3	0,3	96,5	1,9	1,71	1,25	75
3PSA 23	71,1	0	0	92,1	7,9	13,45	1,92	90
3PSA 30	86,45	0	0	100	0	3,5	1,26	80
3PSA 49	122,7	0	0	100	0	2,96	2,51	77
3PSA 57	143,5	0	0	100	0	4,12	1,22	73
3PSA 61	148,15	0	0	100	0	1,3	0,92	49
3PSA 71	169,4	0,3	0,6	15	84,1	0,12	0,81	91
Mín.		0%	0%	15,0%	0%	0,12%	0,81%	49%
Máx.		1,30%	0,60%	100%	84,10%	13,45%	2,51%	90%

Figura 22- Gráficos binários e tabela representando os valores percentuais dos grupos da matéria orgânica em relação à profundidade para o testemunho 2-SMC-3-AL.

7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 Discussões

A Formação Morro do Chaves não apresenta vasto estudo de palinofácies, identificando os grupos e subgrupos matéria orgânica particulada. Mafizzoni (2000) realizou o estudo palinológico identificando apenas grande proporção de MOA. A análise do conteúdo palinofaciológico de tal formação foi realizada por Garcia (2012) a fim de interpretar seu contexto bioestratigráfico e paleoambiental. Tal autor identificou MOA com elevada fluorescência, esporomorfos e indicativos de influência marinha, como prasinófitas e acritarcos. No entanto, o mesmo faz a ressalva de que para tal confirmação outros estudos devem ser realizados.

Além de tais autores, Lessa (2018) realizou a análise organofaciológica das Fm. Morro do Chaves e Coqueiro Seco. O testemunho 2-SMC-2-AL (Figura 3) utilizado para tal estudo também foi retirado na Pedreira Atol, em São Miguel dos Campos (AL). Houve a identificação de diferentes tipos de MOA (bacteriana, vegetal, fitoplanctônica, de zoomorfo), assim como o reconhecimento de palinomorfos (água doce e esporomorfos), fitoclastos e zooclastos.

Diante dos componentes orgânicos identificados e sua proporção relativa, algumas discussões e sugestões acerca do paleoambiente podem ser realizadas.

O Grupo Amorfo, predominante no material, se diferencia dos demais grupos por não possuir feições de fácil identificação como estrutura organizada e consistente. Em modo de fluorescência estas partículas podem ser identificadas como homogênea, heterogênea ou hialina (resinas). Dependendo de sua origem pode apresentar diferentes colorações na fluorescência e dependendo do seu estado de preservação pode ou não apresentar fluorescência (Tyson, 1995).

As MOAs identificadas apresentam origem bacteriana, fitoplanctônica de água doce ou vegetal. De forma geral, a MOA derivada de fitoplânctons (e.g. *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Tetraedrum*) pode apresentar formato variado, sem estruturação, contorno difuso a serrilhado, coloração amarela-laranja-vermelha, laranja-marrom ou cinza, com fluorescência fraca a intensa ou sem fluorescência. Já MOA derivada de vegetal pode ser identificada por seu contorno difuso, marrom clara a marrom escura, geralmente sem inclusões e pode apresentar de fraca a intensa coloração de fluorescência (frequentemente alaranjada). A MOA bacteriana pode ser não estruturada com contorno difuso, cor amarela pálida, amarela, laranja e cinza, algumas vezes com inclusões de pirita. Quando espessa, possui contorno angulares e reto.

Apresenta espessura muito fina (“pelicular”) com impressões de crateras pela dissolução de minerais carbonáticos após processo organopalinológico. Pode exibir intensa coloração de fluorescência. (Mendonça Filho *et al.* 2010a).

As MOAs apresentam altos percentuais nas amostras, com valores acima de 90%. Segundo Tyson (1995), a alta preservação deste material geralmente encontra-se associada a um regime disóxico-anóxico.

Em relação ao Grupo Palinomorfo, a presença de *Botryococcus* sugere um ambiente lacustre com lâmina d’água rasa, indicando provavelmente clima mais árido. Além disso, este microplâncton de água doce caracteriza-se por ser oligotrófico e eurialino (Tyson, 1995). Portanto, são organismos que podem viver em um ambiente com baixos níveis de nutrientes e que são tolerantes a variações de salinidade. Associações de *Botryococcus*, *Pediastrum* e outros representantes das algas Chlorococcales, como *Scenedesmus* e *Tetraedron* são comuns. No entanto, tais gêneros não são encontrados em abundância em um mesmo ambiente, indicando que estes apresentam preferências ecológicas distintas (Batten, 1996).

A ocorrência de elevado percentual de MOA Fitoplanctônica (provavelmente de *Pediastrum*) em associação com *Botryococcus* pode indicar alterações nas condições ambientais do lago. As condições de salinidade irão definir qual gênero apresentará predominância. Dessa forma, provavelmente a química da água favorecia o desenvolvimento de *Pediastrum*, por meio de baixas variações de salinidade e altos níveis de nutrientes. Após variações destas condições ambientais, pode-se inferir um evento de mortandade evidenciado pela deposição de grandes massas de *Pediastrum* próximo ao substrato, os quais posteriormente foram amorfizados.

Já os esporomorfos são derivados de plantas terrestres e devido à sua facilidade de transporte, através da água ou vento, podem ser encontrados em diversos ambientes. O tipo e abundância de tais elementos fornecem informações importantes acerca do paleoambiente. Neste trabalho foram identificados tantos esporos, quanto grãos de pólen. Os esporos tendem a se concentrar próximo à área fonte, enquanto os grãos de pólen por serem mais leves se dispersam com maior facilidade. Vale ressaltar a ocorrência do grão de pólen de gimnosperma do gênero *Classopolis*, indicando ambiente com clima árido, típico do Cretáceo.

Segundo Batten (1996), como muitos fatores estão relacionados ao tamanho do sedimento, esporos maiores e fortemente ornamentados tendem a ser mais abundantes em ambientes fluvio-lacustres, deltas e estuários, ou seja, ambientes proximais os quais apresentam granulometria mais grosseira. Já os esporos mais simples (pequenos, com paredes

mais finas e sem ornamentações) assim como os grãos de pólen não sacados são mais comuns em fácies lamosa não marinha e marinha (offshore).

- ASSOCIAÇÃO DE PALINOFÁCIES

De acordo com os parâmetros palinofaciológicos e organogeoquímicos foram individualizados quatro intervalos distintos (Figura 23). De certa forma, a variação do COT encontra-se relacionada à variação de S_2 , indicando que maiores valores de COT estão associados a ambientes mais redutores.

O intervalo I (169,40 a 143,50 m) compreende as amostras 3PSA 71, 61 e 57. Apresenta um leve acréscimo no percentual de COT e S. A base do testemunho apresenta predomínio do grupo Zooclasto, o qual sofre redução significativa em direção ao topo do intervalo, enquanto o grupo Amorfo passa a ter percentual expressivo. Sugere-se que o ambiente lagunar anteriormente oxigenado, apresenta redução das taxas de O_2 . O ambiente possivelmente torna-se disóxico propiciando a preservação da MOA.

Neste intervalo há a ocorrência de MOA fitoplanctônica e MOA bacteriana. Possivelmente a MOA fitoplanctônica é derivada do micropâncton de água doce *Pediastrum*. Tal gênero pode ocorrer em números tão elevados que os espécimes mortos subsequentemente formam um limo no substrato (Batten, 1996). O mesmo autor comenta que sua abundância encontra-se relacionada a condições ligeiramente eutróficas, podendo ocasionar uma floração dessas algas. Evidências de eutrofização podem ser indicadas quando estas algas (e.g. *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Tetraedrum*) dominam as assembleias de palinomorfos, particularmente quando ocorrem em conjunto com abundante matéria orgânica amorfa (Batten, 1996). Em muitos casos a matéria orgânica encontra-se parcialmente ou extensivamente degradada quando derivada de fitoplâncton ou de bactéria (Tyson, 1995).

O intervalo II (143,50 a 86,45 m) é caracterizado pelas amostras 3PSA 57, 49 e 30, as quais apresentam 100% de MOA (bacteriana, fitoplanctônica /vegetal e fitoplanctônica). Tal intervalo está associado à variação significativa do percentual de S_2 . O mesmo apresenta aumento crescente, atingindo o valor máximo de 2,51% e posteriormente é marcado por decréscimo acentuado. O elevado teor de enxofre reflete na alta concentração de pirita dispersa e como inclusão nas MOAs. A formação da pirita sedimentar está relacionada à presença de bactérias sulfato-redutoras em condições anóxicas (Berner *et al.*, 1985). O H_2S é gerado como produto da redução do sulfato. Este reage com o Fe formando as piritas (FeS_2). Dessa forma, possivelmente houve a alternância de um regime disóxico–anóxico-disóxico.

Estas condições possivelmente estão relacionadas a um ambiente mais estagnado, propiciando o aumento de salinidade e a estratificação da água. Como consequência, há o favorecimento da preservação da matéria orgânica.

Neste intervalo a MOA vegetal, derivada de material terrestre, apresenta retrabalhamento com diferentes graus de preservação. Caracteriza-se por ser uma MOA submetida à degradação microbiológica sob condições redutoras, no qual várias fases de amorfização podem ser diferenciadas. Compreendem formas subangulares, com bordas nítidas, até limites difusos (Teixeira *et al.*, 2018).

Já o intervalo III (86,45 a 71,10 m) corresponde às amostras 3PSA 30 e 23. Apresenta aumento expressivo no teor de COT, sendo este acompanhado pelo aumento do teor de S_2 , indicando ambiente mais redutor. Há o aumento expressivo do COT associado ao aumento do percentual de zooclasto e redução do percentual de MOA (fitoplanctônica e bacteriana). Esse material pode ter passado por retrabalhamento microbiológico em condições redutoras (ou seja, colônias de bactérias heterotróficas retrabalham o EPS produzidos pelas bactérias autotróficas) produzindo um material mais denso, altamente fluorescente, com formas retangulares ou angulares (Teixeira *et al.*, 2018). Vale também ressaltar que os maiores valores de COT estão associados às amostras com MOA bacteriana.

A ocorrência da MOA bacteriana (3PSA 23) com partículas apresentando certas formas cônicas a tubulares pode ser indicativa de que o substrato apresentava hidrozoário (Fonseca *et al.*, 2018a, 2018b), os quais são organismos fixos e consequentemente sugerem um ambiente com maior taxa de O_2 . No entanto, o teor de S apresenta um pico sugerindo o desenvolvimento de um ambiente mais anóxico. Portanto, este intervalo pode indicar a transição de um regime mais oxigenado para um regime anóxico na sua interface sedimento-água, evidenciado pela possível ocorrência desses organismos fixos associados à MOA bacteriana. A presença de zooclastos, no entanto, pode sugerir maior oxigenação superficial. Dessa forma, este intervalo sugere a estratificação da coluna d'água indicando a transição do fundo mais oxigenado para um regime anóxico, com águas superficiais com maiores taxas de O_2 .

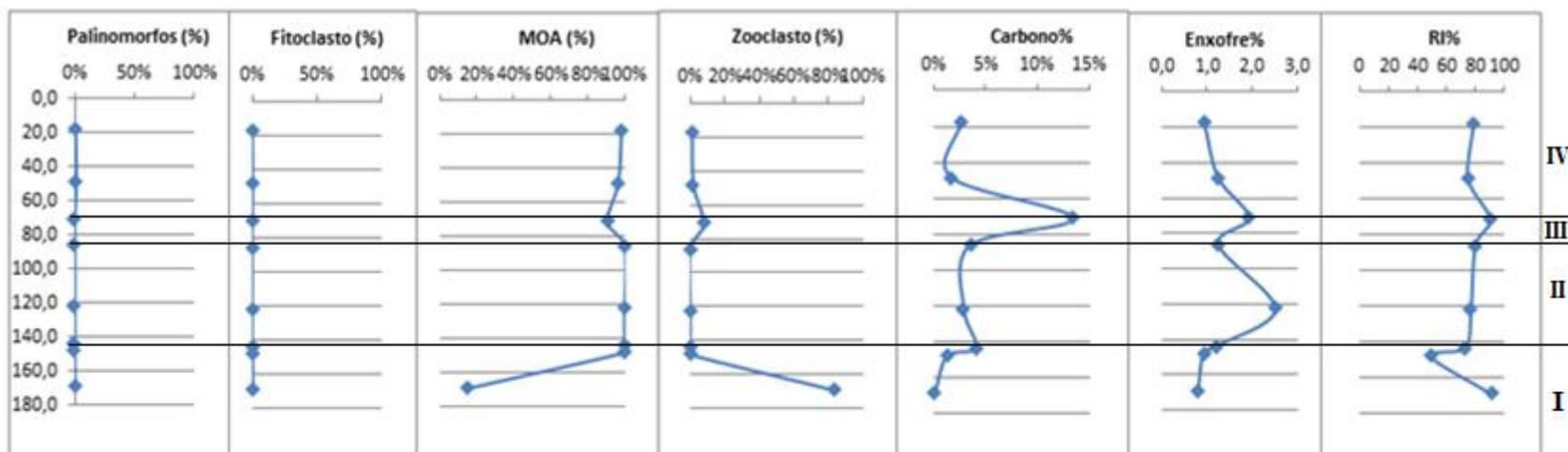
Por fim, o intervalo IV (71,10 a 17,25 m) compreende as amostras 3PSA 23, 13 e 01 e apresenta condições menos redutoras evidenciadas pelo decréscimo no teor de S_2 . Encontram-se associadas ao aumento do percentual de MOA (bacteriana, fitoplanctônica /vegetal e fitoplanctônica) e diminuição de zooclastos. Além disso, a grande diversidade de esporomorfos, associada à ocorrência de MOA vegetal e resina sugere proximidade da área

fonte continental (3PSA 13). A identificação do *Botryococcus* e de MOA fitoplanctônica de água doce sugerem um ambiente lacustre.

7.2 Conclusão

Diante destas informações, as oscilações dos valores percentuais de COT e ST associados aos percentuais dos grupos e subgrupos da matéria orgânica possivelmente sugerem um ambiente lagunar que era inicialmente oxigenado (I). Este passou por variações tornando-se disóxico, atingindo o pico de anoxia e voltando a ser disóxico (II). Posteriormente apresentou estratificação da coluna d'água (III) e no último intervalo (IV) apresentou condições menos redutoras. Estas características associadas aos microplânctons de água doce podem dar indicações de que o ambiente apresentava águas rasas, havendo períodos de estagnação das mesmas, favorecendo o estabelecimento de regimes disóxicos-anóxicos.

Em relação à literatura, a interpretação destes dados pode estar relacionada ao modelo deposicional proposto por Teixeira (2012) e Rigueti (2018). O ambiente lagunar sugerido por tais autores apresenta deposição de folhelho em sua parte mais distal e deposição das coquinas em plataformas rasas e praias bioclásticas. O intenso retrabalhamento das conchas indica eventos de tempestades episódicos. Dessa forma, os eventos de tempestades apontados por este modelo podem favorecer a circulação das águas, propiciando o aumento de O₂ após condições de águas anóxicas, mais calmas e estagnadas. As variações de anoxia podem também ser relacionadas à entrada/saída de água do sistema ou variações climáticas (Lessa, 2018). A ocorrência de partículas de origem continental como restos vegetais (posteriormente amorfizados), esporomorfos e resinas indicam proximidade continental, com entrada desses elementos no sistema possivelmente por meios fluviais. Logo, a associação de dados deste trabalho sugere um paleoambiente lacustre com condições que favoreceram o desenvolvimento de microplânctons de água doce, com vegetação ao seu entorno, apresentando oscilações do regime de anoxia influenciados pelo clima, entrada de água e eventos de tempestade episódicos.



Amostras	Prof (m)	Palino%	Fito %	MOA%	Zoo %	COT%	ST%	RI%
3PSA 01	17,25	0,7	0	98,3	1	2,65	0,94	79
3PSA 13	48,45	1,3	0,3	96,5	1,9	1,71	1,25	75
3PSA 23	71,1	0	0	92,1	7,9	13,45	1,92	90
3PSA 30	86,45	0	0	100	0	3,5	1,26	80
3PSA 49	122,7	0	0	100	0	2,96	2,51	77
3PSA 57	143,5	0	0	100	0	4,12	1,22	73
3PSA 61	148,15	0	0	100	0	1,3	0,92	49
3PSA 71	169,4	0,3	0,6	15	84,1	0,12	0,81	91
Mín.		0%	0%	15,0%	0%	0,12%	0,81%	49%
Máx.		1,30%	0,60%	100%	84,10%	13,45%	2,51%	90%

Figura 23- Gráficos binários e tabela representando os valores percentuais dos grupos da matéria orgânica em relação à profundidade para o testemunho 2-SMC-3-AL e sua subdivisão em quatro intervalos.

7.3 Trabalhos futuros

Diante do baixo número de amostras recuperadas propõem-se para trabalhos futuros o processamento e análise de maior quantidade de amostras compreendendo outros testemunhos de sondagem coletados na mesma região e a correlação destes. As oito amostras com boa recuperação da matéria orgânica correspondem apenas ao argilito, apresentando COT mínimo de 0,12%. Não houve recuperação nas amostras referentes às coquinas. Sugere-se principalmente a seleção de amostras carbonáticas, dando preferências àquelas com maiores valores de COT e priorizando a seleção de forma a obter intervalos com espessuras menores a fim de obter maior quantidade de dados.

No presente trabalho não foram identificados palinomorfos marinhos como acritarcos, prasinófitas ou dinocitos. Deve-se atentar à ocorrência de tais componentes orgânicos, devido à ausência de um estudo na bibliografia que corrobore a possível influência marinha na Fm. Morro do Chaves através da ocorrência de tais partículas. Dessa forma, através da compilação dos dados de trabalhos prévios e por meio de novos estudos, busca-se a interpretação cada vez mais acurada da evolução paleoambiental no Aptiano.

8.0 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ASMUS, H.E., PORTO, R. Diferenças nos estágios iniciais da evolução da margem continental brasileira: possíveis causas e implicações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31. Camboriú, 1980. *Anais ...* v.1, p.22
- AZAMBUJA N.C., ARIENTI L.M., CRUZ F.E.G. 1998. Guidebook to the Rift-Drift Sergipe-Alagoas, Passive Margin Basin, Brazil. In: **The 1998 AAPG International Conference and Exhibition**, Rio de Janeiro, AAPG, p.113.
- BATTEN, D. J. Palynofacies and palaeoenvironmental interpretation. In: JANSONIUS, J.; MCGREGOR, D. C. (Ed.). *Palynology: principles and applications*. **American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation**, v. 3, p.1011-1064, 1996.
- BERNER, R. A.; LEEUW, J. W.; SPIRO, B.; MURCHISON D. G.; EGLINTON, G. 1985. Printed in great retain sulfate reduction, organic matter decomposition and pyrite formation. **Society London**, 315:25-38.
- CAMPOS NETO, O. P. A.; LIMA, W. S.; CRUZ, F. E. D. Bacias de Sergipe e Alagoas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 405-415, 2007.
- COMBAZ, A. Les palynofacies. **Revue de Micropaléontologie**, v. 7, p. 205-218, 1964.
- DIAS, J. L. Tectônica, estratigrafia e sedimentação no Andar Aptiano da margem leste brasileira. **Boletim de Geociências da Petrobras**. Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 7-25, nov. 2004/maio 2005.
- FEIJÓ, F.J.; VIEIRA, R.A.B., 1991. Sequências Cretáceas das bacias de Sergipe e Alagoas. **Geociências** 10, 153–168.
- FEIJÓ, F. J. Bacias de Sergipe e Alagoas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, p 149-16, jan./mar. 1994.
- FIGUEIREDO, A.M.F., 1981. **Depositional system in the Lower Cretaceous Morro do Chaves and Coqueiro Seco Formations, and their relationship to petroleum accumulations, middle rift sequence, Sergipe-Alagoas Basin, Brazil**. Ph.D. thesis, The University of Texas at Austin.
- FONSECA, C; MENDONÇA FILHO, J.G; LÉZIN, C; DUARTE, L.V; FAURÉ, P. 2018a. Organic facies variability during the Toarcian Oceanic Anoxic Event record of the Grands Causses and Quercy basins (southern France). **International Journal of Coal Geology**, v.190, 218-235.
- FONSECA, C; MENDONÇA, J.O; MENDONÇA FILHO, J.G; LÉZIN, C; DUARTE, L.V. 2018b. Thermal maturity assessment study of the late Pliensbachian-early Toarcian organic-rich sediments in southern France: Grands Causses, Quercy and Pyrenean basins. **Marine and Petroleum Geology**, v. 91, 338–349.
- GARCIA, G.G. 2012. **Análise do conteúdo palinológico da Formação Morro do Chaves, Bacia Sergipe-Alagoas e seu significado bioestratigráfico e paeloambiental**. Trabalho de conclusão de curso, Instituto de Geologia Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 123 p.
- JARVIE, D. M. **Total Organic Carbon (TOC) analysis**. In: MERRIL, R. K. (Ed.). *Source and Migration Processes and Evaluation techniques*, Treatise of Petroleum Geology. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1991. p. 113-118.

KINOSHITA, M. E. Modelagem sísmica-geométrica de fácies dos carbonatos lacustres da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas, **B. Geoci. Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 249-269, maio/nov. 2010.

LANA, M. C. Bacia de Sergipe-Alagoas: uma hipótese de evolução tectono-sedimentar. In: RAJA GABAGLIA, G. P.; MILANI, E. J. (Coord.) **Origem e Evolução de Bacias Sedimentares**. Rio de Janeiro: Gávea; Petrobras, 1990. p. 311-332.

LESSA, R.S. 2018. **Faciologia orgânica das Formações Morro do Chaves e Coqueiro Seco da Bacia Sergipe-Alagoas, NE, Brasil**. Trabalho de conclusão de curso, Graduação em Geologia, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ.

MAFFIZZONI, A.F. (2000). **Paleoictiofauna da Formação Coqueiro Seco, Aptiano inferior do Estado de Alagoas, Nordeste do Brasil**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Tese de Doutorado. 149 p.

MENDONÇA FILHO, J. G. **Aplicação de estudos de palinofácies e fácies orgânica em rochas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Sul do Brasil**. 1999. 242 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

MENDONÇA FILHO, J. G.; CARVALHO, M. A.; MENEZES, T. R. Palinofacies. In: DUTRA, T. (Org.) **Técnicas e procedimentos de trabalho com fósseis e formas modernas comparativas**. São Leopoldo: Unisinos, 2002. p. 20-24.

MENDONÇA FILHO, J.G., CHAGAS, R.B.A., MENEZES, T.R., MENDONÇA, J.O., DA SILVA, F.S., SABADINI-SANTOS, E. 2010a. Organic facies of the Oligocene lacustrine system in the Cenozoic Taubaté basin, Southern Brazil. **International Journal of Coal Geology**, v. 84, 166 - 178.

MENDONÇA FILHO, J. G.; MENEZES, T. R.; MENDONÇA, J. O.; OLIVEIRA, A. D.; CARVALHO, M. A.; SANT'ANNA, A. J.; SOUZA, J. T. Palinofacies. In: SOUZA, C. I. (Org.) **Paleontologia**. Rio de Janeiro: Interciencia, 2010b. v. 2, p. 379-413.

MENDONÇA FILHO, J. G.; MENEZES, T.R., MENDONÇA, J. O.; OLIVEIRA, A. D.; SILVA, T.F.; RONDON N.F.; DA SILVA F.S. 2012. Organic Facies: Palynofacies and Organic Geochemistry approaches. In: Panagiotaras D (ed) **Geochemistry – Earth's System Processes**. InTech, Rijeka, pp 211-248

MENDONÇA FILHO, J.G.; GONÇALVES, P.A. **Organic matter: concepts and definitions**, Chapter 1. In: SUÁREZ-RUIZ, I. & MENDONÇA FILHO, J.G. (Eds.), **Geology: Current and Future Developments. The Role of Organic Petrology in the Exploration of Conventional and Unconventional Hydrocarbon Systems**. Bentham Science Publishers, United Arab Emirates, 2017, p. 1–33.

MENEZES, T. R.; MENDONÇA FILHO, J. G.; ARAUJO, C. V.; SOUZA, I. V. A. F.; MENDONÇA, J. O. Facies organica: conceitos, metodos e estudos de casos na industria do petroleo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, 2008, p. 80-96.

MOHRIAK, W.U. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. In: L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti e J. H. Gonçalves (eds.) **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil : texto, mapas & sig**. Brasília: CPRM Serviço Geológico do Brasil, 2003. p. 87-165

MOHRIAK, W.U. Bacias da Margem Continental Divergente. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA F.F.M.; BARTORELLI A. **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 466-480.

OJEDA, H. A. O.; FUGITA, A. M. 1976. Bacia Sergipe/Alagoas - Geologia regional e perspectivas petrolíferas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, 1974. **Anais**, 1: 137-158. Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo.

OLIVEIRA, A. D.; MENDONÇA FILHO, J. G., CARVALHO, M. A.; MENEZES, T. R.; LANA, C. C.; BRENNER, W. W. 2004. Um novo método de preparação palinológica para aumentar a recuperação de dinoflagelados. **Revista Brasileira de Paleontologia**, 7(2): 169-175.

OLIVEIRA, A. D.; MENDONÇA FILHO, J. G.; SANT'ANNA, A. J.; SOUZA, J. T.; FREITAS, A. G.; MENEZES, T. R. Inovação no processamento químico para isolamento da Matéria Orgânica Sedimentar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Bahia-Sergipe, 2006. p. 324.

PETTIJOHN F.J. 1957. **Sedimentary Rocks**. 3ed. New York, Harper and Row, 628 p.

RIGUETI, A. L. 2018. **Análise Faciológica e Estratigráfica das Coquinas da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 94 p.

SCHÄFER W. 1972. **Ecology and Paleocology of Marine Environments**. Chicago, The University of Chicago Press, 568 p.

SCHALLER, H. Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe / Alagoas. **Boletim Técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 21-86, 1969.

SOUZA-LIMA, W.; ANDRADE, E. J.; BENGTON, P.; GALM, P. C. A Bacia de Sergipe-Alagoas: evolução geológica, estratigrafia e conteúdo fóssil. Aracaju: **Fundação Paleontológica Phoenix**, 2002. 34 p. Edição especial, 1

TAVARES A.C. 2015. Facies and depositional environments for the coquinas of the Morro do Chaves Formation, Sergipe-Alagoas Basin, defined by taphonomic and compositional criteria. **Brazilian Journal of Geology**, 45(3): 415-429, September 2015

TEIXEIRA B.F.L. 2012. **Coquinas da Formação Morro do Chaves (Cretáceo Inferior), seção Rife da Bacia Sergipe-Alagoas**. Trabalho de conclusão de curso, Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 107 p.

TEIXEIRA, M.C; MENDONÇA FILHO, J.G; OLIVEIRA, A.D.; ASSINE, M.L. (2018). Faciologia orgânica da Formação Romualdo (Grupo Santana, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe): caracterização da matéria orgânica sedimentar e interpretação paleoambiental. **Geologia USP. Série Científica**, 17(4), 19-44.

THOMPSON, D.L., et al., Lacustrine carbonate reservoirs from Early Cretaceous rift lakes of Western Gondwana: Pre-Salt coquinas of Brazil and West Africa, **Gondwana Research** (2015).

TISSOT, B. P.; WELTE, D. H. 1984. **Petroleum Formation and Occurrence**. Springer-Verlag, Berlin. 699 p.

TYSON, R. V. **Sedimentary Organic Matter. Organic facies and palynofacies**. Londres: Chapman & Hall, 1995. 615 p.