

BREVE ABORDAGEM HISTÓRICA SOBRE O POTENCIAL ENERGÉTICO DOS FOLHELHOS DA FORMAÇÃO IRATI (BACIA DO PARANÁ) NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Anderson José Maraschin

Pós-Doutor em Geociências – PPGGEO/UFRGS

Geólogo Pesquisador do Instituto do Petróleo e dos Recursos Naturais (IPR/PUCRS)

E-mail: anderson.maraschin@pucrs.br

Alessandro da Silva Ramos

Mestre em Engenharia e Tecnologia de Materiais – PGETEMA/PUCRS

Químico do Instituto do Petróleo e dos Recursos Naturais (IPR/PUCRS)

E-mail: alessandro.ramos@acad.pucrs.br

RESUMO

A Formação Irati (Permiano da Bacia do Paraná) é uma das formações geológicas mais estudadas dentre as formações sedimentares brasileiras, devido às suas ocorrências fossilíferas singulares, sendo, assim, de interesse científico em busca da melhor compreensão sobre a evolução geohistórica da Bacia do Paraná. Mas desde o início do Século XX que a Formação Irati tem despertado o interesse econômico por ser constituída, em grande parte, de rochas orgânicas denominadas como folhelhos oleígenos. As diversas litologias que compõem a Formação Irati afloram nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso e Goiás, porém, é no Rio Grande do Sul e no Paraná que os folhelhos oleígenos concentram o maior potencial econômico sendo que, no Paraná, desde a década de 1970 a produção de óleo e gás desses folhelhos supre as necessidades de empresas locais. No Rio Grande do Sul, na região de São Gabriel, os folhelhos oleígenos Irati, assim como no Paraná, também ocorrem com grande potencial energético, sendo alvo de tentativas frustradas de exploração e produção, no final da década de 1930 e entre 1979 e 1981. Assim, tem-se como objetivo nesse trabalho apresentar uma revisão bibliográfica sobre o interesse econômico em um potencial energético alternativo em território gaúcho.

PALAVRAS-CHAVE: Formação Irati; Bacia do Paraná; Folhelhos Orgânicos; Hidrocarbonetos.

BRIEF HISTORICAL APPROACH ON THE ENERGY POTENTIAL OF THE SHALES FROM THE IRATI FORMATION (PARANÁ BASIN) IN THE RIO GRANDE DO SUL STATE

ABSTRACT

The Irati Formation (Permian of the Paraná Basin) is one of the most studied geological formations among Brazilian sedimentary formations, due to its unique fossil-bearing occurrences, thus of scientific interest in search of better understanding of evolution of the Paraná Basin. However, since of the early twentieth century that the Irati Formation has aroused economic interest as it consists mostly of organic rocks, known as oil shales. The Irati Formation outcrops in the states of Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso and Goiás, however, is in the states of Rio Grande do Sul and Paraná that oil shales with the highest economic potential and, in Paraná, from the 1970s, the production of oil and gas from these shales meet the needs of local industries. In Rio Grande do Sul State (São Gabriel region) the oil shales occur with great energy potential, as in the Paraná State, target of frustrated attempts to exploration and production in the late 1930 and

between 1979 and 1981.. Thus, the objective this work is present a literature review of the economic interest in an alternative energy potential in Rio Grande do Sul State.

KEYWORDS: Irati Formation; Paraná Basin; Organic Shales; Hydrocarbons.

INTRODUÇÃO

No final da década passada, houve uma grande revolução no mercado energético mundial por ocasião da exploração dos *oil shales* (folhelhos oleígenos) e produção crescente de petróleo e gás natural oriundos dessas rochas, consideradas como reservatórios não-convencionais de hidrocarbonetos (Slatt, 2011). Muitos países reverteram suas fracas economias, tornando-se, por um breve período de tempo, autossuficientes na produção de petróleo e gás natural, enquanto outros países relutavam em aderir à exploração, devido principalmente a questões ambientais, embora com vastas ocorrências dessas rochas em seus territórios (KPMG, 2014).

Mundialmente, o interesse pelo óleo extraído dessas rochas (denominado “óleo de xisto”) não é novidade. Ainda no início do Século XX, os Estados Unidos, a França, a Itália, a Alemanha e a Escócia já antecipavam o potencial econômico dessas rochas, os quais acreditavam serem suficientes para suprir as necessidades internas do país, em substituição ao carvão (McKEE, 1925; LEITH, 1931).

Em termos de Brasil, os estudos geológicos e geoquímicos dos folhelhos orgânicos como potenciais geradores de hidrocarbonetos remetem a um período anterior a exploração e produção de petróleo e gás natural a partir de reservatórios convencionais. Em um país cuja demanda por combustíveis e derivados de petróleo era suprida por companhias estrangeiras e sem perspectiva de ocorrência de grandes reservatórios de hidrocarbonetos em território nacional, o Brasil, em plena expansão econômica, ficava na total dependência do fornecimento dessas companhias, muitas vezes na iminência de cessação ou limitação do fornecimento.

Historicamente, as primeiras manifestações de interesse no folhelho oleígeno, denominado erroneamente de xisto betuminoso¹, surgiram ainda durante o reinado de D. Pedro II, o qual, em 1858, assinou concessões de lavras para a pesquisa de carvão e betume (MILANI & ARAÚJO, 2003, p. 542). No mesmo ano, o Marquês de Olinda assinara o decreto n.º 2266, concedendo a José de Barros Pimentel o direito de extrair carvão e “xisto betuminoso” às margens do Rio Marau Bahia. Em 1864, o Decreto Imperial n.º 352-A concedeu ao inglês Thomas Sargent o direito de prospectar o “xisto betuminoso” em Camamu (Bahia) (AZEVEDO & TERRA, 2008, p. 374).

¹ O folhelho oleígeno era originalmente conhecido como xisto betuminoso, devido à herança linguística de Portugal, local onde o folhelho é nomeado como xisto.

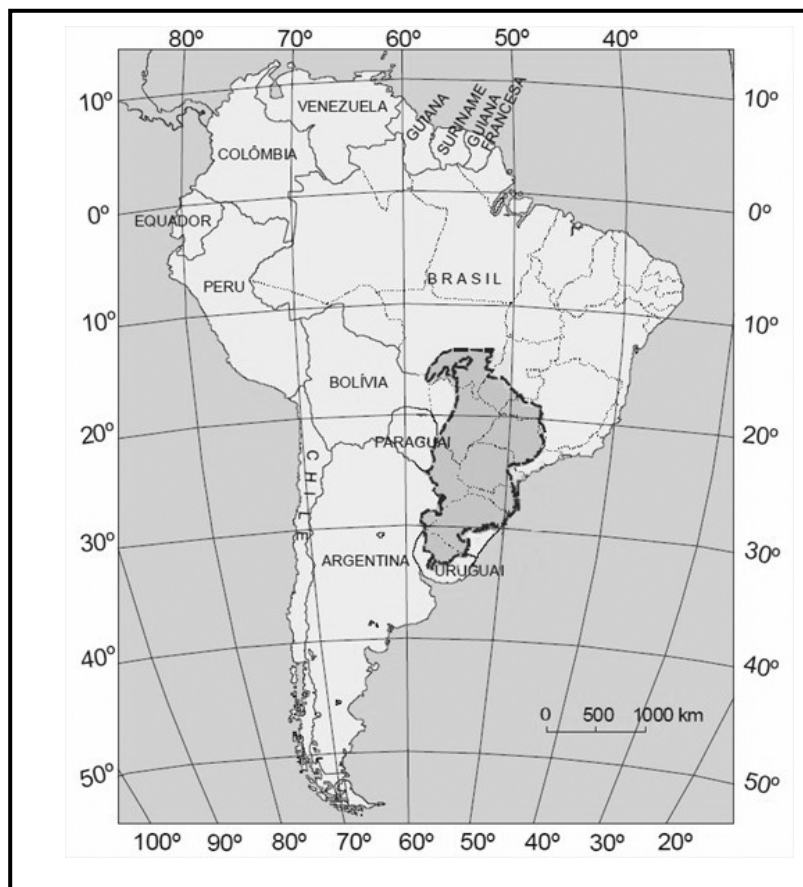
A partir da década de 1950, após as descobertas de grandes acumulações de petróleo e gás natural nas bacias sedimentares brasileiras, os estudos geoquímicos nas rochas orgânicas geradoras de hidrocarbonetos se intensificaram. Dentre essas ocorrências, os folhelhos oleígenos que constituem a Formação Irati (Permiano da Bacia do Paraná) são as rochas orgânicas com o maior número de estudos geoquímicos disponíveis (RONDÓN, 2007; SILVA, 2007; HORTA JR., 2014; RAMOS *et al.*, 2015, entre outros), indicando que essa formação, na porção sul da Bacia do Paraná, contém altos teores de matéria orgânica, potencialmente geradora de hidrocarbonetos, inclusive com produção ativa desde a década de 1970.

Assim, o objetivo desse estudo é apresentar, através de dados da literatura, as iniciativas de exploração dos folhelhos orgânicos da Formação Irati no Estado do Rio Grande do Sul, na tentativa de produzir óleo e gás natural. Entretanto, devido ao seu conteúdo fossilífero, deve-se considerar, também, a sua importância paleontológica e estratigráfica nos estudos de reconstituição paleoambiental e paleogeográfica na história evolutiva da Bacia do Paraná e bacias sedimentares correlatas, na África.

O CONTEXTO GEOLÓGICO DA FORMAÇÃO IRATI

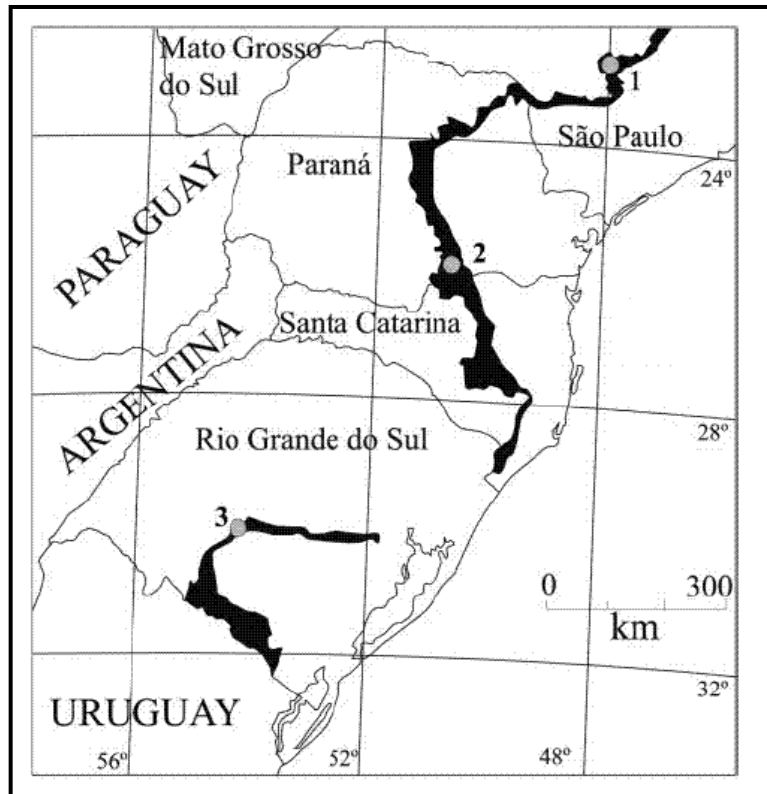
A Bacia do Paraná compreende uma vasta área de 1,5 milhão de km², distribuídos entre o Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai, cujo preenchimento sedimentar-magmático inclui seis unidades estratigráficas, depositadas a partir do Neo-Ordoviciano (458 milhões de anos) e finalizando no Neocretáceo (cerca de 90 milhões de anos), atingindo espessuras com até 7 km em seu depocentro (MILANI *et al.* 2006) (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia do Paraná (modif. de Silva, 2007).



A Formação Irati (Permiano Inferior; 278.4 milhões de anos), unidade basal do Grupo Passa Dois, é constituída de pelitos (argilitos e siltitos), margas e folhelhos orgânicos na metade sul da bacia e, na porção norte, por ritmitos calcários-pelíticos e, subordinadamente, evaporitos (MILANI *et al.* 2006). Aflora na borda leste da bacia, abrangendo os estados de Goiás, São Paulo, Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de ocorrências dos afloramentos do Grupo Passa Dois, o qual inclui a Formação Irati. 1. Rio Claro (SP), 2. São Mateus do Sul (PR) e 3. São Gabriel (RS). (Modif. de Soares, 2003).



Os folhelhos orgânicos ocorrem exclusivamente no Membro Assistência, a porção superior da formação, entre São Paulo e Rio Grande do Sul. As litologias e estruturas sedimentares que compõem a Formação Irati são interpretadas como tendo sido depositadas em um paleoambiente marinho, caracterizado por um mar epicontinental muito raso, com comunicação restrita com o mar aberto, não havendo grande circulação de correntes, sendo, assim, suas águas calmas e estratificadas, onde praticamente não havia mistura de água de fundo com a superficial (termoclima), criando um ambiente sapropélico com condições anóxicas no fundo, onde os folhelhos orgânicos foram formados por deposição pelágica (LAVINA, 1991; SOARES, 2003). Eventualmente, ocorriam grandes tempestades nesse mar calmo, registradas na forma de estruturas sedimentares do tipo *hummocky*, típicas desses eventos (XAVIER, 2014).

Essas condições paleoambientais que permitiram a deposição dos folhelhos orgânicos hoje se refletem em interesse econômico, uma vez que essas rochas, presentes na porção sul da bacia, apresentam valores de Carbono Orgânico Total de até 23% e cuja matéria orgânica, predominantemente algal e com rica composição lipídica, tende a gerar óleo. São assim

considerados como as rochas geradoras do Sistema Petrolífero Irati-Rio Bonito/Pirambóia e explorados comercialmente desde a década de 1970, no Estado do Paraná (MILANI *et al.* 2006).

Além do interesse econômico, a formação é amplamente estudada devido ao seu conteúdo fossilífero, composto predominantemente de répteis aquáticos e floras, correlatos com a Formação Whitehill, no sul da África, indicando que, durante o Permiano, ambos continentes estiveram unidos por uma mesma massa de terra continental, denominada Supercontinente Gondwana (ARAÚJO-BARBERENA & TIMM, 2001; GUERRA-SOMMER & CAZZULO-KLEPZIG, 2001). Assim, o seu conteúdo fossilífero é um dos mais fortes indícios para a Teoria da Deriva Continental (WEGENER, 1915). Entretanto, esses fósseis se concentram mais na fácies calcária da formação e não na fácies pelíticas, onde, juntamente com argilitos e siltitos, estão os folhelhos orgânicos.

AS TENTATIVAS PARA A EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DOS FOLHELHOS IRATI EM TERRITÓRIO GAÚCHO

Embora os folhelhos orgânicos possam gerar óleo e/ou gás naturalmente e mantê-los armazenados, a maioria só é viavelmente econômica através de técnicas industriais de extração do óleo e gás, ou seja, a ocorrência de folhelhos orgânicos não significa que estejam necessariamente preenchidos por óleo, betume ou gás natural, mas, sim, são constituídos por altos teores de matéria orgânica, caracterizando-os como rochas sedimentares orgânicas (TUCKER, 1991). Somente através de técnicas químicas como destilação fracionada ou aquecimento gradual (pirólise), pode-se converter a matéria orgânica presente e, assim, extrair o óleo ou o betume. Esse é o caso dos folhelhos orgânicos da Formação Irati. Assim, designá-los como rochas oleígenas ou betuminosas é ainda um grande equívoco na literatura, pois a transformação *in natura* da matéria orgânica em óleo, betume ou gás natural requer condições físicas, químicas e geológicas específicas. Por esse motivo optou-se, ao longo do texto, chamá-los de folhelhos orgânicos.

O primeiro registro oficialmente publicado sobre a ocorrência dos folhelhos orgânicos na Bacia do Paraná fora o clássico trabalho ‘Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil’ (WHITE, 1908). Conhecido como Relatório White, apresentava a primeira coluna estratigráfica da Bacia do Paraná onde constava os ‘Schystos Oleígenos do Irati’. Posteriormente, Oliveira (1920) e Moraes Rego (1934) indicaram numerosos pontos de afloramento da Formação Irati, desde São Paulo até o Rio Grande do Sul; por volta de 1922, o industrial Henrique Lage demonstrou interesse na produção de óleo dos folhelhos Irati, no Estado do Paraná, onde uma pequena usina processou algumas toneladas da rocha.

No entanto, o trabalho mais emblemático sobre a viabilidade das rochas oleígenas brasileiras e, em especial os folhelhos orgânicos da Formação Irati, deve-se ao químico Sylvio Fróes de Abreu. Em 1936, o autor publica ‘Rochas Oleígenas Brasileiras e seu Aproveitamento’, um estudo sobre as ocorrências e potenciais econômicos das rochas oleígenas brasileiras, demonstrando grande preocupação na dependência do país pelos óleos estrangeiros e defendendo a extração dos óleos dos folhelhos: “Não tendo ainda petróleo de poços, nós devemos encarar o aproveitamento das rochas oleígenas do Brasil como a maior viabilidade, em consequência da falta actual de petróleo *in natura*” (FRÓES de ABREU, 1936, p. 13). Prossegue: “No Rio Grande do Sul, na região de São Gabriel, os folhelhos da Formação Irati estão na superfície e podem ser facilmente explorados” (p. 125)...“O xisto preto que aflora em São Gabriel está sendo objeto de estudo e em construção uma pequena usina com capacidade para produzir entre 500 e 600 litros de óleos diariamente.” (pg. 127), destaca o autor. Fróes de Abreu foi um grande defensor da produção nacional de hidrocarbonetos, baseada no aproveitamento das rochas oleígenas brasileiras. Através de visitas à usinas no exterior e com seu conhecimento químico, o autor, experimentalmente, calculou e previu os benefícios dos folhelhos orgânicos para o desenvolvimento do país. Em discurso direto, afirmava:

Até o presente, não foi ainda verificada a existência de petróleo, em escala comercial, no território brasileiro...cumpre, portanto, lançar vistas para as rochas que poderão fornecer óleo, mediante destilação destructiva” ... estas, como vimos, são abundantes em três zonas bem delimitadas, justamente numa posição geographica favoravel ao aproveitamento...não é licito ver no aproveitamento das rochas oleígenas uma libertação completa da importação de hidrocarbonetos do estrangeiro...mas, se considerarmos o problema na feição nacional que elle representa, encontra-se base para justificar a criação da industria de destillação de schistos (ps. 153 e 155).

Finalizando, escreveu Fróes de Abreu: “Nenhuma concessão deverá ser dada sem provas irrefutáveis da viabilidade do processo a ser usado e das bases economicas da exploração. Só assim se poderá ver, algum dia, florescer essa industria, cujas tentativas até agora têm sido desastrosas e desanimadoras” (p. 156).

Em 1979, a Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, baseando-se no sucesso exploratório dos folhelhos Irati no Estado do Paraná, instala a Comissão Especial do Xisto, onde, por dois anos consecutivos, se debateria a importância e viabilidade econômica da exploração do “xisto gaúcho” através da Comissão Especial para Estudo e Instalação de Usina para o Processamento do Xisto (Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, 1981). Após inúmeros debates e acirradas discussões entre profissionais do setor de energia, políticos e empresários, não houve consenso no assunto, devido à falta de estímulo financeiro do Estado e,

consequentemente, descarte por parte dos empresários. Estaria assim, em 1981, abandonada a intenção de explorar os folhelhos oleígenos em território gaúcho.

A EXPERIÊNCIA PARANAENSE: O EXEMPLO DA EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DO FOLHELHO ORGÂNICO IRATI NO ESTADO DO PARANÁ

Desde 1972, a Petrobras opera uma planta industrial para extrair hidrocarbonetos dos folhelhos orgânicos da Formação Irati na pedreira Petrobras/SIX (Unidade de Negócio da Industrialização do Xisto), no município de São Mateus do Sul (PR). Após um período atuando como planta-piloto, em 1991 foi estabelecido o processo PETROSIX[®] o qual inclui procedimentos de mineração, trituração e processamento termoquímico (pirólise) do folhelho para a obtenção dos produtos (óleo e gás) e subprodutos (enxofre) com a finalidade de abastecer as indústrias locais. Atualmente, a planta processa 7.800 toneladas/dia de rocha, resultando em 3.870 barris de óleo, 120 toneladas de gás combustível, 45 toneladas de gás líquido e 75 toneladas de enxofre (Milani *et al.* 2006). Os estudos geoquímicos em amostras dos folhelhos orgânicos da Formação Irati no Rio Grande do Sul mostram claramente conteúdo de matéria orgânica médio a alto (HORTA JR., 2015; IPR, 2015; RAMOS *et al.*, 2015), os correlacionando, muitas vezes, aos folhelhos de São Mateus do Sul.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

Atualmente, a produção diária de petróleo e gás natural a partir de reservatórios convencionais supera os 2 milhões de barris e 90 milhões de m³, respectivamente (ANP, 2015, p. 5). Mesmo na dependência da importação de derivados do petróleo e gás natural para suprir as necessidades do país, ainda não há produção significativa de óleo e gás dos folhelhos, exceto os do Irati no Paraná e, menos significativos, os da Formação Tremembé (SP). No entanto, identificar as ocorrências de folhelhos orgânicos e seu potencial energético é garantia estratégica para uma nação.

Há dois aspectos positivos na possibilidade de exploração e produção dos folhelhos da Formação Irati abordados nesse estudo: (1) ocorrem em afloramento e (2) o óleo e gás dos folhelhos Irati são obtidos somente por meios artificiais (pirólise). Assim, não haveria a necessidade do fraturamento hidráulico para extrair o gás armazenado, técnica polêmica que tem desmotivado muitos países a explorar seus folhelhos orgânicos, devido aos danos ambientais que poderia causar, caso não haja acompanhamento técnico adequado.

Cabe ressaltar que se houver interesse futuro na exploração comercial dos folhelhos, deve-se ter, sobretudo, um cuidado extremo na preservação do seu conteúdo fossilífero, o qual, embora

grande parte esteja concentrado nos calcários e não nos folhelhos, trata-se de um dos mais importantes registros paleontológicos para o entendimento da evolução geohistórica da Bacia do Paraná e uma das mais importantes seções gondwânicas mundiais, permitindo a cronocorrelação com unidades sedimentares do sul do continente africano.

REFERÊNCIAS

ABREU, Sylvio Fróes. **Rochas oleigenas do Brasil e seu aproveitamento**. Rio de Janeiro, 1938.

Anais da diretoria da Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul: **É Hora do Xisto**, Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, 1981. 1v.

ANP- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim Mensal da Produção de Petróleo e Gás Natural**. 2015.

ARAÚJO-BARBERENA, D.; TIMM, L.L. Características estruturais dos Mesossauros e suas adaptações ao meio aquático. *In*: Holz, M.; & De Ros, L. F. **Paleontologia do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, CIGO/UFRGS. p.194-209. 2001.

AZEVEDO, Ricardo Latgé Milward; TERRA, Gerson José Salomoni. A busca do petróleo, o papel da Petrobras e o ensino da Geologia no Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro**, v. 16, n. 2 , p. 373-420. 2008.

DA S RAMOS, Alessandro et al. Geochemical Characterization of Irati And Palermo Formations (Paraná Basin–Southern Brazil) for Shale Oil/Gas Exploration. **Energy Technology**, 2015.

GUERRA-SOMMER, M.; CAZZULO-KLEPZIG, M. As floras gondwânicas do Paleozóico Superior do Rio Grande do Sul. **Paleontologia do Rio Grande do Sul**, Editora da UFRGS, p. 67-84, 2001.

HORTA JR., L.F.F. **Expressão Areal dos Valores de Carbono Orgânico Total da Formação Irati/Mb Assistência na borda leste da Bacia do Paraná**. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

IPR, Relatório Interno 2014. **Instituto do Petróleo e dos Recursos Naturais**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2014.

KPMG, Outlook 2014. **KPMG Global Energy Institute, 2014**.

LAVINA, E. L. **Geologia sedimentar e paleogeografia do Neopermiano e Eotriássico (intervalo Kazaniano-Scythiano) da Bacia do Paraná**. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

LEITH, Charles Kenneth. **World minerals and world politics: a factual study of minerals in their political and international relations**. Whittlesey House, McGraw-Hill Book Company, Incorporated, 1931.

McKEE, Ralph H. Shale Oil: New York. **Chemical Catalog Co**, 1925.

MILANI, E.J. & ARAÚJO, L.M. Recursos Minerais Energéticos: Petróleo. In: BIZZI, Luiz Augusto. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**: texto, mapas & SIG. Serviço Geológico do Brasil, CPRM, Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Minas e Metalurgia, 2003.

MILANI, Edison José; FRANÇA, Almério Barros; MEDEIROS, R. A. Rochas geradoras e rochas-reservatório da Bacia do Paraná, faixa oriental de afloramentos, Estado do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro**, v. 15, n. 1, p. 135-162, 2006.

MORAES REGO, L.F. **O aproveitamento das rochas pyro-oleíferas do Brasil**. São Paulo, 1934.

OLIVEIRA, Euzebio Paulo de. Rochas petrolíferas do Brasil. **Rio de Janeiro. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil**, p. 101-102, 1920.

RONDÓN, Noelia Del Valle Franco. **Caracterização geoquímica e petrográfica dos produtos da hidropirólise (Rocha Hidropirolisada, betume e óleo expulso) em rochas geradas de petróleo das bacias do Paraná (Fm. Irati), Brasil e Puertollano, Espanha**. 2007.

SILVA, Carla Grazieli Azevedo da. **Caracterização geoquímica orgânica das rochas geradoras de petróleo das formações Irati e Ponta Grossa da Bacia do Paraná**. 2007.

SLATT, Roger M. Important geological properties of unconventional resource shales. **Central European Journal of Geosciences**, v. 3, n. 4, p. 435-448, 2011.

SOARES, Marina B. A taphonomic model for the Mesosauride assemblage of the Irati Formation (Paraná Basin, Brazil). **Geologica Acta**, v. 1, n. 4, p. 349, 2003.

TUCKER, Maurice E. **Sedimentary petrology**: an introduction to the origin of sedimentary rocks. John Wiley & Sons, 1991.

WEGENER, Alfred. **The origin of continents and oceans**. Courier Corporation, 1915.

WHITE, I. C. Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, Rio de Janeiro. **Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, Rio de Janeiro**, 1908.

XAVIER, Pedro Luis. **Grandes tempestades na Formação Irati (permiano inferior) Do Rio Grande do Sul**: interpretações tafonômicas e Faciológicas. Universidade Federal do Rio Grande so Sul, Porto Alegre, 2014.