



Caracterização Geoquímica e Bioestratigráfica das Superfícies de Inundação Marinha da Seção Meso-Neodevoniana, na Região de Dom Aquino (MT), Noroeste da Bacia do Paraná, Brasil

Geochemical and Biostratigraphical Characterization of the Marine Flooding Surfaces in the Middle to Late Devonian Section at the Dom Aquino Region (MT), in the Northwestern Portion of the Paraná Basin, Brazil

Maria Suzana Pessôa de Souza; Paula Mendlowicz Mauller; Tereza Regina Cardoso; René Rodrigues & Egberto Pereira

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Departamento de Estratigrafia e Paleontologia. Rua São Francisco Xavier 524, Bloco A, Maracanã, 20559-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mails: supessoageo@gmail.com; mendlowicz@gmail.com; terezaregina@gmail.com; rene@uerj.br; egberto@uerj.br

Recebido em: 25/10/2012 Aprovado em: 18/07/2013

http://dx.doi.org/10.11137/2013_1_15_25

Resumo

O evento anóxico global do Frasniano está bem caracterizado na Bacia do Paraná na porção superior da Formação Ponta Grossa por folhelhos escuros carbonosos ricos em matéria orgânica. Esses folhelhos são encontrados em uma seção da Formação Ponta Grossa de idade Meso-Neodevoniana, onde os folhelhos apresentam a assinatura da transição Givetiano-Frasniano e, também, o progressivo afogamento da sequência devoniana na bacia. Por meio dos dados geoquímicos e bioestratigráficos obtidos da seção acima referida, foi possível reconhecer as superfícies de inundação e a superfície de inundação máxima da seção e também o progressivo afogamento da sequência devoniana na bacia que atingiu o seu ápice no Frasniano. Esses folhelhos, que representam a assinatura da transição Givetiano-Frasniano, e a superfície de inundação máxima ocorrida no Frasniano, podem ser usados como um marco cronoestratigráfico, como também, são objeto de interesse para a exploração de hidrocarbonetos. Foram identificadas duas assembléias de miósporos pertencentes ao Givetiano e ao Frasniano e algumas formas de algas do gênero *Maranhites*, assim como, acritarcos.

Palavras-chave: Devoniano; Formação Ponta Grossa; Bacia do Paraná

Abstract

The global anoxic event in the Frasnian is well characterized in the Paraná Basin, in the upper portion of the Ponta Grossa Formation, by dark carbonaceous shales rich in organic matter. These shales are found in a section of the Ponta Grossa Formation of Meso and Neo-Devonian age, where the shales correspond to the signature of the Givetian-Frasnian transition- and, also, to the progressive drowning of the Devonian sequence in the basin. Through geochemical and biostratigraphic data obtained from the section mentioned above, it was possible to recognize flood surfaces and the maximum flooding surface in the section and, also, the progressive drowning of the Devonian sequence in the basin that reached its maximum in the Frasnian. These shales, which represent the signature of the Givetian-Frasnian transition and the maximum flooding surface, occurred in Frasnian, can be used as a chronostratigraphic marker and are also the object of interest for hydrocarbon exploration. Two miospore assemblages related to the Givetian and Frasnian and some algae of the genus *Maranhites* were recognized as well as acritarchs.

Keywords: Devonian, Ponta Grossa Formation, Paraná Basin

1 Introdução

A Bacia do Paraná localiza-se na parte centro-leste da América do Sul, cobrindo uma área de aproximadamente 1.600.000 km², abrangendo os estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, no Brasil.

Para o intervalo pré-Carbonífero, no Brasil, a bacia pode ser dividida em duas sub-bacias: Alto Garças ao Norte e Apucarana ao Sul (Pereira *et al.*, 1998). Tal divisão é baseada em aspectos estruturais e nas características sedimentológicas distintas entre os afloramentos das bordas sul e leste (sub-bacia de Apucarana) e das bordas nordeste e noroeste (sub-bacia de Alto Garças).

Segundo Milani & Ramos (1998), na Bacia do Paraná, as sequências siluriana e devoniana foram depositadas na primeira fase de subsidência da mesma. O contato entre as mesmas seria definido por uma superfície de discordância que erodiu o pacote ordovício-siluriano. O Devoniano seria representado pelas Formações Furnas e Ponta Grossa.

A Formação Ponta Grossa, intervalo de interesse deste trabalho, aflora nos estados do Paraná, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Schneider *et al.*, 1974), apresentando espessuras máximas de 650 metros na parte central da bacia. A mesma é constituída, principalmente, por folhelhos e siltitos cinza-escuros a pretos, localmente carbonosos e possuindo intercalações de arenitos cinza-claros, micáceos. O seu conteúdo fossilífero reúne icnofósseis, escolecodontes, quitinozoários, moluscos, braquiópodes, trilobitas, equinodermas, os quais desde os trabalhos de Clarke (1913) atestam à formação uma origem marinha.

Os estudos de palinomorfos realizados por Burjack *et al.* (1987), Daemon *et al.* (1967), Lange (1967a,b), Grahn (1992), Grahn *et al.* (2000), Grahn *et al.* (2002), Grahn *et al.* (2010), Loboziak *et al.* (1988), Melo (1988), Oliveira (1991, 1997), entre outros, confirmaram uma idade Devoniana (Lochkoviano/Praguiano ao Frasniano) para a referida formação.

Segundo Bergamaschi (1999), na Formação Ponta Grossa estariam representados os depósitos de um trato de sistemas transgressivo até a superfície de inundação máxima da sequência, de idade givetiana-frasniana e acima desta, os depósitos regressivos do trato de sistemas de mar alto.

Apesar de intensamente estudada nos seus vários aspectos geológicos, a Bacia do Paraná apresenta ainda controvérsias quanto à sua

estratigrafia. São necessárias novas informações a respeito da idade e evolução sedimentológica da sequência devoniana da bacia.

Este trabalho visa a um refinamento estratigráfico e bioestratigráfico do intervalo devoniano da Bacia do Paraná, sob a ótica da Estratigrafia de Sequências, assim como o estudo geoquímico para a caracterização das superfícies de inundação e da superfície de inundação máxima (SIM) encontradas no furo de sondagem 01-DA-MT.

2 Materiais e Métodos

O material utilizado consistiu em amostras do furo de sondagem 01-DA-MT, localizado na borda norte-noroeste da faixa de afloramento do devoniano na sub-bacia de Alto Garças. O mesmo está situado a 20 km da cidade de Dom Aquino, em Mato Grosso, na Fazenda Boa Sorte (Figura 1), atravessando uma seção da Formação Ponta Grossa de idade Meso-Neodevoniana (Mendlowicz, 2008).

O furo de sondagem, com 200 metros, teve os seus testemunhos descritos para a confecção do perfil sedimentológico (Pessôa de Souza, 2006; Mendlowicz, 2008). A análise do perfil sedimentológico permitiu a identificação de empilhamento estratigráfico que se inicia na base com uma sucessão de arenitos, siltitos e folhelhos e cuja descrição sedimentológica se encontra na Figura 2.

Foram realizadas análises do teor de carbono orgânico total (COT) com o objetivo de caracterizar as superfícies de inundação. O padrão de variação observado para os teores de carbono orgânico total permite definir as superfícies de inundação, uma vez que, os valores mais altos de COT sugerem uma deposição em ambiente mais redutor, o que possibilita uma melhor preservação da matéria orgânica (Rodrigues, 2005; Pereira *et al.*, 2007).

As análises palinológicas se concentraram na identificação dos miósporos e acritarcos. A identificação das assembléias palinológicas observadas e a comparação das mesmas com as cartas de biozoneamento internacionais (Stroel, 1987; Steemans, 1989), possibilitou a definição das idades relativas.

2.1 Análises de Geoquímica Orgânica

As amostras provenientes do furo de sondagem 01-DA-MT foram pulverizadas (5g) em um gral de porcelana e depois o material passou por uma peneira

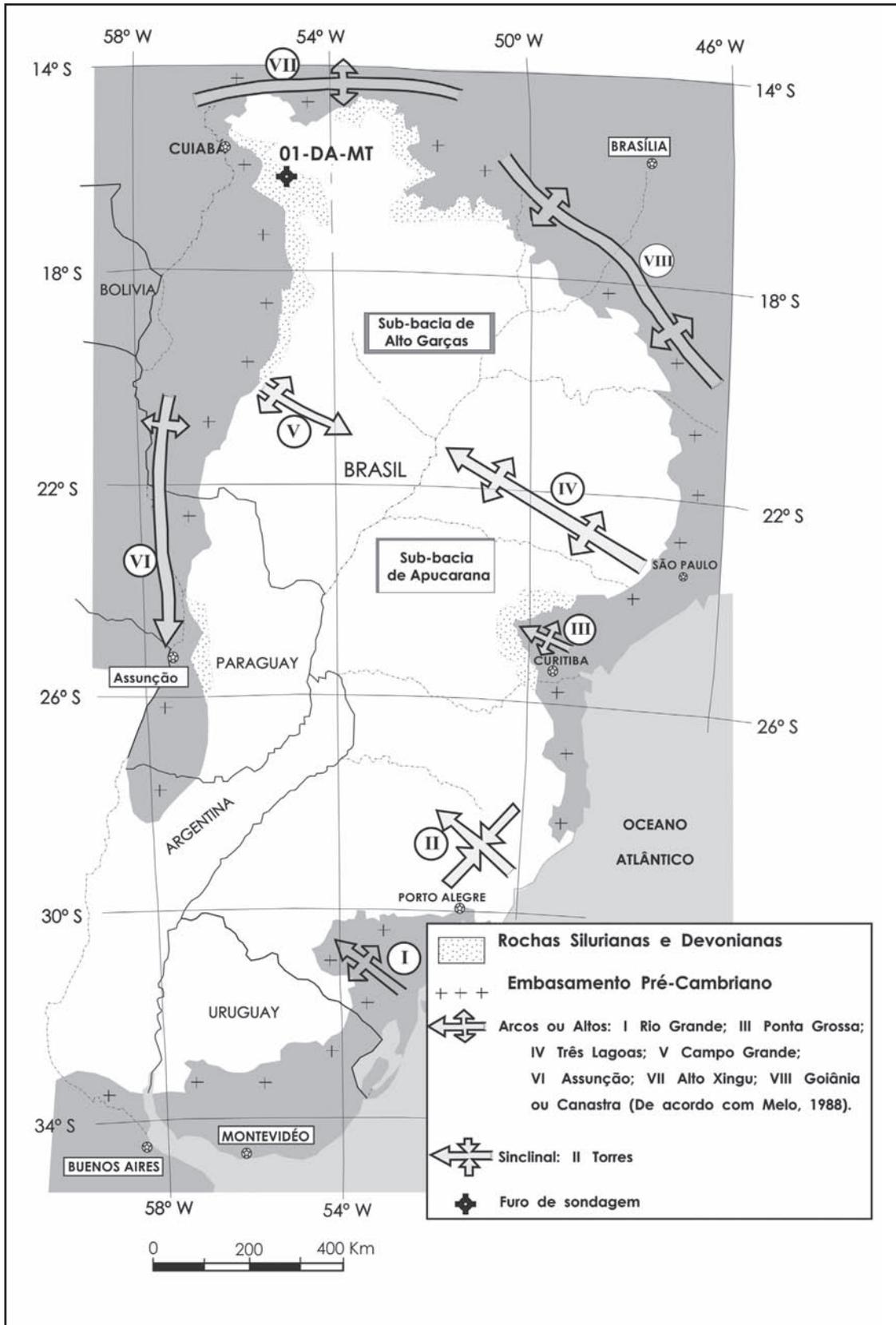


Figura 1 Mapa de localização do furo de sondagem 01-DA-MT (modificado de Grahn *et al.*, 2000)

materiais orgânicos, através de um detector de infravermelho que mede o CO₂ e SO₂ das amostras, liberados por combustão.

2.2 Análise Bioestratigráfica

O método utilizado para preparação das lâminas palinológicas foi fundamentalmente químico, consistindo na eliminação da melhor forma possível dos constituintes mineralógicos da rocha. O método consistiu na trituração das amostras, ataque ácido (ácidos fluorídrico, clorídrico e nítrico), sistema de filtração, lavagem e preparação das lâminas (Mendlowicz, 2008).

As lâminas foram preparadas com uma base de hidroxil-acetil-celulose e álcool. A análise das mesmas foi feita utilizando-se um microscópio óptico normal. Para a identificação e classificação dos miósporos as lâminas foram analisadas no Departamento de Palinologia da Universidade de Liège e para a identificação e classificação dos acritarcos e prasinófitas as lâminas foram analisadas na UERJ.

3 Resultados

3.1 Resultados Geoquímicos

Os resultados geoquímicos obtidos mostraram que os folhelhos estudados apresentaram valores variáveis de carbono orgânico total. O teor aumenta progressivamente da base para o topo da seção, com valores em torno de 1,8%, 1,9%, 2,1% e 4,0% (Figura 3).

A correlação entre os dados geoquímicos e a sequência sedimentar analisada na figura 2, permitiram as seguintes interpretações: a sequência deposicional apresenta uma clara tendência transgressiva com quatro intervalos representativos de superfícies de inundação marinha, correspondentes às profundidades entre 120 e 100m, 100 e 65m, 60 e 40m e 20 e 10m respectivamente. Os resultados de carbono orgânico total mostram que o teor aumenta progressivamente da base para o topo da seção, com valores em torno de 1,8%, 1,9%, 2,1% e 4,0%. A superfície de inundação com o mais alto valor de COT (4,0%) que está situada a aproximadamente 16m de profundidade, é possivelmente a superfície de inundação máxima. Esta superfície representada por folhelhos escuros, finamente laminados, indica deposição em condições marinhas (*offshore*), que

representariam na Bacia do Paraná a assinatura estratigráfica do grande evento anóxico global ocorrido no Frasniano (Rodrigues *et al.*, 1995; Rodrigues *et al.*, 2005.).

O progressivo aumento no teor de COT é acompanhado pelo incremento na qualidade da matéria orgânica indicada pelos parâmetros (Método Pirólise Rock-Eval) S2 (mgHC/g rocha) e IH (mgHC/g COT) (Pessôa de Souza, 2006). Os valores de S2 iniciam-se em torno de 6 (mgHC/g rocha), na primeira inundação, atingindo o valor de 8 (mgHC/g rocha), junto a provável máxima inundação. Os valores de IH ocorrem ao redor de 350 (mgHC/g COT). Esses parâmetros aliados ao progressivo aumento do biomarcador C27 esterano, a partir da profundidade de 115 metros até o topo do furo, indicam uma maior contribuição de algas na composição da matéria orgânica, corroborando o modelo de um afogamento progressivo ao longo da seção.

3.2 Resultados Palinológicos

Concernente aos resultados palinológicos, o furo de sondagem 01-DA-MT apresenta uma assembléia de miósporos pouco diversificada e bem preservada. A assembléia é composta por esporos triletes e raros criptosporos (Figura 4).

Nesta seção também foram identificados algumas formas de algas do gênero *Maranhites*, como *Maranhites brasiliensis*, *Maranhites primus* e *Maranhites stockmansii*, assim como, alguns acritarcos (Figura 4). Também há mistura de material com fitoclastos lenhosos e cutículas com estruturação bem preservada e fitoclastos sem estruturação.

Foram identificadas formas de miósporos estratigraficamente importantes como *Geminospora lemurata*, *Verrucosisporites bulliferus* e *Lophozonotriletes media*, que caracterizam o intervalo Givetiano / Frasniano, respectivamente (Streel *et al.*, 1987; Breuer, 2007; Mendlowicz, 2008).

A espécie *Geminospora lemurata* tem seu aparecimento na profundidade de 138,45m, esta forma assinala o início do Givetiano. As espécies *Verrucosisporites bulliferus* e *Lophozonotriletes media* têm sua primeira ocorrência em 66,05 e 65,75 m, respectivamente (Figura 5). Estas espécies indicam uma idade Frasniana (Streel *et al.*, 1987; Breuer, 2007; Mendlowicz 2008).

Caracterização Geoquímica e Bioestratigráfica das Superfícies de Inundação Marinha da Seção Meso-Neodevoniana, na Região de Dom Aquino (MT),
 Maria Suzana Pessôa de Souza ; Paula Mendlowicz Mauller ; Tereza Regina Cardoso ; René Rodrigues & Egberto Pereira

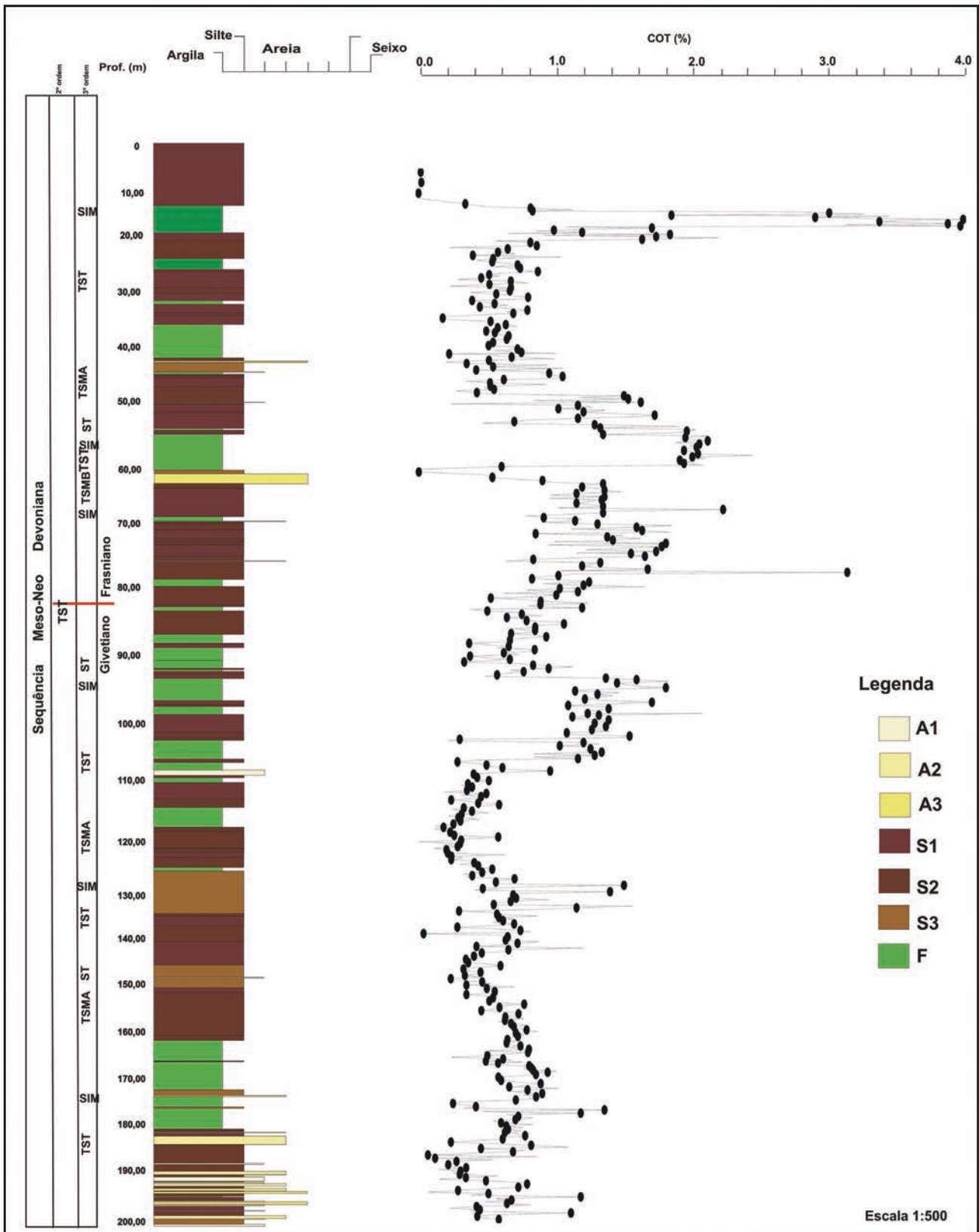


Figura 3 Perfil sedimentológico e curva de variação do COT% para o furo de sondagem 01-DA-MT (Pessôa de Souza, 2006; Mendlowicz, 2008).

Caracterização Geoquímica e Bioestratigráfica das Superfícies de Inundação Marinha da Seção Meso-Neodevoniana, na Região de Dom Aquino (MT),
 Maria Suzana Pessôa de Souza ; Paula Mendlowicz Mauler ; Tereza Regina Cardoso ; René Rodrigues & Egberto Pereira

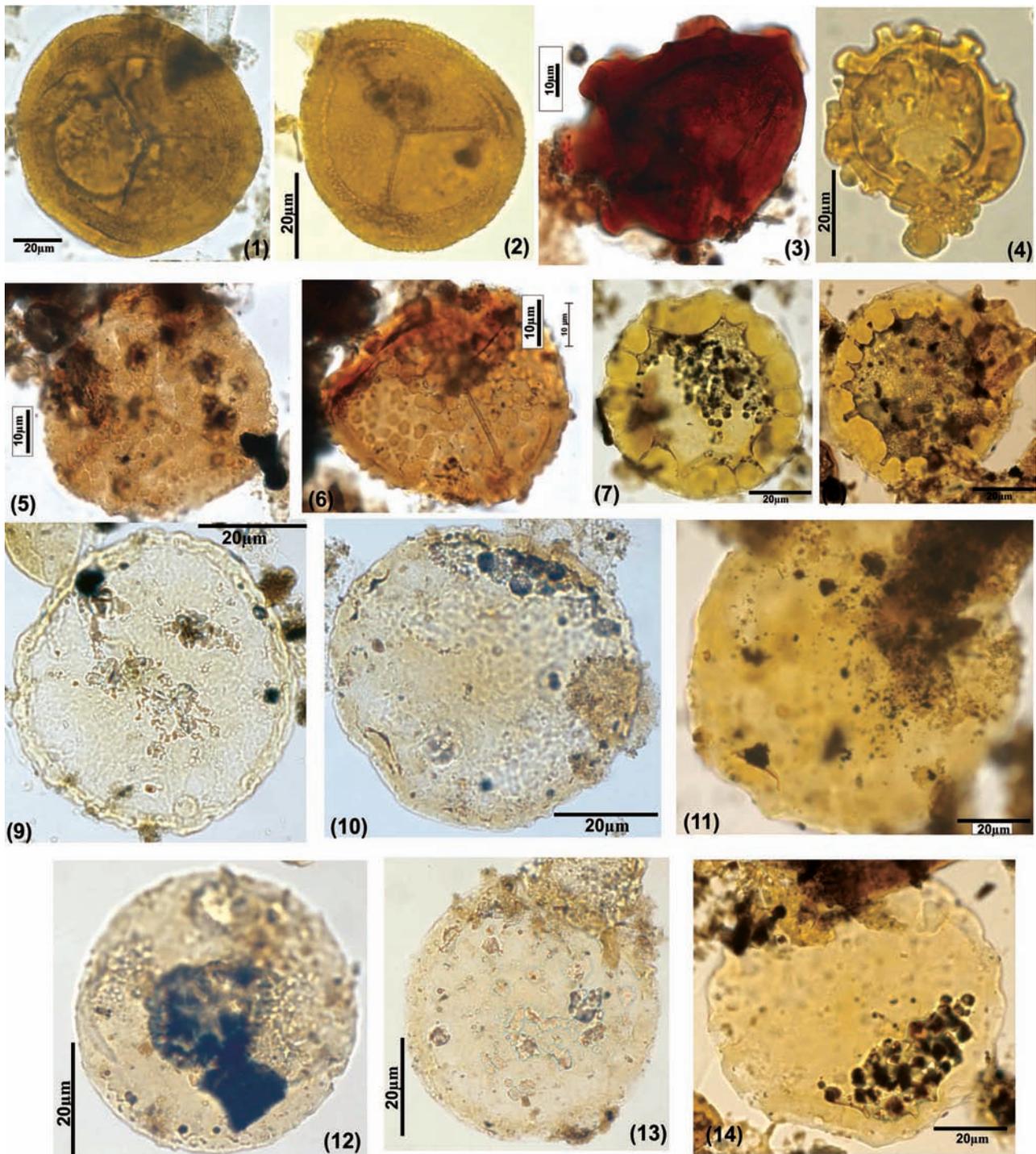


Figura 4 Miósporos e *Maranhites* spp. identificados no furo de sondagem 01-DA-MT: (1) *Geminospira lemurata* Balme emend. Playford, 1983 (prof. 32,80m, Q61/2); (2) *Geminospira lemurata* Balme emend. Playford, 1983 (prof. 66,05m, J55/4); (3) *Lophozonotriletes media* Taugourdeau-Lantz, 1967 (prof. 41,55m, D43/3); (4) *Lophozonotriletes media* Taugourdeau-Lantz, 1967 (prof. 65,75m, Q42/3-4); (5) *Verrucosiporites bulliferus* Richardson & McGregor, 1986 (prof. 41,55m, Q27/1); (6) *Verrucosiporites bulliferus* Richardson & McGregor, 1986 (prof. 46,05m, D22/2); (7) *Maranhites primus* Burjack & Oliveira, 1989 (prof. 20,80m, U66/); (8) *Maranhites primus* Burjack & Oliveira, 1989 (prof. 20,80m, W57/3); (9) *Maranhites stockmansii* (Martin) emend Martin, 1984 (prof. 21,40m, M51/1-3); (10) *Maranhites stockmansii* (Martin) emend Martin, 1984 (prof. 20,80m, V36/3-4); (11) *Maranhites brasiliensis* (Brito) emend Burjack & Oliveira, 1989 (prof. 15,40m, K49/); (12) *Maranhites brasiliensis* (Brito) emend Burjack & Oliveira, 1989 (prof.21,40m, H49/1-2); (13) *Maranhites brasiliensis* (Brito) emend Burjack & Oliveira, 1989 (prof.21,40m, J42/2-4); (14) *Maranhites brasiliensis* (Brito) emend Burjack & Oliveira, 1989 (prof. 20,80m, Q54/3).

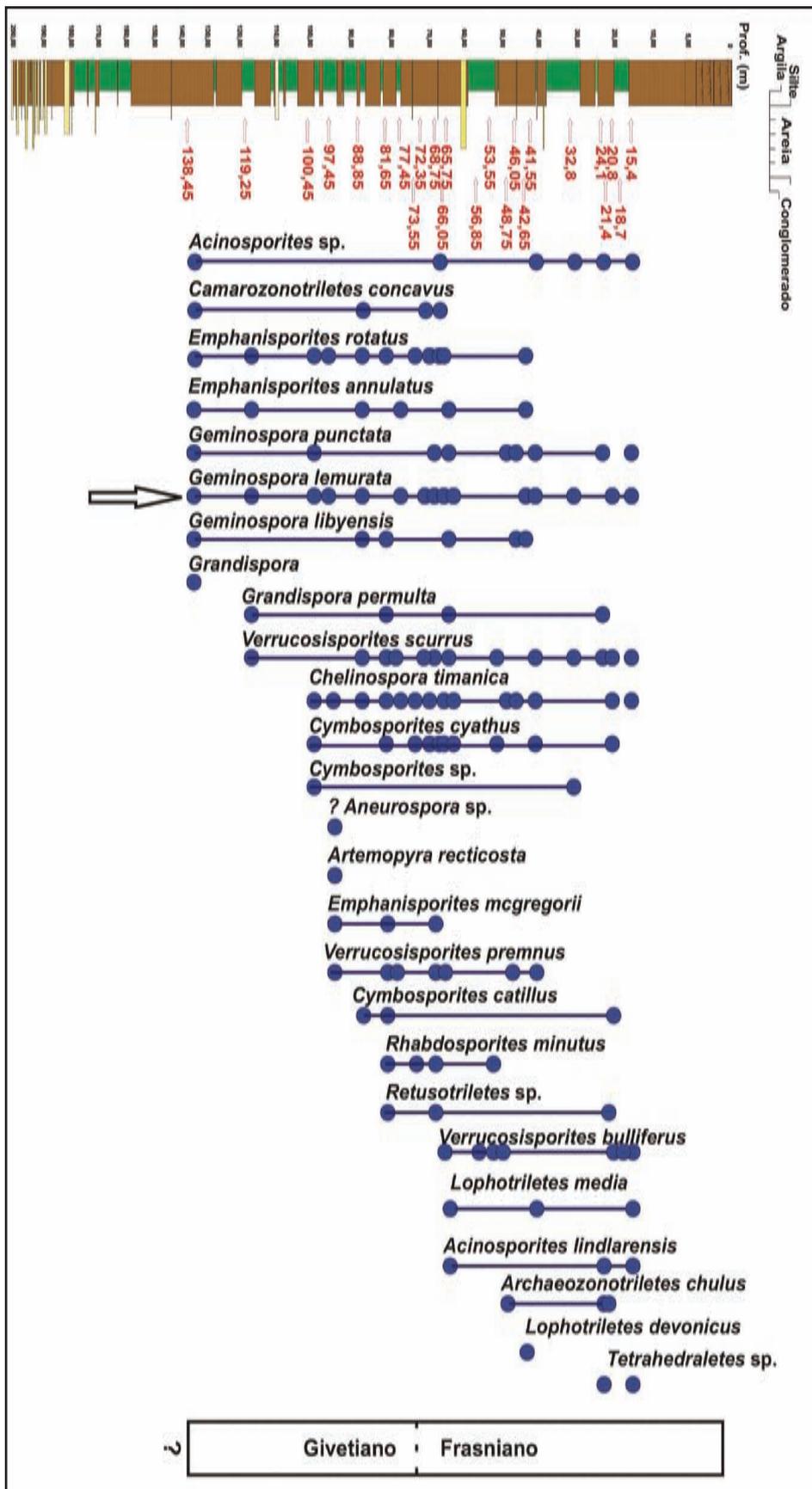


Figura 5 Distribuição dos miosporos ao longo do Furo de sondagem 01-DA-MT.

Com relação às formas pertencentes ao gênero *Maranhites*; *Maranhites primus* foi identificado pela primeira vez na profundidade de 72,35m e *Maranhites stockmansii* aparece

pela primeira vez na profundidade de 56,85m (Figura 6).

De acordo com Oliveira (1997), *Maranhites primus* foi identificado na Bacia do Paraná nos

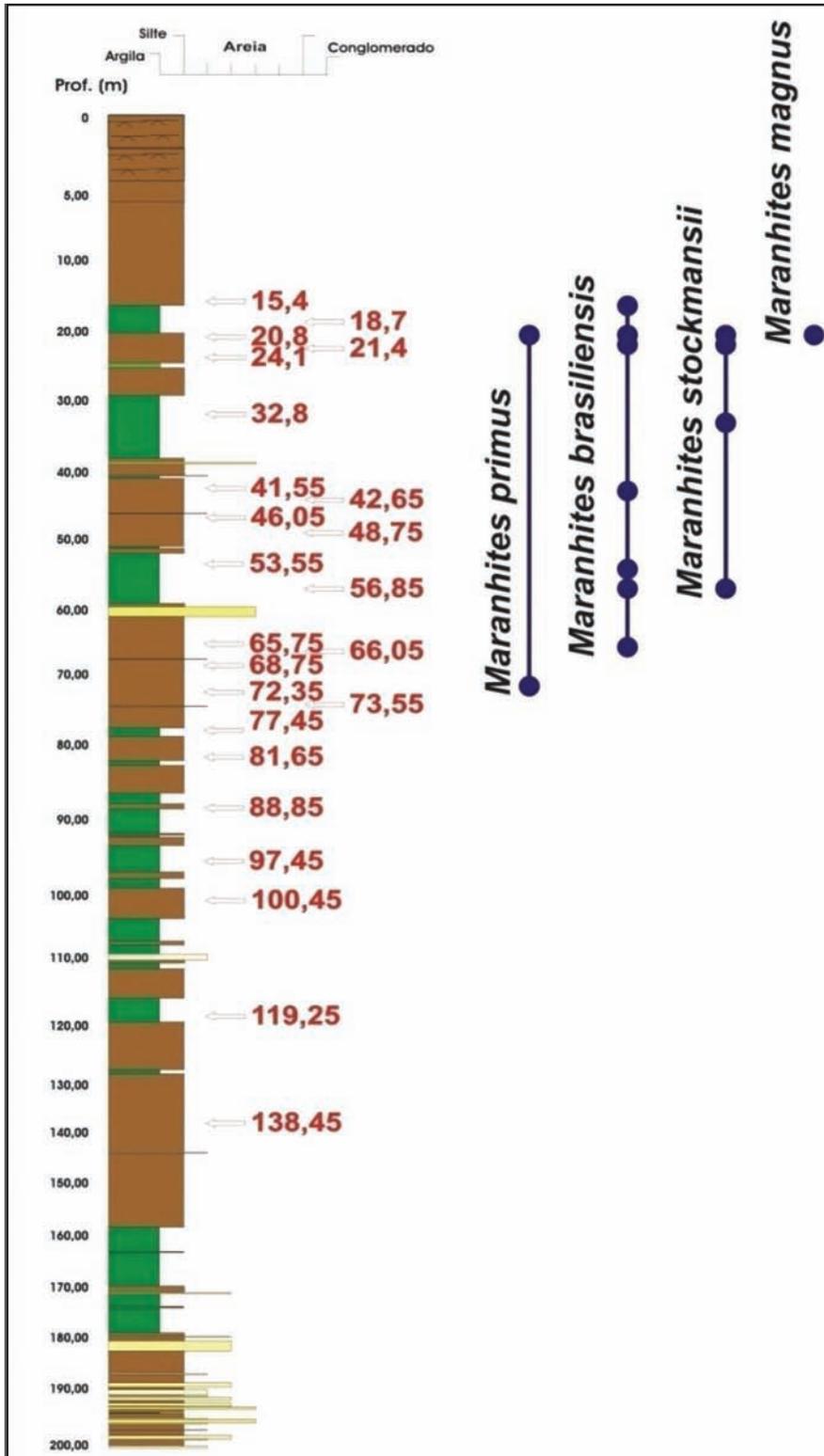


Figura 6 Distribuição das espécies do Gênero Maranhites ao longo do Furo de sondagem 01-DA-MT

níveis equivalentes ao limite Givetiano/Frasniano a Neofamenniano e *Maranhites stockmansii* foi observado no intervalo correspondente ao Frasniano.

Dessa maneira, o limite Givetiano/Frasniano foi posicionado em torno da profundidade de 72,35m, onde ocorre o aparecimento de *Maranhites primus* e um pouco abaixo da primeira aparição de *Verrucosiporites bulliferus*, seguido da aparição de *Lophozonotriletes media*.

4 Conclusões

As amostras provenientes do furo de sondagem 01-DA-MT foram analisadas através da Geoquímica Orgânica e da Bioestratigrafia. Os dados resultantes permitiram caracterizar as diversas superfícies de inundação e a superfície de inundação máxima da seção. Os folhelhos do intervalo estudado de idade frasniana, podem ser correlacionados ao evento global anóxico (Rodrigues *et al.*, 1995; Pereira *et al.*, 2010a; 2010b) e podem ser considerados como um *datum* regional para correlações estratigráficas. Na sequência de 2ª ordem, no Trato de Sistemas Transgressivo, os intervalos com alto teores de COT representam o progressivo afogamento caracterizado pelas várias superfícies de inundação culminando com a superfície de inundação máxima.

O furo de sondagem 01-DA-MT (furo Dom Aquino) apresentou uma assembléia de miósporos pouco diversificada, mas com boa preservação. Está compreendido no intervalo Givetiano / Frasniano.

O furo Dom Aquino está localizado em uma porção mais distal da bacia, pois a quantidade de matéria orgânica amorfa é muito grande, e a diversidade e quantidade de esporos baixa. Também se observa uma grande mistura de material com cutículas e fitoclastos, fragmentados e sem estruturação, e cutículas e fitoclastos estruturados.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio recebido do das seguintes entidades: CTPETRO / FINEP / CNPQ / PETROBRAS / CAPES, que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa. Agradecem também aos funcionários do Laboratório Estratigrafia Química e Geoquímica Orgânica (LGQM) da Faculdade de Geologia da UERJ pelo auxílio na preparação e análise das amostras.

6 Referências

- Bergamaschi, S. 1999. Análise *Estratigráfica do Siluro-Devoniano (Formações Furnas e Ponta Grossa) da Sub-Bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 167 p.
- Breuer, P. 2007. Devonian Miospore Palynology in Western Gondwana: An application to oil exploration/ Palynologie des Miospores Dévoniennes au Gondwana Occidental: Une application à l'exploration pétrolière. Thèse de Doctorat. Université de Liège, 550p.
- Burjack, M.I.A.; Loboziak, S. & Streel, M. 1987. Quelques Données Nouvelles Sur Les Miospores Dévoniennes Du Bassin Du Paraná (Brésil). *Science Géologique Bulletin*, 40 (4): 381 – 391.
- Clarke, J.M. 1913. Fósseis Devonianos do Paraná. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Monografia 1:353.
- Daemon, R.F.; Quadros, L.P. & Silva, L.C. 1967. Devonian Palynology and Biostratigraphy of the Paraná Basin. *Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba*, 21/22: 99-132.
- Grahn, Y. 1992. Revision of Silurian and Devonian strata of Brazil. *AASP Foundation, Palynology*, 16:35-61.
- Grahn, Y.; Pereira E. & Bergamaschi, S. 2000. Silurian and Lower Devonian Chitinozoan Biostratigraphy of the Paraná Basin in Brazil and Paraguay. *AASP Foundation, Palynology*, 24: 147-176.
- Grahn, Y.; Pereira E. & Bergamaschi, S. 2002. Middle and Upper Devonian Chitinozoan Biostratigraphy of the Paraná Basin in Brazil and Paraguay. *AASP Foundation, Palynology*, 26:135-165.
- Grahn, Y.; Mendlowicz P.M.; Breuer, P.; Bosetti, E.P.; Bergamaschi, S. & Pereira, E. 2010. The Furnas/Ponta Grossa Contact and the Age of the Lowermost Ponta Grossa Formation in the Apucarana Sub-Basin (Paraná Basin, Brazil): Integrated Palynological Age Determination. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 13(2):89-102.
- Lange, F.W. 1967a. Subdivisão Bioestratigráfica e Revisão da Coluna Siluro-devoniana da Bacia do Baixo Amazonas. In: ATAS, 1, Simpósio Biota Amazônica, Belém, 1966, p. 215- 236.
- Lange, F.W. 1967b. Biostratigraphic subdivision of the Devonian in the Paraná Basin. In: BIGARELLA, J.J. (Eds.). Problems in Brazilian Devonian Geology. *Boletim Paraná Geociências*, 21-22: 63-98.
- Loboziak, S.; Streel, M. & Burjack, M.I.A. 1988. Miospores du Dévonien Moyen et Supérieur du Bassin du Parana, Brésil: Systématique et Stratigraphie. *Science Géologique Bulletin*, 41 (3-4):351-377.
- Melo, J.H.G. 1988. The Malvinokaffric realm in the Devonian of Brazil. In: McMILLW, N.J.; EMBRY, S.F. & GLASS, D.J. (Eds), *Devonian of the World*. Canadian Society of Petroleum, Geologist Memoir, 1 (14): 669-703.
- Mendlowicz Mauller, P. 2008. *Bioestratigrafia do Devoniano da Bacia do Paraná, Brasil, com ênfase na sub-bacia de Alto-Garças*. Departamento de Estratigrafia e Paleontologia, UERJ, Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 213p.
- Milani, E.J. & Ramos, V.A. 1998. Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 28:527-544.
- Oliveira, S.F. 1991. *Acrítarcas e prasinófitas da Formação Ponta Grossa (Devoniano) no flanco noroeste da Bacia*

**Caracterização Geoquímica e Bioestratigráfica das Superfícies de
Inundação Marinha da Seção Meso-Neodevoniana, na Região de Dom Aquino (MT),
Maria Suzana Pessôa de Souza ; Paula Mendlowicz Mauler ; Tereza Regina Cardoso ; René Rodrigues & Egberto Pereira**

- do Paraná. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Dissertação de mestrado IG-USP, 157p.
- Oliveira, S.F. 1997. *Palinologia da Seqüência Devoniana da Bacia do Paraná no Brasil, Paraguai e Uruguai: Implicações Biocronoestratigráficas, Paleoambientais e Paleogeográficas*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 188p.
- Pereira, E.; Bergamaschi, S & Rodrigues, M.A.C. 1998. Sedimentary Evolution of the Ordovician, Silurian And Devonian Sequences of the Parana Basin In Brazil. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, Stuttgart, 1(3-6): 779-792.
- Pereira, E.; Aguiar, A.P.O.; Freitas-Brazil, F.A & Blazutti, D. 2007. Estratigrafia de Alta Resolução e o Registro Icnofaciológico. In: CARVALHO, I.S. & FERNANDES, A.C.S. (Eds.). *Icnologia*, p. 32-39.
- Pereira, E.; Rodrigues, R.; Bergamaschi, S. & Souza, M. S. P. 2010a. $\delta^{13}\text{C}_{\text{organic}}$ Characterization of Late Devonian Flooding Surfaces in the Paraná Basin. In: SSAGI South American Symposium on Isotope Geology, 7, Brasília. *Proceedings of VII SSAGI South American Symposium on Isotope Geology*, v.1. p. 544-547.
- Pereira, E; Rodrigues, R.; Bergamaschi, S. & Souza, M. S. P. 2010b. Devonian Worldwide TOC Excursion in the Paraná Basin. In: XII - CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GEOQUÍMICA ORGÂNICA, 12, Montevideo *Memorias*. ALAGO, 2010. v. 1. p. 59-61.
- Pessôa de Souza, M.S. 2006. *A aplicação da Geoquímica Orgânica ao Devoniano Médio/Superior da Borda Norte da Bacia do Paraná*. Tese de Doutorado, Faculdade de Geologia Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 117 p.
- Rodrigues, R.; Loboziak, S.; Melo, J.H.G. & Alves, D.B. 1995. Geochemical characterization and miospore biostratigraphy of the Frasnian anoxic event in the Parnaíba Basin, Northeast Brazil. *Bull. Centres Rech. Expl. - Prod. Elf Aquitaine*, 19 (2): 319-327.
- Rodrigues, R. 2005. Chemostratigraphy. In: KOUTSOUKOS, E.A.M. (Ed.). *Applied Stratigraphy*. Editora Springer, p. 165-178.
- Rodrigues, R.; Pereira, E. & Bergamaschi, S. 2005. Organic Geochemical Characterization of the Frasnian Petroleum Source Rocks of Brazilian Paleozoic Basins. In: PANKHURST, R.J. & VEIGA, G.D.(eds.). *Gondwana 12*. Academia Brasileira de Ciências, p. 314.
- Schneider, R.L.; Muhlmann, H.; Tommasi, E.; Medeiros, R.A.; Daemon, R. F. & Nogueira, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Sociedade Brasileira de Geologia, Porto Alegre, *Anais*, p. 41-65.
- Stemans, P. 1989. Palynostratigraphie de l'Eodévien dans l'ouest de l'Europe. Professional Paper. *Mémoires Explicatifs pour les Cartes Géologiques et Minéralogiques de la Belgique* 27, 453 p.
- Streel, M.; Higgs, K.T.; Loboziak, S.; Riegel, W. & Stemans, P. 1987. Spore stratigraphy and correlation with faunas and floras in the type marine Devonian of the Ardenne-Rhenish. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 50: 211-219.