



**FÁCIES ORGÂNICA E POTENCIALIDADE DE GERAÇÃO DE
HIDROCARBONETOS DO APTIANO DA BACIA DO PARNAÍBA**
**Organic Facies and Hydrocarbon Generation Potential of the Aptian of the
Parnaíba Basin.**

Alisson Andrade Alves da Silva

¹*UFRJ, Departamento de Geologia, CCMN/IGEO, Cidade Universitária*

Ilha do Fundão, 21949-900, Rio de Janeiro, RJ-Brasil. E-mail: alissari@hotmail.com

²*UFRJ, Departamento de Geologia, CCMN/IGEO, Cidade Universitária – Ilha do Fundão,
21949-900, Rio de Janeiro, RJ-Brasil*

³*DEGEO/IGEO/UFRJ, Ilha do Fundão, 21949-900, RJ-Brasil. E-mail: graciano@geologia.ufrj.br*

Resumo

A bacia do Parnaíba é uma extensa bacia intracratônica, com uma área de aproximadamente 600.000 km², localizada na Região Nordeste do Brasil, abrangendo os Estados do Maranhão, Piauí, pequenas faixas do leste do Pará, oeste do Ceará, norte de Tocantins e Goiás. A Formação Codó, de idade cretácea, apresenta espessura máxima aproximada de 230 m em subsuperfície, sendo constituída de camadas de arenitos, folhelhos, carbonatos, conglomerados e siltitos considerados como sendo depositados em ambiente marinho raso carbonático durante um episódio transgressivo. O objetivo deste trabalho foi determinar o estágio de evolução térmica para caracterização do potencial de geração de hidrocarbonetos e caracterização da faciologia orgânica, utilizando análises de microscopia (Palinofácies, Índice de Coloração de Esporos – ICE, Refletância da Vitrinita - % Ro e Espectro de Fluorescência) e análises de geoquímica orgânica (Pirólise *Rock-Eval*, Carbono Orgânico Total - COT, Enxofre Total - ST). Para tal estudo foram utilizadas 19 amostras provenientes de uma sequência sedimentar cretácea pertencente à Formação Codó, Bacia do Parnaíba. Na seção sedimentar estudada (Poço UN-24-PI), houve um predomínio de componentes orgânicos particulados do grupo Fitoclasto, seguido por componentes dos grupos Palinomorfo e Matéria Orgânica Amorfa (MOA). Os resultados obtidos através da geoquímica orgânica apontam para o predomínio do querogênio tipo II indicando uma boa qualidade de matéria orgânica para geração de hidrocarbonetos, e os teores de COT e ST alcançam valores de até 6,3% e 1,3% respectivamente, com um bom Potencial de Geração (PG) de até 15,77 mg.HC/g.rocha. Segundo análises organogeoquímicas, a seção sedimentar analisada apresenta um excelente potencial para a geração de petróleo, porém, encontra-se em um estágio de evolução térmica ainda insuficiente para a conversão de matéria orgânica em hidrocarbonetos líquidos e/ou gasosos. A partir da integração desses resultados, a sucessão sedimentar analisada foi dividida em sete intervalos que, de acordo com as mudanças eustáticas constatadas por parâmetros palinofaciológicos, representam uma variação desde um ambiente proximal restrito até um ambiente marinho com alternância no regime entre óxico e disóxico-anóxico.

Palavra-chave: Fácies Orgânica, Bacia do Parnaíba, Formação Codó, Evolução Térmica

Abstract

The Parnaíba basin is an extensive intracratonic basin covering an area of approximately 600.000 Km², in northeast of Brazil, in Maranhão and Piauí States, and zones in east of Pará State, west of Ceará State, north of Tocantins and Goiás States. The Codó Formation, from Cretaceous Period, shows maximum thickness of 230 meters in subsurface, and its compounds is sandstones layers, (betuminosos) shales, limestones, conglomerates and siltstone, considered from shallow carbonatic sea in a transgressive episode. The aim of this work was to determinate the thermal evolution degree to the characterization of hydrocarbon potential generation and organic faciology using microscopy analyses (Palinofacies, Spore Coloration Index – SCI, Vitrinite Reflectance (%Ro) and Fluorescence Spectrum) and organ geochemistry analyses (Rock Eval Pyrolises, Total Organic Carbon – TOC and Total Sulfur – ST) by 19 samples from a Cretaceous sedimentary sequence of the Codó Formation, from Parnaíba Basin (Well UN-24-PI). In The sedimentary succession studied we can see the predominance of particulate organic components from the Phytoclasts Group, in relation to the total organic material, followed by Palynomorph and Amorphous Organic Matter (AOM) Group. The result shows the predominance of Kerogen of type II, indicating an good quality of organic matter for hydrocarbon generation, the contents of TOC and TS reach values up to 6.3% and 1.3%, respectively, with a good generation potencial of 15,77 mg HC/g of rock. Starting from the integration among this results it is possible to verify that the sedimentary section of the Codó Formation analyzed shows an excellent potential to hydrocarbon generation, nevertheless with stage of thermal evolution insufficient still to conversion of organic matter in liquids and/or gaseous hydrocarbons. The integration of the results, the sedimentary succession was divided in intervals according to eustatic changes evidenced by palynofaciologicals studies parameters, that represent a variation since a restricted proximal environment to a marine environment with alternance in oxic cicle to disoxic-anoxic cicle.

Keywords: Organic Facies, Parnaíba Basin, Codó Formation, Thermal Evolution.

1- INTRODUÇÃO

Grande parte do conhecimento geológico atual da bacia do Parnaíba está associado a esforços exploratórios na procura por hidrocarbonetos, mas que ainda não foram encontrados em escala comercial; o que não elimina definitivamente o potencial econômico da bacia, considerada de fronteira exploratória. O intervalo Aptiano–Albiano, que na bacia do Parnaíba é representado pela Formação Codó, em outras bacias da margem equatorial é um intervalo importante em termos de rochas geradoras, uma vez que alguns importantes folhelhos geradores como encontrados nas camadas Trairi, (bacia do Ceará) e na Formação Alagamar (bacia Potiguar) comprovam a potencialidade deste intervalo (Vaz, 2007; Beltrami, 1994).

As amostras utilizadas no trabalho foram retiradas do poço UN-24-PI localizado ao norte da bacia do Parnaíba (Figura 1). Mendes (2005) identificou e descreveu 8 litologias entre o intervalo de 100 a 186 metros de profundidade: calcilutito, siltito, folhelho, brecha, gipsita, conglomerado, arenito e calcarenito. No intervalo foram analisados os folhelhos, considerados potenciais geradores, apresentando elevados valores de carbono orgânico total.

Com o objetivo de caracterizar a faciologia orgânica, determinar o estágio de evolução térmica e avaliar a caracterização do potencial de geração de hidrocarbonetos da Formação Codó, utilizou-se análises de microscopia (Palinofácies, Índice de Coloração de Esporos - ICE, Reflectância da Vitrinita - %Ro e Espectro de Fluorescência) e técnicas organogeoquímicas (Pirólise *Rock-Eval*, Carbono Orgânico Total – COT, Enxofre Total-ST). Estas técnicas também foram utilizadas combinadas, como as análises de COT, Pirólise *Rock Eval* e Palinofácies, que constituem um excelente modo de caracterização de Fácies Orgânica.

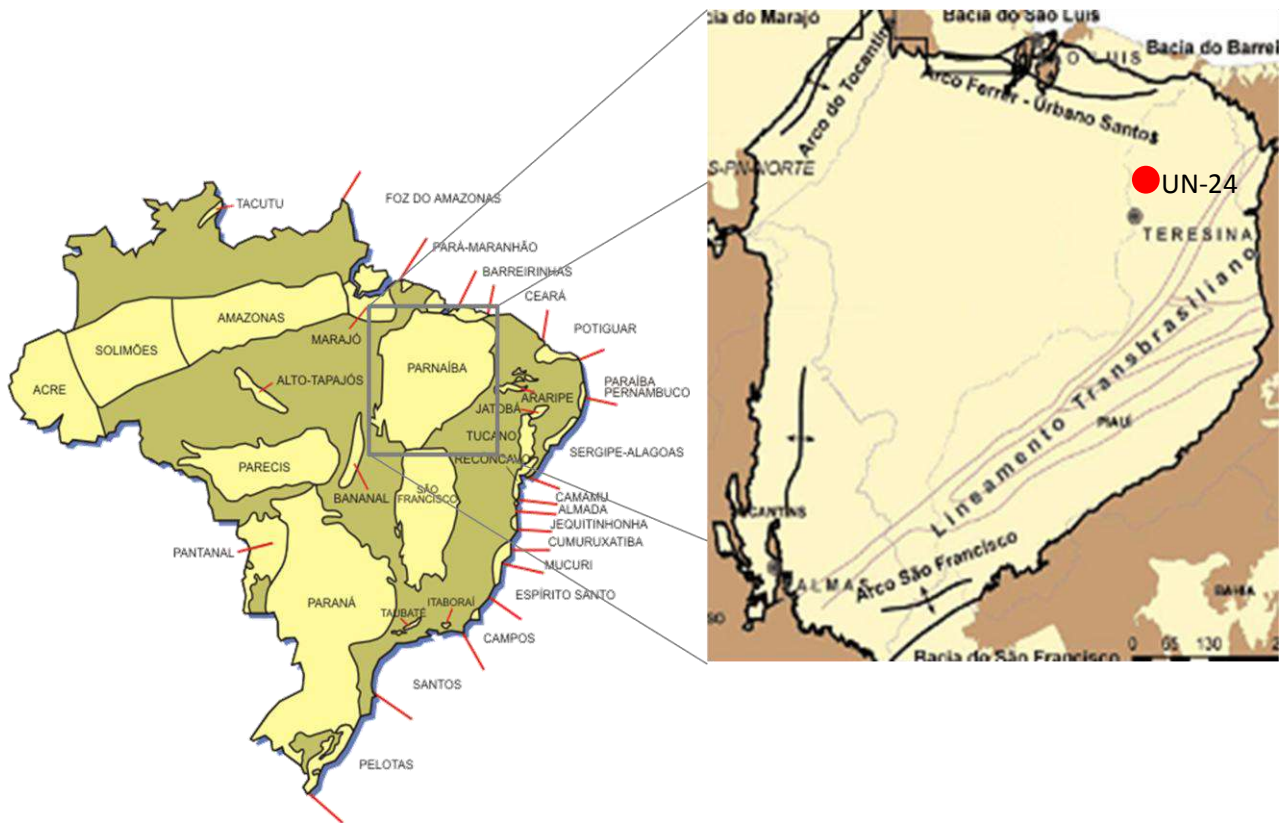


Figura 1. Mapa das bacias sedimentares brasileiras com destaque na bacia do Parnaíba e a localização geográfica do poço 1-UN-24- PI utilizado neste estudo (Fundação Phoenix, 2004 e CPRM, 2005).

2- CONTEXTO GEOLÓGICO

A bacia do Parnaíba é uma bacia intracratônica localizada na região nordeste do Brasil, que ocupa uma área de aproximadamente 600.000 km² e cuja sucessão sedimentar, em seu depocentro, chega a aproximadamente 3500m de espessura. Compreende os estados do Piauí, parte do Maranhão e parte do Ceará e está delimitada a norte pelo arco Ferrer–Urbano Santos, que a separa 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 é limitada pelo Arco São Francisco. (Vaz *et al.*, 2007).

O arcabouço geológico desta bacia, de acordo com os conceitos da estratigrafia de sequências de Sloss (1963) é formado por 5 sequências de segunda ordem (Siluriana, Devoniana, Carbonífero-triássica, Jurássica e Cretácea), sumarizados no artigo de Milani e Zalán (1998), situado sobre um embasamento proterozóico que é constituído em sua maior parte por rochas metamórficas das formações Riachão (Kegel, 1956) e Mirador (Rodrigues, 1967).

A Formação Codó (idade aptiana-albiana) compõe parte da Sequência Cretácea (Figura 2). Sotopõe-se concordantemente aos arenitos da Formação Itapecurú e sobrepõe-se, também concordantemente, aos arenitos da Formação Grajaú. É constituída por folhelhos, calcários, siltitos, gipsita/anidrita e arenito, níveis de sílex e estromatólitos (Vaz et al., 2007) depositados num ambiente lagunar, ligado a um mar epicontinental raso e anóxico, eventualmente restrito a ponto de originar precipitações de evaporitos (Lima et al., 1994).

Esta unidade está inserida num contexto evolutivo diferente ao observado no restante da bacia, por estar relacionada à abertura do Oceano Atlântico. Segundo Góes & Feijó (1994), a Sequência Cretácea é caracterizada por uma rápida transgressão marinha resultante de uma subsidência, seguida da retirada definitiva do mar, que originou depósitos exclusivamente continentais 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).

Devido ao contexto de evolução geológica (tectônica) distinta, relacionada à ruptura do paleocontinente Gondwana, alguns autores inserem regionalmente as rochas mesozóicas – entre as quais se encontra a Formação Codó – além das cenozóicas, em outra bacia (bacia do Grajaú; Rossetti et al., 2001)

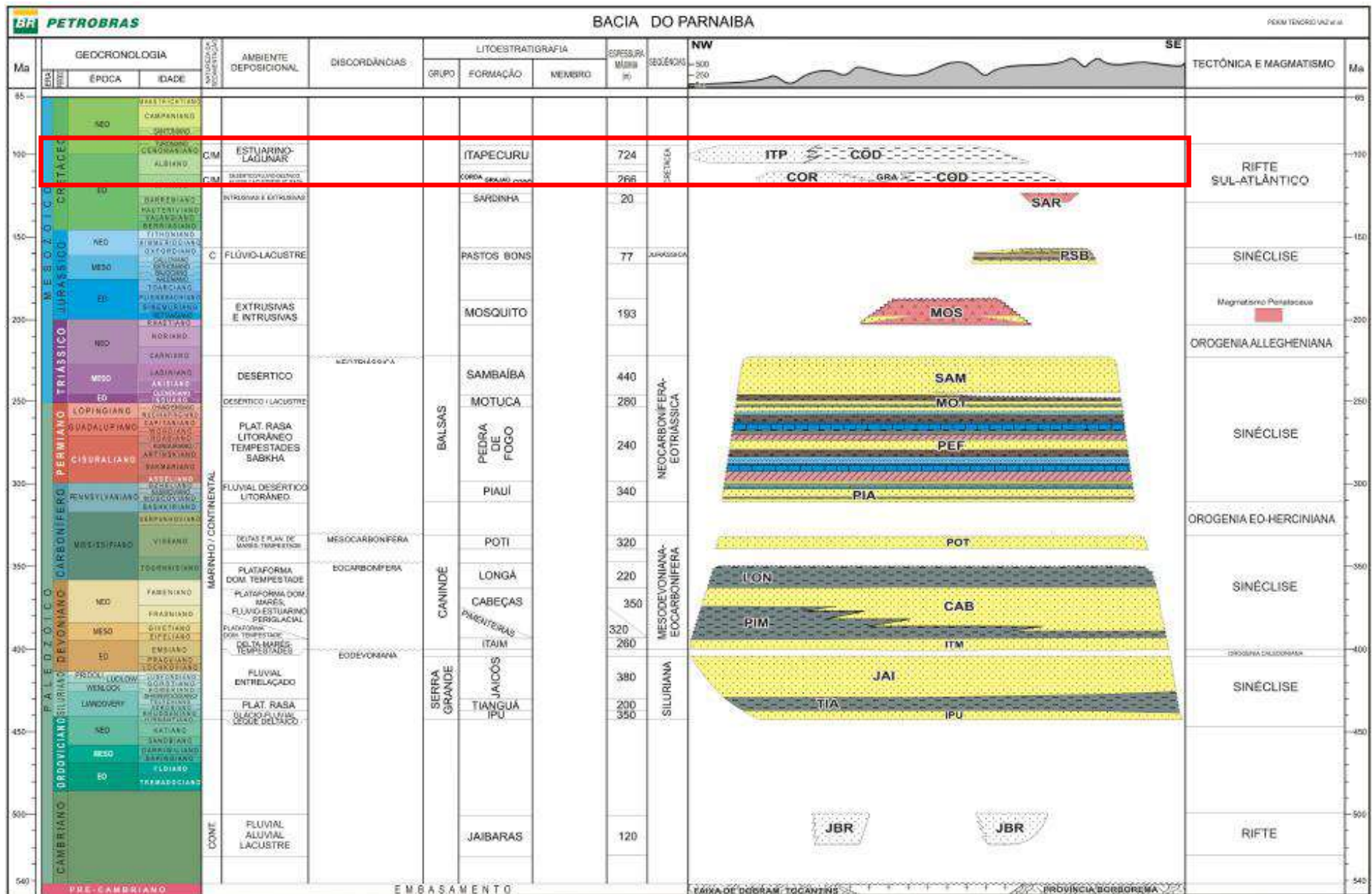


Figura 2: Carta Estratigráfica da Bacia do Parnaíba (Vaz et al., 2007): destaque na Formação Codó.

3- MATERIAL E MÉTODOS:

Para este trabalho foram utilizadas 19 amostras de testemunho pertencentes à Formação Codó, localizado ao norte da bacia do Parnaíba. O intervalo analisado apresenta uma espessura aproximada de 86m.

Dentre as 19 amostras foram analisadas 5 para determinar o poder refletor da vitrinita e/ou microespectro de fluorescência. Em todas as amostras foram feitas análise de microscopia (Palinofácies e ICE), geoquímica orgânica (COT e ST) e Pirólise *Rock-Eval*. As análises de geoquímica orgânica foram realizadas no Laboratório de Palinofácies & Fácies Orgânica - LAFO e nos laboratórios de Gerência de Geoquímica do Centro de Pesquisas e Desenvolvidos Leopoldo A. Miguez de Mello- CENPES-PETROBRAS.

3.1- Preparação das amostras

A preparação do material para análise de palinofácies foi realizada utilizando-se os procedimentos palinológicos padrões não-oxidativos descritos por Tyson (1995), Mendonça Filho (1999), Mendonça Filho *et al.* (2010). As amostras foram fragmentadas e aproximadamente 20 a 40g de material foi separado para obtenção de um concentrado de querogênio. A primeira etapa do processamento químico consistiu na acidificação da amostra com o ácido clorídrico (37%) para eliminação da fração carbonática. Na segunda etapa utilizou-se ácido fluorídrico (40%) para eliminação da fração silicosa. A amostra foi novamente acidificada com HCl (10%) para eliminação dos possíveis fluorsilicatos formados durante as etapas anteriores. Utilizou-se o cloreto de zinco ($ZnCl_2$) para separação por flotação da fração orgânica. Após esse processamento foram confeccionadas lâminas organopalinológicas com o resíduo orgânico.

3.2-Análise de Palinofácies

A análise envolveu o exame quantitativo (contagem de 300 a 500 partículas) e qualitativo (identificação das 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), Menezes *et al.* (2008) e Mendonça Filho *et al.* (2010). Após a contagem dos componentes orgânicos particulados, os valores absolutos foram recalculados para valores percentuais e normalizados a 100% e confeccionados diagramas binários para uma melhor visualização dos resultados. Os resultados de palinofácies foram extraídos do trabalho realizado por Neves (2008).

3.3 - Análise Organogeoquímica

3.3.1- Análise do Carbono Orgânico Total - COT (%) e Enxofre Total – ST (%):

Pelo fato de contribuir com informações sobre a quantidade e estado de preservação da matéria orgânica, a análise do Carbono Orgânico Total (COT) é uma das mais importantes análises para avaliação do conteúdo orgânico em rochas sedimentares, sendo correlacionado com os demais dados obtidos sobre a origem e o estágio de evolução térmica da matéria orgânica.

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 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 foi preciso primeiro eliminar o carbono inorgânico presente na amostra usando as devidas técnicas laboratoriais. Em seguida, as amostras foram 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 a norma ASTM (2008).

3.3.2- Análise da Pirólise *Rock-Eval*

A pirólise *Rock-Eval*, é uma técnica desenvolvida por Espitalié *et al.* (1977), que simula a geração de hidrocarbonetos baseada na combustão de amostras de rocha pulverizada em atmosfera inerte com uma programação de temperaturas consideravelmente superiores àquelas normalmente registradas em subsuperfície, tornando possível a ocorrência das reações termoquímicas num curto espaço de tempo.

Seus resultados são representados pelos picos S₁, S₂ e S₃ (Fig 3; Quadro 1). Os resultados são combinados com dados de COT para a avaliação e identificação de rochas geradoras potenciais, bem como a caracterização do tipo de querogênio.

A análise de Pirólise *Rock-Eval* foi realizada no CENPES utilizando o equipamento *Rock-Eval* VI.

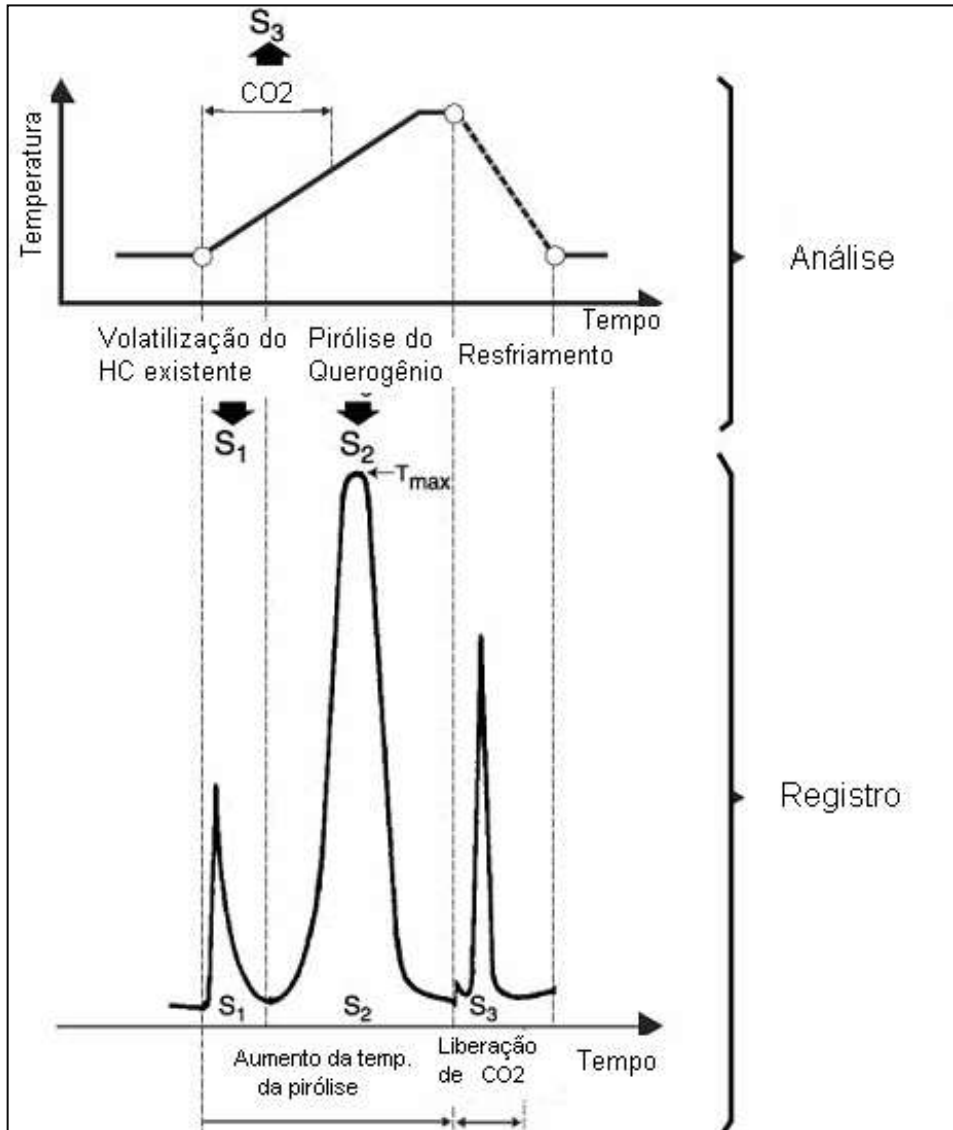


Figura 3: Ciclo de análise e exemplo de registro obtido como resultado da Pirólise *Rock-Eval* (modificado de Tissot & Welte, 1984).

Quadro 1: Picos gerados durante o processo de pirólise *Rock-Eval*. (Fonte: Tissot & Welte, 1984)

Pico	Mede	Comentário
S ₁ mg HC/g rocha	Hidrocarbonetos livres presente na amostra antes da análise, que poderiam ser obtidos por volatilização ou extraídos por determinados solventes orgânicos.	Pode ser encarado como uma fase residual do hidrocarboneto. Quando o pico S ₁ é alto relativo a S, uma fonte alternativa como uma migração de hidrocarbonetos ou contaminação podem ser suspeitas
S ₂ mg HC/g rocha	Volume de hidrocarboneto que se formou durante a pirólise termal na amostra	Usado para estimar o hidrocarboneto remanescente gerando o potencial das amostras
S ₃ - mg CO ₂ /g rocha	Rendimento de CO ₂ durante a quebra térmica do querogênio	Prevalece em fontes de rochas calcárias

Com a Pirólise *Rock-Eval*, é possível obter importantes parâmetros como:

Temperatura máxima (T_{max}), em °C: temperatura em que ocorre a taxa máxima de geração de hidrocarbonetos e pode ser usada como uma estimativa de evolução térmica, útil na avaliação do grau de maturação das rochas (corresponde ao pico S₂ da Pirólise *Rock-Eval*). Pode-se utilizar a diretriz geral da maturação para os tipos II e III de querogênio. Para querogênios do tipo I ou que contenha, alta concentração de enxofre, a T_{max} pode ser bastante diferente não sendo um indicador confiável de maturação (Law, 2004).

Índice de Produção (IP) ou Razão de Transformação: indica a quantidade relativa de hidrocarbonetos livres presentes na amostra, útil na avaliação do grau de maturação das rochas. Este índice é calculado a partir da fórmula $(S_1/S_1+S_2)*100$ e representa os

hidrocarbonetos produzidos pelo craqueamento térmico da matéria orgânica presente no querogênio durante o aumento da evolução térmica (Espitalié *et al*,1986).

Potencial de Geração (PG = S₁+S₂): representa a quantidade total de hidrocarbonetos produzidos pela rocha durante a pirólise, útil na avaliação do potencial de geração de hidrocarbonetos de uma determinada rocha (Espitalié *et al*,1986).

Índice de Hidrogênio (IH): corresponde à quantidade de compostos orgânicos “pirolisáveis” ou hidrocarbonetos do pico S₂ relativo ao COT na amostra (Peters 1986). É calculado a partir do pico S₂ e o %COT, segundo a fórmula:

$$\frac{S_2 \text{ (mgHC/ g rocha)}}{\% \text{ COT}}$$

Este parâmetro é usado para estabelecer o tipo, origem e estado de preservação da matéria orgânica e vem expresso em mgHC/gCOT.

Índice de Oxigênio (IO): corresponde à quantidade de dióxido de carbono do pico S₃ relativo ao COT (Peters, 1986) e é expresso em mgHC/gCOT:

$$\frac{S_3 \text{ (mgHC/ g rocha)}}{\% \text{ COT}}$$

Os resultados de IH e IO da Pirólise *Rock-Eval* podem ser usados similarmente às razões atômicas de H/C e O/C utilizadas no diagrama tipo Van Krevelen para sintetizar a relação entre as propriedades físico-químicas e petrográficas do

querogênio, classificando o tipo de querogênio e identificando diferentes Fácies Orgânica (Espitalié *et al.*, 1986; Peters, 1986).

3.3.3- Confeção de *plugs* de concentrado de querogênio para análise do Poder Reflector da Vitrinita e Espectro de Fluorescência

Uma pequena porção do resíduo, obtida pelo procedimento de concentração de querogênio é colocada em formas de Teflon e seca em estufa (40°C) para em seguida, receber uma mistura de resina (Serifix) e endurecedor (catalisador). Após o endurecimento da resina, o material é retirado da forma, lixado e polido.

3.3.4- Análise de Reflectância da Vitrinita

A vitrinita é o mais frequente e, conseqüentemente, o mais importante grupo de macerais que ocorre em carvões e rochas que contém matéria orgânica. Este grupo 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 (Herox *et al.*, 1979).

A análise de Reflectância da Vitrinita (%Ro) é um dos métodos mais importantes para avaliação da evolução térmica da matéria orgânica contida em sedimentos. A reflectância é uma medida da porcentagem de luz incidente refletida sobre a superfície de partículas de vitrinita numa rocha sedimentar. Ela é capaz de avaliar paleotemperaturas a partir da comparação da cor da vitrinita da amostra analisada com padrões de reflectâncias conhecidas, e assim estabelecer o nível de maturação da rocha analisada, ao contrário de todos os outros métodos, ópticos ou físico-químicos, que estão restritos a determinados níveis de evolução térmica (Hunt,

1979). Mede-se a reflectância em vitrinitas porque seus valores variam linearmente com a evolução da maturação térmica e a alteração química que ocasiona esta variação é irreversível (Mukhopadhyay, 1994). A relação entre %Ro e geração de hidrocarbonetos é dependente da química da vitrinita assim como a química do querogênio. A chamada “Janela de Geração de Petróleo” está entre valores de 0,60 a 2,0 de %Ro, podendo variar em função da cinética do querogênio (Mukhopadhyay, 1994). Partículas orgânicas do Grupo da Vitrinita apresentam uma reflectância característica, o que permite diferenciá-las das partículas dos outros grupos de macerais constituintes do carvão e outras rochas orgânicas (Stach *et al.*, 1982).

Pela falta de partículas em condições de análise, nem todas as amostras puderam ser analisadas quanto ao poder reflector da vitrinita. Foram feitas apenas nas amostras P1, P7 e P15.

3.3.5- Análise do Espectro de Fluorescência

A técnica de Microespectro de Fluorescência é um método quantitativo de avaliação da intensidade de fluorescência e consiste em medir a intensidade do espectro entre 400 e 700nm (Ottenjann *et al.*, 1975).

Buscou-se fazer a quantificação da intensidade da fluorescência em macerais do Grupo da Liptinita (esporinitas) devido a abundância de esporos bem preservados.

As medidas de microespectro de fluorescência foram feitas em microscópio Zeiss Axioskop 2-plus, objetiva (50X) em óleo de imersão ($n_e = 1,518$ a 23°C) e filtros de ultravioleta BG 365, FT 395 e LP 420 (Zeiss). O fator de correção foi obtido a partir da calibração de uma lâmpada (Baranger *et al.*, 1991).

Esse método foi utilizado como alternativa para a análise de amostras com ausência de vitrinita, e mostrou-se satisfatório na quantificação da intensidade de fluorescência. Para tal análise foram utilizadas as amostras P13 e P19.

3.3.6- Análise do Índice de Coloração de Esporos

Gutjahr (1966) realizou as primeiras pesquisas para utilizar a variação de coloração de esporos e grãos de pólen como indicador do estágio de maturação térmica, observando uma variação na coloração dessas partículas desde o amarelo até o marrom escuro, aplicando o termo “carbonização” para este processo de alteração térmica.

Correia (1971) constatou que as variações da coloração dos esporos e grãos de pólen, com o aumento da temperatura, eram mais favoráveis para uma correlação.

Fisher *et al.* (1980) propuseram uma correlação dos dados de ICE com as paleotemperaturas calculadas através da reflectancia da vitrinita (Quadro 3).

Existe uma escala para o ICE na indústria de exploração que foi padronizada para o estudo da maturidade (Figura 4).

A análise do ICE baseia-se na coloração de alguns componentes orgânicos presentes nas rochas sedimentares pertencentes ao grupo dos esporomorfos (esporos e grãos de pólen), os quais sofrem com o efeito da evolução térmica, ficando progressivamente mais escuros à medida que a temperatura aumenta. Em vista dessas alterações de coloração destes componentes, foi constituído o Índice de Coloração de Esporos (ICE), que é um parâmetro comparativo da avaliação da maturação térmica, bem como, utilizado para se observar a progressão linear da maturação associada com profundidade e temperatura.

As medidas do ICE são determinadas em lâminas organopalinológicas sob microscopia de luz transmitida, utilizando como referência as lâminas-padrão da *Robertson Research International Limited*, calibrado em escala de 1 a 10 com intervalos de 0,5 (Figura 4).

Quadro 3: Correlação de %Ro, ICE, TMax (°C) e Zona de Geração de Hidrocarbonetos (Mukhopadhyay, 1994)

Reflectância da Vitrinita (%Ro)	Índice de Coloração de Esporos (ICE)	Tmax (°C)	Zona de Geração de Hidrocarbonetos
0,40	4	420	Imatura
0,50	5	430	Imatura
0,60	6	440	Óleo
0,80	7,4	450	Óleo
1,00	8,1	460	Óleo
1,20	8,3	465	Óleo e gás úmido
1,35	8,5	470	Gás úmido
1,50	8,7	480	Gás úmido
2,00	9,2	500	Metano
3,00	10	500+	Metano
4,00	10+	500+	Supermaturo

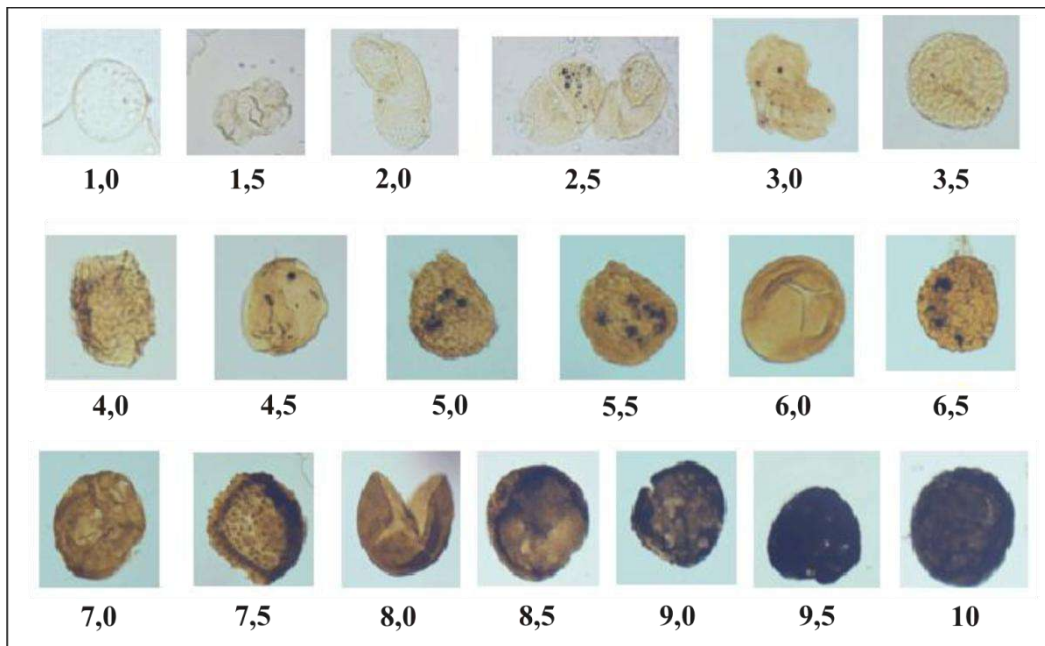


Figura 4: Lâminas-padrão de *Robertson Research Limited* com escala de 1 a 10 do ICE

3.5- Método de Avaliação de Fácies Orgânica

Uma fácies orgânica pode identificar pequenos e grandes ciclos relacionados a eventos transgressivos e regressivos. Contudo, a sua caracterização, também está relacionada ao paleoambiente deposicional, e a deposição de unidades estratigráficas geradoras de petróleo (Menezes *et al.*, 2008).

Segundo Tyson (1995), o conceito de fácies orgânica pode ser definido como um “*grupo de sedimentos contendo uma assembléia distinta de constituintes orgânicos que podem ser reconhecidos por microscopia ou estar associado com uma composição organogeoquímica característica*”.

Fácies Orgânica têm sido descritas em rochas de diversas idades em várias áreas. O critério químico é primariamente usado para caracterizar Fácies Orgânica que refletem processos químicos, físicos e biológicos (Jones, 1987).

Tuweni & Tyson (1994) consideram que a combinação de COT e Pirólise *Rock-Eval* com análises de palinofácies constitui-se em um modo excelente de caracterização de fácies orgânica. Segundo Tyson (1995), a caracterização de fácies orgânica leva em consideração o fato de que as assembléias são controladas por fatores preservacionais tão bem quanto sua origem e que mudanças entre assembléias são freqüentemente gradacionais.

Segundo Durand (1980), o parâmetro que se presta para a distinção de diferentes fácies é a razão H/C do querogênio proveniente da análise elementar (C, H e O).

De acordo com Tyson (1995), as três principais divisões são as fácies anóxica-disóxica (A, AB, B, BC), proximal flúvio-deltaica à plataforma prodeltaica-óxica (C, CD) e distal lentamente depositada, fácies óxica (D) (Quadro 4).

Para Jones (1987), uma caracterização segura da faciologia orgânica depende da integração de resultados combinados de análises de geoquímica orgânica (análise elementar e Pirólise *Rock-Eval*) e técnicas microscópicas (luz transmitida e refletida)

O Quadro 4 a seguir agrega valores organogeoquímico e palinológicos:

Quadro 4: Sumário do esquema de fácies orgânica de Jones (1987) mostrando tendências ambientais (Tyson, 1996).

F. Org./Palinofácies.	A	AB	B	BC	C	CD	D
% COT	5-20+	3-10+		3-3+	≤3	<0,5	
IH	≥ 850	≥ 650	≥400	≥250	≥125	50-125	≤150
Tipo de querogênio	I	I/II	II	II/III	III	III/IV	IV
%MOA do querogênio	Dominate			Moderada	Usualmente baixa/ausente		
MOA matriz fluoresc.	Alta		Moderada		Usualmente dominante		
% Fitocl. do querogênio	Baixa (diluição)			Moderada	Usualmente dominante		
Fitoclastos opaco/n opaco	Frequentemente alta			Usualmente baixa		Aumenta	
Tendência prox/dist	Distal			Proximal		Distal	
Regime de Oxigênio.	Anóxico	Anóxico-disóxico		Óxico		Muito óxico	
Taxa de sedimentação	Baixa	Variável		Alta		Moderada	Baixa

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Palinofácies

Segundo Neves (2008), a análise de palinofácies realizada ao longo do testemunho apresentou os três principais grupos da matéria orgânica (Fitoclasto, Matéria Orgânica Amorfa - MOA e Palinomorfo), com predominância do grupo Fitoclasto em relação à matéria orgânica total, seguido por componentes do grupo Palinomorfo e da Matéria Orgânica Amorfa (Figura 5). De acordo com Neves (2008), a seção estudada apresenta uma significativa variação vertical de valores percentuais dos componentes orgânicos. A distribuição estratigráfica dos grupos e subgrupos do

querogênio reflete uma frequente alternância de tipos de palinofácies, indicando uma certa complexibilidade paleoambiental.

O grupo Fitoclasto corresponde aos fragmentos de tecidos derivados de vegetais superiores. O subgrupo de fitoclasto do tipo amorfizado (Figura 6 – 1 e 2) tem grande representatividade no intervalo, que quando associado à abundância de MOA, o intervalo pode ser interpretado como anóxico ou, ainda, sugere a possível deposição em paleolago restrito. (Tyson, 1995; Mendonça Filho *et al*, 2010)

No grupo do Palinomorfo, o subgrupo mais representativo é o dos esporomorfos (esporos e grãos de pólen) (Figura 6 – 3 e 4), e em menor proporção, algas do gênero *Botryococcus* e dinocistos da espécie *subtilisphaera* (Figura 6 – 5 e 6), sendo que estas últimas, representam um ambiente nerítico muito raso de clima tropical, denotando condições transicionais no paleoambiente (Arai, 2007).

O grupo da MOA apresenta fluorescência variando de amarela a amarela-laranja, com intensidade média a forte (Figura 6 – 5 e 6). A abundância de MOA ocorre em áreas de alta preservação devido às condições redutoras e de baixa energia, especialmente aquelas afastadas de áreas flúvio-deltaicas (Tyson, 1995).

No poço estudado, o grupo Fitoclasto varia de 11,8 a 82,1% no total de componentes da matéria orgânica. O grupo dos palinomorfos varia de 9,3 a 57,6% e o grupo da MOA varia de 0,3 a 70% (Quadro 5 e Figura 5).

Quadro 5: Valores percentuais do grupo da MOA, grupo do Fitoclasto e grupo dos Palinomorfos para cada amostra analisada.

Prof. (m)	AMOSTRA	MOA(%)	Fitoclasto(%)	Palinomorfos(%)
112,2	P1	3,1	81,9	15
114,8	P2	14,5	65,3	20,3
117,6	P3	12,9	49,9	37,2
118,6	P4	7,8	48,2	44
124,8	P5	37,2	26,2	36,6
125,4	P6	41,5	11,8	46,7
126,8	P7	32,4	36,3	31,3
130	P8	37,5	27,8	34,7
133	P9	42,5	30,8	26,6
136	P10	70	18,8	11,2
138	P11	33,4	55,5	11
149,5	P12	4,8	78,9	16,3
161,95	P13	0,3	42,2	57,6
166,45	P14	1,5	72,8	25,7
168,45	P15	11,9	57,2	30,9
170,6	P16	20,5	57,6	22
173	P17	24,3	59	16,7
175,45	P18	8,6	82,1	9,3
177,81	P19	12,7	63,7	23,6
Média		22,0	50,8	27,2
Desvio Padrão		18,4	21,3	13,3

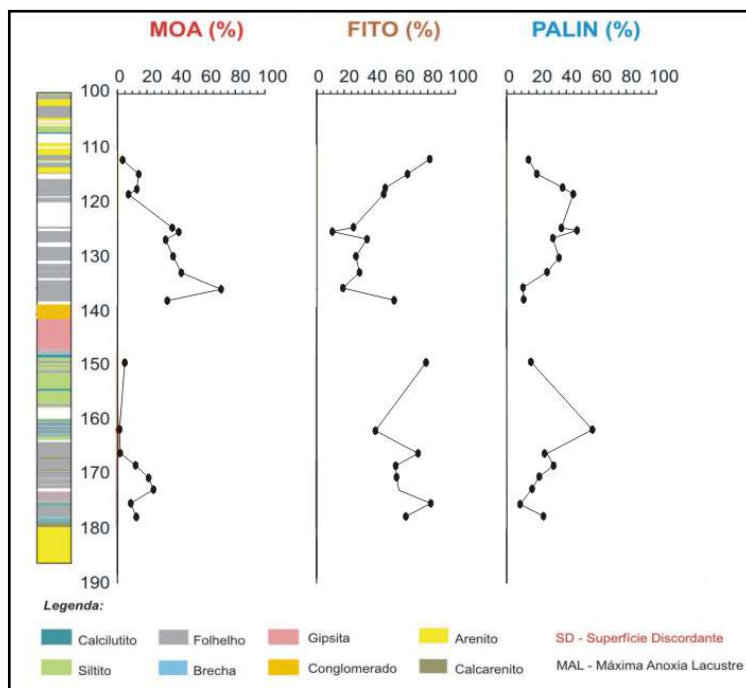


Figura 5: Variação percentual dos 3 grupos principais de matéria orgânica: MOA(%) – Percentagem de MOA; FITO(%) – Percentagem de Fitoclasto; PALIN(%) – Percentagem de Palinomorfos, no intervalo estudado. (Fonte: Neves 2008)

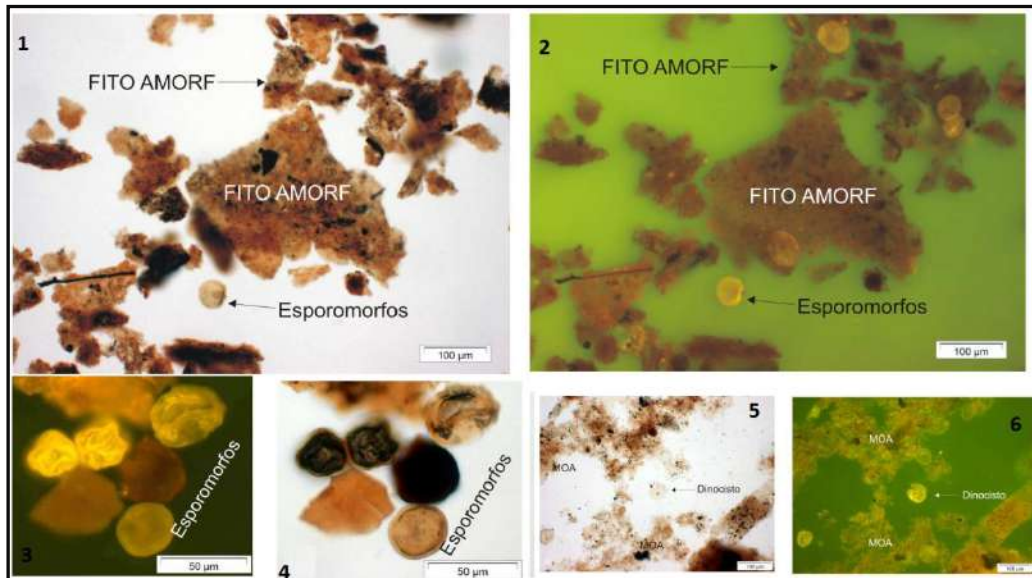


Figura 6: (1) Fitoclasto Amorfo e esporomorfos sob luz branca transmitida e (2) Fitoclasto Amorfo e esporomorfos sob luz azul/ ultravioleta incidente (fluorescência); (3) Esporomorfos sob luz azul/ ultravioleta incidente (fluorescência).e (4) Esporomorfos sob luz branca transmitida; (5) MOA e dinocistos sob luz branca transmitida e (6) MOA e dinocistos sob luz azul/ ultravioleta incidente (fluorescência).

4.2- Determinação do paleoambiente, do estágio de evolução térmica e da caracterização do potencial de geração de hidrocarbonetos

4.2.1 - Carbono Orgânico Total - COT e Enxofre Total - ST

Segundo Neves (2008), o conteúdo de COT nas amostras analisadas varia de 0,57 a 3,55%, (Quadro 6), caracterizando uma boa quantidade de matéria orgânica e elevado grau de preservação em certas profundidades do poço (com exceção das amostras P4 e P11, que possuem respectivamente, 0,46 e 0,25%, ou seja, baixo valor de COT). Os maiores valores de COT ocorrem nas amostras com maiores quantidades de fitoclasto amorfizado e MOA, sugerindo intervalos com processo de amorfização mais intenso. Os valores do teor de Enxofre Total (ST) apresentam-se baixos variando desde 0,07 a 1,14% (Quadro 04).

Os valores de COT e ST das amostras analisadas foram plotados num gráfico proposto inicialmente por Berner & Raiswell (1984) e indicaram um ambiente variando de água doce a salino (Figura 7). Onde ocorrem maiores quantidades de fitoclastos e pequenas quantidades de esporomorfos as amostras caem no campo de ambiente de água doce e onde ocorrem maiores quantidades de MOA e Fitoclastos amorfizados as amostras caem no campo de ambiente salino.

Quadro 6: Valores percentuais de COT e ST para cada uma das amostras analisadas.

Amostra	Profundidade (m)	COT %	ST %
P1	112,80	0,68	0,07
P2	114,80	0,57	0,08
P3	117,60	0,90	0,18
P4	118,60	0,46	0,79
P5	124,80	1,48	0,58
P6	125,40	1,65	0,71
P7	126,80	0,87	0,14
P8	130,00	0,85	0,49
P9	133,00	0,76	0,24
P10	136,00	2,57	0,25
P11	138,00	0,25	0,44
P12	149,50	1,65	0,31
P13	161,95	2,03	0,20
P14	166,45	1,87	0,59
P15	168,45	1,71	0,89
P16	170,60	2,74	1,14
P17	173,00	3,55	0,78
P18	175,45	2,36	0,25
P19	177,81	6,3	1,30

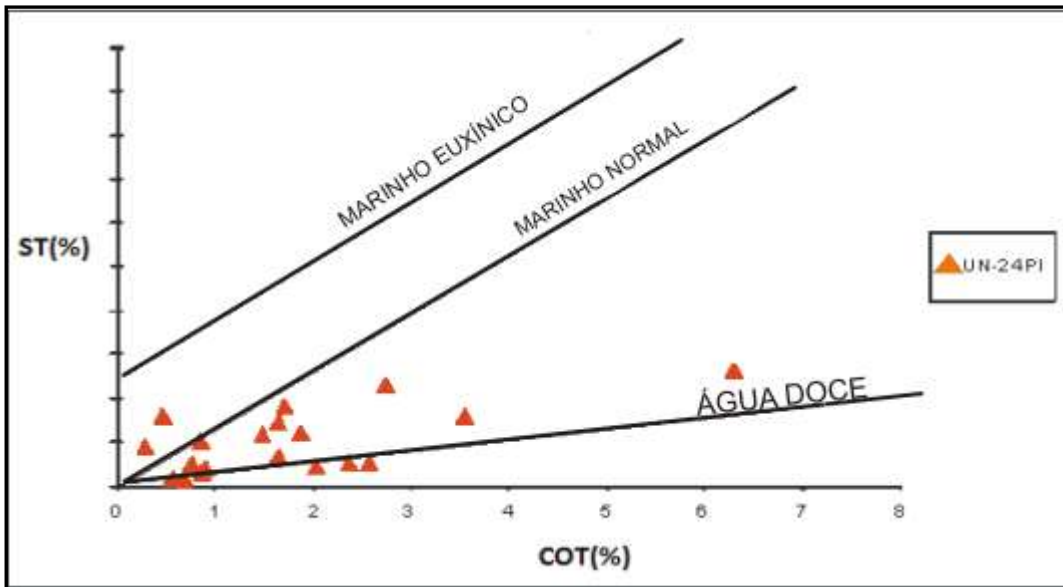


Figura 7: Gráfico de COT (% em peso) x ST (% em peso) das amostras analisadas. Modificado de Berner & Raiswell (1984).

4.2.2- Pirólise *Rock-Eval*

Os resultados dos parâmetros obtidos através da técnica foram:

T°max: Os valores de T°max variam de 390°C e 435°C, caracterizando uma matéria orgânica imatura (considerando apenas as amostras com S₂ superior a 2 mg HC/gRocha), como se pode observar no Quadro 7, onde mostra os diferentes tipos de maturação para amostras com querogênio do tipo II e III.

Quadro 7: Parâmetros para Tmax (Tissot & Welte, 1984).

Níveis de Maturação	T°max
Imatura	< 435
Óleo (de querogênio tipo II)	435-465
Óleo (de querogênio tipo III)	455-465
Gás (de querogênio tipo II)	>455
Gás (de querogênio tipo III)	>465

Índice de Produção (IP): os valores variam entre 0,026 e 0,251 (é adimensional por se tratar de quantidade relativa de mesma grandeza), apresentando intervalos imaturos e geradores de óleo (Quadro 8). Os intervalos com potencial gerador, sugeridos pelo IP, não são conclusivos, uma vez que uma afirmação mais segura deste fato depende da correlação com outras técnicas.

Quadro 8: Parâmetros para IP (Tissot & Welte, 1984).

Índice de Produção	Grau de Maturação
<0.10	Imaturo
0.10 – 0.30	Geração de Óleo
>0.30	Geração de Gás / Craqueamento do Óleo

Potencial Gerador (PG): As amostras estudadas apresentam PG de 0,24 a 15,77 mg HC/gRocha, apresentando intervalos de baixo a excelente potencial (Quadro 9) para geração de hidrocarbonetos. Observa-se na Figura 8, que o potencial de geração tende a aumentar conforme o incremento da profundidade.

Quadro 9: Parâmetros para PG (Tissot & Welte, 1984)

PG(mg HC / g rocha)	Potencial
<2	Baixo
2-6	Moderado
>6	Alto

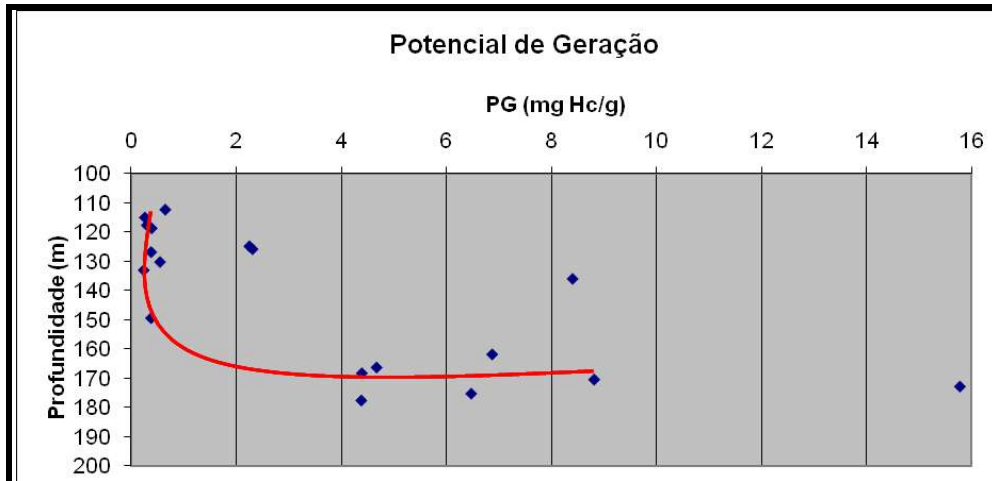


Figura 8: O potencial de geração tende a aumentar conforme o incremento da profundidade

Índice de Hidrogênio (IH): os valores variam de 20 a 406 mg Hc/g de COT.

Índice de Oxigênio (IO): os valores variam de 8 a 159 mg de CO₂ /g de COT.

Os valores de IH e IO estão relacionados ao tipo de querogênio, presença de hidrocarbonetos e ao grau de evolução térmica da matéria orgânica. Valores elevados de IH mostram uma maior preservação da matéria orgânica (tipo de ambiente: óxico a anóxico relacionado à facies BC; querogênio principalmente do tipo II).

Estes dois últimos parâmetros são utilizados para construir um diagrama modificado tipo Van Krevelen (Espitalié *et al.* 1986; Peters, 1986), para classificação do tipo de querogênio, mostrando uma predominância do querogênio tipo II e III (Figura 9):

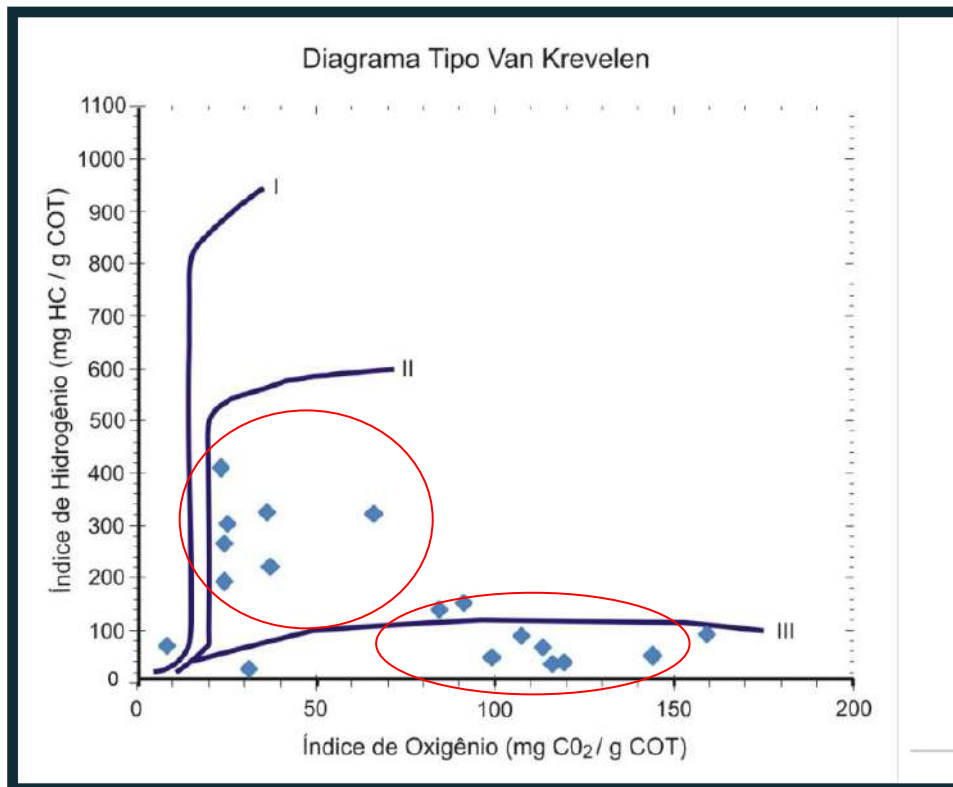


Figura 9: Diagrama Tipo Van Krevelen (IH x IO) das amostras analisadas. Os resultados mostram uma predominância dos querogênios do tipo I e II (em destaque).

Os resultados da Pirólise *Rock-Eval 1* para cada uma das amostras analisadas estão representados no Quadro 10, onde estão presentes parâmetros os quais ajudam na interpretação da avaliação da maturação térmica das amostras.

Quadro 10 - Resultados de COT (%), Pirólise *Rock-Eval* e Maturação das amostras da Formação Codó, Bacia do Parnaíba, para o poço UN-24-PI

Amostra	Prof.	COT	S1	S2	S3	T MAX	HI	OI	S1 + S2	IP	Quer.	Classif. Jones	ICE	%Ro	λ Max
P1	112,2	0,68	0,06	0,59	1,08	433	87	159	0,65	0,092	III	CD	3	0,45	
P2	114,9	0,57	0,01	0,25	0,82	431	44	144	0,26	0,038	III	CD	3		
P3	117,6	0,9	0,01	0,29	1,07	430	32	119	0,3	0,033	III	CD	3,5		
P4	118,6	0,46	0,01	0,38	0,49	436	83	107	0,39	0,026	III	CD	3,5		
P5	124,8	1,48	0,07	2,18	1,34	434	147	91	2,25	0,031	II	BC	2,5		
P6	125,8	1,65	0,08	2,23	1,38	431	135	84	2,31	0,035	II	BC	2,5		
P7	126,8	0,87	0,01	0,37	0,86	426	43	99	0,38	0,026	III	BC	3	0,44	
P8	130,2	0,85	0,02	0,53	0,96	428	62	113	0,55	0,036	III	BC	3		
P9	133	0,76	0,01	0,23	0,88	426	30	116	0,24	0,042	III	BC	3,5		
P10	136	2,57	0,24	8,16	1,7	408	318	66	8,4	0,029	II	BC	2,5		
P11	138	0,25									II		2,5		
P12	149,5	1,65	0,05	0,33	0,51	405	20	31	0,38	0,132	III	C	3,5		
P13	161,95	2,03	0,36	6,51	0,74	408	321	36	6,87	0,052	II	BC	4		550
P14	166,45	1,87	1,17	3,5	0,45	373	187	24	4,67	0,251	III	C	5		
P15	168,45	1,71	0,66	3,73	0,63	388	218	37	4,39	0,150	II	C	2,5	0,46	
P16	170,6	2,76	0,57	8,24	0,68	428	299	25	8,81	0,065	II	BC	3		
P17	173	3,55	1,34	14,43	0,82	420	406	23	15,77	0,085	II	BC	2,5		
P18	175,45	2,36	0,3	6,17	0,57	431	261	24	6,47	0,046	II	BC	2,5		
P19	177,81	6,3	0,27	4,11	0,48	420	65	8	4,38	0,062	III	CD	3		530

Legenda: Prof: Profundidade; COT: Carbono Orgânico Total; S1, S2 e S3: Picos gerados durante o processo de Pirólise *Rock-Eval*; TMAX: temperatura de taxa máxima de geração; HI: Índice de Hidrogênio; OI: Índice de Oxigênio; S1 + S2: Potencial de Geração; IP: Índice de Produção; Quer: Tipo de Querogênio; ICE: Índice de Coloração do Esporos; %Ro: Reflectância da Vitritina; λ Max: Espectro de Fluorescência.

4.2.3- Índice de Coloração de Esporos (ICE):

Para a caracterização da maturação térmica, foram utilizados os componentes terrestres (esporomorfos) do grupo dos palinomorfos, através da atribuição de valores numéricos às variações de coloração dos esporomorfos. Esses componentes terrestres nas amostras da Formação Codó apresentam uma coloração predominantemente amarela clara, com índices médios entre 2,5 e 3,5 (Figura 10) indicando um baixo grau de evolução térmica para esta seção (Neves, 2008). Essa constatação pode ser corroborada pelos resultados de T_{max} já explicitados.

ICE POÇO UN-24-PI										
Prof. (m)	AMOSTRA	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
112,2	P1					■				
114,8	P2					■				
117,6	P3						■			
118,6	P4						■			
124,8	P5				■					
125,4	P6				■					
126,8	P7					■				
130	P8					■				
133	P9						■			
136	P10				■					
138	P11				■					
149,5	P12						■			
161,95	P13							■		
166,45	P14									■
168,45	P15				■					
170,6	P16					■				
173	P17				■					
175,45	P18				■					
177,81	P19					■				

Figura 10: ICE das amostras analisadas.

4.2.4- Reflectância da Vitrinita (%Ro):

A análise do poder reflector da vitrinita (%Ro) foi feita em algumas amostras do intervalo amostrado (amostras P1, P7 e P15) e apresentou variação de Ro 0,44 a 0,46 %, classificando o intervalo como termicamente imaturo (Estampa 1). Entretanto, cabe salientar que a análise foi feita sobre partículas de massa detritítica manchada, o que sugere um perfil analítico de vitrinita *supressed*. Mesmo assim foi possível separar a população de vitrinitas indígenas (partículas analisadas quanto a %Ro) de vitrinitas retrabalhadas, por diferenças de aspecto, bem como da forma das partículas, relevo diferente e valores de reflectância.

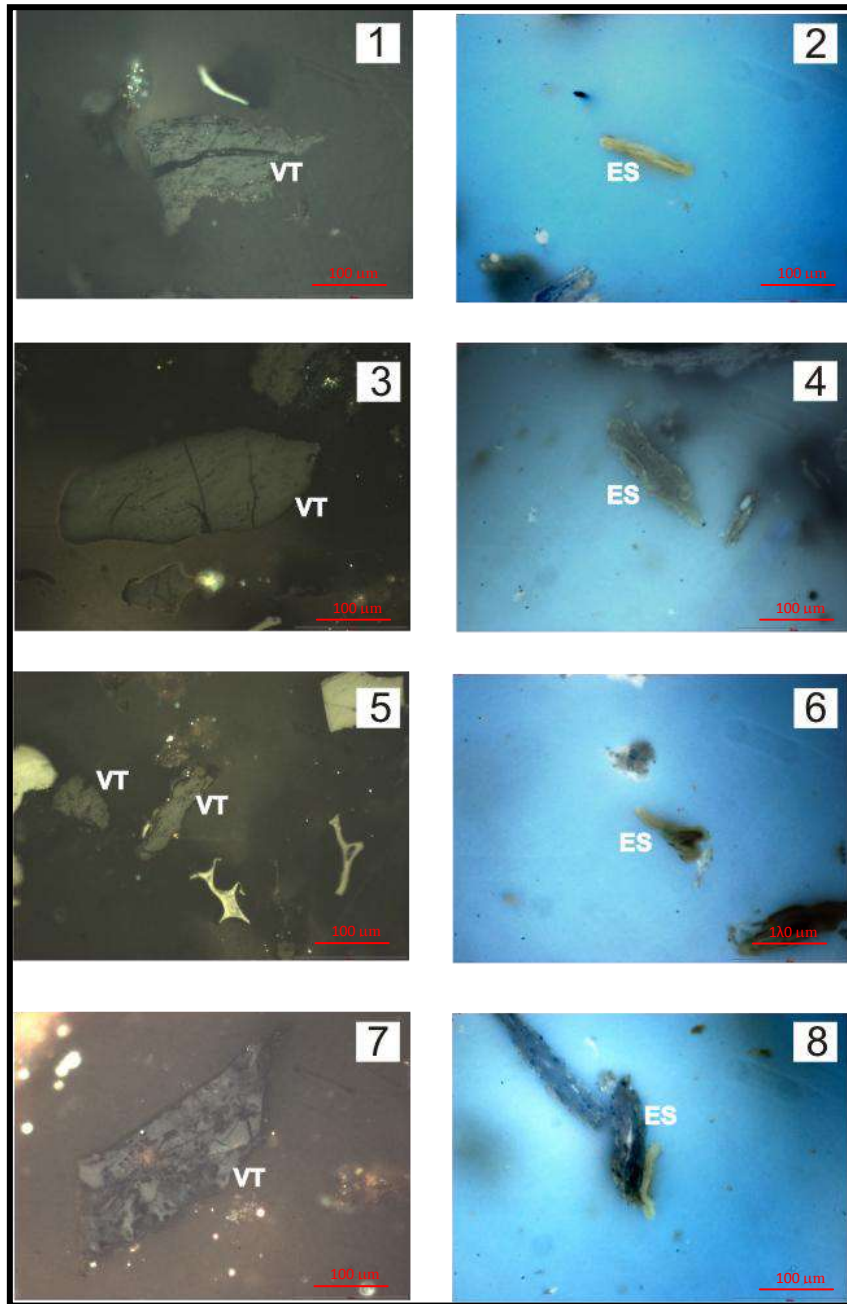
4.2.5- Espectro de Fluorescência

Somente duas amostra da Formação Codó foram submetidas à análise de Microespectro de Fluorescência (Estampa 1 e Quadro 12). As medidas foram feitas nas amostras P13 e P19 por estas não apresentarem vitrinitas suficientes para obter um resultado seguro.

De acordo com Mendonça Filho *et al.*(2010), a técnica de preparação de amostras por maceração ácida (isolamento de querogênio), técnica utilizada neste trabalho, afeta o resultado final da medida do microespectro de fluorescência, superestimando os seus resultados. Sendo assim, os resultados de Reflectância de Vitrinita equivalente obtidos através do microespectro de fluorescência, não são correlacionáveis com os valores obtidos para a Reflectância de Vitrinita medida nas outras amostras do intervalo (Figura 11).

Maturação e Rank		Parâmetros Microscópicos de Maturação			Zona de Geração de HC
Estágio de Maturação	Rank do Carvão	Refle. Vitrinita (%Ro)	Fluorescência		
			Alg. Tasmanite (Q)	λ MAX (nm)	
Diagênese	Turfa	0.2			Metano Biogênico e Óleo Pesado
	Linhito	0.3		500	
Catagênese	Betumin Alto Volátil C	0.4	-0.5		Óleo, Gás Úmido e Condensado Janela de Óleo Gás Úmido Gás Seco Início da Geração Termogênica Principal
	Betumin Alto Volátil B	0.5	-0.7	540	
	Betumin Alto Volátil A	0.6	-1.0		
	Betumin Alto Volátil C	0.7	-1.3		
	Betumin Alto Volátil B	0.8	-1.5	600	
	Betumin Alto Volátil A	0.9	-1.8		
	Betumin Médio Volátil	1.0		640	
	Betumin Médio Volátil	1.2		680	
	Betumin Baixo Volátil	1.35			
	Betumin Baixo Volátil	1.5			
Metagênese	Semi-Antracite	2.0			Gás Seco
	Antracite	2.5			
Meta-morf.	Meta-Antracite	3.0			
		4.0			
		5.0			

Figura 11: Correlação dos parâmetros geoquímicos para a avaliação da maturação (Modificado de Mukhopadhyay, 1994). A marca azul representa o valor médio de %Ro e a marca vermelha representa os valores médios do microespectro de fluorescência.



Estampa 1: 1, 3 5, 7: Vitrinita (VT); 2, 4, 6, 8: Esporinita (ES).

4.3- Fácies Orgânica

Tomando como base as sete fácies orgânica determinadas por Jones (1987), três fácies orgânica e sete intervalos foram identificadas por Neves (2008) para o poço UN-24-PI (Figura 12 e Quadro 11), utilizando-se informações geoquímicas e dados ópticos. Essas fácies foram determinadas para cada amostra individual, grupos de amostras ou unidades estratigráficas completas. Interpretando-se parâmetros palinofaciológicos e organogeoquímicos, pode-se estabelecer as fácies orgânica que caracterizam a Formação Codó, sendo elas as fácies BC, C e CD.

Quadro 11: Resultados obtidos a partir da análise geoquímica orgânica e correlacionados às análises de palinofácies para as amostras do poço UN-24-PI.

Retirado de Neves (2008).

Intervalos	Parâmetros organogeoquímicos		Parâmetros organopalinofaciológicos	Fácies Orgânica
	IH(mg Hc/g COT)	COT(%)	Tipo de matéria orgânica predominante	
VII	32-87	0,46-0,9	Fito 63,7 %	CD
VI	30-318	30-318	Moderada Fito 66,2 %, MOA 17,8% e Palino 15,9%	BC
V	20	1,65	Fito 65%	C
IV	321	2,03	Moderada Fito 42,2% ,MOA 0,3% e Palino 57,6(%)	BC
III	187-218	1,71-1,87	Fito 78,9%	C
II	261-406	2,36-3,55	Moderada Fito 21,3 %, MOA 43,5% e Palino 31,2%	BC
I	65	6,3	Fito 61,3%	CD

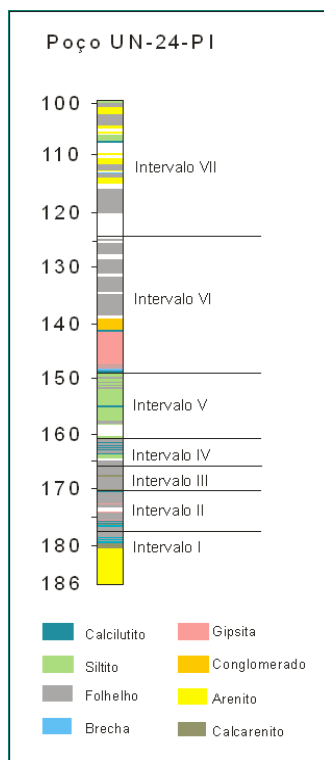


Figura 12: Intervalos da facilogia orgânica e litologias identificadas no poço UN-24-PI

O poço UN-24-PI foi diagnosticado com as seguintes fácies orgânica:

Fácies BC: Fácies encontrada entre as profundidades de 170 a 177 m, 161 a 166 m e 119 a 149 m, correspondendo às amostras P16, P17 e P18 (Intervalo VI) ; P5, P6, P7, P8, P9, P10 (intervalo II) e P13 (intervalo IV) respectivamente. O paleoambiente se caracteriza por uma coluna d'água óxica; com deposição rápida que cria anoxia pós deposicional; presença de matéria orgânica mista parcialmente derivada de material terrestre/algálico biodegradados (baseado na tabela de Fácies orgânica de Jones (1987) e modificada de Mendonça Filho (1999)).

Fácies C: Fácies encontrada entre profundidades de 166 a 170 m e 149 e 161 m, correspondendo às amostras P14 e P15 (intervalo V); e P12 (intervalo III) respectivamente. O paleoambiente se caracteriza por ocorrer em turfeiras, depósitos

deltaicos e em lamitos marinhos bioturbados (baseado na tabela de Fácies orgânica de Jones (1987) e modificada de Mendonça Filho (1999)).

Fácies CD: Fácies encontrada entre as profundidades entre 177 e 186 m e 100 e 124 m, correspondendo às amostras P1, P2, P3 e P4 (intervalo I); e P19 (intervalo VII) respectivamente. O paleoambiente é terrestre, úmido e moderadamente a bem oxidante. (baseado na tabela de Fácies orgânica de Jones (1987) e modificada de Mendonça Filho (1999)).

4.4 – Discussão Final

Algumas constatações puderam ser obtidas quando se correlacionam os resultados:

COT/PG e sua relação com as Fácies Orgânica: Os picos registrados no gráfico de PG estão relacionados com picos de COT, os quais estão relacionados às fácies BC (Figura 13), sendo esta a que melhor preserva a matéria orgânica no poço estudado.

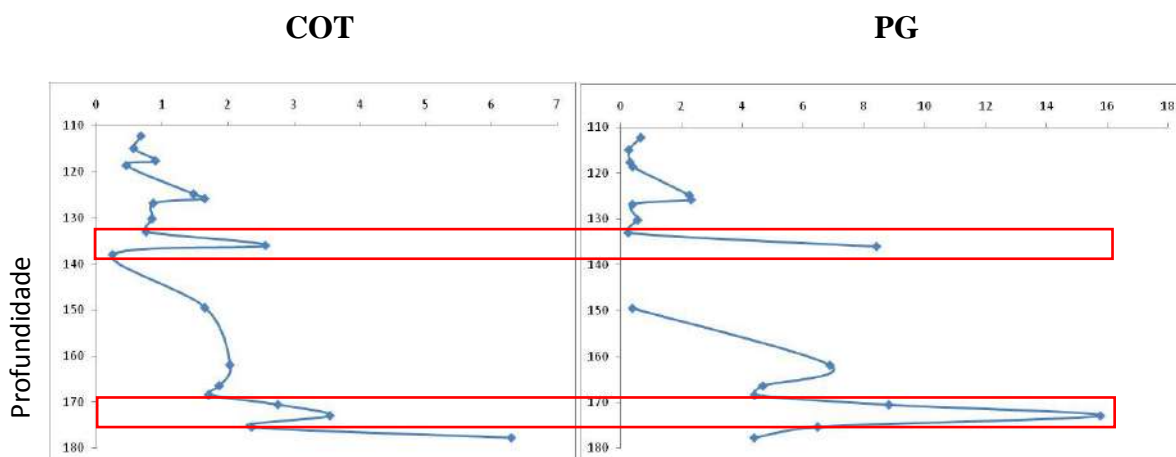


Figura 13: Correlação dos valores de COT e PG e sua relação com as Fácies Orgânica.

Os picos de COT e PG (em destaque) estão relacionados às Fácies BC.

PG x MOA: Os maiores valores de PG (Figura 14) estão relacionados aos maiores valores percentuais de MOA (principal querogênio para geração de hidrocarbonetos).

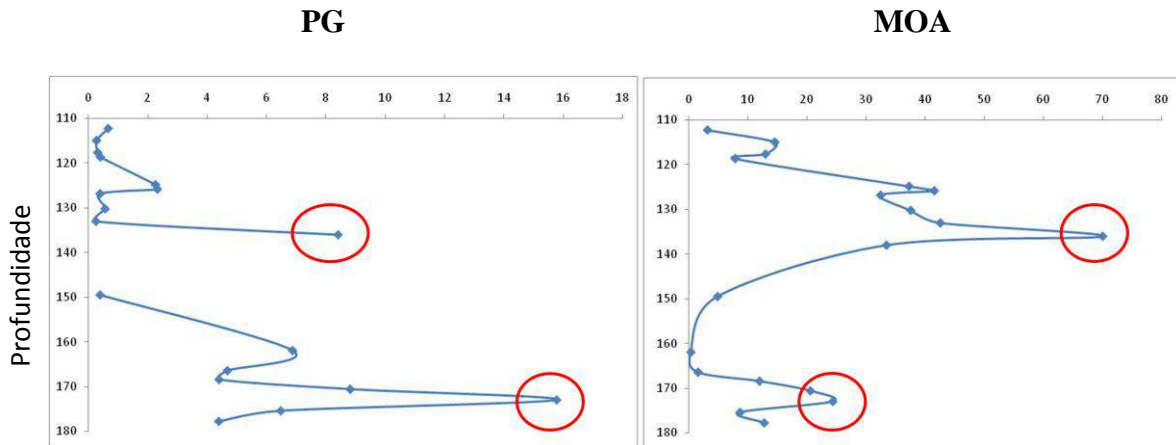


Figura 14: Relação entre PG e MOA. Em destaque, picos de cada análise na mesma profundidade do poço estudado.

IP X ICE: Análise geoquímica corroborada por uma análise microscópica (Figura 15): valores obtidos de IP e ICE são análogos conforme incremento da profundidade.

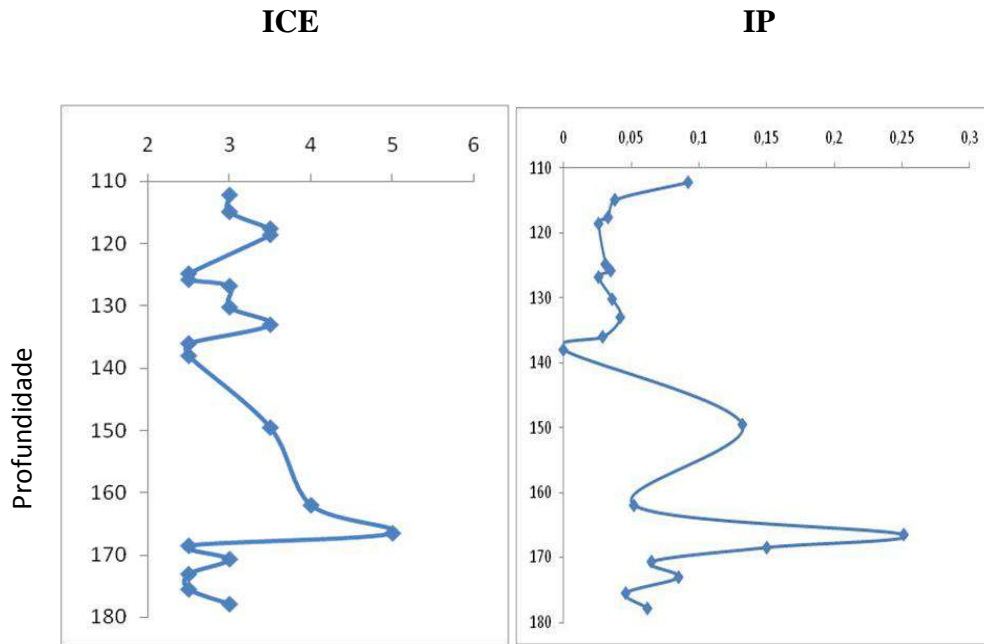


Figura 15: Valores de ICE e IP do poço UN-24. Notar similaridade da variação de seus valores.

5 - CONCLUSÕES

Os resultados da análise de Palinofácies sugerem um predomínio da matéria orgânica do tipo II e III para as amostras analisadas. Este resultado corroborado pelas análises geoquímicas de COT e Pirólise *Rock-Eval*, mostradas nos diagramas binários IH x IO do tipo Van Krevelen, exibem a boa qualidade da matéria orgânica e potencial para geração de hidrocarbonetos, comprovados pelos valores encontrados nas análises.

Apesar do elevado potencial de geração de hidrocarbonetos, a seção sedimentar cretácea da Formação Codó, encontra-se termicamente imatura, conforme os resultados obtidos, através das análises petrográficas (ICE, %Ro e $\lambda_{\text{máx}}$), provavelmente pelo seu posicionamento tectônico mais elevado quando comparado a outras bacias com seções sedimentares similares da mesma natureza .

A Faciologia Orgânica resultou nas fácies BC, C e CD, mostrando um ambiente misto de água doce a salino podendo ser interpretado como a evolução de um paleoambiente proximal flúvio-deltáico a lacustre com influência marinha (lagunar), devido à abundância do subgrupo dos fitoclastos amorfizados, do aumento da percentagem do grupo da MOA e palinomorfos marinhos (dinocistos – do gênero *subtilisphaera*) no topo, representando assim as primeiras incursões marinhas aptianas.

A análise visual do querogênio e a faciologia orgânica corroboram com a hipótese de deposição dos sedimentos da Formação Codó sugerida pela literatura, suportada principalmente pela identificação de estruturas tectonossedimentares que fazem com que os estratígrafos denominem este intervalo litológico como uma tectonosequência correlata ao Cretáceo da bacia Potiguar.

Fica como sugestão para trabalhos futuros, em escala regional, uma análise apurada de todo intervalo gerador da bacia do Parnaíba, baseada na confecção de duas seções com posicionamento estratigráfico estratégico. Em micro-escala, sugere-se uma investigação melhor da origem das populações das organopartículas que constituem a porção orgânica dos sedimentos analisados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2008. Standard test methods for Sulfur in the analysis sample of coal and coke using high-temperature tube furnace combustion methods. ASTM D 4239. Publicado on-line em 01 Fev 2008.
(<http://engineers.ihs.com/document/abstract/NWETIBA>)

- Arai, M. 2007. Registro de florações de dinoflagelados no Cretáceo do Brasil. In: Paleontologia: Cenários da Vida, v. 2, p. 595-605.
- Baranger, R.; Martinez, L.; J- L.; Pittion,.; Pouleau, J., 1991. A new calibration procedure for fluorescence measurements of sedimentary organic matter: Organic Geochemistry, Elsevier v. 17, p. 467-475.
- Beltrami, C. V.; Alves, L. E. M.; Feijó, F. J. 1994. Bacia do Ceará. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 117-125, jan./mar.
- Berner, R.A.; Raiswell. 1984. R. C/S method for distinguishing freshwater from marine sedimentary rock. Geology, v. 12, p. 365–368.
- Behar, F.; Beaumont, B. De; Penteadó, H. L. 2001. Rock-Eval 6 technology: performances and developments: Oil & Gas Science and Technology. Revue de l'Institut Français du Pétrole, v 56, p. 111-134.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Disponível em:
http://www.geoambiente.com.br/website/cprm_geologico/viewer.htm, (Acessado em 20.abr.2005).
- Correia, M. 1971, Diagenesis of sporopollenin and other comparable organic substances: application to hydrocarbon research. In: J. Brooks, P.R. Grant, M.D. Muir, P. van Gijzel and G. Shaw, Editors, Sporopollenin, Academic Press, London (1971), pp. 569–620.

Durand B. 1980. Sedimentary organic matter and kerogen. Definition and quantitative importance of kerogen, In: Durand B. (ed.) Kerogen: Insoluble Organic Matter from Sedimentary Rocks. Editions technip, Paris, p. 13-34.

Espitalié, J.; Laporte, J. L. ; Madec, M. ; Marquis, F. ; Leplat, P. ; Paulet, J. ; Boutefeu, A. 1977. Methode Rapide de Caracterisation des Roches Meres de leur Potentiell Petrolier e de leur Degre d'Evolution. Revue de l'Institute Français du Pétrole, v. 32, p. 23-42.

Espitalié, J. ; Deroo, G. ; Marquis, F. 1986. La pyrolise Rock-Eval et ses applications. Revue de l'Institute Français du Pétrole,v. 40, p. 563 579.

Fisher, M. J., Bernard, P.C. & Cooper, B.S. 1980. Organic Maturation and Hydrocarbon Generation in the Mesozoic Sediments of the Sverdrup Basin, Arctic Canada. Proceedings of the Fourth International Palynological Conference, Lucknow (1976-77)2, 581-588

Goés, A.M.O., Souza; Feijó, F.J., 1994. Bacia do Parnaíba. In: Boletim de geociências PETROBRAS, Rio de Janeiro, 8(1):57-67, Jan./mar.1994.

Gutjahr, C. C. M. 1966 Carbonization measurements of pollen-grains and spores and their application. Leidse Geologische Mededelingen 38, 1–29.

Heroux, Y.; Chagnon, A.; Bertrand, R., 1979. Compilation and correlation of major thermal Maturation Indicators. –Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. (AAPG), 63, 2128-2144

Hunt, J. M., 1979, Petroleum Geochemistry and Geology: San Francisco, W. H. Freeman and Co., 617 p.

Jones, R. W. 1987. Organic Facies. In: Brooks, J. & Welts, D. (eds.). Advances in Organic Geochemistry, Academic Press, 2: 1-90.

International Committee for Coal and Organic Petrology (ICCP), 1998: The new Vitrinite Classification (ICCP System 1994). Fuel Vol. 77, No. 5, pp. 349-358.

Kegel, W. 1956. As inconformidades da bacia do Parnaíba e zonas adjacentes. Bol. DNPM/DGM,160. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 59P.

Law, C.A., 2004. Evaluating Source Rocks. In: Magoon, L.B.; Dow, W.G. (Eds), The petroleum system-From source to trap: American Association of Petroleum Geologists Memoir 60. pp.5-41. ISBN: 1588613763

Lima, Humberto P. Aranha, Laércio G. F. Feijó, Flávio, J. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, 8 (1): 111-113, jan./ ma. 1994.

Mendes, da Silva 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 orgânicas em rochas do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná, sul do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 254 p.

Mendonça Filho, J.G; Carvalho, M.A. & Menezes, T.R. 2002. Palinofácies. In: Unisinos ed. Técnicas e procedimentos de trabalho com fósseis e formas modernas comparativas. São Leopoldo, p. 20-24.

Mendonça Filho, J.G; Araujo, C.V.; Borrego, A. G.; Cook, A.; Flores, D.; Hackleu, P.; Hower, J.; Kern, M.L.; Kus, J.; Mastalerz, M.; Mendonça, J.O.; Menezes, T.R.; Souza, I.V.A.F.; Suarez-Ruiz, I., 2009. Report on Organic Matter Concentration Working Group (OMCWG 2009). In Press.

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.

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, p. 80-96.

Mukhopadhyay, P.K., 1994, Vitrinite reflectance as maturity parameter: petrographic and molecular characterization and its applications to basin modeling, In: P.K. Mukhopadhyay and W.G. Dow (Eds). Vitrinite reflectance as a maturity parameter: applications and limitations: American Chemical Society Symposium Series 570, p. 1-24.

Neves, I. A.; Mendonça Filho, J. G.; Souza, I. V. A. F. Aplicação da palinofácies na caracterização paleoambiental da Formação Codó, cretáceo da Bacia do Parnaíba. 2008. Trabalho de conclusão de curso. (Bacharelado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 41p

Ottenjann K.; Teichmüller M.; Wolf, M., 1975. Spectral fluorescence measurements of sporinites in reflected light and their applicability for coalification studies. In: Alpern B. (Eds), Petrographie de la Matière Organique des Sediments, Relations avec la Paleotemperature et le Potentiel Pétrolier. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. 49-65 pp.

Peters, K. E. 1986. Guidelines for Evaluating Petroleum Source Rock using Programmed Pyrolysis. AAPG Bulletin 70 (3): 318-329.

Rodrigues, R. 1967. Estudo sedimentológico e estratigráfico de depósitos silurianos e devonianos da Bacia do Parnaíba. Petrobras. Rel. Interno, Belém, v.273, 61p.

Rossetti, D.F.; Goés, A.M, 2001. O Cretáceo n Bacia de São Luís-Grajaú. Coleção Friedrich Katzer. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém. 245pp.

- Rossetti, D.F., 2001. Arquitetura deposicional da Bacia de São Luís-Grajaú. In: D.F. Rossetti, A.M. Góes, W. Truckenbrodt (Eds.), O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú. Museu Paraense Emílio Goeldi (Coleção Friedrich Katzer), Belém, p. 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, p.101-117.
- Stach, E., Mackowsky, M.-Th., Teichmiiller, M., Taylor, G. H., Chandra, D. and Teichmiiller, 1982. R. Stach's Textbook of Coal Petrology, 3rd edn. Gebriider Borntraeger, Berlin. 549 pp.
- Tissot, B.P.; Welter, D.H., 1984. Petroleum Formation and Occurrence. Springer-Verlag, Berlin; Heidelberg; New York, Tokyo. 679pp.
- Tuwani, A. O. & Tyson, R. V. 1994. Organic facies variations in the Westbury Formation (Rhaetic Bristol Channel, SW England). Organic Geochemical. V.21 N: 10 - 11, p. 1001-1014.
- Tyson, R. V. 1995. Sedimentary Organic Matter. Organic facies and palynofacies. Chapman & Hall. Londres, 615 p.
- Tyson, R. V. 1996. Sequence-stratigraphical interpretation of organic facies variations in marine siliciclastic systems: general principles and application to the onshore

Kimmeridge Clay Formation, UK. In: Hesselbo, S. P.; Parkinson, D. N. (Eds.).
Sequence stratigraphy in British Geology. London: Geological Society, 1996. p.
75-96 (Geological Society of London. Special Publication, # 103).

United States Environmental Protection Agency (U.S.EPA), 2002. Methods for the
determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments. Ecological
Risk Assessment Support Center. NCEA-C-1282 Las Vegas: Office of Research
and Development.

Vaz, P.T.; Rezende, N.G.A.; Filho, J.R.W.; Travassos, W.A.S., 2007. Bacia do
Parnaíba. In: Freitas, S.T (Eds), Boletim de Geociências da Petrobrás. Centro de
Pesquisas Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello (Cenpes), pp. 253-263