



**Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Matemática e da Natureza
Instituto de Geociências**

Sergio Martins Lopes de Azevedo

**CARACTERIZAÇÃO ORGANOCOMPOSICIONAL E MATURAÇÃO
TÉRMICA DE UMA SEÇÃO SEDIMENTAR DA FORMAÇÃO CODÓ,
BACIA DO PARNAÍBA, BRASIL**

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

**UFRJ
Rio de Janeiro**

2013



UFRJ

Sergio Martins Lopes de Azevedo

**CARACTERIZAÇÃO ORGANOCOMPOSICIONAL E MATURAÇÃO TÉRMICA
DE UMA SEÇÃO SEDIMENTAR DA FORMAÇÃO CODÓ, BACIA DO PARNAÍBA,
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 Bacharel em Geologia.

Orientadores:

Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho
Dr. Joalice de Oliveira Mendonça

Sergio Martins Lopes de Azevedo

CARACTERIZAÇÃO ORGANOCOMPOSICIONAL E MATURAÇÃO TÉRMICA DE
UMA SEÇÃO SEDIMENTAR DA FORMAÇÃO CODÓ, BACIA DO PARNAÍBA,
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 Bacharel em Geologia.

Orientadores:

Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho

Dr. Joalice de Oliveira Mendonça

Aprovada em: 01/04/2013

Por:

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

M. Sc. Taíssa Rêgo Menezes (CENPES - PETROBRAS)

M. Sc. Juliana Andrade Iemini (CENPES - PETROBRAS)

UFRJ
Rio de Janeiro
2013

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Laboratório de Palinofácies & Fácies Orgânica (LAFO) pela oportunidade de realizar diversos trabalhos, em especial ao meu coordenador e orientador Professor João Graciano Mendonça Filho.

Agradeço, também, a todos os integrantes do (LAFO) pelo apoio e atenção que foi me dado, principalmente a minha orientadora Joalice. Os demais integrantes, como o Guilherme, Gisele, Milton, Jaqueline, Noelia e Márcio pelo apoio e momentos de descontração que me deram durante todo o tempo em que trabalhei aqui no laboratório e ao Theo pela “força extra”.

Aos meus familiares e amigos de Niterói que sempre estiveram ao meu lado durante esses 5 anos de faculdade, me incentivando para o meu sucesso profissional.

RESUMO

AZEVEDO, S. M. L. Caracterização Organocomposicional e Maturação de uma Seção Sedimentar da Formação Codó, Bacia do Parnaíba, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

A Bacia do Parnaíba é uma extensa bacia intracratônica, com aproximadamente 600.000 km², localizada no nordeste do Brasil, abrangendo os Estados do Maranhão, Piauí, leste do Pará, oeste do Ceará, norte de Tocantins e Goiás. A Formação Codó, de idade Cretácea, apresenta espessura máxima da ordem de 230 metros em subsuperfície, constituída por arenitos, folhelhos, carbonatos, conglomerados, siltitos e gipsita/anidrida. Rossetti *et al.* (2001) declaram que a Formação Codó, Neo-aptiano-Eo-albiano, foram depositadas em ambientes marinho raso, lacustre e flúvio-deltáico. O objetivo deste trabalho é o estudo de palinofácies e determinar o estágio de evolução térmica para caracterização do potencial de geração de hidrocarbonetos de 16 amostras de idade cretácea da Formação Codó (Poço 1-UN-24-PI), utilizando análises de microscopia (palinofácies e refletância da vitrinita - %Ro) e geoquímica orgânica (Carbono Orgânico Total - COT e Enxofre Total - ST). Nessa sucessão sedimentar estudada, houve um predomínio de componentes orgânicos do Grupo da Matéria Orgânica Amorfa (MOA), seguido do Grupo Fitoclasto e dos Palinomorfos. A matéria orgânica apresenta excelente qualidade para geração de hidrocarbonetos, os teores de COT e ST alcançam valores de até 16,80% e 3,20%, respectivamente, entretanto a seção analisada encontra-se em estágio de evolução térmica insuficiente para geração de hidrocarbonetos líquidos e/ou gasosos. A interação dos resultados obtidos indica um ambiente proximal restrito com incursão marinha com alternância de regime de óxico e disóxico-anóxico.

Palavra-chave: Palinofácies, Formação Codó, Maturação

ABSTRACT

AZEVEDO, S. M. L. Organic geochemistry characterization and thermal maturation in Codó Formation, Parnaíba Basin, Brazil. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

The Parnaiba basin is an extensive intracratonic basin, with approximately 600.000 Km², in northeast of Brazil, mainly in Maranhão, Piauí, Pará, Ceará, Tocantins and Goiás States. Codó Formation, from Cretaceous age, has a maximum thickness of approximately 230 meters in the subsurface, composed of sandstones, shales, limestones, conglomerates, siltstone and Gypsum/anhydride. Rossetti *et al.* (2001) state that the Codó Formation, Neo-Aptian-Eo-Albian, were deposited in shallow marine environments, lacustrine and fluvial- deltaic. The aim of this work is apply the organic composition and thermal maturity determination to characterize the hydrocarbon generating potencial of the Codó Formation. For this study, microscopy (palynofacies and vitrinite reflectance) and organic geochemistry (TOC and S) analyses. Were performed in 16 samples from a Cretaceous sedimentary sequence. In these samples, there was a predominance of particulate organic components from the Amorphous Organic Matter (AOM) Group, followed by Phytoclasts Group and Palynomorph. The organic matter showed excellent quality for hydrocarbon generation, the contents of TOC and TS reached values up to 16,80% and 3,20%, respectively however the analyzed section presented insufficient stage of thermal maturity for hydrocarbon generation. The results indicate oxic and anoxic-dysoxic proximal marine paleoenvironment.

Key-words: Palynofacies, Codó Formation, Thermal Maturity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa geológico da Bacia do Parnaíba com a localização geográfica do poço 1-UN-24- PI utilizado neste estudo. (Mapa geológico, fonte: CPRM, 2005).

Figura 2: Diagrama Cronoestratigráfico Bacia do Parnaíba retirado da ANP, em destaque a Formação Codó (Góes, 1993).

Figura 3: Diagrama ternário com os 3 principais grupos da matéria orgânica (Fitoclasto, MOA, Palinomorfo).

Figura 4: Dendrograma da análise de agrupamento Modo – R (Statistica © 7.0) das amostras analisadas.

Figura 5: Dendrograma da análise de agrupamento Modo – Q (Statistica © 7.0) das amostras analisadas.

Figura 6: Gráfico com os parâmetros de palinofácies e COT utilizados para determinação dos intervalos e associações. O eixo “Y” é a profundidade em metros.

Figura 7: Diagrama com o percentual de COT (% em peso) x ST (% em peso) (Berner & Raiswell, 1984).

Figura 8: Correlação dos parâmetros geoquímicos para avaliação de maturação das amostras estudadas utilizando-se a tabela de correlação de parâmetro de maturação (Traduzido de Mukhopadhyay, 1994).

Figura 9: Diagrama de Profundidade x %Ro, onde o eixo X representa o valor de reflectância da vitrinista (%) e o eixo Y a profundidade (m).

LISTA DE ESTAMPA

Estampa 1: (1) fitoclasto opaco corroído; (2a-2b) fitoclasto estriado; (3) fitoclasto listrado; (4) fitoclasto perfurado; (5) fitoclasto bandado; (6a-6b) fitoclasto não-opaco não-bioestruturado; (7a-7b) MOA bacteriana; (8a-8b) MOA Heterogênea; (9a-9b) MOA Homogênea; (10a-10b) grão de pólen; (11a-11b) esporo; (12a-12b) *Botryococcus*; (13) *Pediastrum*; (14) *Scenedesmus*; (15) dinocisto; (16a-16b) trétrade (*Classópolis*). Fotos tiradas em luz branca transmitida (1, 2a, 3, 4, 5, 6a, 7b, 8b, 9b, 10a, 11a, 12b e 16b) e sob fluorescência (2b, 6b, 7a, 8a, 9a, 10b, 11b, 12a, 13, 14, 15 e 16a).

Estampa 2: MEV feito no Laboratório de Palinofácies & Fácies Orgânica (LAFO). (18) esporo; (19) Tétrade (*Classópolis*); (20) Fitoclasto; (21) Visão geral com MOA, Fitoclasto, Esporomorfo.

Estampa 3: (22) %Ro = 0,462; (23) %Ro = 0,466; (24) %Ro = 0,476; (25) %Ro = 0,472.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores (%) de Fitoclasto, MOA e Palinomorfo.

Tabela 2: Valores em (%) dos principais componentes da matéria orgânica.

Tabela 3: Associações de Palinofácies e o seu predomínio.

Tabela 4: Valores de profundidade, carbono, enxofre e resíduo insolúvel.

Tabela 5: Valores percentuais de vitrinita, número de medições e desvio padrão.

SUMÁRIO

Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract.....	vi
Lista de figuras	vii
Lista de estampas.....	viii
Lista de tabelas	ix
Sumário.....	x
1 INTRODUÇÃO	11
2 CONTEXTO GEOLÓGICO	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Preparação das amostras.....	15
3.2 Confecção das seções polidas (Rocha Total) para análise de reflectância da vitrinita	15
3.3 Análise de Palinofácies	16
3.4 Análises de Geoquímica Orgânica	16
3.4.1 Análise de Carbono Orgânico Total (COT) e Enxofre (S)	16
3.4.2 Poder Refletor da Vitrinita (%Ro)	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Análise Geoquímica Orgânica	18
4.2 Palinofácies e Análise de Geoquímica Orgânica	19
4.3 Tratamento Estatístico.....	23
4.4 Avaliação do Estágio de Maturação Térmica	30
5 CONCLUSÃO	35
6 BIBLIOGRAFIA.....	36

1 INTRODUÇÃO

A Bacia do Parnaíba é considerada uma bacia de “Fronteira Exploratória” por ser pouco explorada, mas atraente quando comparada com outras bacias similares ao redor do mundo. Suas rochas apresentam boa quantidade e qualidade de matéria orgânica para a geração comercial de petróleo.

A Formação Codó de idade Cretácea (Aptiano/Albiano) é uma importante seção potencialmente geradora de hidrocarboneto na bacia, pois apresenta elevados valores de Carbono Orgânico Total (2,0 a 27,32%) e Potencial de Geração (10 a 90Kg HC/Trocha) (Rodrigues, 1995).

As amostras utilizadas neste trabalho foram retiradas do poço UN-24-PI localizado a nordeste da Bacia do Parnaíba (figura 1). Mendes (2005) identifica 8 litologias entre o intervalo de 100 a 186 metros de profundidade: calcilito, silito, folhelho, brecha, gipsita, conglomerado, arenito e calcarenito. No intervalo foram analisados os folhelhos, considerados potencialmente geradores, apresentando elevados valores de carbono orgânico total (COT).

O objetivo deste trabalho é a caracterização da faciologia orgânica e a determinação do estágio de maturação térmica de uma sequência sedimentar cretácea pertencente à Formação Codó, Bacia do Parnaíba utilizando análises de microscopia optica sob luz branca transmitida (palinofácies) e luz branca refletida (Refletância da Vitrinita - %Ro) e técnicas organogeoquímicas (Carbono Orgânico Total – COT e Enxofre Total – ST).

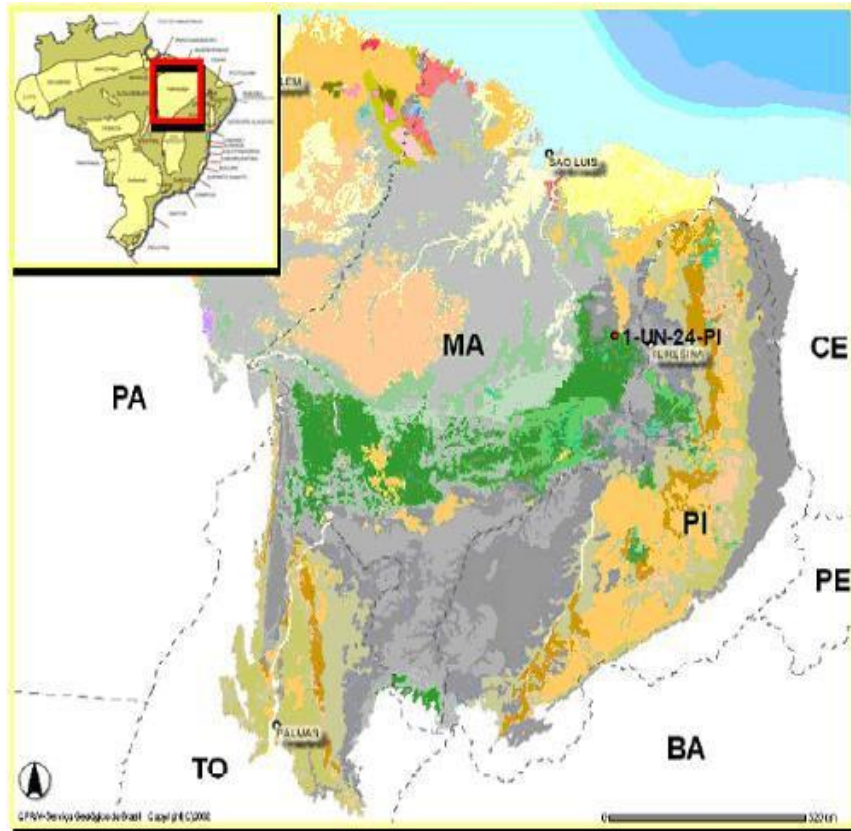


Figura 1: Mapa geológico da Bacia do Parnaíba com a localização geográfica do poço 1-UN-24- PI (Mapa geológico, fonte: CPRM, 2005).

2 CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia do Parnaíba pode ser classificada como uma bacia do Tipo I (interior cratônico) na classificação de Klemme (1980), que ocupa uma área de aproximadamente 600.000 km², localizada na região nordeste do Brasil, abrangendo quase a totalidade dos estados do Maranhão, Piauí, parte do leste do Pará, oeste do Ceará, norte de Goiás e Tocantins (Pedreira *et al.*, 2003). Em seu depocentro, a espessura da coluna sedimentar ultrapassa 3.000 m (Cunha, 1986). Está delimitada a norte pelo arco Ferrer–Urbano Santos, que separa a Bacia do Parnaíba das Bacias de São Luiz e Barreirinhas. A noroeste é limitada pelo Arco Tocantins, separando-a da Fossa do Marajó e a sul e sudeste pelo Arco São Francisco.

Para este trabalho seguiu-se a carta estratigráfica definida por Góes (1993) (Figura 2), a qual é dividida em cinco grupos depositados desde o Siluriano ao Cretáceo, situado sobre o embasamento proterozoico que é constituído, em sua maior parte, por rochas

metamórficas da Formação Riachão (Kegel, 1956) e Formação Mirador (Rodrigues, 1967).

A Formação Codó, de idade Aptiana-Albiana, insere-se num contexto evolutivo diferente do observado no restante da bacia, por estar relacionada a abertura do Oceano Atlântico. É constituída por folhelhos, calcários, siltitos, gipsita/anidrita, arenito e são frequentes a presença de níveis de sílex e estromatolitos. Sotopõe-se concordantemente aos arenitos da Formação Itapecurú e sobrepõe-se, também concordantemente, aos arenitos da Formação Grajaú (Vaz *et al.*, 2007). Devido ao contexto de evolução geológica (tectônica) distinta, relacionada à desagregação do paleocontinente Gondwana, alguns autores inserem regionalmente as rochas mesozoicas – dentre as quais se encontra a Formação Codó – além das cenozoicas, em outra bacia (Bacia do Grajaú; Rossetti *et al.*, 2001).

Esta sequência é caracterizada por uma rápida transgressão marinha resultante de uma subsidência, seguida da retirada definitiva do mar, que originou depósitos exclusivamente continentais (Góes & Feijó, 1994), provenientes do deslocamento da região central para as proximidades do extremo norte e noroeste da bacia, como reflexo da abertura do Atlântico (Rossetti *et al.*, 2001). Segundo Lima *et al.* (1994), o ambiente deposicional é lagunar, ligado a um mar epicontinental raso e anóxico, eventualmente restrito a ponto de originar precipitações de evaporitos.

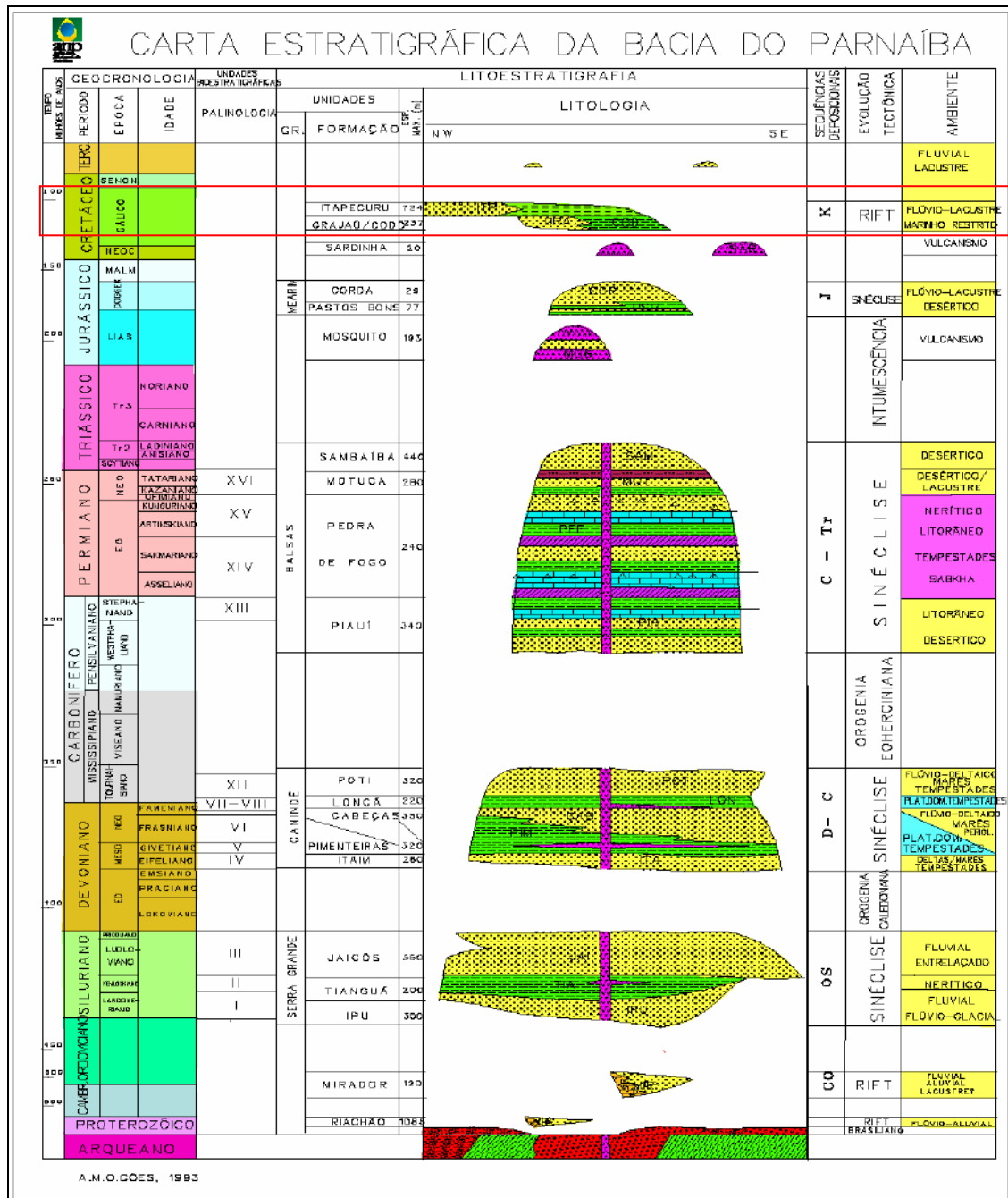


Figura 2: Diagrama Cronoestratigráfico Bacia do Parnaíba retirado da ANP, em destaque a Formação Codó (Góes, 1993).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 16 amostras do poço 1-UN-24-PI pertencentes à Formação Codó, correspondendo ao intervalo de 126,0 a 179,0 m de profundidade.

Dentre as 16 amostras, 6 foram analisadas para determinação do poder refletor da vitrinita – (%Ro). Essa análise consiste na medição da vitrinita sob luz branca refletida (Programa MSP200 (J&M), acoplado a um microscópio Zeiss Axioskop 2 *plus* objetiva 50x - em óleo de imersão).

As análises de palinofácies e geoquímica orgânica (COT e S) foram realizadas no Laboratório de Palinofácies & Fácies Orgânica – LAFO (Departamento de Geologia - UFRJ).

Para uma melhor interpretação dos resultados os dados obtidos receberam tratamento estatístico (análise de *cluster* – Modo Q) com o programa Statistica © 7.0.

3.1 Preparação das amostras

A preparação do material para análise de palinofácies e confecção de seção polida (Rocha Total) para análise de maturação térmica (Poder refletor da vitrinita %Ro) e foi realizada utilizando-se os procedimentos palinológicos padrões não-oxidativos descritos por Tyson (1995), Mendonça Filho (1999), Mendonça Filho *et al.* (2010; 2012) e Oliveira *et al.* (2004; 2011). As amostras foram fragmentadas de 20g a 40g de material foi separado para obtenção de um concentrado de querogênio. A primeira etapa do processamento químico consistie na acidificação da amostra com o ácido clorídrico (37%) para eliminação da fração carbonática. Na segunda etapa do processamento utiliza-se ácido fluorídrico (40%) para eliminação da fração silicática. A amostra é, então novamente acidificada com HCl, para eliminação dos possíveis fluorsilicatos formados durante as etapas anteriores. Utiliza-se o cloreto de zinco ($ZnCl_2$) para separação por flotação da fração orgânica. Obtido esse resíduo orgânico, foram confeccionadas lâminas organopalinológicas com o resíduo orgânico.

3.2 Confeção das seções polidas (Rocha Total) para análise de reflectância da vitrinita (%Ro)

Cerca de 10g de rocha triturada foi colocada em formas de Teflon, com uma mistura de resina de poliéster e endurecedor (catalisador). Após o endurecimento da resina, as amostras foram levadas à estufa (50°C) por cerca de 24 horas. Após a secagem o

material foi desbastado (com lixas 200 μ , 400 μ , 600 μ , 1200 μ , 2400 μ , 4000 μ) e polido (com feltro e alumina de 1,0 μ , 0,3 μ , 0,05 μ).

3.3 Análise de Palinofácies

A análise de palinofácies envolveu o exame quantitativo (contagem de 300 a 500 partículas) e qualitativo (identificação dessas partículas) dos grupos e subgrupos de componentes do querogênio através da utilização de técnicas de microscopia sob luz branca transmitida e luz azul / uv incidente (fluorescência). Tal contagem obedeceu à classificação dos grupos e subgrupos da matéria orgânica proposta por Tyson (1995); Mendonça Filho (1999); Menezes *et al.* (2008); Mendonça Filho *et al.* (2010; 2012). Após a contagem dos componentes orgânicos particulados, os valores absolutos foram recalculados para valores percentuais e confeccionados diagramas binários e ternários para uma melhor visualização dos resultados.

3.4 Análises de Geoquímica Orgânica

3.4.1 Análise de Carbono Orgânico Total (COT) e Enxofre (S)

A quantidade de matéria orgânica presente em um sedimento é frequentemente expressa pelo conteúdo de carbono orgânico total (COT), considerando que este inclui tanto a matéria orgânica solúvel (betume), quanto a insolúvel (querogênio) em solventes orgânicos. O teor de carbono orgânico reflete a quantidade de matéria orgânica presente na rocha sedimentar. Esta, por sua vez, é o resultado final da interação entre fatores como a quantidade de biomassa disponível para acumulação, a taxa de sedimentação no sítio deposicional e o grau de preservação da biomassa durante a deposição e a diagênese precoce. Posteriormente, o valor de COT é ainda influenciado pelo soterramento sedimentar e as reações responsáveis pela transformação da matéria orgânica em hidrocarbonetos, diminuindo progressivamente ao longo da metagênese e catagênese. Uma rocha é considerada potencialmente geradora quando apresenta um valor mínimo de 0,5% de COT (Peters & Cassa, 1994) e ainda, carbonatos que

apresentem um mínimo de 0,2% de COT também podem ser considerados potenciais geradores (Tissot & Welte, 1984).

Para determinar a porcentagem de COT é preciso primeiro eliminar o carbono inorgânico presente na amostra, separando-se cerca de 3g da amostra moída e acidificando com HCl. Em seguida, as amostras são queimadas num analisador SC-144 de carbono e enxofre não dispersivo, da marca Leco®, equipado com um detector infravermelho. Neste equipamento, as amostras são queimadas numa atmosfera de oxigênio a temperatura de 1350 °C, e feita a quantificação simultânea de carbono e enxofre. Este método foi adaptado das normas ASTM (American Society for Testing and Materials). Se tiver baixo RI (resíduo insolúvel) significa que boa parte da amostra reagiu com o HCl, sendo então amostra carbonática (<45%), se reagir certa quantidade (45% até 60%) é uma marga, mas se reagir pouco significa que a amostra é siliciclástica, sendo um folhelho (>60%).

3.4.2 Poder Refletor da Vitrinita (%Ro)

Um dos mais importantes parâmetros utilizados para estudos da maturação térmica da matéria orgânica contida nos sedimentos é o Poder Refletor da Vitrinita (%Ro), uma vez que a refletância da vitrinita pode representar todos os possíveis intervalos de paleotemperaturas, ao contrário de todos os outros métodos, óticos ou físico-químicos, que estão restritos à determinados níveis de evolução térmica (Hunt, 1979).

A reflectância da vitrinita nada mais é do que a porcentagem de luz de uma vitrinita em superfície polida e, a sua determinação, é um dos métodos mais utilizados na avaliação do grau de carbonificação do carvão e do nível de maturação da matéria orgânica contida em rochas geradoras de petróleo. O grupo da vitrinita corresponde à matéria orgânica lenhosa em estado gelificado, sendo proveniente de vegetais superiores terrestres e consiste de fragmentos de tecido lenhoso preservado, considerados como um dos “geotermômetros de máxima” mais confiáveis na geologia, pois sua reflectância é proporcional a maior temperatura registrada no sistema (Heroux *et al.*, 1979).

Para a indústria petrolífera a principal informação obtida a partir da reflectância da vitrinita é a delimitação da janela de geração de óleo; (i) %Ro da matéria orgânica imatura entre 0,50-0,60%, dependendo da fácies orgânica, (ii) %Ro da matéria orgânica matura (janela de geração de óleo) 0,65-0,90%, (iii) a matéria orgânica senil,

corresponde a %Ro entre 1,3-1,4%, onde resta aproximadamente 75% de carbono fixo na amostra (Hérox *et al.*, 1979).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises Geoquímica Orgânica

A figura 7 mostra a relação do teor de COT e S e indica um ambiente variando de lacustre de água doce a lacustre salino. Para a confecção desse gráfico foram utilizadas as amostras Cd-02, Cd-03, Cd-04, Cd-07, Cd-08, Cd-09, Cd-10, Cd-13, Cd-14, Cd-17, Cd-18, pois apresenta o maior percentual de MOA e o registro de dinocisto nas amostras Cd-02, Cd-03, Cd-04, corroboram com a ideia de uma incursão marinha no topo da formação. O ambiente lacustre salino está representado pelas amostras Cd-05, Cd-12, Cd-15, Cd-16, Cd-19 que apresenta MOA Bacteriana e Fitoclasto, com alguns aportes sedimentares de baixo volume devido ainda, à grande quantidade de MOA Bacteriana.

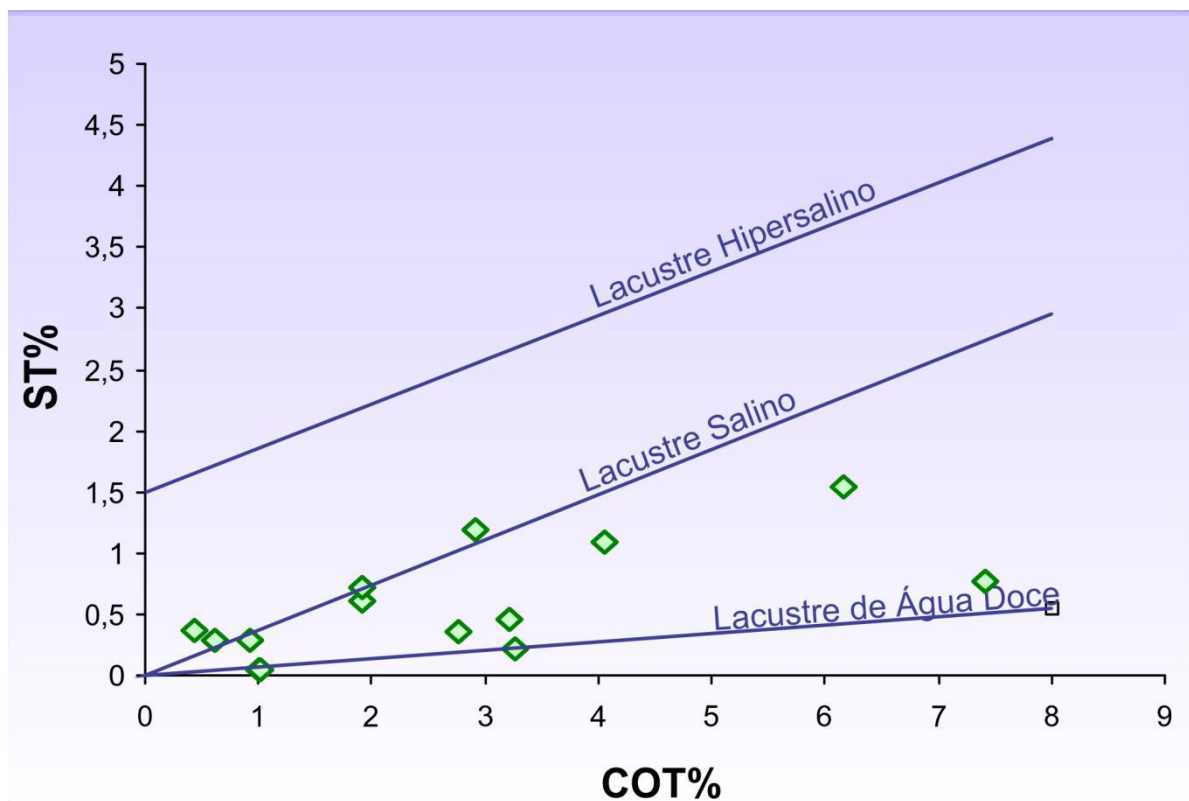


Figura 7: Diagrama com o percentual de COT (% em peso) x ST (% em peso) (Berner & Raiswell, 1984).

4.2 Palinofácies e Análise de Geoquímica Orgânica

A análise de palinofácies revelou a ocorrência dos 3 principais grupos da matéria orgânica.

Segundo Tyson (1995), o grupo MOA, representado pelas MOA Homogênea e Heterogênea (característica de condições deposicionais anóxicas) e pela MOA Bacteriana (característica de condições deposicionais disóxica-anóxicas), é o grupo com maior percentual de ocorrência, em relação ao total de matéria orgânica, variando entre 9,77% - 99,01%, ao longo do testemunho. Seguido do grupo Fitoclasto (característico de condições deposicionais óxicas), representados pelos fragmentos de tecidos lenhosos derivados de vegetais superiores, ocorre com uma variação percentual de 0,66% - 67,28%. E o grupo Palinomorfo, ocorre com variação entre 0,31% - 31,08%, está representado na sua maioria por componentes terrestres (esporos e grãos de pólen) e pelas algas lacustres dos gêneros *Botryococcus*, *Pediastrum* e *Scenedesmus*. Foi registrada também, a ocorrência de componentes marinhos (cistos de Dinoflagelado) (Tabela 1; figura 3).

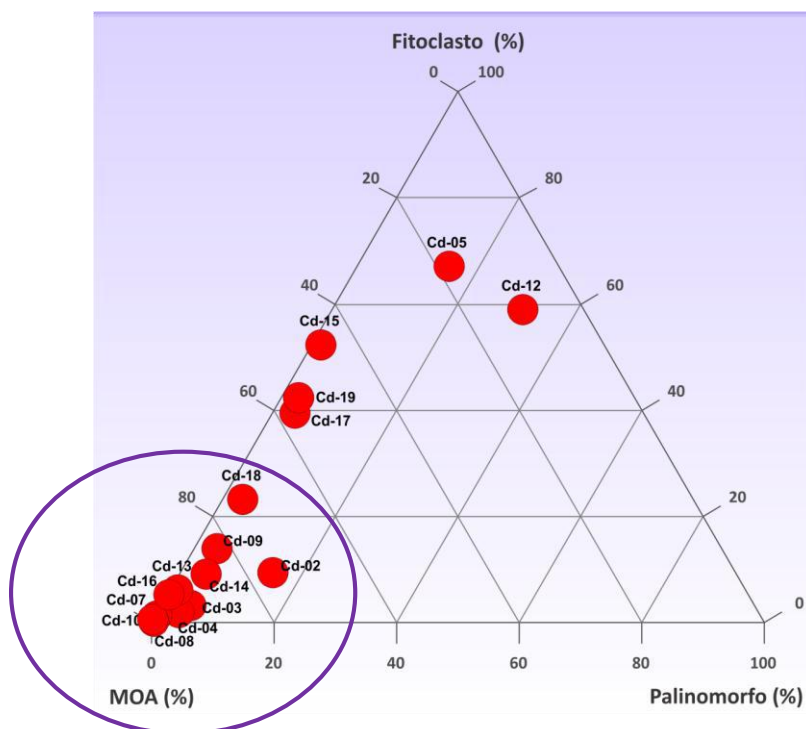


Figura 3: Diagrama ternário com os 3 principais grupos da matéria orgânica (Fitoclasto, MOA, Palinomorfo).

A MOA Homogênea e Heterogênea, ocorre com variação entre 0,00% a 94,12%, apresenta coloração marron-alaranjado sob luz branca transmitida, com inclusões (pontos pretos) de algum outro material (pirita, fragmentos de fitoclastos e, até mesmo, palinormorfos) e amarelo claro a escuro sob fluorescência. Esse tipo de partícula é preservada com a estratificação da lâmina d'água e em condições de anoxia do fundo. Isso ocorre em um ambiente de baixa energia, sugerindo um nível d'água mais elevado e sendo, muitas vezes, logo após um aporte sedimentar (tabela 1; estampa 1: 8a – 8b, 9a – 9b).

A MOA Bacteriana, ocorre com variação entre 0,00% a 99,01%, exibe coloração marron-alaranjado sob luz branca transmitida e amarelo ouro sob fluorescência. Ocorre em uma coluna d'água mais reduzida, quando comparada com a MOA homogênea e heterogênea (tabela 1; estampa 1: 7a – 7b).

Os componentes do grupo fitoclasto, tem variação de 0,99% a 67,28%, ocorrem com valores de médios a elevados em algumas amostras, representados, na sua maioria, pelo subgrupo de fitoclasto não-opaco, seguido pelas membranas e cutículas.

Os componentes deste grupo são alóctones, uma vez que chega ao ambiente deposicional por meio de aporte sedimentar fluvio deltaico. Esse aporte fluvial, conseqüentemente, aumenta o nível da coluna d'água e destrói a estratificação devido a corrente de turbidez (tabela 1; estampa 1: 1, 2a – 2b, 3, 4, 5, 6a – 6b).

Os esporomorfos, tem variação de 0,00% a 31,08%, (esporos e grãos de pólen dos gêneros *Cicatricosisporites* e *Classopolis*), componentes do grupo Palinomorfo entram no ambiente pelo meio aquoso e/ou aéreo. Exibem coloração branca e, na maioria das vezes, quase translúcida sob luz branca transmitida e sob fluorescência coloração amarelo ouro. Outros componentes também foram encontrados, ocorrendo com baixos valores percentuais, como algas de água doce dos gêneros *Botryococcus*, *Scenedesmus* e *Pediastrum*. Também foram observados dinocistos (*Subtilisphaera*), cistos marinhos de dinoflagelados, indicando uma incursão marinha, corroborando com os trabalhos de Arai (2009) e Alvarenga (2010). A presença de tétrades do gênero *Classopolis* é um indício da proximidade da área fonte no entorno do ambiente, praticamente não havendo transporte (tabela 1, estampa 1: 10a – 10b, 11a – 11b, 12a – 12b, 13, 14, 15, 16a – 17b).

AMOSTRA	PROFUNDIDADE (M)	FITOCLASTO (%)	MOA(%)	PALINOMORFO(%)
CD-02	126,0	9,78	75,08	15,14
CD-03	131,5	3,61	91,48	4,92
CD-04	136,2	2,29	94,12	3,59
CD-05	138,0	67,28	17,68	15,04
CD-07	146,0	1,63	98,04	0,33
CD-08	149,0	0,66	99,01	0,33
CD-09	150,0	14,29	81,90	3,81
CD-10	151,2	0,99	99,01	0,00
CD-12	158,0	59,15	9,77	31,08
CD-13	164,0	6,54	92,16	1,31
CD-14	167,0	9,49	86,08	4,43
CD-15	170,9	52,52	45,91	1,57
CD-16	173,5	5,63	94,06	0,31
CD-17	175,5	39,71	56,52	3,77
CD-18	176,0	23,53	73,11	3,36
CD-19	179,0	42,62	54,48	2,91

Tabela 1: Valores percentuais dos grupos da matéria orgânica em relação ao total de matéria orgânica.

AMOSTRA	PROFUNDIDADE (M)	FITO TOTAL(%)	MOA HOMO HETE (%)	MOA BAC(%)	ESPORO TOTAL(%)	MICRO DOCE TOTAL(%)	MAR TOTAL(%)
CD-02	126,0	9,78	32,70	42,86	4,13	1,59	9,52
CD-03	131,5	3,61	91,48	0,00	2,62	0,00	2,30
CD-04	136,2	2,29	94,12	0,00	0,65	0,00	2,94
CD-05	138,0	67,28	5,62	10,67	13,76	2,25	0,00
CD-07	146,0	1,63	0,00	98,04	0,33	0,00	0,00
CD-08	149,0	0,66	0,00	99,01	0,33	0,00	0,00
CD-09	150,0	14,29	0,00	81,90	3,81	0,00	0,00
CD-10	151,2	0,99	82,51	16,50	0,00	0,00	0,00
CD-12	158,0	59,15	0,00	6,49	32,21	0,00	0,00
CD-13	164,0	6,54	0,00	92,00	1,33	0,00	0,00
CD-14	167,0	9,49	9,32	76,53	4,50	0,00	0,00
CD-15	170,9	52,52	29,03	16,13	1,61	0,00	0,00
CD-16	173,5	5,63	94,06	0,00	0,31	0,00	0,00
CD-17	175,5	39,71	55,62	0,00	3,85	0,00	0,00
CD-18	176,0	23,53	73,11	0,00	3,36	0,00	0,00
CD-19	179,0	42,62	15,98	38,50	2,91	0,00	0,00

Tabela 2: Valores percentuais dos grupos e subgrupos da matéria orgânica em relação ao total de matéria orgânica.

fito total = fitoclasto total; moa homo hete = moa homogênea e heterogênea; moa bac = moa bacteriana; esporo total = espormorfo total; micro total = microplanctôn de água doce total; mar total = microplâncton marinho total

4.3 Tratamento Estatístico

A análise de *Cluster* Modo-Q e Modo-R foi feita através do método Ward's com a distância "Manhattan" objetivando agrupar os componentes em relação a sua origem.

De acordo com o Modo-R, os parâmetros utilizados para a determinação do grau de similaridade entre as amostras foram os valores de abundância relativa dos componentes orgânicos particulados (MOA Bacteriana, MOA Homogênea, MOA Heterogênea, Microplâncton marinho, Membrana, Cutícula, Fitoclasto Bioestruturado Total, Fitoclasto Não-bioestruturado Total, Continental Total (esporomorfo total e microplâncton de água doce) e Fitoclasto Opaco Total) (figura 4).

As 16 amostras foram agrupadas em 3 associações de palinofácies, sendo que na associação I predomina o grupo Fitoclasto, na associação II o subgrupo da MOA bacteriana e na associação III, há o predomínio do grupo MOA (tabela 3).

Associação de Palinofácies	Predomínio
I	GRUPO FITOCLASTO
II	MOA BACTERIANA
III	MOA Homogênea e Heterogênea

Tabela 3: Associações de Palinofácies e o seu predomínio.

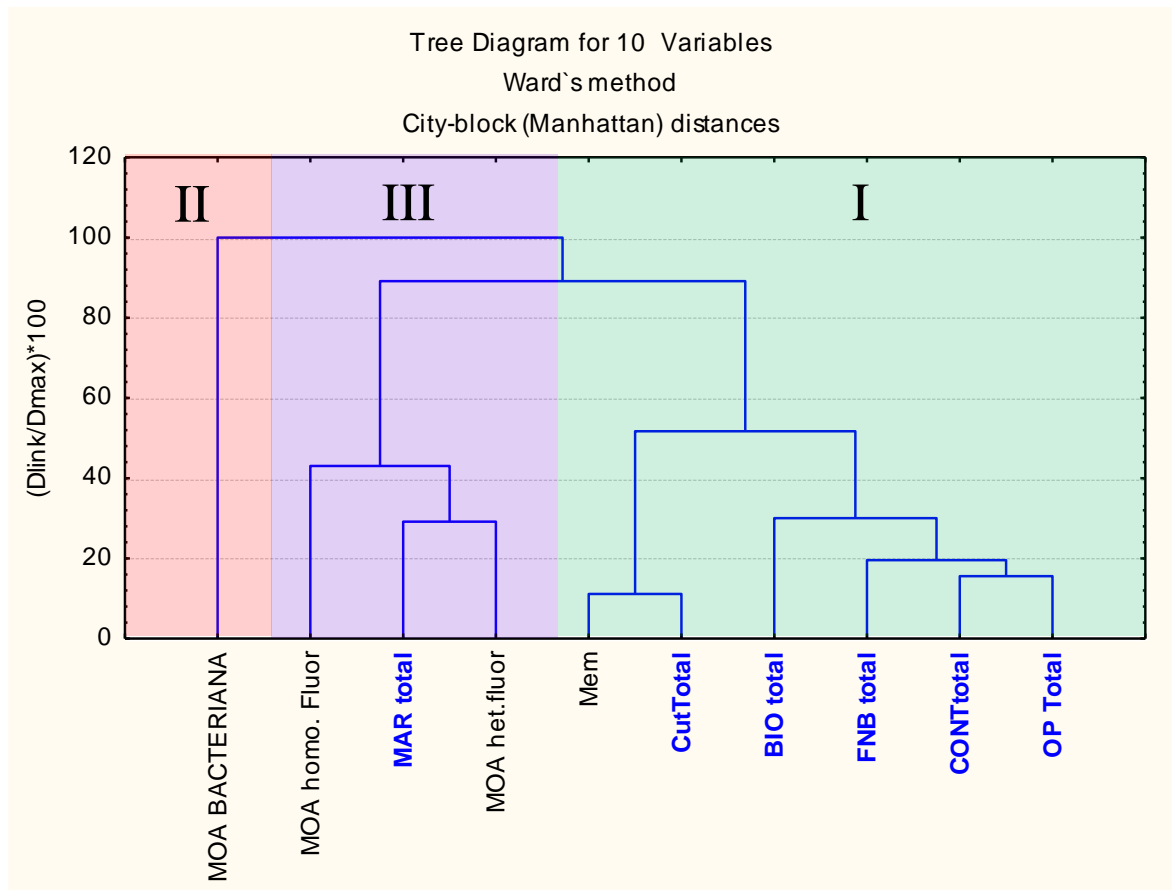


Figura 4: Dendrograma da análise de agrupamento Modo – R (Statistica © 7.0) das amostras analisadas.

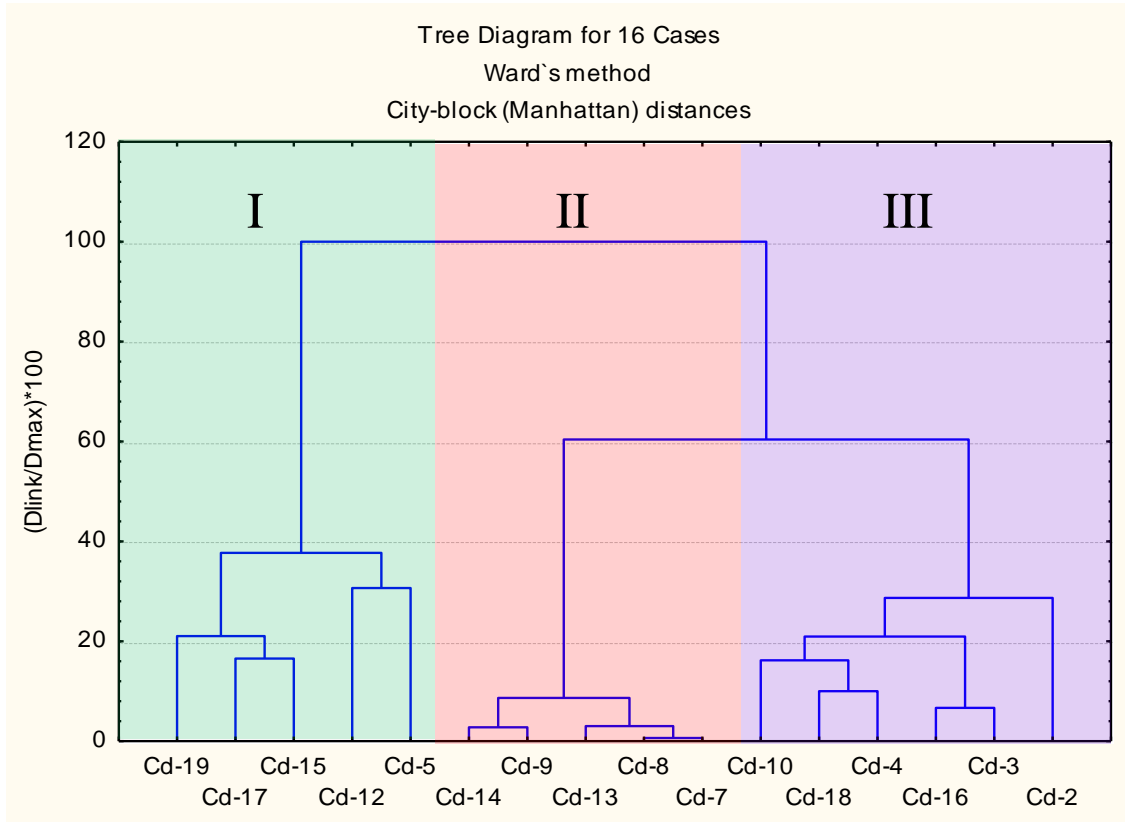


Figura 5: Dendrograma da análise de agrupamento Modo – Q (Statistica © 7.0) das amostras analisadas.

No gráfico da figura 6 estão representados 4 intervalos, sendo que no intervalo 1 (amostras CD-19, CD-18, CD-17, CD-16, sendo a base do perfil) há o predomínio das associações I, II e III, sugerindo um pequeno aporte sedimentar, transportando fitoclastos, mas com um percentual de MOA Bacteriana já instalado. Após esse aporte, houve uma subida da coluna d'água, provável estratificação dessa coluna e preservação da MOA Homogênea e Heterogênea, refletindo no aumento de COT, (1,90% a 4,04%). Os valores de resíduo insolúvel (RI) são da base para o topo: 9, 55, 37 e 30, respectivamente, sendo rochas carbonáticas e a amostra CD-18 uma margá (tabela 4).

No intervalo 2 predomina as associações I e II (amostras CD-13, CD-14, CD-15), com entrada sedimentar transportando fitoclastos, na base do intervalo, porém com baixo nível da coluna d'água e sem estratificação. Com isso, houve a preservação da MOA Bacteriana, indicando um ambiente mais salino sob condições disóxico-anóxicas. Nesse intervalo o valor de COT varia de 2,90% a 3,25% e com valores de RI da base

para o topo de 74, 26 e 10, sendo a amostra CD-15 folhelho e as amostras CD-13 e CD-14, carbonáticas (tabela 4).

No intervalo 3 há o predomínio das associações I, II e III, (amostras CD-07, CD-08, CD-09, CD-10, CD-12) ocorrendo um novo aporte sedimentar, promovendo a entrada de fitoclastos e palinomorfos diluindo a matéria orgânica presente (diminuindo a porcentagem de COT para 0,60%). Após esse aporte, houve a preservação de MOA Homogênea e Heterogênea, devido elevação e estratificação coluna d'água. Após essa deposição, ocorre novamente a diminuição do nível da coluna d'água, favorecendo a preservação da MOA Bacteriana. Com a estratificação da coluna d'água as condições para a preservação da matéria orgânica tornar-se excelente, com valores de COT de 14,90%, 2,75%, 7,40% e 16,80% (base para o topo). As amostras CD-09 e CD-12 são carbonáticas com valores de RI de 19 e 25 e as amostras CD-07, CD-08 e CD-10 são margas com valores de RI de 60, 60 e 55, respectivamente (tabela 4).

No intervalo 4 ocorre o predomínio das associações I, II e III (CD-02, CD-03, CD-04 e CD-05) com um novo aporte sedimentar, com a provável estratificação da coluna d'água, preservação da MOA homogênea e heterogênea, seguida da preservação da MOA Bacteriana. Neste intervalo foi registrada a ocorrência de algas de água doce (amostra CD-02) e foi registrada também, a presença de dinocistos (CD-02, CD-03 e CD-04), que segundo Arai (2009) houve uma incursão marinha que inundou praticamente todas as bacias da margem continental brasileira, o que proporcionou a deposição de espessas camadas de evaporitos na maioria delas. A amostra CD-05 é a que apresenta os menor valor de COT, igual a 0,42%. As demais amostras apresentam valores de 6,15%, 1,00% e 0,99%, da base para o topo. Os valores de RI das amostras CD-02, CD-03, CD-04 e CD-05 são, respectivamente, 78, 80, 79 e 45, onde apenas a amostra CD-05 é uma marga e as demais são folhelhos (tabela 4).

BACIA DO PARNAÍBA				
AMOSTRA	PROFUNDIDADE (M)	COT	S	RI
CD-02	126,0	0,99	0,06	78
CD-03	131,5	1,00	0,06	80
CD-04	136,2	6,15	1,55	79
CD-05	138,0	0,42	0,38	45
CD-07	146,0	16,80	3,20	60
CD-08	149,0	7,40	0,78	60
CD-09	150,0	2,75	0,37	19
CD-10	151,2	14,90	2,00	55
CD-12	158,0	0,60	0,30	25
CD-13	164,0	3,20	0,47	10
CD-14	167,0	3,25	0,23	26
CD-15	170,9	2,90	1,20	74
CD-16	173,5	1,90	0,65	30
CD-17	175,5	0,91	0,30	37
CD-18	176,0	4,04	1,10	55
CD-19	179,0	1,90	0,73	9

Tabela 4: Carbono Orgânico Total (COT), Enxofre (S) e Resíduo Insolúvel (RI).

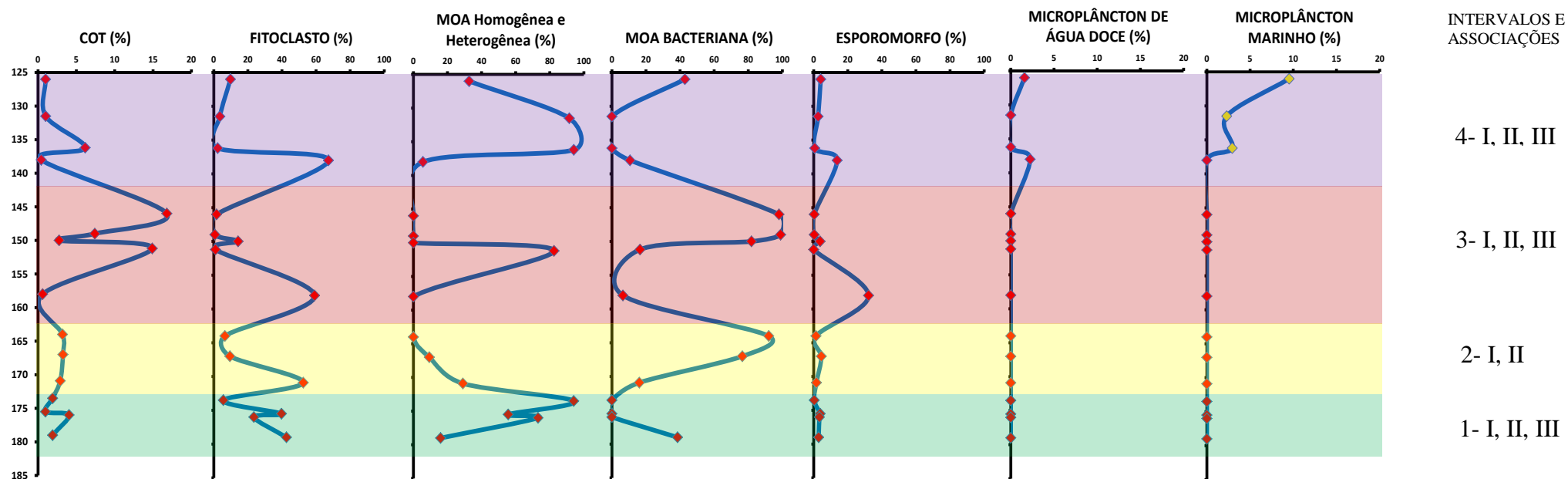
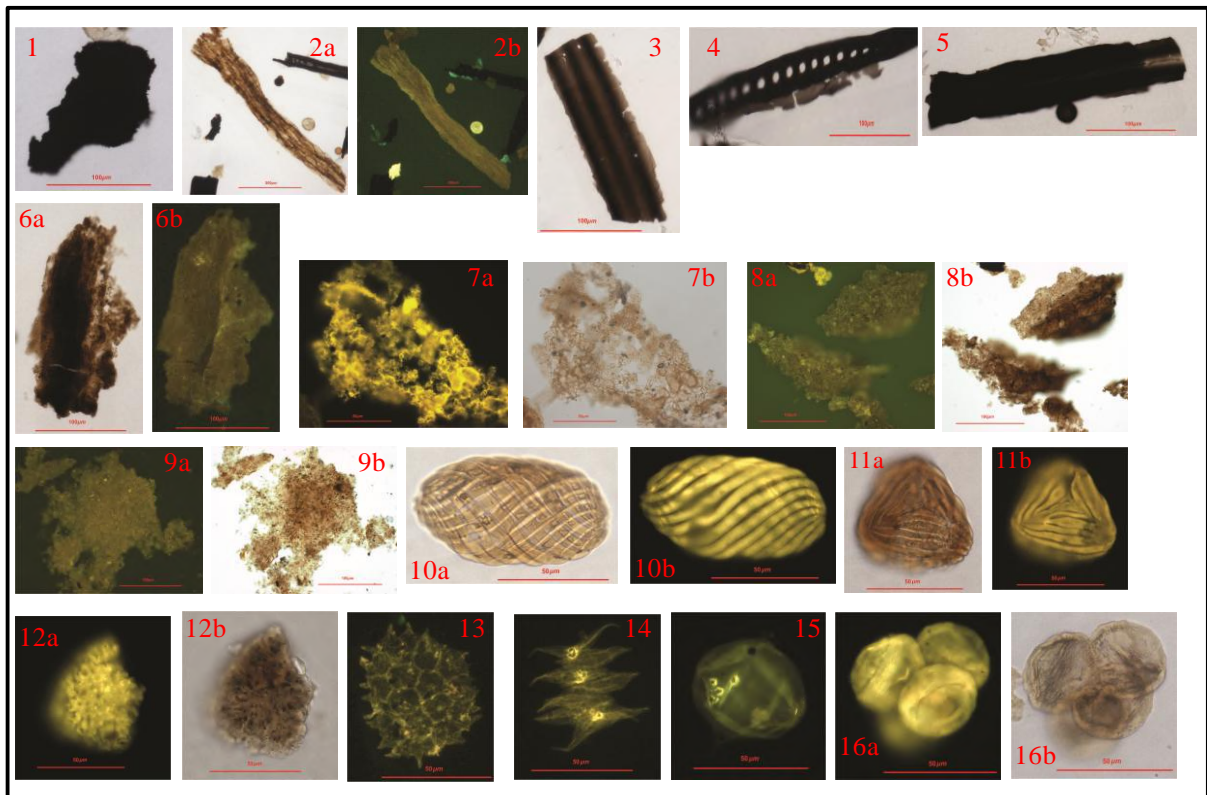
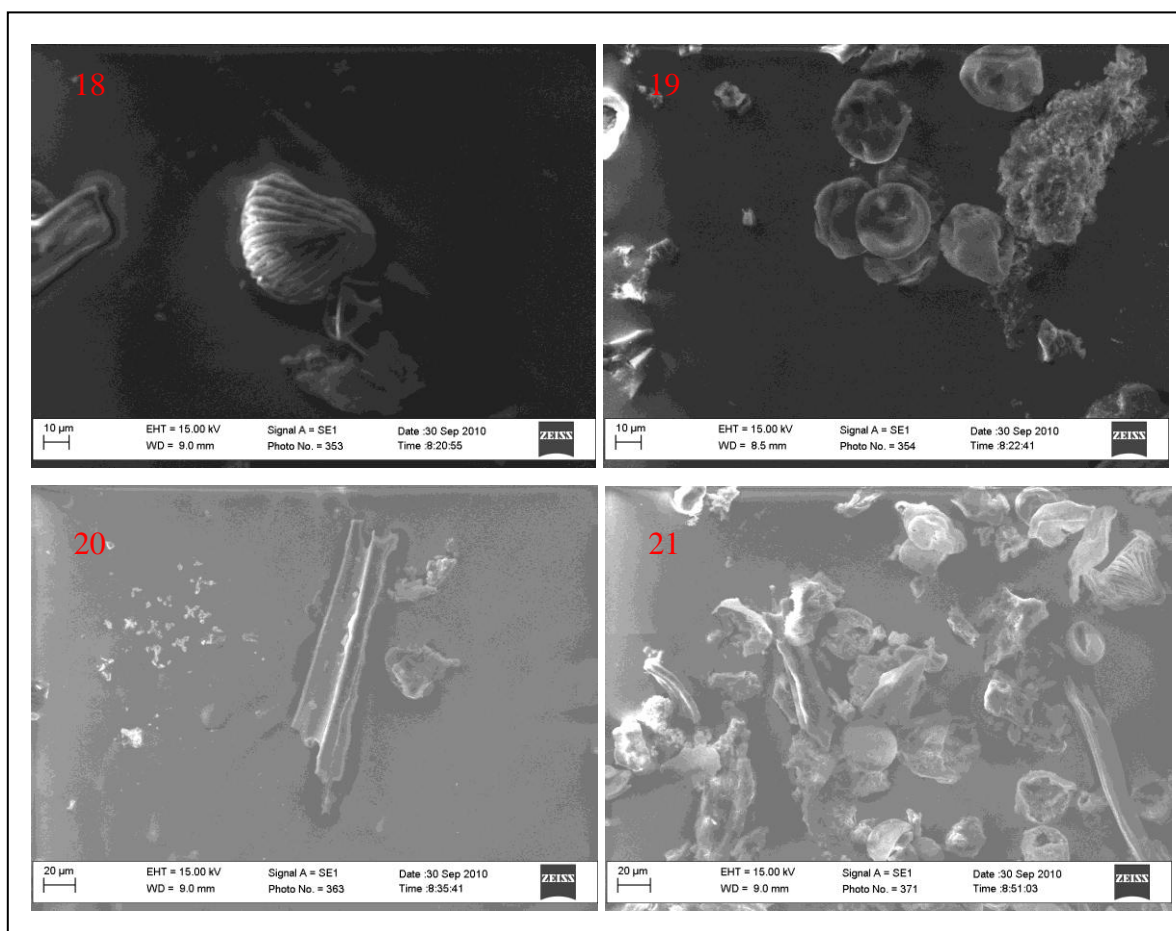


Figura 6: Gráfico com os parâmetros de palinofácies e COT utilizados para determinação dos intervalos e associações. O eixo “Y” é a profundidade em metros.



Estampa 1: (1) fitoclasto opaco corroído; (2a-2b) fitoclasto estriado; (3) fitoclasto listrado; (4) fitoclasto perfurado; (5) fitoclasto bandado; (6a-6b) fitoclasto não-opaco não-bioestruturado; (7a-7b) MOA bacteriana; (8a-8b) MOA Heterogênea; (9a-9b) MOA Homogênea; (10a-10b) grão de pólen; (11a-11b) esporo; (12a-12b) *Botryococcus*; (13) *Pediastrum*; (14) *Scenedesmus*; (15) dinocisto (*Subtilisphaera*); (16a-16b) trétrade (*Classópolis*). Fotomicrografias em luz branca transmitida (1, 2a, 3, 4, 5, 6a, 7b, 8b, 9b, 10a, 11a, 12b e 16b) e sob fluorescência (2b, 6b, 7a, 8a, 9a, 10b, 11b, 12a, 13, 14, 15 e 16a).



Estampa 2: Imagens em MEV: (18) *Cicatricosisporites*; (19) Tétrade (*Classopolis*); (20) Fitoclasto; (21) Visão geral com MOA, Fitoclasto, Esporomorfo.

4.4 Avaliação do Estágio de Maturação Térmica

As 6 amostras foram escolhidas após a leitura da palinofácies, pois essas amostras apresentam maiores quantidades de fitoclastos. Os resultados da análise do poder Refletor da Vitrinita (%Ro) demonstram uma baixa maturação térmica das amostras, com valores de %Ro variando de 0,455 a 0,488, indicando que as amostras encontram-se imaturas, na fase de diagênese com baixas temperaturas (aproximadamente 65°C). (tabela 5; figura 8; estampa 3).

No gráfico de %Ro é observado que conforme aumenta a profundidade as amostras aumentam a sua maturação, embora essa diferença seja pequena devido, também, a pequena diferença de profundidade (figura 9).

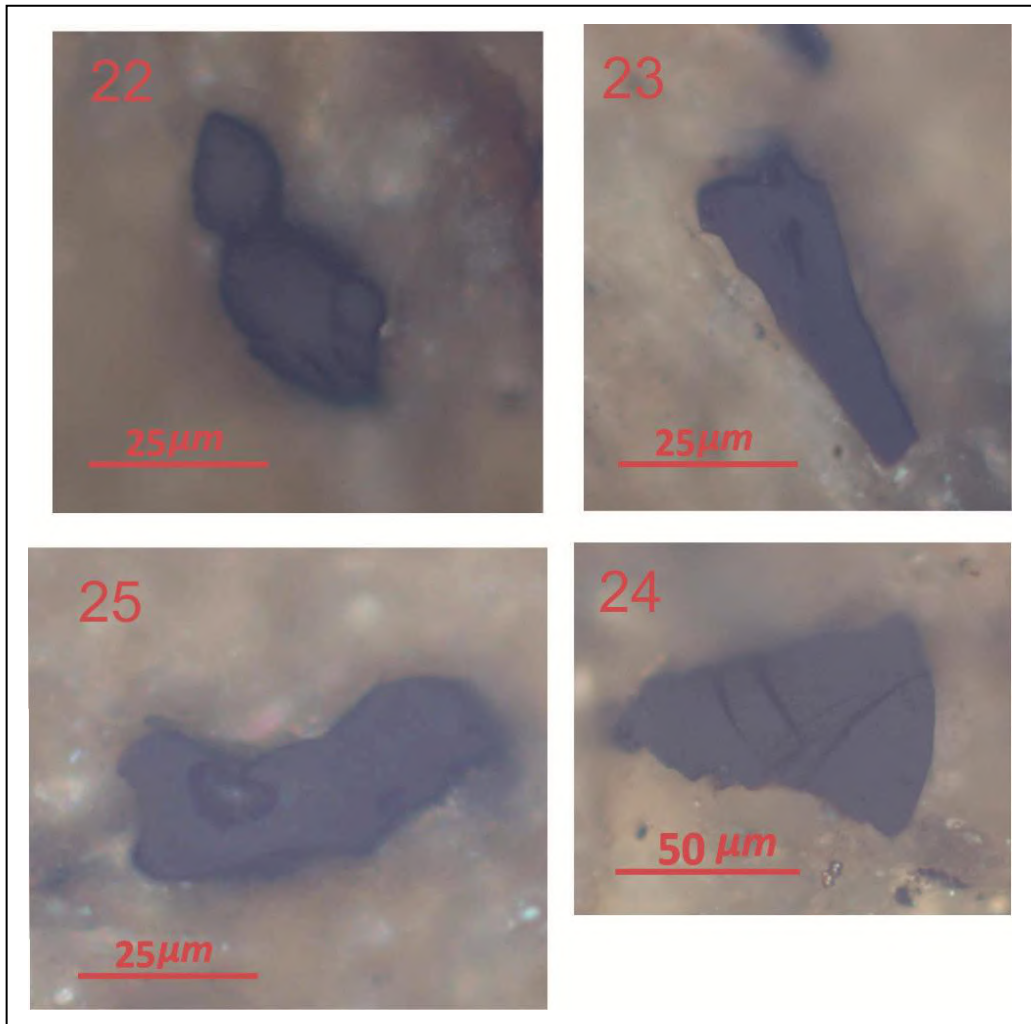
O baixo número de medições de %Ro se deve a baixa quantidade de vitrinita encontrada, impossibilitando maior número de medições e tornando mais preciso o resultado.

AMOSTRA	PROFUNDIDADE (M)	%Ro	NÚMERO DE MEDIÇÕES	DESVIO PADRÃO
CD-05	138,0	0,465	3	0,0196
CD-09	150,0	0,455	5	0,0136
CD-12	158,0	0,465	8	0,0125
CD-15	170,9	0,470	19	0,0173
CD-17	175,5	0,477	16	0,0172
CD-19	179,0	0,488	4	0,0149

Tabela 5: Valores percentuais de vitrinita, número de medições e desvio padrão.

Maturação e Rank		PARÂMETROS MICROSCÓPICOS DE MATURAÇÃO						PARÂMETROS QUÍMICOS DE MATURAÇÃO					Zonas de Geração de HC	
Estágios de Maturação	Rank de Carvão	Refl. Viridita (%Ro)	IAT* IAT**	Índice de Alteração de Condôntite (IAC)	FLUORESCÊNCIA			Refl. do Betume Solúvel (%Ro)	Tmax (°C) Rock-Eval	MPA 1	MDR	Esterano C ₂₇ -208/126 + 200		Esterano Dia C27/ Dia C27 + Reg C27
					Cor da Alginita	λ MAX (nm)	Alg. Toxmanita (Q)							
DIAGENESE	TURFA	0.2	1 AMARELO	1 AMARELO	AMARELO ESVERDEADO	500		400						Metano Biogênico e Óleo Psudo
	LINHITO	0.3												
	SUB-BETUMIN. C	0.4												
CATAGENESE	BETUMINOSO ALTO VOLÁTIL A	0.5	2 LARANJA	2	AMARELO DOURADO	540	0.7	0.2	435	0.2	0.0	0.25	0.2	Óleo, Gás Úmido e Condensado Janda de Óleo
	BETUMINOSO ALTO VOLÁTIL B	0.6			600	1.0	0.5							
	BETUMINOSO ALTO VOLÁTIL C	0.7	2 MARROM CLARO	2	AMARELO FOSCO	600	1.3	0.5	450	0.52	2.8	0.5	0.65	
	BETUMINOSO ALTO VOLÁTIL A	0.8			LARANJA	640	1.5	1.0						
	BETUMIN. MÉDIO VOLÁTIL A	0.9	3 MARROM	3	VERMELHO	680	1.8	1.0	475	0.86	5.6	0.6	0.8	
	BETUMIN. MÉDIO VOLÁTIL B	1.0			MARROM CLARO	640	1.5	1.0						
	BETUMIN. MÉDIO VOLÁTIL C	1.2	3 MARROM	3	MARROM				500	1.38	8.2	0.6	0.8	
BETUMIN. BAIXO VOLÁTIL A	1.35	MARROM												3.5
BETUMIN. BAIXO VOLÁTIL B	1.5	3 MARROM	3.5	3				475	2.5	1.02			Gás Úmido Gás Seco	
METAGENESE	SEMI-ANTRACL.	2.0	4 PRETO	4	SEM-FLUORESCÊNCIA			550	1.45	1.02				Gás Seco
	SEMI-ANTRACL.	2.5												
	ANTRACTO	3.0	5 PRETO	4.0	5									
Meta-morf.	META-ANTRACL.	5.0	5 PRETO	4.0	5									

Figura 8: Correlação dos parâmetros geoquímicos para avaliação de maturação das amostras estudadas utilizando-se a tabela de correlação de parâmetro de maturação (Traduzido de Mukhopadhyay, 1994).



Estampa 3: (22) %Ro = 0,462; (23) %Ro = 0,466; (24) %Ro = 0,476;
(25) %Ro = 0,472.

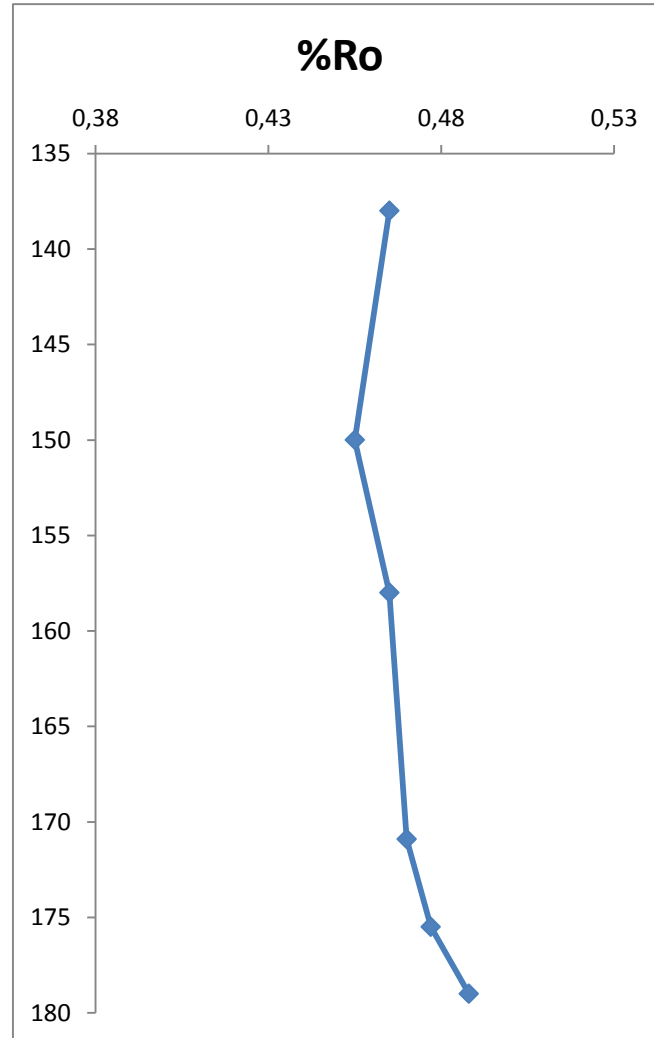


Figura 9: Diagrama de Profundidade x %Ro, onde o eixo X representa o valor de reflectância de vitrinita (%) e o eixo Y a profundidade (m).

5 CONCLUSÃO

Os parâmetros geoquímicos e de palinofácies indicaram uma variação nas condições de deposição da matéria orgânica nos sedimentos. Foi possível identificar uma variação entre condições lacustres de água doce a salino, no entanto, isso não impossibilita que o ambiente tenha sido hipersalino. No topo da sucessão foi identificado a ocorrência de dinocisto (*Subtilisphaera*) comprovando uma incursão marinha na Formação Codó.

A sucessão sedimentar analisada apresenta teores de COT elevados e querogênio de boa qualidade, porém de acordo com %Ro encontra-se imaturas.

6 BIBLIOGRAFIA

- ALVARENGA, M.V.S. 2010. Fácies Orgânica e Evolução Térmica de uma Seção Sedimentar da Formação Codó, da Bacia do Parnaíba. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. Trabalho final de curso.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo. 2002. Disponível em <http://www.brazil-rounds.gov.br/round4/atividades_exploratorias/cartas_secoes/cartas/ce_arniba.pdf> Acessado em 28 de agosto de 2009.
- ARAI, M. 2009. Paleogeografia do Atlântico Sul no Aptiano: Um Novo Modelo a Partir de Dados Micropaleontológicos Recentes. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, pp. 331-351.
- Berner, R.A.; Raiswell, R. 1984. C/S method for distinguishing freshwater from marine sedimentary rock. *Geology*, v. 12, pp. 365–368.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: http://www.geoambiente.com.br/website/cprm_geologico/viewer.htm, (Acessado em 20.abr.2005).
- CUNHA, F.M.B. 1986. Evolução Paleozoica da Bacia do Parnaíba e seu Arcabouço Tectônico. 107f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós- Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro.
- GÓES, A.M.O. ; TRAVASSOS, W.A.S.; NUNES, K.C. 1993. Projeto Parnaíba - Reavaliação da Bacia. Simpósio de Geologia da Amazônia, 4, Belém. Boletim de Resumos Expandidos. pp. 11-14.
- GOES, A.M.O. ; FEIJO, J.F. 1994. Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, pp. 55-64.

- HEROX, Y.; CHAGNON, A.; BERTRAND, R., 1979. Compilation and Correlation of Major Thermal Maturation Indicators. – Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. (AAPG), 63, pp. 2128-2144.
- HUNT, J.M. 1979. Petroleum Geochemistry and Geology: San Francisco, W. H. Freeman and Co., p. 617.
- KEGEL, W. 1956. As Inconformidades da Bacia do Parnaíba e Zonas Adjacentes. Bol. DNPM/DGM, 160. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, p. 59.
- KLEMME, H.D. 1980. Petroleum Basins – Classification and Characteristics. J. Petr. Geol., v. 3, n. 2, pp.187–207.
- LIMA, H.P.A., LAÉRCIO G.F.F., FLÁVIO J. 1994. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, 8(1), pp. 111-113.
- MENDES, S.M. 2005. Análise Faciológica da Formação Codó (Aptiano/Albiano) na Bacia do Parnaíba. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. Trabalho final de curso.
- MENDONÇA FILHO, J.G. 1999. Aplicação de estudos de palinofácies e fácies orgânica em rochas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. Tese de Doutorado em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 2, p. 338.
- MENDONÇA FILHO, J.G.; MENEZES, T.R.; MENDONÇA, J.O.; OLIVEIRA, A.D.; CARVALHO, M.A.; SANTANNA, A.J.; SOUZA, J.T. 2010. Palinofácies. *In*: Carvalho (org.) Paleontologia.
- MENDONÇA FILHO, J.G.; MENEZES, T.R.; MENDONÇA, J.O.; OLIVEIRA, A.D.; SILVA, T.F.; RONDON, N.F.; SILVA, F.S. 2012. Organic Facies: Palynofacies and Organic Geochemistry Approaches. *In*: Geochemistry Earth's System Processes Panagiotaras, D. (ed.), Croatia, Intech, pp. 211-248.

- MENEZES, T.R.; MENDONÇA FILHO, J.G.; ARAUJO, C.V.; SOUZA, I.V.A.F.; MENDONÇA, J.O. 2008. Fácies Orgânica: Conceitos, Métodos e Estudos de Casos na Indústria do Petróleo. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, pp. 80-96.
- MUKHOPADHYAY, P.K., 1994, Vitrinite Reflectance as a Maturity Parameter: Petrographic and Molecular Characterization and its Applications to Basin Modelling. *In: MUKHOPADHYAY, P. K.; DOW, W. G. (eds). Vitrinite Reflectance as a Maturity Parameter — Applications and Limitations ACS Symposium. v. 570, pp. 1–24.*
- OLIVEIRA, A.D.; MENDONÇA FILHO, J.G.; CARVALHO, M. A.; MENEZES, T.R., LANA, C.C.; BRENNER, W.W. 2004. *In: 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.; CARVALHO, M.A.; MENEZES, T.R.; LANA, C.C.; BRENNER, W.W. 2004. Novo Método de Preparação para Aumentar a Recuperação de Dinoflagelados. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7, pp. 169 – 175.
- OLIVEIRA, A.D. 2011. Estudo Integrado de Palinofácies com Cistos de Dinoflagelados Fósseis (dinocistos) de Zona Climática Tropical em Sedimentos Quaternários de Águas Profundas da Bacia de Campos, RJ-Brasil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. Tese de Doutorado em Geociências, p. 257.
- PEDREIRA, A.J.; LOPES, R.C; VASCONCELOS, A.M; BAHIA, R.B.C. 2003. Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas. *In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Org.). Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. 1ª ed. Brasília: Editora UnB, v. 1, pp. 55-85.*
- PETERS, K.E.; CASSA, M.R. 1994. Applied Source Rock Geochemistry. *In: Magoon, L.B., Dow, W.G. (eds.), The Petroleum System – from Source to Trap. AAPG Memoir, v. 60, pp. 93–120.*

- RODRIGUES, R. 1967. Estudo Sedimentológico e Estratigráfico de Depósitos Silurianos e Devonianos da Bacia do Parnaíba. Petrobras. Relatório Interno, Belém, v. 273, p. 61.
- RODRIGUES, R. 1995. A Geoquímica Orgânica na Bacia do Parnaíba. 225f. Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M. 2001. O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú. Coleção Friedrich Katzer. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém. pp. 245.
- ROSSETTI, D.F. 2001. Arquitetura Depositional da Bacia de São Luís-Grajaú. *In*: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M.; TRUCKENBRODT, W. (eds.). O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú. Museu Paraense Emílio Goeldi (Coleção Friedrich Katzer), Belém, pp. 31-46.
- ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M.; ARAI, M.A. 2001. Passagem Aptiano-Albiano na Bacia do Grajaú, MA. *In*: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M.; TRUCKENBRODT, W. (eds). O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, pp. 101-117.
- TISSOT, B.P.; Welte, D.H. 1984. Petroleum Formation and Occurrence. 2^a ed. Berlin: Springer-Verlag.
- TYSON, R.V. 1995. Sedimentary Organic Matter. Organic facies and palynofacies. Chapman & Hall. Londres, p. 615.
- VAZ, P.T.; REZENDE, N.G.A.M.; WANDERLEY FILHO, J.R.; TRAVASSOS, W.A.S. 2007. Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, pp. 253-263.