

Fins da Geologia

Ingrid Aparecida Gomes
(Organizadora)

 **Atena**
Editora

Ano 2018

Ingrid Aparecida Gomes
(Organizadora)

Fins da Geologia

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

G633f Gomes, Ingrid Aparecida.
Fins da geologia [recurso eletrônico] / Ingrid Aparecida Gomes. –
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-020-9
DOI 10.22533/at.ed.209182112

1. Geologia. 2. Geologia química. I. Título.

CDD 550

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra *“Estudos Geológicos Contemporâneos”* aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 11 capítulos, discussões de diferentes vertentes da Geologia, com ênfase na Geologia Química.

A Geologia engloba, atualmente, alguns dos campos mais promissores em termos de pesquisas atuais. Esta ciência estuda as diversas relações existentes entre natureza e o homem, principalmente os fatores de composição da crosta terrestre.

A percepção geológica possibilita a aquisição de conhecimentos e habilidades capazes de induzir mudanças de atitudes, resultando na construção de uma nova visão das relações do ser humano com o meio, e, portanto, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas.

A ideia moderna da Geologia refere-se a um processo de mudança física geral, formulada no sentido positivo e natural, temporalmente progressivo e acumulativo, segue certas regras, etapas específicas e contínuas, de suposto caráter universal. Como se tem visto, a ideia não é só o termo descritivo de um processo e sim um artefato mensurador e normalizador do meio físico, tais discussões não são apenas mais fundadas em critérios antropológicos, mas também são incluídos fatores caracterização, avaliação, investigação de anomalias, mais centrado nos aspectos litológicos.

Neste sentido, este volume dedicado a Geologia, apresenta artigos alinhados com estudos da natureza. A importância dos estudos geológicos dessas vertentes, é notada no cerne da ciência, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos Geólogos e profissionais de áreas afins, em desvendar a realidade dos meios natural e antrópico.

Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Ingrid Aparecida Gomes

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	8
CARACTERIZAÇÃO DOS ARGILOMINERAIS DOS ARENITOS DA FORMAÇÃO FURNAS, REGIÃO DE CAMPO NOVO-PR	
Ricardo Maahs Norberto Dani Ericks Henrique Testa Elisa Oliveira da Costa	
DOI 10.22533/at.ed.2091821121	
CAPÍTULO 2	13
CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DA FORMAÇÃO IÇÁ	
Luciana F. Pereira Guilherme T. Bueno Thierry Allard	
DOI 10.22533/at.ed.2091821122	
CAPÍTULO 3	20
CONTRIBUIÇÃO À AVALIAÇÃO DO POTENCIAL GERADOR DE HIDROCARBONETOS DA FORMAÇÃO PIMENTEIRAS (DEVONIANO), NO ESTADO DO TOCANTINS, BACIA DO PARNAÍBA, BRASIL	
Iasmine Maciel Silva Souza Olívia Maria Cordeiro de Oliveira Hélio Jorge Portugal Severiano Ribeiro Eliane Soares de Souza Jose Roberto Cerqueira Ilene Matanó Abreu Rafael Regueira Santos	
DOI 10.22533/at.ed.2091821123	
CAPÍTULO 4	30
AVALIAÇÃO DE HIDROCARBONETOS POLIAROMÁTICOS EM EXTRATOS DE ROCHAS GERADORAS DA BACIA DO AMAZONAS, FORMAÇÃO BARREIRINHA	
Artur Leal de Carvalho Barros Sidney Gonçalo de Lima Andrenilton Ferreira Silva Edymilaís da Silva Sousa Moisés Pereira de Araújo Sebastian Molina Calderón Afonso Cesar Rodrigues Nogueira	
DOI 10.22533/at.ed.2091821124	
CAPÍTULO 5	43
FATORES QUE AFETAM A BIODISPONIBILIDADE DE CONTAMINANTES METÁLICOS EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA BAÍA DE SEPETIBA, RIO DE JANEIRO, BRASIL	
Christiane do Nascimento Monte Ana Paula de Castro Rodrigues Alexandre Rafael de Freitas Renato Campello Cordeiro Ricardo Erthal Santelli Wilson Machado	
DOI 10.22533/at.ed.2091821125	

CAPÍTULO 6	58
ANOMALIAS GEOQUÍMICAS DE ESTRÔNCIO NO ESTADO DE ALAGOAS E PERSPECTIVAS DE MINERALIZAÇÕES	
Enjolas de Albuquerque Medeiros Lima	
Melissa Franzen	
Fernanda Soares de Miranda Torres	
DOI 10.22533/at.ed.2091821126	
CAPÍTULO 7	63
TEORES ANÔMALOS DE CROMO EM ASSOCIAÇÃO COM COBRE, FERRO E NÍQUEL NA REGIÃO DE JOAQUIM GOMES, NORDESTE DO ESTADO DE ALAGOAS	
Melissa Franzen	
Enjolas de Albuquerque Medeiros Lima	
Fernanda Soares de Miranda Torres	
DOI 10.22533/at.ed.2091821127	
CAPÍTULO 8	69
CONCENTRAÇÕES DE NITRATO EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS EM ÁREA DE ATIVIDADE MINEIRA NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL, RS, BRASIL	
Cristiane Heredia Gomes	
Karine Persea Junges	
Diogo Gabriel Sperandio	
Rafael Lima Dessart	
Pedro Daniel da Cunha Kemerich	
DOI 10.22533/at.ed.2091821128	
CAPÍTULO 9	85
GEOQUÍMICA MOLECULAR DE ROCHAS GERADORAS DA FORMAÇÃO BARREIRINHA, MUNICÍPIO RURÓPOLIS – PARÁ, BACIA DO AMAZONAS	
Andrenilton Ferreira Silva	
Sidney Gonçalo de Lima	
Artur Leal Carvalho Barros	
Sebastian Molina Calderón	
Afonso Cesar Rodrigues Nogueira	
DOI 10.22533/at.ed.2091821129	
CAPÍTULO 10	98
SEPARAÇÃO DE ASFALTENOS POR CROMATOGRAFIA EM PLACA PREPARATIVA E ANÁLISE POR CG-EM DE BIOMARCADORES OCLUÍDOS	
Sidney Gonçalo de Lima	
Iara Samara de Alcantara Silva	
José Arimateia Dantas Lopes	
Igor Viegas Alves Fernandes de Souza	
Ramsés Capilla	
Georgiana Feitosa da Cruz	
DOI 10.22533/at.ed.20918211210	
CAPÍTULO 11	106
STUDY OF LITHOLOGIC INFLUENCE ON KARSTIC GEOMORPHOLOGY DEVELOPED ON PEDRO LEOPOLDO AND LAGOA SANTA MEMBER'S – SETE LAGOAS FORMATION/ MG, BRAZIL	
Amanda Rodrigues Lima da Silva	
Gizelle Guedes Cunha de Moura	
Letícia Amaral Cardoso	
Maria Luiza Menezes Cordeiro	

Rafael Queiroga Viana Machado
Ana Katuscia Pastana de Souza Weber
Marcia Rodrigues Marques
Ulisses Cyrino Penha

DOI 10.22533/at.ed.20918211211

SOBRE A ORGANIZADORA..... 117

CONTRIBUIÇÃO À AVALIAÇÃO DO POTENCIAL GERADOR DE HIDROCARBONETOS DA FORMAÇÃO PIMENTEIRAS (DEVONIANO), NO ESTADO DO TOCANTINS, BACIA DO PARNAÍBA, BRASIL

Iasmine Maciel Silva Souza

Universidade Federal da Bahia

Salvador – Bahia

Olívia Maria Cordeiro de Oliveira

Universidade Federal da Bahia

Salvador – Bahia

Hélio Jorge Portugal Severiano Ribeiro

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy

Ribeiro

Macaé – Rio de Janeiro

Eliane Soares de Souza

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy

Ribeiro

Macaé – Rio de Janeiro

Jose Roberto Cerqueira

Universidade Federal da Bahia

Salvador – Bahia

Ilene Matanó Abreu

Universidade Federal da Bahia

Salvador – Bahia

Rafael Regueira Santos

Universidade Federal da Bahia

Salvador – Bahia

RESUMO: A bacia do Parnaíba faz parte do grupo das bacias intracratônicas paleozoicas brasileiras. A Formação Pimenteiras é a unidade litoestratigráfica potencialmente geradora de petróleo desta bacia. Neste trabalho, foram

estudadas as características geoquímicas de seis amostras de folhelhos da Formação Pimenteiras. Para isto foram utilizadas técnicas como COT, pirólise *Rock Eval* e cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização de chamas (GC-FID) e isótopos estáveis de carbono. Estas amostras apresentaram COT variando de 0,99% a 1,98 %, que são considerados como um bom potencial de rochas geradoras de petróleo. Porém, os resultados do S_2 variaram entre 0,86 e 2,28 mg HC/ g rocha, revelando amostras com um pobre potencial de gerar hidrocarbonetos. Através dos valores do índice de hidrogênio foi possível qualificar a matéria orgânica para todas as amostras de folhelho, como querogênio do tipo III, e este apresenta potencial para gerar gás. Os valores do $T_{máx}$ menores 430 °C demonstraram que todas elas encontram-se imaturas, e analisando os n-alcanos é verificado o predomínio dos n-alcanos, n-C₂₇ a n-C₃₀, sugerindo uma fonte de matéria orgânica de origem terrestre.

PALAVRAS-CHAVES: Geoquímica do Petróleo. Bacia do Parnaíba. Formação Pimenteiras. Devoniano.

ABSTRACT: The Parnaíba basin is part of the group of the Brazilian paleozoic intracratonic basins. The Pimenteiras Formation is the lithostratigraphic unit potentially generating oil

of this basin. In this work, the geochemical characteristics of six shale samples from the Formation Pimenteiras were studied. For this, techniques such as TOC, pyrolysis *Rock Eval* and gas chromatography coupled to the flame ionization detector (GC-FID) and stable carbon isotopes were used. These samples presented TOC varying from 0.99% to 1.98%, considered as a good potential of source rocks petroleum. However, the S_2 scores ranged from 0.86 to 2.28 mg HC / g rock, revealing samples with poor hydrocarbon generation potential. Through the values of the hydrogen index it was possible to qualify the organic matter for all shale samples, as type III kerogen, which presents potential to generate gas. Tmax values lower than 430 °C showed that all of them are immature, and the n-alkanes are predominant, n-C₂₇ to n-C₃₀, suggesting a source of organic matter of terrestrial origin.

KEYWORDS: petroleum geochemistry. Parnaíba basin. Pimenteiras Formation, Devonian.

1 | INTRODUÇÃO

A bacia sedimentar do Parnaíba abrange uma área de aproximadamente 6.000.000 km², estendendo-se pelos estados do Piauí, Maranhão, Tocantins, Pará, Ceará e Bahia. A estratigrafia de Vaz et al. (2007) divide a coluna sedimentar da bacia em cinco supersequências deposicionais, datadas do Siluriano ao Cretáceo. A unidade litoestratigráfica estudada no presente trabalho faz parte da sequência mesodevoniana.

A Formação. Pimenteiras é a principal rocha geradora de hidrocarbonetos desta bacia (RODRIGUES, 1995). Estudos anteriores têm correlacionado esta formação aos maiores teores de COT (até 4%). As razões de biomarcadores e a análise das palinofácies fornecem informações de deposição em um contexto de paleoambiente transicional entre continental e marinho (PARRA, 2012; ANDRADE, 2016; ZAMBRANO, 2016).

Buscando expandir os conhecimentos sobre a Formação Pimenteiras, a fim de se chegar a dados mais conclusivos sobre a bacia em questão, o presente trabalho enfatiza na caracterização do potencial gerador de hidrocarbonetos de seis amostras de folhelhos da Formação. Pimenteiras, coletadas na borda oeste da bacia do Parnaíba no estado do Tocantins.

A caracterização visa aumentar os dados geoquímicos da bacia, através das análises de carbono orgânico total, enxofre, pirólise *Rock Eval* e isótopos estáveis de carbono para qualificar, quantificar e obter a maturação térmica alcançada pela matéria orgânica.

2 | ÁREA DE ESTUDO

O afloramento analisado está situado ao longo da rodovia estadual TO- 020/

TO-010 no estado do Tocantins, e possui as coordenadas geográficas: 9° 56` 50,2” de latitude sul e 47° 59` 15,5” de longitude oeste (Figura 1). Neste afloramento foram coletadas 6 amostras de folhelhos pertencentes a Formação. Pimenteiras. A amostragem foi realizada em intervalos sequenciais de um metro, essa busca estudar a variabilidade dos parâmetros geoquímicos da referida formação. O afloramento foi denominado de ponto 9 , e as amostras foram distinguidas por números que variam de 9.1 a 9.6 e consiste, principalmente, de folhelhos cinza esverdeado, cinza médio a escuro, pretos que se apresentam com laminação plano paralela e físsil.

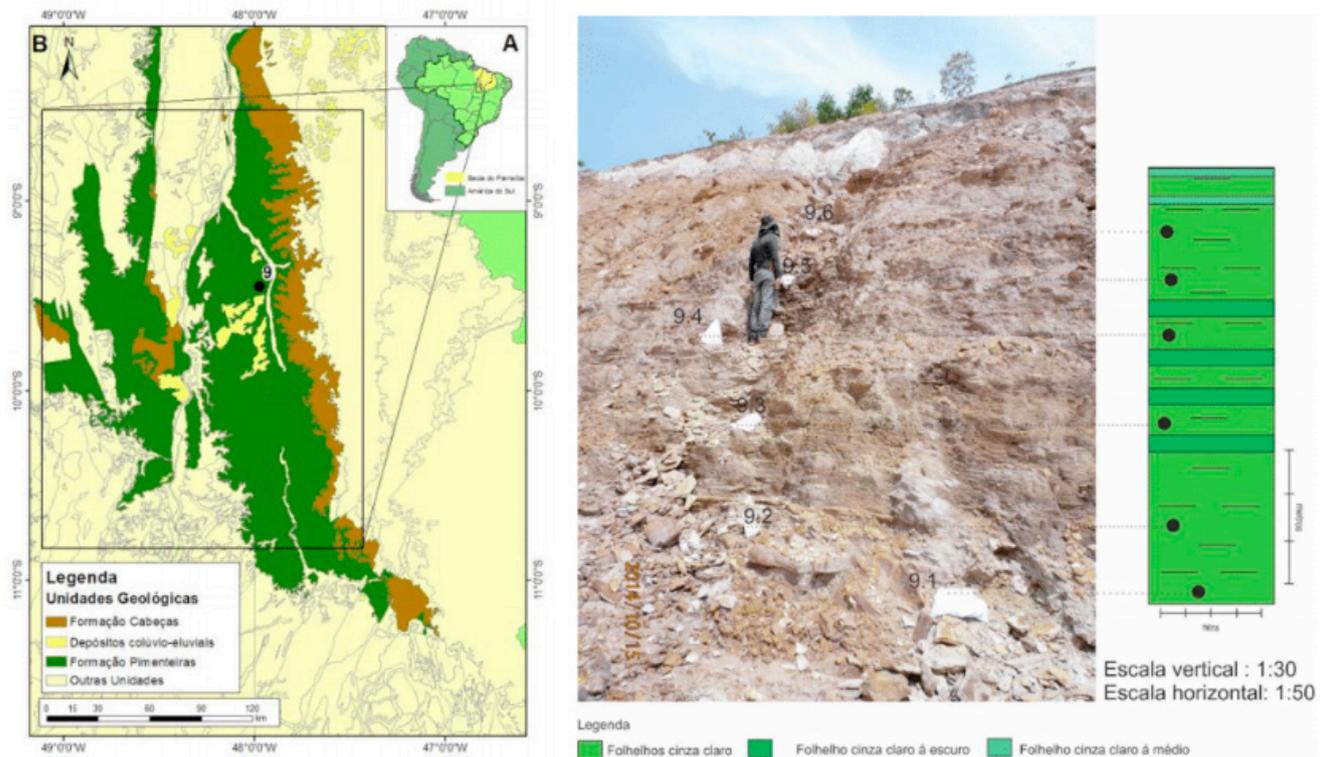


Figura 1 - Localização geográfica do afloramento denominado de ponto 9 ao localizado longo da TO-020/T0-010

3 | TERIAIS E MÉTODOS

As amostras de rocha foram maceradas, e posteriormente peneiradas (80 mesh), logo após foram submetidas para a análise do carbono orgânico total e composição isotópica, para isso foi usado ácido clorídrico 6 mol/L para remover os carbonatos e por fim, as amostras foram lavadas com água deionizada por quatro horas.

Estas amostras previamente tratadas foram levadas à combustão (950 °C) num analisador elementar, da marca LECO 628CN, do Laboratório de Estudos do Petróleo (Lepetro) da Universidade Federal da Bahia (UFBA). O equipamento possui um detector infravermelho, que determina a quantidade de carbono orgânico contido na amostra, em valores % em peso. Para avaliar a quantidade de enxofre total foi usado o LECO 628S, com detector FID.

O procedimento da pirólise *Rock Eval* foi realizado para as amostras com

conteúdo de COT > 1%. Aproximadamente 60-80 mg de amostra de rochas previamente pulverizadas foram aquecidas de 300 até 600 °C a um aumento de 25 °C/min durante 20 min, empregando-se um analisador *Rock Eval 6* pertencente ao Laboratório de Estudos do Petróleo (Lepetro) da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Os resultados evidenciaram os hidrocarbonetos livres contidos na rocha (S_1), o potencial gerador de hidrocarbonetos (S_2) e a temperatura máxima ($T_{máx}$).

A composição isotópica em parte por mil de carbono 12 e carbono 13 nas rochas foi analisada no espectrômetro de massas acoplado com cromatografia gasosa PDZ-Europa, modelo GLS 20-20, no Laboratório de Isótopos Estáveis do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (USP). A expressão δ (“delta”) é usada para expressar as razões dos isótopos $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Os dados são apresentados com o desvio do padrão internacional PDB por mil (‰) (Pee Dee Belemnite).

No Laboratório de Estudos do Petróleo (Lepetro) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), as amostras de rocha previamente tratadas e pulverizadas foram levadas em seguida para a extração *soxhlet*, o qual separa a matéria orgânica solúvel do querogênio.

Nos extratores *soxhlet* foi retirado o betume de todas as amostras, com diclorometano, agindo por 32 h. Após a extração da matéria orgânica solúvel foi realizada a remoção de enxofre elementar utilizando-se fios de cobre metálicos ativados.

Os extratos foram analisados utilizando o cromatógrafo a gás (CG), marca Agilent 7890B acoplado com o detector de ionização de chama (FID). Para o procedimento da análise foi usada a coluna capilar de sílica fundida DB-1 (15m x 0,25mm x 0,25 μm). As condições de análises foram: Temperatura do forno 2°C/min até 300 °C, permanecendo nesta temperatura durante 12 min; temperatura do injetor de 300 °C e, a do detector 300 °C, Gás de arraste: Hidrogênio, 1 mL/min, fluxo constante; concentração do soluto de 0,05 mg amostra /1 μL de diclorometano; volume da injeção: 1 μL .

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de carbono orgânico total, enxofre total, análises de isótopos de carbono e pirólise *Rock-Eval* são apresentados na Tabela 1.

4.1 Análises De Carbono Orgânico Total e Enxofre Total

Os valores de COT para as amostras do ponto denominado 9 variaram entre 0,99% -1,98%. Na sua totalidade as amostras do ponto 9 demonstram a quantidade mínima necessária (> 1% em peso) de COT, sendo essa utilizada para classificação de folhelhos como possível rocha geradora de hidrocarbonetos.

Os teores de enxofre, apresentados na Tabela 1, variaram entre 0,54 % a 1,48%.

O extrato 9.2 apresentou os valores maiores de enxofre e conseqüentemente de COT. Essa relação está de acordo com que foi verificado por Berner (1984), o qual atribuiu à ação das bactérias redutoras de sulfato como principal processo de incorporação do enxofre nos sedimentos. Para este autor os valores elevados de enxofre são indicativos de deposição em ambientes anóxicos, neste ambiente ocorre maior preservação da matéria orgânica que pode gerar hidrocarbonetos.

Entretanto, o teor de COT no valor 1,98%, é baixo para ser classificado como ambiente anóxico. O valor de COT baixo associado a altos valores de enxofre pode estar associado à alta taxa de sedimentação no paleoambiente sedimentar, a qual dilui a matéria orgânica e faz o teor de COT se apresentar mais baixo.

Amostra	COT(%)	S (%)	$\delta C^{13}(\text{‰})$	S ₁	S ₂	S ₃	Tmax(°C)	IH	IO	P/F	P/n-C17	F/n-C18	CPI
P9.1	1,26	0,7	27,78	0,03	0,86	0,8	429	78	73	1,6	0,54	0,45	1,38
P9.2	1,98	1,48	27,93	0,03	1,36	0,8	417	72	42	1,6	0,62	0,52	1,49
P9.3	1,82	0,78	27,89	0,03	2,28	1,04	430	130	59	2,2	0,55	0,33	1,58
P9.4	1,85	0,66	27,79	0,02	2,13	0,74	427	131	45	2,4	0,49	0,24	1,53
P9.5	1,65	0,83	27,68	0,03	2,01	0,7	426	118	41	2,7	0,45	0,24	1,27
P9.6	0,99	0,54	27,92	0,02	0,9	0,44	424	87	42	2,4	0,49	0,28	1,26

Tabela 1. Resultados de COT, enxofre total, Isótopos de carbono e pirólise *Rock Eval* nas amostras do ponto 9

S₁= mg HC/g rocha; S₂= mg HC/ g rocha; S₃= mg HC/g rocha; S₃= mg CO₂/ g rocha; IH= mg HC/g COT; IO= mgCO₂/g COT; $\delta^{13}C$: razão isotópica de C; P/F:pristano/fitano; P/n-C17: pristano/n-C17; F/n-C18: fitano/n-C18; CPI: $2 * (n-C23 + n-C25 + n-C27 + n-C29) / n-C22 + 2 * (n-C24 + n-C26 + n-C28) + n-C30$

4.2 Isótopos de Carbono

Os parâmetros isotópicos são diagnósticos de cada rocha potencialmente geradora e, reforçam as diferentes fontes de matéria orgânica e condições paleoambientais desenvolvida ao longo de cada período de tempo (OLIVEIRA et al., 2006).

A Tabela 1 mostra os valores das composições isotópicas de carbono variando entre -27,68‰ á -27,93‰. Na Figura 2 são demonstrado as variações do $\delta^{13}C(\text{‰})$ com relação ao COT para as amostras do ponto 9.

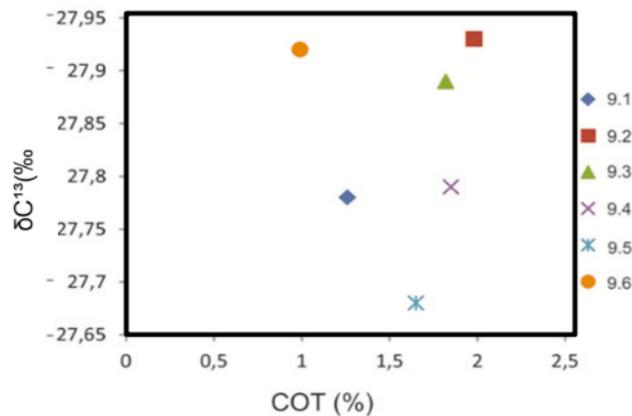


Figura 2 - Composição isotópica versus o teor de carbono orgânico total para as amostras da Formação Pimenteiras

As m9.2; 9.3 e 9.6 apresentam os valores mais elevados de COT e estão associados aos valores isotopicamente mais positivos de carbono sugerindo condições de deposição marinhas, enquanto que as amostras 9.1; 9.4 e 9.5 apresentam valores de isótopos mais negativos, e menores valores de COT sugerindo um ambiente deposicional continental.

De acordo com Machado (2013), as conchas sambaquis situadas em uma mesma zona, mas com idades diferentes, podem apresentar valores diferentes de $\delta^{13}\text{C}$, devido às flutuações do nível médio do mar.

Os valores $\delta^{13}\text{C}$ são mais altos nas águas marinhas do que em relação às continentais. Estes valores podem ser utilizados como indicadores do grau das influências marinhas e continentais sobre um determinado ambiente ou paleoambiente.

Os processos que controlam a distribuição do carbono nos oceanos são decorrentes da atividade biológica e do equilíbrio entre as espécies químicas do CO_2 gás, CO_2 dissolvido, ácido carbônico, íons bicarbonatos e o carbonato cristalino, geralmente na forma de carbonato de cálcio.

4.3 Pirólise *Rock Eval*

Os resultados da Pirólise *Rock Eval* definem potencial de geração, grau de maturação e tipo de querogênio para rochas geradoras de petróleo (ESPITALIÉ et al., 1977; TISSOT ;WELTE, 1984). Adotando-se os valores propostos por Peters; Cassa (1994) foi possível verificar variações dos parâmetros geoquímicos do COT, potencial gerador (S_2), índice de hidrogênio (IH) e temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$) para as amostras do ponto denominado 9 pertencente a Fm. Pimenteiras (Figura 3).

Analisando os teores de carbono orgânico total, todas as amostras foram classificadas como possível geradora de hidrocarbonetos, devido os valores de COT > 1%.

O potencial gerador dos hidrocarbonetos foi avaliado através do parâmetro S_2 , nas amostras do ponto 9, os valores deste parâmetro variaram entre 0,86- 2,28 mg HC/ g rocha, e utilizando como referências os valores propostos por Peters ;Cassa

(1994), essas amostras são pobres para a geração de hidrocarbonetos.

Na Figura 4 verifica-se a correlação entre teores de COT e os valores de S_2 , são observados que quanto maior teor de COT, maior é o potencial de geração de hidrocarbonetos (OLIVEIRA et al., 2006; SILVA, 2007).

Utilizando os valores propostos por Peters;Cassa (1994), todas as amostras do ponto 9 foram classificadas como querogênio do tipo III, já que o índice de Hidrogênio (IH) variou entre 87 e 131 mg HC/ g rocha. O principal potencial de geração para querogênio do tipo III é o gás.

A caracterização do tipo da matéria orgânica, também pode ser feita a partir do diagrama do tipo Van Krevelen, que utiliza os dados do IO e IH para distinguir os tipos de querogênio (Figura 4). As amostras na sua totalidade contêm o querogênio do tipo III.

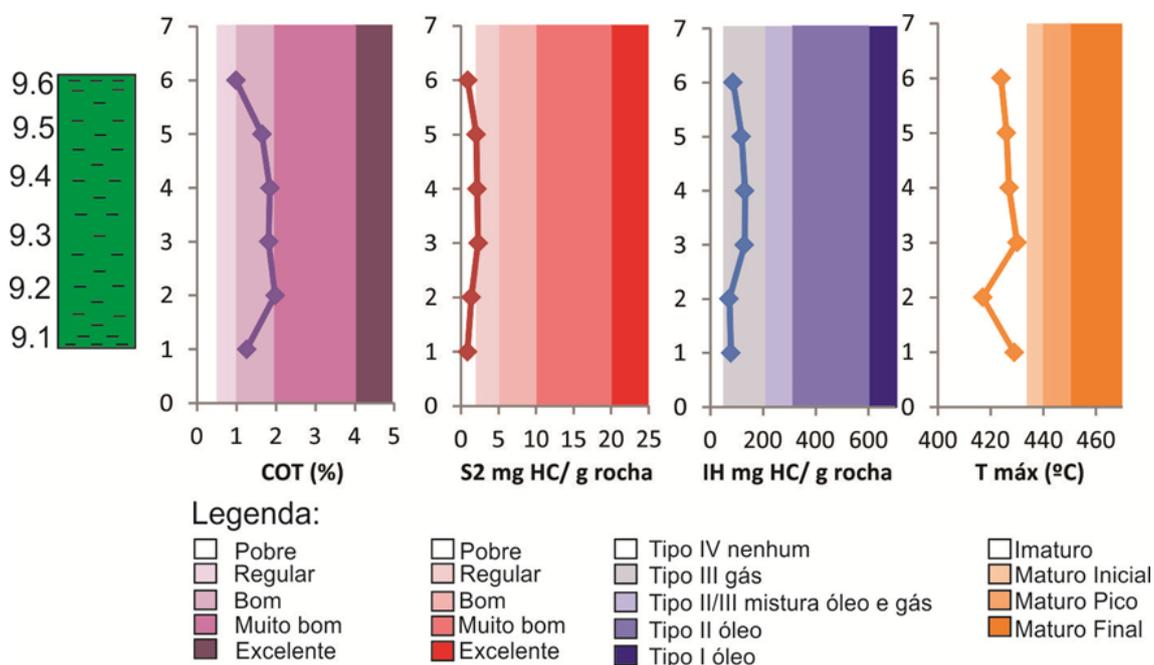


Figura 3 - Perfil dos parâmetros geoquímicos obtidos neste trabalho para o afloramento do ponto 9 na Formação Pimenteiras da Bacia de Parnaíba, destacando-se com cores os intervalos de classificação definidos por Peters ;Cassa (1994)

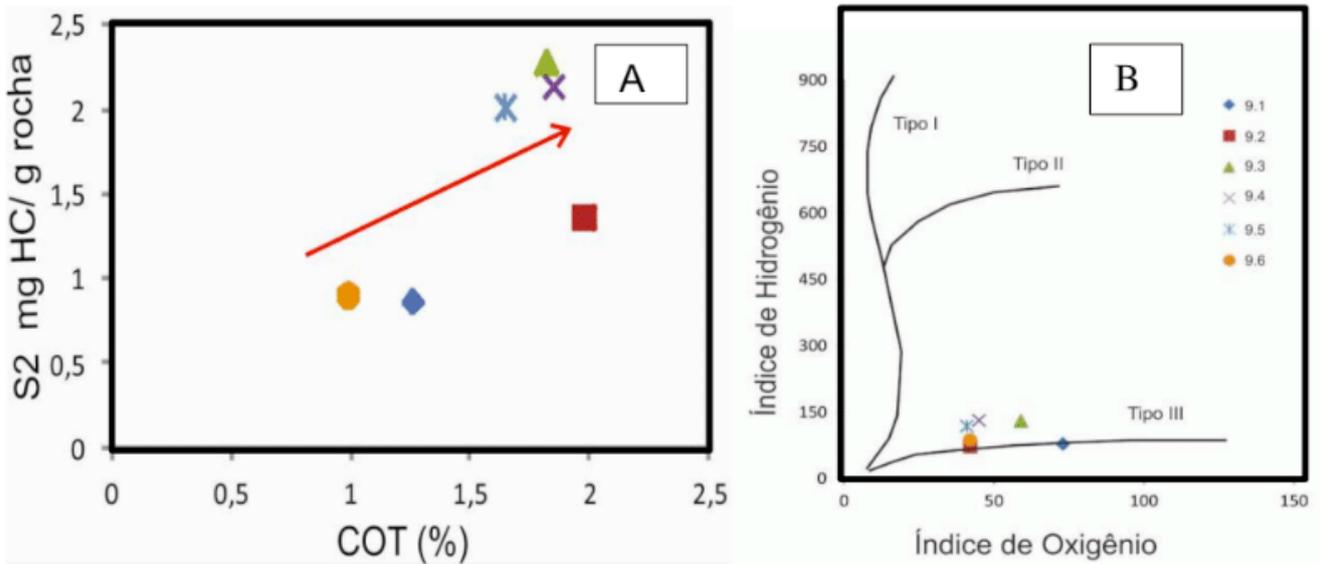


Figura 4 - Relação entre os teores de carbono orgânico total (COT) versus os valores do potencial gerador (S2) para as amostras da Formação Pimenteiras (A) e Diagrama do tipo Van Krevelen para as amostras da Formação Pimenteiras (B)

J. Routh et al. (1999) utilizaram o gráfico IH versus COT para demonstrar o *input* de matéria orgânica terrestre e as condições de oxigênio na coluna de água entre diferentes paleoambientes deposicionais. Segundo os autores, o aumento do COT está relacionando à riqueza de lipídeos, e estes estão associados a uma fonte marinha da matéria orgânica.

Neste trabalho, a Figura 5 demonstra uma correlação semelhante ao que foi proposto pelo autor citado acima. As amostras 9.2; 9.3; 9.4; 9.5 apresentaram maior COT e maior IH, para Parra (2012); Andrade (2015) e Zambrano (2015), essas diferenças nas condições paleoambientais podem estar associadas ao ciclo transgressivo/regressivo verificado nos folhelhos da Formação Pimenteiras.

Através dos valores de T_{máx} (temperatura em que ocorre a taxa máxima de geração de hidrocarbonetos na pirólise Rock Eval) e índice de hidrogênio (IH) é possível estimar o grau de evolução térmica da rocha geradora (Figura 6). O gráfico de T_{máx} para as amostras do ponto 9 apresentaram-se na sua totalidade imaturos (T_{máx} < 435 °C) (Tabela 1).

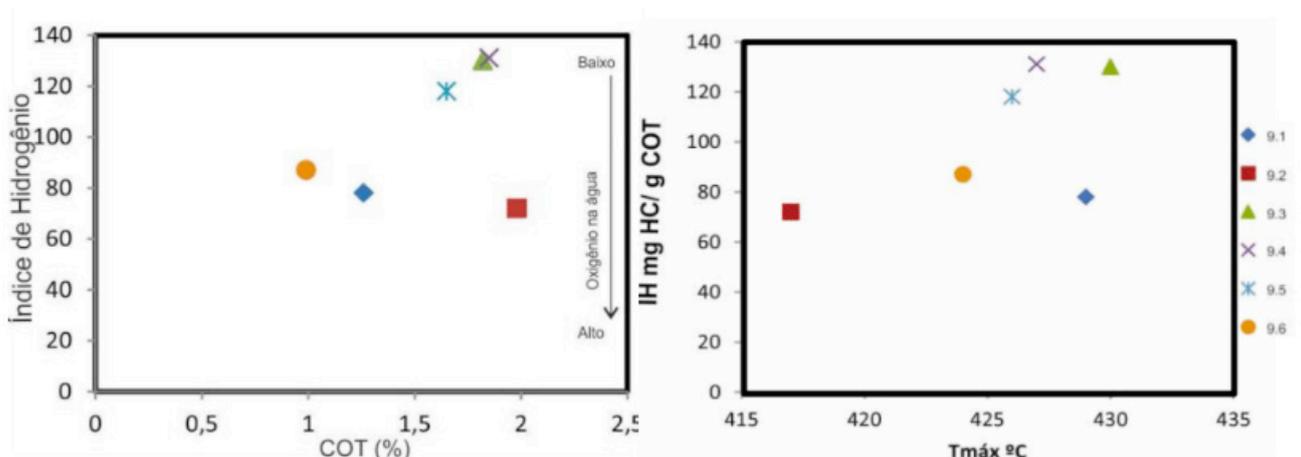


Figura 5 - Diagrama de teor do IH versus COT para as amostras de rocha dos pontos 9 da Formação Pimenteiras (A) e Diagrama de teor do IH versus T_{máx} para as amostras de rocha dos pontos 9 da Formação Pimenteiras

4.4 *n*-Alcanos

A presença dos *n*- alcanos no intervalo de $n-C_{12}$ até $n-C_{37}$ foi observada nos cromatogramas, porém os *n*- alcanos de baixo peso moléculas (< $n-C_{11}$) não foram detectados na maioria dos extratos devido à evaporação dos mesmos. As elevações na linha de base, que representa uma mistura complexa de compostos naftênicos e aromáticos não resolvidos (UCM), é devido, principalmente, a imaturidade das rochas pertencentes à Formação Pimenteiras. É possível observar as concentrações dos *n*- Alcanos de alto peso molecular no intervalo de $n-C_{21}$ a $n-C_{29}$, nas amostras 9.1; 9.2, e 9.6. De acordo com Peters et al., 2005 a predominância de *n*-alcanos ímpares $n-C_{27}$ a $n-C_{33}$ é característica de matéria orgânica de origem terrestre.

Os *n*-alcanos de baixo peso molecular mostraram-se em maior concentração nos extratos das amostras 9.3; 9.4 e 9.5, com picos em $n-C_{15}$, $n-C_{17}$ e $n-C_{19}$, esses valores são característica de matéria orgânica de fontes marinhas (PETERS et al., 2005).

Para determinar a predominância dos *n*-alcanos pares ou ímpares é calculado o índice preferencial de carbono (CPI) (PETERS et al., 2005). Todos os extratos orgânicos apresentaram valores superiores a um (Tabela 1). Na literatura este valor está relacionado à predominância dos *n*- alcanos ímpares, e associa-se a contribuição de matéria orgânica de origem terrígena.

5 | CONCLUSÕES

Os principais parâmetros geoquímicos para determinação do potencial gerador de hidrocarbonetos da Fm. Pimenteiras foram avaliados nas seis amostras coletadas pertencente à bacia do Parnaíba.

Todas as amostras do ponto denominado de 9 possuem a quantidade considerada mínima para geração de hidrocarbonetos (>1%). O potencial gerador, obtido através do pico S₂ da pirólise *Rock-Eval*, sugeriu um pobre potencial de geração para gás, os valores de IH e IO indicaram a predominância do querogênio tipo III, e o T_{máx} apresentou valores indicativos de imaturidade para todas as amostras de rocha. As análises dos *n*-alcanos e do CPI demonstraram uma predominância de matéria orgânica provenientes de fontes terrestres.

Assim, os resultados mencionados acima oferecem mais informações referentes à geoquímica orgânica da borda oeste da Fm. Pimenteiras pertencente a Bacia do Parnaíba.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C.L.N. **Arcabouço palinoestratigráfico e geoquímica orgânica da Formação Pimenteiras (Devoniano), na borda oeste da Bacia do Parnaíba, Brasil.**2015.155f. Tese

(Doutorado em Geologia) - Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2015.

BERNER, R. A. Sedimentary pyrite formation: an update. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 48, p. 602-615, 1983.

GÓES, A.M.O.; SOUZA, J.M.P.; TEIXEIRA, L.B. Estágio exploratório e perspectivas petrolíferas da bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobras**, n.4, p. 55-64, 1990.

MARQUES, P. A. **Estudo Geofísico (Magnetelúrico e Eletromagnético Transiente) da porção leste da Bacia do Parnaíba: Contribuição ao conhecimento hidrogeológico**. 2002. 130f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Observatório Nacional, Pós- Graduação em Geofísica, Rio de Janeiro, 2002.

MACHADO, M.C. **Metodologia Isotópica Sr87/Sr86, $\Delta\epsilon_{13}$ e $\Delta\epsilon_{18}$** . 2013. 256f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

OLIVEIRA, L.C. V.; RODRIGUES, R.; DUARTE, L. V.; LEMOS, V. B. Avaliação do potencial gerador de petróleo e interpretação paleoambiental com base em biomarcadores e isótopos estáveis do carbono da seção Pliensbaquiano-Toarciano inferior (Jurássico inferior) da região de Peniche (Bacia Lusitânica, Portugal). **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 14, n. 2, p. 207-234, 2006.

PARRA, C. J. O. **Caracterização geoquímica através de biomarcadores de amostras de afloramentos da Formação Pimenteiras (Devoniano) da borda oeste da Bacia do Parnaíba**. 2012. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Reservatório e de Exploração) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2012.

PETERS, K. E.; CASSA, M. R. Applied Source Rock Geochemistry. In: Magoon L. B., Dow W, The petroleum system from source to trap. **AAPG Memoir**, v.60 p. 93-120,1994.

PETERS, K. E.; WALTERS, C. C.; MOLDOWAN, J. M. **The biomarker guide, biomarkers and isotopes in petroleum exploration and earth history**. 2 ed. Cambridge University Press, 2005, p.700, v.2.

RODRIGUES, R. **A geoquímica orgânica da bacia do Parnaíba**. 1995. 226f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

ROUTH, J.; MCDONALD, T. J.; GROSSMAN, E. L. Sedimentary organic matter sources and depositional environment in the Yegua formation (Brazos County, Texas). **Organic Geochemistry**, v. 30, n. 11, p.1437-1453, 1999.

VAZ, P.T.; REZENDE, N.G.A.M.; WANDERLEY FILHO, J.R.; TRAVASSOS, W.A.S. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**. v.15, n.2, p.253-263. 2007.

ZAMBRANO, E.R.N. **Potencial gerador da Formação Pimenteiras (Devoniano) Bacia do Parnaíba, Estado do Tocantins e aplicação de biomarcadores saturados como indicadores de evento de inundação marinha**. 2015.109f Dissertação (Mestrado em Geoquímica do Petróleo e Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-020-9

