



Estratigrafia química no intervalo Praguiano-Emsiano (formação Ponta Grossa), no bordo leste da Bacia do Paraná

M.F. Rezende¹ & S. Bergamaschi²

1 Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Mestrando (Programa de Pós-graduação em análise de bacias e faixas móveis). Rua Araguaia, 149. CEP: 22745-000. marceloderezenende@hotmail.com
2 Departamento de Estratigrafia e Paleontologia, Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro sergiobe@uerj.br

Abstract This work presents an interpretation, in the light of sequence stratigraphy, for the Praguian - Neoemian (Eodevonian) interval on the eastern border of the Paraná Basin, based on the analyses of succession of facies, total organic carbon data and gammaespectrometry, the later expressed by Th/U ratio and values of total gamma rays. Rock samples of the Ponta Grossa Formation have been used to perform the analyses, collected each 30 centimeters from two well cores located near to Jaguariaíva and Palmeira cities (Paraná State, Brazil) which were called in this work as Well 1 and Well 2, both of them pertaining to the Paleosul Project (UERJ/Petrobrás) database. Two 3rd order depositional sequences have been characterized and they are composed by high-frequency cycles, which have been interpreted as 4th order sequences and parasequences, possibly associated to 5th order cycles. These sequences are easily correlated over the studied area and thus indicate the regional character of the main depositional events. The variations in the total organic carbon values and in the Th/U ratio indicate oxic conditions in the water column during the period of sedimentation, and the relative rise of Thorium contents would be directly related to the sedimentary influx. These conditions could represent an increase of organic productivity in the environment, associated with oxygen reduction events in the system, therefore favoring the preservation of organic matter. The absence of indicative patterns of anoxic conditions in the environment through the well log records corroborates this hypothesis.

Palavras-chave: Estratigrafia de seqüências, Bacia do Paraná, Devoniano.

Keywords: Sequence Stratigraphy, Paraná Basin, Devonian.

INTRODUÇÃO Este trabalho apresenta uma interpretação, à luz da estratigrafia de seqüências, para o intervalo Praguiano-Neo-emisiano (Eodevonian), no bordo leste da Bacia do Paraná, com base na sucessão de fácies e dados de gamaespectrometria e de carbono orgânico total.

Durante o Devoniano houve um importante evento de elevação do nível do mar relacionado a intervalos com alto potencial para geração de hidrocarbonetos, o qual é registrado nas bacias sedimentares paleozóicas do mundo. Esse evento marca na Bacia do Paraná uma fase de grande transgressão marinha (Soares *et al.* 1978, Milani *et al.* 1998), durante a qual foram depositadas argilas e areias, em um mar epicontinental, caracterizado por uma plataforma em rampa de águas pouco profundas, com forte influência de tempestades (Assine *et al.* 1994).

A análise estratigráfica dessas rochas permite a discussão sobre a evolução e as modificações ambientais que ocorreram, durante o intervalo estudado. Destacando-se nesta pesquisa as condições de preservação da matéria orgânica e influência do aporte sedimentar.

Essa análise é importante, pois além de contribuir ao conhecimento acerca das condições ambientais à

época da sedimentação, sustenta bases para prospecções futuras por possibilitar a caracterização e correlação dos horizontes de maior potencial para a geração de hidrocarbonetos na bacia os quais podem estar relacionados aos geradores dos hidrocarbonetos gasosos acumulados em arenitos do Grupo Itararé e/ou da Formação Rio Bonito (Milani *et al.* 1998).

LOCALIZAÇÃO E MATERIAL DE ESTUDO A área de estudo está localizada no estado do Paraná e abrange parte dos municípios de Jaguariaíva e Palmeira. Esta região encontra-se dentro da faixa de afloramentos, do bordo leste da Bacia do Paraná.

O trabalho foi desenvolvido sobre amostras da Formação Ponta Grossa, coletadas a cada 30 centímetros em média, nos testemunhos de dois poços, denominados neste trabalho como Poço 1 e Poço 2, ambos pertencentes à base de dados do Projeto Paleosul (UERJ/Petrobrás).

A localização dos poços na área estudada pode ser observada no mapa regional (Fig. 1), em conjunto com a distribuição em superfície da Formação Ponta Grossa.

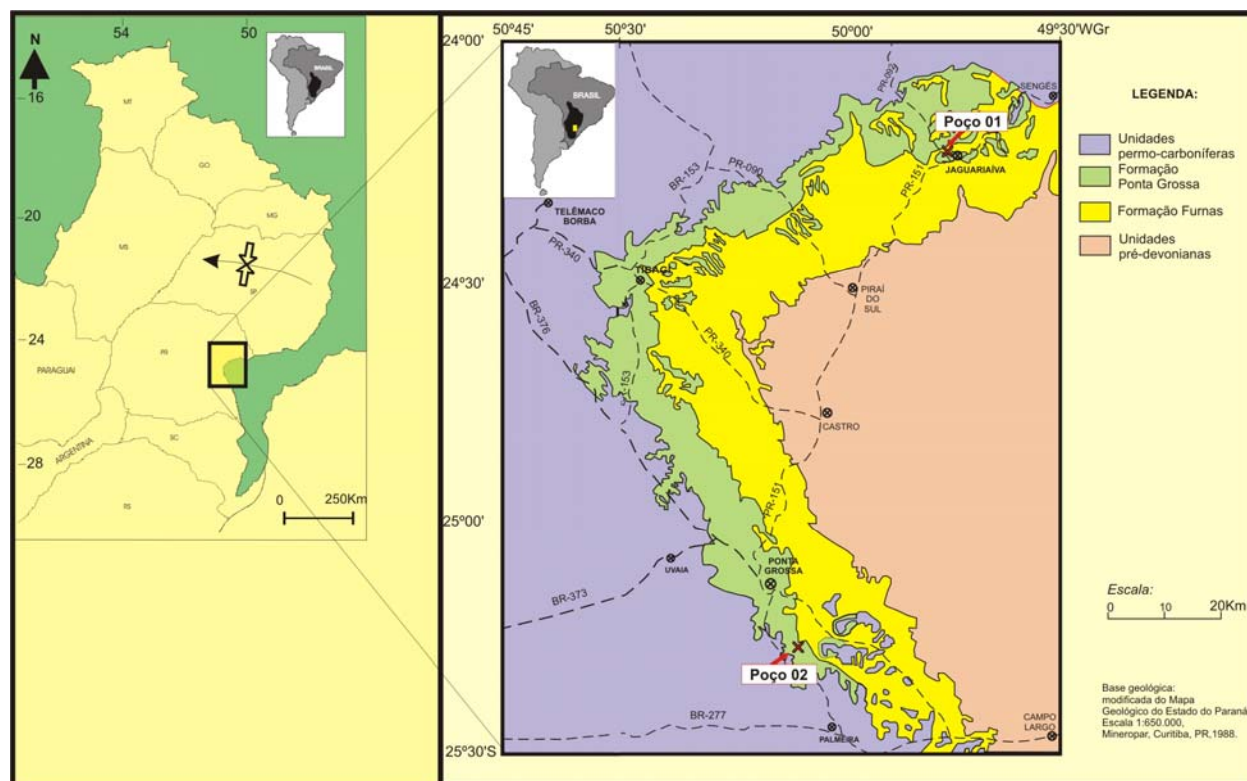


Figura 1. Mapa de localização dos poços na área de estudo

METODOLOGIA O processo de mensuração dos teores de Carbono Orgânico Total (COT), foi realizado em equipamento LECO-SC444, do Laboratório de Geoquímica Orgânica da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). O processo, de forma simplificada, é explicado pela combustão da matéria orgânica contida na rocha, na qual, é liberado CO₂, mensurado como teor de COT.

A gamaespectometria foi realizada por intermédio do instrumento GRS-2000 (Gf Instruments), do Departamento de Estratigrafia e Paleontologia, UERJ. Utilizou-se um intervalo de leitura de dois minutos por amostra. Os valores foram obtidos em contagens por segundo e em teores de tório (ppm), urânio (ppm), e potássio (%) para cada amostra.

A fim de estabelecer uma correlação padrão, os valores foram convertidos para API, por meio da fórmula sugerida na literatura (Ellis 1987, Doveton & Merriam 2004), onde: $^{\circ}\text{API} = 4 \text{ Th}(\text{ppm}) + 8 \text{ U}(\text{ppm}) + 16 \text{ K}(\%)$ e plotados em perfil de raios gama.

Utilizou-se também como resultado da gamaespectometria a relação entre os teores de Tório e Urânio (Th/U), pois essa fornece boas indicações sobre o potencial redox à época da sedimentação (Adams & Weaver 1958, Doveton & Merriam 2004). Fornece também informações sobre a entrada de componentes detríticos no sistema relacionados ao

aumento dos teores de Tório e quanto a autigênese de urânio a partir do aumento dos teores de tório (Luning & Kolonic 2003, Doveton & Merriam 2004).

RESULTADOS Análise Estratigráfica A análise estratigráfica dos poços estudados, será apresentada sob a forma de seção de correlação (Fig. 2), na qual serão identificadas as seqüências deposicionais e suas principais superfícies chave.

Ciclos de alta frequência, possivelmente, quinta ordem foram interpretados como paraseqüências, uma vez que superfícies de afogamento teriam mais fácil reconhecimento nos perfis analisados, em relação aos limites de seqüência.

Foram identificadas duas seqüências deposicionais de terceira ordem, caracterizadas por diferentes padrões nos perfis e limitadas por uma superfície de ravinamento, registrada em ambos os poços. As modificações na tendência dos perfis entre as seqüências podem refletir mudanças nos controles ambientais durante a deposição, principalmente na distribuição dos teores de COT e na razão Th/U. Essas seqüências, a fim de se estabelecer uma correlação regional, foram interpretadas como as seqüências “B” e “C” de (Bergamaschi 1999, Bergamaschi & Pereira 2001).

Internamente a Sequência “B”, distingue-se duas seqüências de quarta ordem “B1” e “B2”, as quais são limitadas em ambos os poços por forte inflexão da razão Th/U e no perfil de raios gama.

A seqüência “B1” apresenta-se incompleta, apenas com sua porção superior. Ainda assim, é possível caracterizá-la por forte tendência de aumento da razão Th/U, e baixos valores de raios gama. Tais tendências podem ser indicativas de uma coluna de água

oxigenada, da influencia do aporte sedimentar, o qual poderia, nesse intervalo, estar suplantando a taxa de elevação relativa do nível do mar. Desse modo, sugere-se, que essa seqüência estaria representada por um trato de sistema de mar alto.

A seqüência “B2” apresenta um caráter transgressivo-regressivo, evidenciado principalmente por modificações nas tendências na razão Th/U e nos perfis de raios gama.

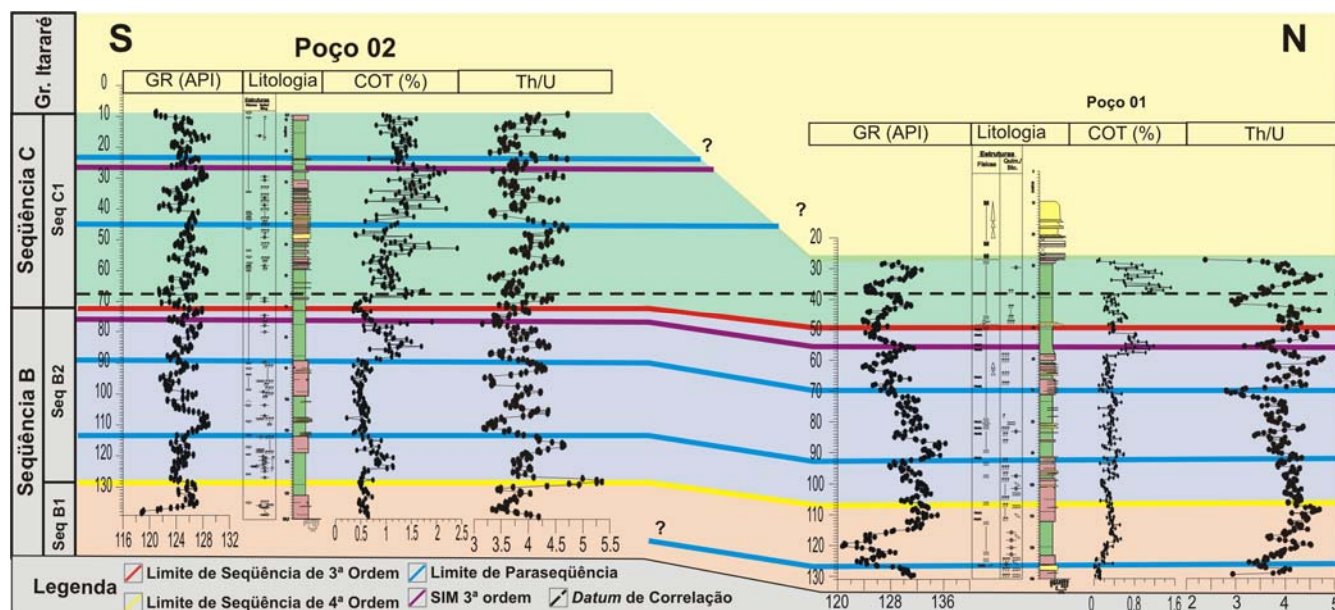


Figura 2. Seção de Correlação entre os poços estudados e análise estratigráfica

São sugeridas quatro paraseqüências internas a essa seqüência. Nas três primeiras observa-se um comportamento retrogradacional do empilhamento de fácies e nos valores de raios gama e tendência de diminuição da razão Th/U para topo, os quais podem representar um contínuo afogamento da bacia e sugerir um trato de sistema transgressivo.

Indica-se a superfície de inundação máxima (SIM), para essa seqüência no topo da terceira paraseqüência, onde se associam uma baixa razão Th/U, anomalia positiva no perfil de raios gama e maiores teores de COT.

A quarta paraseqüência seria indicativa de um trato de sistema de mar alto para a seqüência “B2”, pela tendência de aumento na relação Th/U e modificação no empilhamento de fácies.

Os baixos valores de COT para a seqüência “B” e razão Th/U com valores superiores a três, podem ser indicativas de condições óxicas da coluna de água.

Nota-se um aumento pronunciado dos teores de COT na base da terceira paraseqüência. Essa modificação poderia estar associada à associação de

um maior aporte sedimentar, favorecendo a entrada de nutrientes e produtividade primária e eventos de menor oxigenação do fundo, favorecendo a preservação, visto que, são mantidas condições óxicas na coluna de água.

Após a superfície de ravinamento, é depositada a seqüência de terceira ordem “C”, na qual, identifica-se uma seqüência de quarta ordem, denominada “C1” e três paraseqüências. É nítida a modificação ambiental em relação à seqüência “B2”, tanto nos teores de COT, quanto nos perfis de raio gama e na razão Th/U.

Possivelmente a elevação na razão Th/U, seria indicativo de um maior aporte sedimentar na bacia ou de condições mais proximais do ambiente de sedimentação. A isso se soma a maior concentração de fácies de interlaminado entre arenitos e siltitos no poço 2, que na seqüência anterior.

As duas paraseqüências iniciais apresentam uma tendência de afogamento do sistema e seriam indicativas de um trato de sistema transgressivo. São caracterizadas por tendências de aumento dos teores de COT e relativa diminuição da razão Th/U. As



maiores preservações de matéria orgânica estariam associadas a eventos de diminuição da oxigenação do fundo de forma similar à parasequência superior da sequência “B2”. A SIM da sequência “C1” foi interpretada no topo da segunda parasequência, estando associada a maior anomalia nos teores de COT na sequência e baixa razão Th/U.

A terceira parasequência poderia indicar condições progracionais do ambiente em um trato de sistema de mar alto, para a sequência “C1”. Observa-se a reduzida expressão desse trato em comparação com o resto da sequência. A partir da passagem para o trato de sistema de mar alto, há o predomínio de condições óxicas e o teor de COT volta a ser reduzido, soma-se a isso a redução nos valores de raios gama e elevação nos teores de Tório.

DISCUSSÃO A razão Th/U para essa seção estudada indica condições predominantemente óxicas, com intervalos de redução na oxigenação. Condições óxicas teriam maior influência na sequência deposicional “C” do que na sequência deposicional “B”. Essas condições não favoreceriam a preservação da matéria orgânica. Porém, a sequência deposicional “C” apresenta teores de COT mais elevados.

Interpreta-se essa melhor preservação como uma associação entre um maior aporte sedimentar, suposto por maiores concentrações de tório, o qual possibilitaria a entrada de nutrientes no ambiente e desse modo, uma maior produtividade orgânica. Ainda assim, maiores preservações ocorreriam quando

associados a esse fator, ocorressem eventos de diminuição do caráter óxico do ambiente, devido à subida do nível do mar e afogamento do sistema.

CONCLUSÕES A integração dos dados de carbono orgânico total e gamaespectrometria permitiram um bom controle no detalhamento das sequências deposicionais de quarta ordem e ciclos de maior frequência. Em conjunto permitiram discutir sobre as variações ambientais à época da sedimentação.

Foram identificadas duas sequências de terceira ordem “B” e “C” e definidas três sequências de quarta ordem “B1”; “B2” e “C1”. Internamente a essas sequências, ciclos de maior frequência são frequentes e foram interpretados nesse trabalho como parasequências.

A mudança na tendência da razão Th/U permite interpretar que a sequência “C1” teria sido depositada em condições ambientais diferentes das observadas na sequência “B2”.

A relação Th/U no intervalo estudado indica condições óxicas da coluna de água, pontuadas por fases com redução de oxigenação em épocas de maior afogamento relativo. Ainda assim, não foram verificadas condições de anoxia do ambiente.

Supõe-se que a preservação da matéria orgânica, representada nesta pesquisa pelo teor de carbono orgânico total, para a seção estudada, seja controlada por vários fatores, não sendo exclusiva as condições anóxicas da coluna de água.

Referências

- ASSINE M.L., SOARES P.C., MILANI E.J. 1994. Sequências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **24(2)**:77-89.
- ADAMS J.A.S. & WEAVER C.S. 1958. Thorium to Uranium ratios as indicator of sedimentary processes: Example of concept of chemical facies. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **42(2)**:387-430.
- BERGAMASCHI S. 1999. *Análise estratigráfica do Siluro-Devoniano, (Formações Furnas e Ponta Grossa) da Sub-bacia Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil*. Tese de Doutorado. São Paulo. Universidade de São Paulo, USP – IGC. 167 pp.
- BERGAMASCHI S. & PEREIRA E. 2001. Caracterização de sequências deposicionais de 3ª ordem para o Siluro-Devoniano na sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil. In: MELO J.H.G. & TERRA G.J.S. (eds.) *Correlação de sequências paleozóicas sul-americanas*. Série Ciência-Técnica-Petróleo, Petrobrás, Rio de Janeiro. Seção Exploração de Petróleo. 20, pp.: 63-72.
- DOVETON J.H. & MERRIAM D.F. 2004. Borehole petrophysical chemostratigraphy of Pennsylvanian black shales in the Kansas subsurface. *Chemical Geology*, **206**:249-158.
- ELLIS D.V. 1987. *Well logging for Earth scientists*. Elsevier, New York, 532 pp.
- LUNING S. & KOLONIC S. 2003. Uranium spectral gamma-ray response as a proxy for organic richness in black shales: applicability and limitations. *Journal of Petroleum Geology*, **26(2)**:153-174.
- MILANI E.J., FACCINI U.F., SCHERER C.M., ARAÚJO L.M., CUPERTINO J.A. 1998. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), southern Brazil. *Boletim IG USP, Série Científica*, **29**:125-173.
- SOARES P.C., LANDIM P.M.B., FULFARO V.J. 1978. Tectonic cycles and sedimentary sequences in the Brazilian intracratonic basins. *Geological Society of America Bulletin*, **89**:181-191.