Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Caracterização da Matéria Orgânica Dispersa através da técnica de Pirólise “Rock-Eval II” Vantagens e Limitações para a Geologia

Marcus Vinicius Berao Ade

Pesquisas em Geociências, 27 (1): 43-50, jan./abr., 2000.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/20177>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - jan./abr., 2000.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Caracterização da Matéria Orgânica Dispersa através da Técnica de Pirólise “Rock-Eval II” Vantagens e Limitações para a Geologia

MARCUS VINICIUS BERAO ADE

Rua Arthur Brochado, 213/201, Riviera Fluminense. CEP 27937-120, Macaé, Rio de Janeiro - Brasil
E-mail: ade@lagosnet.com.br

(Recebido em 09/99. Aceito para publicação em 03/2000)

Abstract - The development of Rock-Eval II pyrolysis technique in the end of 70's, offered a very important tool for disperse organic matter study. Rock-Eval II pyrolysis of whole rock has been used by geologist to identify the type, quantity and thermal maturity of organic matter associated with sedimentary rocks. It is fast and inexpensive method to evaluate petroleum-generation potential and organic metamorphism of rocks. This technique allows obtention of repeatable data, very important to determining stratigraphic and geographic extent of occurrence of source rock. However pyrolysis results must be carefully analysed to avoid misunderstanding, regarding, for exemple, altered sample, interference of clay-minerals associated with organic matter, the kerogen type, imature sediments, etc., can lead to mistaken interpretation.

Keywords - Rock-eval pyrolysis, organic matter, petroleum generation

INTRODUÇÃO

Pirólise é o processo no qual materiais sólidos, líquidos e gasosos são termicamente degradados na ausência de oxigênio (Espitalié *et al.*, 1977).

Os primeiros trabalhos utilizando esta técnica datam do fim do século passado porém, na década de sessenta, houve um grande avanço com os trabalhos de Hunt (1963) e McIver (1967). Atualmente existem várias técnicas para realização da pirólise; neste trabalho, será abordada apenas a pirólise “Rock-Eval II”.

O aparelho Rock-Eval foi inicialmente desenvolvido pelo Instituto Francês do Petróleo (I.F.P.). A técnica consiste na simulação do processo natural de maturação da matéria orgânica, tendo por objetivo avaliar rapidamente e a baixos custos o potencial gerador de petróleo, o tipo de querogênio e o grau de maturação térmica da rocha (Fig. 1).

Obviamente não é possível reproduzir, em laboratório, o efeito do tempo geológico (milhões de anos) sobre a rocha. Assim sendo, utiliza-se temperaturas elevadas em curto espaço de tempo (25 min.) para alcançar resultados semelhantes aos observados na natureza.

METODOLOGIA

Equipamento Utilizado

O equipamento “Rock-Eval II” utilizado na pirólise é composto por:

- a- Um forno com capacidade não inferior a 600°C, onde se processa o aquecimento da amostra em temperatura até 550°C;
- b- Gás hélio para que o aquecimento se processe em atmosfera inerte;
- c- Divisor de fluxo dos gases que separa os gases gerados pelo aquecimento em duas porções iguais.
- d- Detector de Ionização de Chama (F.I.D.) que é alimentado por uma porção do gás. Responsável pela detecção de hidrocarbonetos livres na rocha (pico S1) e hidrocarbonetos gerados pelo craqueamento do querogênio (pico S2), conforme Figura 2.

O funcionamento básico do F. I. D. é o seguinte:

Um fluxo constante de oxigênio seco e hidrogênio passa por um filamento incandescente formando uma chama. Os gases orgânicos oriundos do aquecimento da amostra, arrastados pelo gás hélio,

Figura 1 - Método da pirólise, simulação do processo natural de maturação da matéria orgânica (adaptado de Milner, 1982).

entram em contato com esta chama. O processo de combustão destes gases orgânicos gera íons que são atraídos a um coletor submetido a uma voltagem determinada. O deslocamento destes íons, da chama para o coletor, produz uma corrente que é medida em um voltímetro. O aparelho pré-calibrado converte os pulsos elétricos, medidos em milivolts, em mg HC/g de rocha.

e- Um retentor de CO_2 onde o gás é aprisionado. Ao término da análise o “trap” de CO_2 é aquecido liberando o CO_2 retido. O gás liberado é identificado por um Detector de Condutividade Térmica (D.C.T.) (pico S3).

O D.C.T. funciona basicamente da seguinte forma:

O detector consiste de duas células de calor, com dois filamentos interconectados em cada célula, que estão em equilíbrio devido à passagem por elas do mesmo tipo de gás e com fluxo constante. Por uma das células só passa o gás carreador e pela outra passa o gás carreador mais o CO_2 liberado do “trap”. A temperatura do gás se mantém constante assim como sua condutividade térmica. A passagem do CO_2 junto com gás carreador por uma das células acarreta a perda de calor por parte desta provocando uma variação na condutividade térmica e por conseguinte, um desequilíbrio. Esta variação na condutividade gera um pulso elétrico que é convertido em mg CO_2 / g de rocha.

Análise

A análise é realizada introduzindo, no aparelho “Rock-Eval II”, um cadinho de aço inoxidável com amostra moída (tamanho de partícula $<0,1777$ mm ou 80 mesh). O peso da amostra para análise varia conforme os teores de carbono orgânico total (COT) (vide abaixo):

% COT	Peso da amostra (g)
< 3	0,1
> 3	0,05
> 7	0,03
> 12	0,01

Esta variação no peso da amostra é utilizada com o objetivo de proteger o equipamento “Rock-Eval II”. Caso fosse adotado um valor padrão para o peso das amostras, as que apresentassem valores elevados de COT poderiam provocar a obstrução e/ou acúmulo de resíduo nos condutos danificando e contaminando novas análises, bem como provocariam distorções nos valores de S1, S2, S3 e Tmax (temperatura em que ocorre a máxima produção de hidrocarbonetos na análise).

A rocha pulverizada é aquecida no forno durante 4 a 5 min. até temperatura de 300°C ; após, a temperatura sofre um incremento de $25^\circ\text{C}/\text{min}$ até atingir 550°C . Neste momento o forno é desligado começando a análise do CO_2 retido no “trap”. Todo este processo analítico tem duração de 25 min. sendo realizado sob condições de atmosfera inerte; para tanto, utiliza-se gás hélio como agente carreador dos gases produzidos (Fig. 3).

Figura 2 - Diagrama esquemático do “Rock-Eval II”.

Figura 3 - Esquema do funcionamento da pirólise "Rock-Eval II" (adaptado de Espitalié *et al.*, 1977).

Durante a operação de aquecimento da amostra, três porções de gases são liberadas e registradas em forma de picos em um pirograma (Fig. 4). Estes picos foram denominados inicialmente de S1, S2 e S3 sendo que alguns autores utilizam a simbologia P1, P2 e P3, respectivamente.

A análise de pirólise pelo aparelho "Rock-Eval II" é praticamente automática. O operador apenas insere os cadinhos com as amostras previamente pesadas e programa o aparelho para as temperaturas e tempos desejados em cada fase. Uma vez introduzido o primeiro cadinho no aparelho e iniciada a operação as análises se processam automaticamente. Este aparelho não é apropriado para análises de material líquido ou gasoso, apenas amostras de rocha pulverizada.

Parâmetros Determinados

Ao término da análise são identificados no pirograma três picos, S1, S2 e S3 (Fig. 4).

Figura 4 - Picos correspondente aos hidrocarbonetos livres (S1), aos produzidos pelo craqueamento do querogênio (S2) e CO₂ liberado da matéria orgânica (S3), conforme Espitalié *et al.* (1977).

O pico S1, primeiro a surgir no pirograma, caracteriza a quantidade de hidrocarbonetos livres na rocha e que foram volatilizados à temperatura inferior a 300°C. Em outras palavras é a quantidade de óleo e/ou gás presente na rocha que foram gerados na natureza e que não sofreram migração.

O pico S2, segundo pico a surgir no pirograma, representa a quantidade de hidrocarbonetos gerados pela pirólise, ou seja, é o potencial que a rocha ainda tem para produzir hidrocarbonetos se for submetida a condições ideais em subsuperfície. Neste pico obtém-se também o valor de Tmax, que corresponde à temperatura onde ocorre a máxima produção de hidrocarbonetos durante a análise, sendo materializado no ponto máximo do pico S2.

O pico S3, terceiro pico do pirograma, corresponde ao CO₂ gerado pela matéria orgânica presente na rocha.

A obtenção dos valores de S1, S2 e S3 é feita a partir do cálculo da área destes picos, sendo expressos em miligrama de hidrocarbonetos (S1 e S2) e miligrama de CO₂ (S3) por grama de rocha. Para tanto, o operador deve introduzir no programa do pirólizador "Rock-Eval II", antes do início da análise, os valores de carbono orgânico total e o peso da amostra.

Também é possível determinar a partir da razão S1/(S1+S2) o Índice de Produção que fornece informações a respeito do grau de evolução térmica da matéria orgânica. Este índice associado ao Tmax e ao Poder Refletor da vitrinita fornece dados sobre o grau de maturação da matéria orgânica e sua posição aproximada na "janela de geração de óleo".

Aplicação na Geologia

O estudo de rochas contendo matéria orgânica através da pirólise "Rock-Eval II", fornece informações a respeito da quantidade, tipo e maturidade da matéria orgânica.

A importância da avaliação em conjunto destes dados reflete-se na predição de áreas com maior ou menor potencial de ocorrência de hidrocarbonetos nas bacias sedimentares.

Quantidade de Matéria Orgânica

A quantidade de matéria orgânica presente em uma amostra está representada pela quantidade de carbono orgânico nela contida. Peters (1986) relaciona a quantidade de carbono orgânico total com a quantidade de hidrocarbonetos detectados nos pi-

cos S1 e S2, estabelecendo assim um padrão quantitativo de matéria orgânica (vide abaixo).

Quantidade	Cot (%)	S1*	S2*
Poor (Pobre)	0,0-0,5	0,0-0,5	0,0-2,5
Fair (Médio)	0,5-1,0	0,5-1,0	2,5-5,0
Good (Bom)	1,0-2,0	1,0-2,0	5,0-10,0
Very Good (Muito Bom)	+ 2,0	+ 2,0	+ 10,0

S1 e S2 mgHC/g rocha (Peters, 1986)

Tipo de Querogênio

Baseando-se nas razões H/C e O/C, obtidas através da análise elementar de carvão, Van Krevelen (1961) definiu três tipos de querogênio – I, II e III –, sendo posteriormente definido um quarto tipo – IV – por Brooks (1981) (Fig. 5).

O querogênio tipo I caracteriza-se por apresentar elevada razão H/C (rica em H) e predomínio de cadeias alifáticas sobre as aromáticas; é originado principalmente por material algálico rico em lipídios. Este tipo é o melhor gerador de hidrocarbonetos líquidos e gasosos.

O querogênio tipo II apresenta valores mais baixos da razão H/C em relação ao tipo I, além de conter mais anéis aromáticos e naftênicos. Constituído principalmente por esporos, pólenes e cutículas apresenta elevados teores de enxofre, devido ao caráter ambiental redutor a que está associado. É bom produtor de óleo, porém não tanto quanto o tipo I.

O querogênio tipo III caracteriza-se por apresentar elevada razão O/C (rico em O), pequena

quantidade de cadeias alifáticas e ser derivado basicamente de restos de vegetais superiores. É típico de ambiente continental apresentando capacidade de produção de gás em grandes profundidades.

O último tipo de querogênio, o IV, é oriundo do retrabalhamento e/ou oxidação da M.O. através da ação biológica e/ou exposição subaérea. A composição básica é formada por macerais do grupo da inertinita, não apresentando condições de produção de hidrocarbonetos (Brooks 1981).

Espitalié *et al.* (1977) demonstrou que o oxigênio existente em uma rocha é proporcional ao dióxido de carbono liberado da amostra durante a pirólise, sendo representado pelo pico S3. Da mesma forma o hidrogênio existente é proporcional aos hidrocarbonetos liberados da amostra, materializado pelo pico S2.

Desta forma Espitalié *et al.* (1977), definiu o índice de hidrogênio $IH = (S2/COT).100$ e o índice de oxigênio $IO = (S3/COT).100$. Plotando estes índices em um gráfico tipo van Krevelen são também identificados quatro tipos de querogênio (Fig. 6).

Maturação da Matéria Orgânica

Através da pirólise “Rock-Eval II” pode-se ter uma boa noção do comportamento termal e do estágio de maturação em que se encontra a matéria orgânica contida na rocha.

Figura 5 - Diagrama tipo van Krevelen com os principais tipos de matéria orgânica (Brooks, 1981)

Figura 6 - Classificação e evolução térmica dos querogênios segundo diagrama tipo van Krevelen (Brooks, 1981; Espitalié *et al.*, 1985).

O Índice de Produção ($IP = S1/S1+S2$) e a T_{max} são os parâmetros utilizados para estimar a maturação da matéria orgânica. Porém, deve-se ter cuidado ao utilizá-los uma vez que variam de acordo com o tipo de matéria orgânica, principalmente a T_{max} (Espitalié *et al.*, 1985) (Fig. 7). De um modo geral, valores de T_{max} entre 435°C-440°C e 470°C representam o início e término da janela de geração de óleo, respectivamente. Temperaturas acima dos 470°C representam a fase senil onde apenas gás é gerado.

O comportamento do índice de produção assemelha-se a T_{max} pois ambos aumentam de valor à medida em que aumenta a profundidade.

O quadro abaixo proposto por Peters (1986) utiliza estes dois parâmetros para avaliar o estágio evolutivo da matéria orgânica relacionando-a à janela de geração de óleo.

Maturação	IP	T_{max} (°C)
Início da janela de geração	0,1	435-440
Término da janela de geração	0,4	470

Outra maneira também utilizada para avaliar a maturação da matéria orgânica é o posicionamento da amostra em um gráfico tipo van Krevelen, onde nos eixos tem-se o índice de hidrogênio versus o índice de oxigênio. Quanto mais próxima da junção dos eixos estiver plotada a amostra mais evoluída será a matéria orgânica (Fig. 6).

Interpretação dos Parâmetros

Concluída a análise das amostras e de posse dos resultados inicia-se a fase de interpretação. Para melhor visualização e interpretação os dados são plotados em um perfil geoquímico juntamente com outros parâmetros que irão auxiliar na identificação dos intervalos rochosos em condições de geração de hidrocarbonetos.

Para exemplificar esta interpretação dos resultados da pirólise “Rock-Eval II” usaremos o perfil geoquímico da Figura 8.

O intervalo compreendido entre o Cretáceo superior/ Terciário (100 m e 700 m) é caracterizado por baixos a médios teores de matéria orgânica ($COT < 1\%$). Valores baixos de I.H. e elevados de I.O., sugerem matéria orgânica tipo III ou II oxidada. O grau de maturação da matéria orgânica pode ser avaliada pela T_{max} e o poder refletor da vitrinita que evidenciam uma matéria orgânica imatura ($Ra < 0,6\%$).

O intervalo compreendido entre Santoniano/ Turoniano (700 m a 850 m) apresenta um elevado

Figura 7 - Utilização da T_{max} para determinar as zonas de geração de óleo e gás (Espitalié *et al.* 1985).

valor de COT (1-3,5%) e potencial gerador bom a muito bom. Ocorre um elevado I.H. e baixo I.O., sugerindo M.O. tipo I ou II; este intervalo encontra-se também na fase imatura, semelhante ao intervalo anterior ($Ra < 0,6\%$).

O intervalo Albiano (850 m a 1075 m), apresenta valores de COT médios a altos, I.H. baixo e I.O. mediano, caracterizando M.O. tipo III ou II oxidada posicionando-se, de acordo com a T_{max} e poder refletor da vitrinita, no estágio imaturo.

A partir da porção inferior do Albiano e Alagoas (1200 m até a 1700 m), os valores de COT são muito altos, o I.H. é elevado e o I.O. baixo, caracterizando M.O. tipo I ou II. Inicialmente o potencial gerador é muito bom passando a bom a partir dos 1400 m. Percebe-se nitidamente uma tendência de queda no potencial gerador e do I.H. neste intervalo, sugerindo geração de hidrocarbonetos.

O poder refletor da vitrinita ($Ra > 0,6\%$) indica que a partir dos 1200 m a rocha está no início da janela de geração de óleo; corroborando com esta interpretação tem-se o aumento de $S1$.

Por fim, o andar Rio da Serra (1900 m a 2100 m) apresenta valores de COT baixos a médios, com

Figura 8 - Exemplo de perfil geoquímico. • Tmax (°C); v - Poder Refletor Aleatório da Vitrinita (Ra %)

I.H. baixo e I.O. mediano, caracterizando uma M.O. tipo III ou II oxidada. Apesar deste intervalo estar na fase madura de geração segundo os valores da Tmax e Poder Refletor da Vitrinita, tanto o S2 quanto o S1 são baixos, descartando a possibilidade de geração de hidrocarbonetos.

Fatores que Influenciam nos Resultados da Pirólise

Devido a inúmeros fatores, que podem começar no tipo de amostragem até aqueles inerentes ao processo de pirólise, os resultados obtidos podem estar sendo mascarados induzindo a interpretações errôneas. O reconhecimento e compreensão destes

problemas é um passo decisivo para uma correta interpretação (Katz, 1983; Petes, 1986 e Petes & Cassa, 1994).

Alteração de Amostras

Por fim, os problemas oriundos da amostragem e armazenamento também podem distorcer os valores de S1, S2 e S3. Em geral as qualidades da amostra decrescem de acordo com os seguintes tipos de amostragem: testemunhos de sondagem, amostras laterais de poço (sidewall core), amostras de calha (drill cutting) e afloramento. Amostras coletadas em afloramentos podem apresentar resultados depletados em S1 e S2 e mais elevados em S3, fruto do intem-

perismo e oxidação. A ação biológica de fungos em amostras armazenadas ainda úmidas ou em locais impróprios aumentam os resultados de S1, S2 e S3.

Interferência da Matriz Mineral

Até o momento não há um conhecimento completo dos mecanismos responsáveis pelas variações nos resultados de S1, S2 e Tmax, fruto da presença de uma matriz mineral. Acredita-se que durante o aquecimento da amostra, alguns argilo-minerais retêm, por adsorção, os hidrocarbonetos pesados. Em alguns casos estes hidrocarbonetos que deveriam ser identificados pelo F.I.D. no pico S1, são identificados apenas no pico S2, distorcendo desta forma os resultados (reduzindo S1 e Tmax e aumentando S2). Em outros casos os hidrocarbonetos não são liberados dos argilo-minerais nem após o final da análise, mascarando completamente os resultados.

Trabalhos de Espitalié *et al.* (1980), Horsfield & Douglas (1980), Horsfield (1984), Katz (1983), Larter (1984), Peters (1986), Tarafa *et al.* (1983), Orr (1983) e Wang (1989) possibilitaram algumas generalizações:

- a- a ação da matriz mineral é mais eficiente em amostras com valores de carbono orgânico total inferiores a 1%;
- b- o tipo de argilo-mineral predominante também influencia. Entre os argilo-minerais a illita e a caolinita são aqueles que apresentam a maior e menor capacidade de influenciar nos resultados da pirólise, respectivamente;
- c- o tipo de querogênio (I, II, III ou IV) também influencia nas reações entre a matriz mineral e o constituinte orgânico. O querogênio tipo III é o que apresenta as maiores distorções nos resultados da pirólise em comparação com os dos tipos I e II.

Presença de Betume

Os efeitos da presença de betume na rocha, sobre os resultados da pirólise, são bem conhecidos desde o final da década de setenta. Sua ocorrência na rocha dá-se de três formas: livre nos poros, adsorvido no querogênio e adsorvido na matriz mineral.

Quando uma amostra com betume é pirolizada provoca nos resultados da pirólise uma redução nos reais valores de S1 e Tmax, e aumento de S2. Isto ocorre porque, com a taxa de 25°C/ min., utilizada na pirólise, não há tempo suficiente para a liberação de todo o betume, com isto apenas parte dele é liberado e identificado pelo F.I.D. no pico S1, sendo o restante identificado no pico S2. Este pro-

blema induz a interpretações errôneas do potencial gerador da rocha.

Imaturidade dos Sedimentos

Para sedimentos imaturos a pirólise não faz uma separação perfeita dos picos S1 e S2. Isto pode acarretar a presença, no pirograma, de anomalias no pico S1 e, conseqüentemente, no Índice de Produtividade ($IP = S1 / (S1 + S2)$). Este tipo de problema conduz a uma super avaliação da maturação da rocha, uma vez que, com o aumento de S1, o índice de produtividade aumenta, sugerindo uma maior evolução térmica.

A imaturidade dos sedimentos inibe a correlação entre o índice de hidrogênio (I.H.) e índice de oxigênio (I.O.) com as razões H/C e O/C, respectivamente. Estas relações, propostas por Espitalié *et al.* (1977), estão baseadas em uma relação existente entre o I.H. e a razão H/C e I.O. e a razão O/C. Em rochas imaturas estas relações parecem não ser verdadeiras.

Contaminação por Migração de Óleo

Durante a expulsão e migração de óleo até seu aprisionamento em uma rocha reservatório, o óleo entrará em contato com outras rochas deixando nelas a marca de sua passagem. Ao serem analisadas na pirólise estas rochas vão apresentar valores anômalos para S1 e S2, encorajando a interpretação da existência de uma rocha geradora. Os picos anômalos de S1 e S2 associados ao índice de produção também anômalo (muito elevado) e os baixos valores de Tmax sugerem a existência de contaminação.

Contaminação por Aditivos

Este tipo de contaminação assemelha-se muito ao problema anterior envolvendo migração de óleo.

Em alguns casos durante a perfuração de um poço são utilizados aditivos no fluido de perfuração ou este é a base de óleo. Nestes casos, toda a amostra coletada estará contaminada, resultando em valores muito anômalos de S1, S2 e Tmax. Para atenuar o problema pode-se lavar as amostras com solvente orgânico para remover o contaminante.

Este tipo de problema pode ser facilmente identificado, bastando para tanto o conhecimento prévio das condições de perfuração.

Tipo de Querogênio

O conhecimento prévio do tipo predominante de querogênio é fundamental na determinação da quantidade de hidrocarbonetos gerados em S1 e S2.

Por vezes os valores de carbono orgânico total (COT) em amostras diferentes, são semelhantes, e o conjunto de amostras apresenta valores diferentes para S2. Isto acontece quando, na mesma rocha, ocorrem tipos diferentes de matéria orgânica, por exemplo: matéria orgânica correlacionáveis a querogênio tipo I e III. Devido a particularidades do ambiente deposicional, pode ocorrer esta mistura e os resultados analíticos levados ao gráfico tipo van Krevelen podem sugerir a presença de um querogênio tipo II.

Influência no CO₂

Katz (1983) caracterizou muito bem a influência que uma amostra com impurezas tem no resultado do pico S3 da pirólise. A presença de carbonatos disseminados na rocha ou como filmes de calcita preenchendo pequeníssimas fissuras podem distorcer em muito os verdadeiros valores de CO₂. Segundo este autor há necessidade de acidificar a amostra antes de pirolisá-la. Com isto evita-se erros também no índice de oxigênio (IO = S3/COT).

Influência na Tmax

Os valores de Tmax obtidos na pirólise, de modo geral, aumentam à medida em que as amostras aumentam de profundidade. Esta relação entre profundidade e Tmax é rompida no momento em que ocorrem falhamentos, discordâncias e anomalias termais.

Há casos em que a amostra apresenta valores para o potencial gerador (S2) muito baixos, inferiores a 0,2 mg HC/g rocha, nestes casos aconselha-se a desconsiderar os valores obtidos para Tmax em virtude da sensibilidade do aparelho "Rock-Eval II".

CONCLUSÕES

A pirólise "Rock-Eval II" é uma ferramenta importantíssima no estudo de rochas com matéria orgânica disseminada, uma vez que permite a obtenção de dados sobre: tipo de querogênio, potencial gerador e maturação de forma rápida, barata, confiável e com repetibilidade.

Os dados devem ser analisados com consciência de que o equipamento tem limitações e que, sob certas situações, os dados podem estar mascarados.

Esta técnica não deve ser utilizada isoladamente para obtenção de dados conclusivos, mas deve estar associada às análises microscópicas, medidas do poder refletor da vitrinita, determinação do Índice de Coloração dos Esporos, cromatografia, biomarcadores etc, permitindo assim uma interpretação mais fundamentada.

Agradecimentos - O autor agradece à Petróleo Brasileiro S. A. (PETROBRAS) pela gentileza de cedência da bibliografia e, em especial, ao Dr. Luiz Antonio Freitas Trindade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brooks, J. 1981. **Organic Maturation Studies and Fossil Fuel Exploration**. Academic Press Ind. (London), 441 p.
- Espitalié, J.; Deroo, G. & Marquis, F. 1985. La pyrolyse rock-eval et ses applications. **Revue de L'Institut Français du Pétrole**, 40 (6): 755-784.
- Espitalié, J.; Laporte, J. L.; Madec, M.; Marquis, F.; Leplat, P.; Paulet, J. & Boutefeu, A. 1977. Méthode rapide de caractérisation des roches mères, de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution. **Revue de L'Institut Français du Pétrole**, 32 (1):23-43.
- Espitalié, J.; Madec, M. & Tissot, B. 1980. Role of mineral matrix in kerogen pyrolysis: influence on petroleum generation and migration. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, 64 (1), 59-66.
- Horsfield, B. 1984. Pyrolysis studies and petroleum exploration. **Advances in Petroleum Geochemistry**, 1, 247-298.
- Horsfield, B. & Douglas, A. G. 1980. The influence of minerals on the pyrolysis of kerogen. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 44: 986-996.
- Hunt, J. M. 1963. Geochemical data on organic matter in sediments. In: VORTRÄGE DER INTERNATIONALEN WISSENSCHAFTLICHEN KONFERENZ FÜR GEOCHEMIE, 3, Mikrobiologie und Erdölchemie: Budapest, v. 1, p. 394-409.
- Katz, B. J. 1983. Limitations of "Rock-Eval" pyrolysis for typing organic matter. **Organic Geochemistry**, 4, (3/4): 195-199.
- Van Krevelen, D. W. 1961. **Coal**. Elsevier, Amsterdam, 514 p.
- Larter, S. R. 1984. Application of analytical pyrolysis techniques to kerogen characterization and fossil fuel exploitation. In: Voorhees, K. J. (ed). **Analytical Pyrolysis Techniques and Exploration**, Boston, Butterworth, p. 212 -275.
- Milner, C. W. D. 1982. **Geochemical analyses of sedimentary organic matter and interpretation of maturation and source potential**. Houston, Texas, SEPM (short course, 7).
- Mclver, R. D. 1967. Composition of kerogen: clue to its role in the origin of petroleum: WORLD PETROLEUM CONGRESS, 7, Mexico, **Proceedings**, v. 2 p. 25-36.
- Orr, W. L. 1983. Comments on pyrolytic hydrocarbon yields in source rocks evaluation. In: Bjoroy, M.; Albrecht, C.; Corning, C.; Groot, K. de; Eglinton, G. & Speers, G. C. (eds). **Advances in Organic Geochemistry**, Wiley & Sons, p. 775-787.
- Peters, K. E. 1986. Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, 70, (3), 318-329.
- 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**. p. 93-120. (AAPG Memoir 60).
- Tarafa, M. E., Hunt, J. M. & Ericsson, I. 1983. Effect of hydrocarbon volatility and adsorption on source rock pyrolysis. **Journal of Geochemical Exploration**, 18: 75-85.
- Wang, L. 1989. **Detailed investigation of the pyrolysis process and new applications of the technique in organic geochemistry**. Tese de Doutorado, Univ. of Tulsa, 245 p., Tulsa.