

# A SEQÜÊNCIA ORDOVÍCIO-SILURIANA DA BACIA DO PARANÁ

## THE ORDOVICIAN-SILURIAN SEQUENCE OF THE PARANÁ BASIN

Edison José Milani<sup>1</sup>, Mario Luis Assine<sup>2</sup>, Paulo César Soares<sup>2</sup> e Roberto Ferreira Daemon<sup>1</sup>

**RESUMO** - Apesar de constituir tema dos mais pesquisados dentro da Geologia no Brasil, a estratigrafia formal da Bacia do Paraná, em sua porção brasileira, só incluiu estratos de idade siluriana no início dos anos 80, com a individualização e o mapeamento da Formação Vila Maria na faixa de afloramentos Norte. Daí em diante, alguns poucos trabalhos dedicaram-se à identificação do pacote pré-devoniano em seções de subsuperfície, e ao estabelecimento da distribuição destes sedimentos pela bacia. Ao mesmo tempo, pesquisas bioestratigráficas consolidaram a idade landoveriana para os pelitos marinhos fossilíferos da Formação Vila Maria. O estudo aqui apresentado fundamenta-se na identificação das unidades basais pré-devonianas da Bacia do Paraná pelas suas características litológicas, padrões em perfis de raios gama e conteúdo microfossilífero. A área de ocorrência da seqüência ordovício-siluriana foi redefinida em escala de bacia, bem como estabelecida nova correlação destas unidades da porção brasileira da bacia com suas equivalentes no Paraguai, área em que ocorrem importantes seções de referência ao estudo deste pacote. São incluídos, também, resultados inéditos de investigações bioestratigráficas sobre amostras de horizontes fossilíferos de poços no Brasil e no Paraguai, resultados estes que servem de suporte ao estudo estratigráfico realizado.

(Originais recebidos em 07.05.93).

**ABSTRACT** - Although it constitutes one of the most studied themes of Brazilian geology, the stratigraphy of the Paraná Basin in its Brazilian portion only included Silurian age strata in the early 80's, with the mapping and definition of the Vila Maria Formation in its northern portion. From then on a few works were directed at identifying the pre-Devonian package in subsurface sections, and to the establishment of the distribution of these sediments throughout the basin. At the same time biostratigraphic studies established a Llandoveryian age for the marine fossiliferous pelites of the Vila Maria Formation. The present study is based on the identification of the basal pre-Devonian units of the Paraná Basin by its lithological characteristics, gamma ray patterns in profiles, and microfossil content. The area of occurrence of the Ordovician-Silurian sequence was redefined at the basin scale, as well as it was established a new correlation of these units in the Brazilian portion of the basin with its equivalents in Paraguay, the area where important type sections of this package occurs. Furthermore, new results of the biostratigraphic investigations on samples of fossiliferous horizons of Brazilian and Paraguayan wells are included in order to give support to the stratigraphic study carried out.

(Expanded abstract available at the end of the paper).

### 1 - INTRODUÇÃO

A Bacia do Paraná apresenta-se como vasta sinéclise intracontinental com cerca de 1 700 000 km<sup>2</sup>, dos quais 1 100 000 situam-se na Região Sul do Brasil, estendendo-se também pelo Paraguai, Argentina e Uruguai (fig. 1). Cerca de dois terços de sua área são cobertos pelo mais volumoso pacote de lavas terrestres do planeta – a Formação Serra Geral – do Eocretáceo. A bacia tem formato elíptico, com eixo maior na direção Norte-Sul, e acomoda um pacote sedimentar-magmático com espessura total máxima de cerca de 8 000 m.

O objetivo deste trabalho é a análise estratigráfica regional da seqüência ordovício-siluriana da Bacia do Paraná, com base em suas características litológicas, respostas em perfis de raios gama e conteúdo microfossilífero. Foi realizado amplo rastreamento da seqüência pré-devoniana em subsuperfície, chegando-se ao mapeamento da área de ocorrência da mesma, em escala de bacia. No tocante às informações bioestratigráficas, inclui-se uma série de resultados inéditos, frutos de pesquisas recém-concluídas sobre amostras rochosas de poços no Brasil e no Paraguai, investigações estas realizadas por técnicos do Laboratório de Palinologia do

1 - Núcleo de Exploração da Bacia do Paraná (NEXPAR), Rua Padre Camargo, 285, 80060.240, Curitiba, PR, Brasil.

2 - Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geologia, Caixa Postal 19.011, 81531.970, Curitiba, PR, Brasil.

Setor Regional de Interpretação Exploratória do Núcleo de Exploração da Bacia do Paraná da PETROBRAS, sob a coordenação de um dos co-autores (R.F. Daemon).

## 2 - EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DA BACIA DO PARANÁ

As rochas sedimentares da Bacias do Paraná, predominantemente paleozóicas e em menor proporção mesozóicas, afloram num cinturão em torno dos magmatitos Serra Geral, estando arranjadas em seis grandes seqüências (Milani *et. al* 1994): ordovício-siluriana, devoniana, carbonífera-eotriássica, neotriássica, jurássica-eocretácica e neocretácica, esta última ocorrendo sobre os vulcanitos (fig. 2).

A seqüência mais antiga da bacia, tema central deste trabalho, tem idade neo-ordoviciano/eossiluriana. A idade mínima desta seqüência é determinada pelos pelitos fossilíferos da Formação Vila Maria que, quando não erodida, ocorre imediatamente abaixo da discordância pré-devoniana. O conteúdo fossilífero desta formação aponta para uma idade landoveriana. Uma análise estratigráfica desta seqüência será mostrada adiante.

Ao final do ciclo ordovício-siluriano, um importante episódio regressivo produziu a discordância sobre a qual acumulou-se a seqüência devoniana. A Formação Furnas foi depositada quando ampla área da margem meridional do Gondwana configurava-se como uma plataforma arenosa de depósitos principalmente fluviais, retrabalhados eventualmente por ondas de oceano aberto, então localizado a Sul (de Wit e Ransome, 1992; Milani, 1992a). Esta unidade tem como característica marcante uma homogeneidade litológica singular, representada invariavelmente por arenitos brancos e amarelados, caulínicos, de médios a grossos, por vezes conglomeráticos, com estratificações cruzadas predominantemente acanaladas. Em direção ao seu topo, a ocorrência de estratificações truncadas por ondas indica avanço de condições marinhas sobre a plataforma deposicional.

A transição Furnas/Ponta Grossa sugere o progressivo afogamento da Bacia do Paraná; o mar, que já se fizera presente no Siluriano, retorna a esta área. A Formação Ponta Grossa é constituída basicamente por folhelhos, folhelhos sílticos, siltitos e arenitos freqüentemente bioturbados, com estratificações truncadas por ondas, indicando a predominância de condições de litorâneas a plataformais durante sua deposição.

Na evolução da Bacia do Paraná, como entidade geotectônica inserida no contexto da margem Sul do Gondwana, o Eocarbonífero foi, indubitavelmente, o período de maior instabilidade. Uma conjugação de fatores tectônicos e climáticos inibiu a sedimentação nesta área durante longo tempo, além de propiciar condições ao desenvolvimento de uma discordância regional com hiato estimado em cerca de 45 M.a.

Aceita-se, hoje, que o Eocarbonífero na bacia coincidiu com a época da mudança generalizada de estilo estrutural – de margem passiva para colisional – ao longo

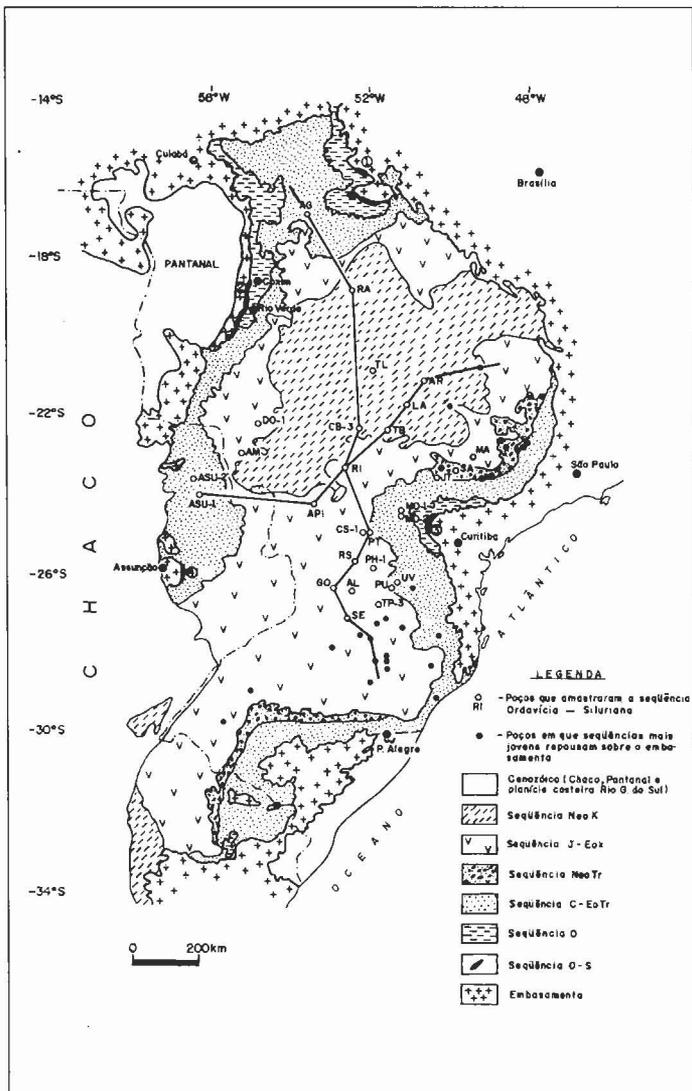


Fig. 1 - Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná, com a localização das seções geológicas mostradas nas figuras 9 e 10. Sigla dos poços: AG-Alto Garças, MT; AL-Abelardo Luz, SC; AM-Amambai, MS; API-Alto Piquiri, PR; AR-Araçatuba, SP; ASU-Asunción, Paraguai; CB-Cuiabá Paulista, SP; CS-Chapéu do Sol, PR; DO-Dourados, MS; GO-Galvão, SC; JT-Joaquim Távora, PR; LA-Lagoa Azul, SP; MA-Mandaçaia, SP; MO-Monjolinho, PR; PH-Pinhão, PR; PT-Pitanga, PR; PU-Porto União, SC; RA-Rio Aporé, MT; RI-Rio Ivaí, PR; RS-Rio Segredo, PR; SA-Sarutaiá, SP; SE-Seara, SC; TB-Tabaraí, SP; TL-Três Lagoas, MS; TP-Três Pinheiros, SC; UV-União da Vitória, PR.

Áreas de afloramento: 1-Barra do Garças, MT; 2-Serra de Maracaju, MS; 3-Castro, PR; 4-Bloco de Assunção, Paraguai.

Fig. 1 - Schematic geologic map of the Paraná Basin with the location of the geological sections shown in figures 9 and 10. Well and outcrop identification.

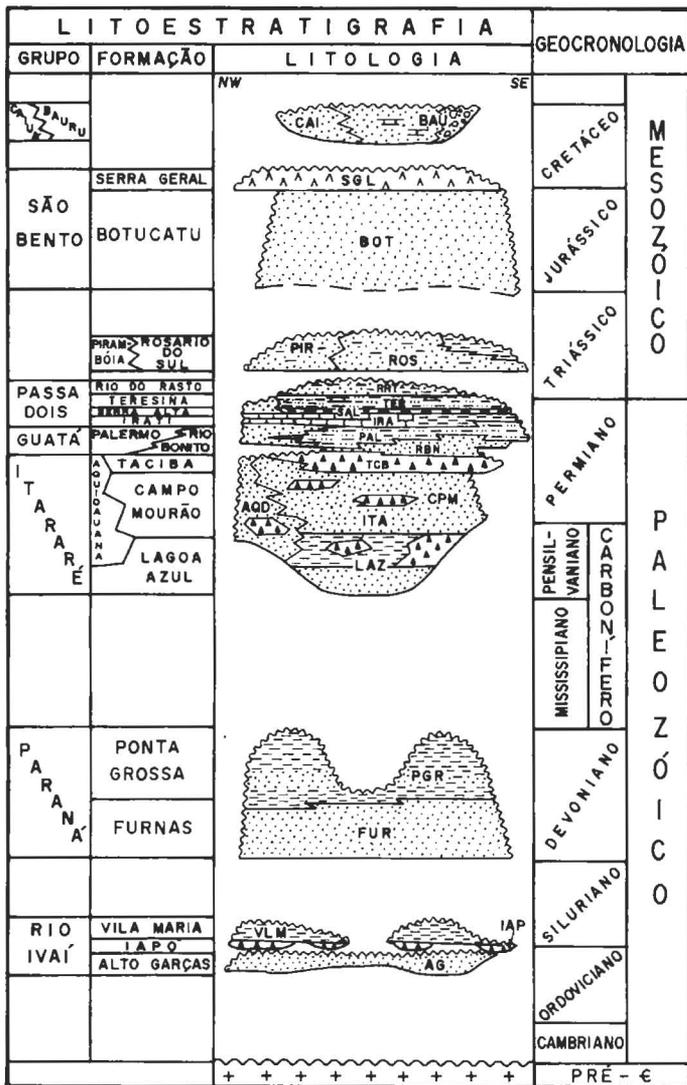


Fig. 2 - Lito e cronoestratigrafia da Bacia do Paraná (Milani *et al.* 1994).  
Fig. 2 - Lithology and chronostratigraphy of the Paraná Basin.

do limite meridional do Gondwana (Cole, 1992; Visser, 1987; de Wit e Ransome, 1992). Associada à implantação do contexto compressional, com a conseqüente epirogênese positiva no interior do continente, a paleoposição da placa gondwânica em altas latitudes àquela época, com o desenvolvimento de calotas de gelo sobre a área da Bacia do Paraná (Caputo e Crowell, 1985), foram fatores determinantes à inexistência de um registro sedimentar extensivo de idade mississipiense na bacia.

Com o início do degelo, foi retomada a sedimentação na Bacia do Paraná. A porção basal da seqüência carbonífera-eotriássica, no intervalo correspondente ao Grupo Itararé (na parte Sul) e à Formação Aquidauana (na parte norte da bacia), ainda foi acumulada sob marcada influência do clima glacial; tal seção encerra abundante conteúdo microfossilífero retrabalhado de idade devoniana. Um forte afluxo sedimentar, proveniente das áreas vizinhas

agora expostas pela deglaciação, favoreceu processos deposicionais de intenso fluxo de massa, com escorregamentos e turbiditos. Predominam, no Grupo Itararé, pacotes diamictíticos intercalados a espessas seções de arenitos (França e Potter, 1988). A sedimentação neocarbonífera-permiana assumiu, no seu todo, caráter transgressivo.

A tendência transgressiva foi, no entanto, quebrada momentaneamente pela entrada das cunhas progracionais da Formação Rio Bonito, no Mesopermiano. Retomadas as condições transgressivas, acumulou-se a Formação Palermo, representada por siltitos e siltitos arenosos intesamente bioturbados, depositados numa ampla plataforma marinha muito rasa (Schneider *et al.* 1974).

A Formação Itararé, mais acima, apresenta uma faciologia bastante complexa, com folhelhos, folhelhos betuminosos, arenitos, margas, carbonatos e anidrita, indicativos de uma geometria de bacia igualmente complexa, em que se configuravam golfos e baías de profundidades e salinidades variáveis (Daemon *et al.* 1991). Seguiu-se um afogamento da bacia Itararé, representado pelos folhelhos da Formação Serra Alta, e uma fase regressiva de ampla magnitude.

A seção neopermiana/eotriássica registra a progressiva continentalização a que a Bacia do Paraná foi então submetida até o término de sua história evolutiva. A Formação Terésina constitui-se de argilitos e siltitos cinza-claros, depositados sob ação de ondas e marés. Para seu topo, comparecem calcários oolíticos e bancos de coquinas. Completa o quadro a Formação Rio do Rasto, interpretada como o avanço de sistemas deltaicos provenientes da borda oeste da bacia (Gama Jr., 1979). Esta unidade é representada por siltitos, arenitos e folhelhos arroxeados, esverdeados e avermelhados.

A seqüência neotriássica é representada pelas formações Pirambóia e Rosário do Sul, constituídas por arenitos esbranquiçados e avermelhados, de médios a finos, localmente conglomeráticos, com estratificações cruzadas acanaladas e planares, acumulados por processos de um ambiente continental fluvial associado a pequenas lagoas. No Jurássico, um extenso campo de dunas cobriu inteiramente esta porção do continente (Formação Botucatu), seguido pelo mais volumoso episódio de extravasamento intracontinental de lavas do planeta (Formação Serra Geral), como manifestação magmática dos estágios precoces do rifteamento sul-atlântico, no Eocretáceo.

O registro sedimentar da Bacia do Paraná encerrou-se com a deposição dos grupos Caiuá e Bauru, correspondentes à seqüência neocretácica. São depósitos continentais areno-conglomeráticos, com seixos de diversas litologias (vulcânicas, arenitos, argilitos e de rochas do embasamento cristalino), maciços ou com estratificações cruzadas acanaladas e feições de corte-e-preenchimento;

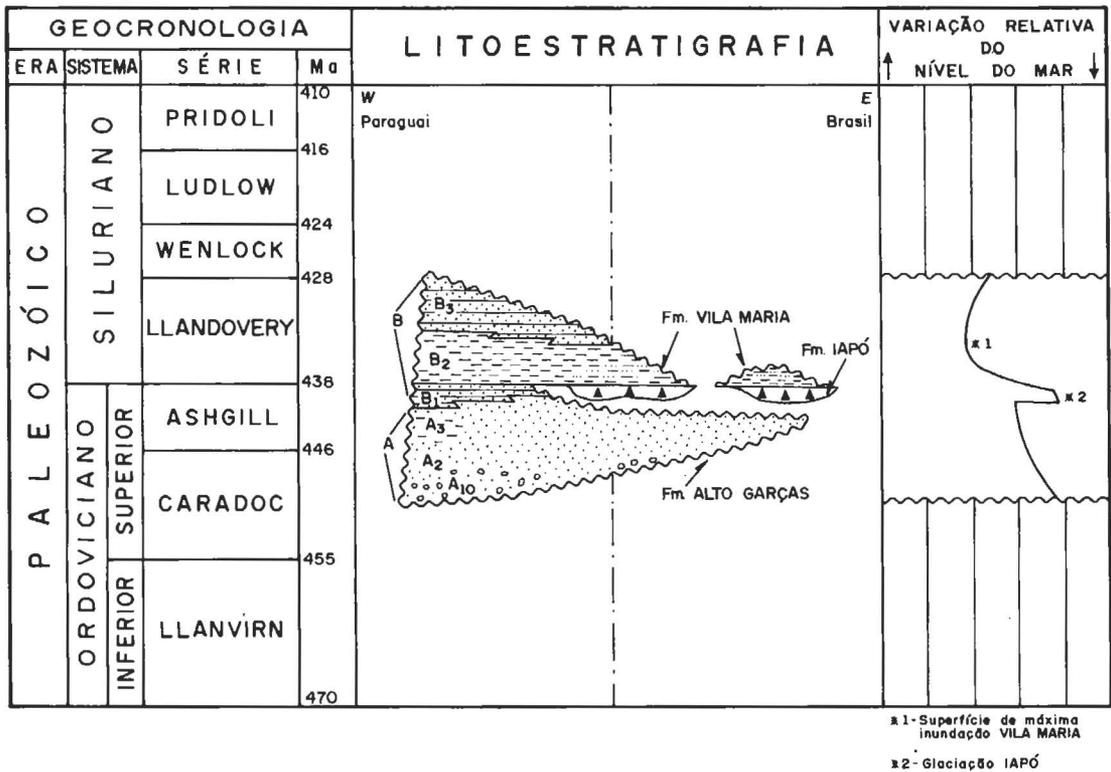


Fig. 3 - Litoestratigrafia e cronoestratigrafia do Grupo Rio Ivai e de seus correspondentes estratigráficos na porção paraguaia da Bacia do Paraná (modif. de Assine *et al.* 1994). A - Grupo Caacupé (A1 - Formação Paraguari, A2 - Formação Cerro Jhu, A3 - Formação Tobati), B - Grupo Itacurubi (B1 - Formação Eusebio Ayala, B2 - Formação Vargas Peña, B3 - Formação Cariy). Padrão geocronológico: Cowie e Bassett (1989), *Global Stratigraphic Chart - IUGS*.

Fig. 3 - Lithostratigraphy and chronostratigraphy of the Rio Ivai Group and its correlatives on the Paraguayan portion of the Paraná Basin, based on IUGS 1989 Global Stratigraphic Chart.

também ocorrem depósitos siltico-argilosos, e carbonatos de caliche. O ambiente deposicional no Neocretáceo foi continental, predominantemente flúvio-eólico, associado a lagos rasos e localizados. Esta seqüência ocupou a depressão superficial originada pela carga da massa vulcânica Serra Geral, último episódio significativo de subsidência na Bacia do Paraná.

### 3 - SEQÜÊNCIA ORDOVÍCIO-SILURIANA: EVOLUÇÃO DOS CONHECIMENTOS

As unidades sedimentares basais da Bacia do Paraná, constituintes da seqüência ordovício-siluriana, têm motivado alguns estudos ao longo dos últimos anos. A questão do pacote pré-Furnas é muito interessante, e sua adequada caracterização deverá incluir considerações sobre sua possança, geometria, ambiente(s) de sedimentação, idade, relações de contato, condições tectônicas prevaletentes durante sua deposição e, mesmo, condicionantes de sua preservação posterior no registro geológico da bacia.

Muito embora o empilhamento estratigráfico da Bacia do Paraná seja tema de pesquisas há quase um século, o reconhecimento e individualização de suas unidades pré-devonianas no Brasil só foram efetivamente implementados na última década. A carência de informações bioestratigráficas (datações) que apoiassem correlações seguras, aliada ao fato de que este pacote aflora de maneira extremamente localizada e pouca expressiva no flanco Leste da Bacia do Paraná – de longe, sua área mais investigada – contribuíram marcadamente para o retardo na inclusão destes sedimentos, na forma de trabalhos especificamente a eles dedicados, na literatura geocientífica brasileira.

Por outro lado, existe espesso pacote sedimentar de idade ordovício-siluriana aflorante em torno do Bloco de Assunção, no Paraguai, também amostrado por poços naquele país, seção esta que mergulha para Leste, aparentemente adentrando na porção brasileira da bacia. Tal fato alimentou inúmeras inferências, sempre inconclusivas, sobre o pacote litológico no Brasil, que corresponderia aos grupos Caacupé e Itacurubi (Harrington, 1950) do Paraguai.

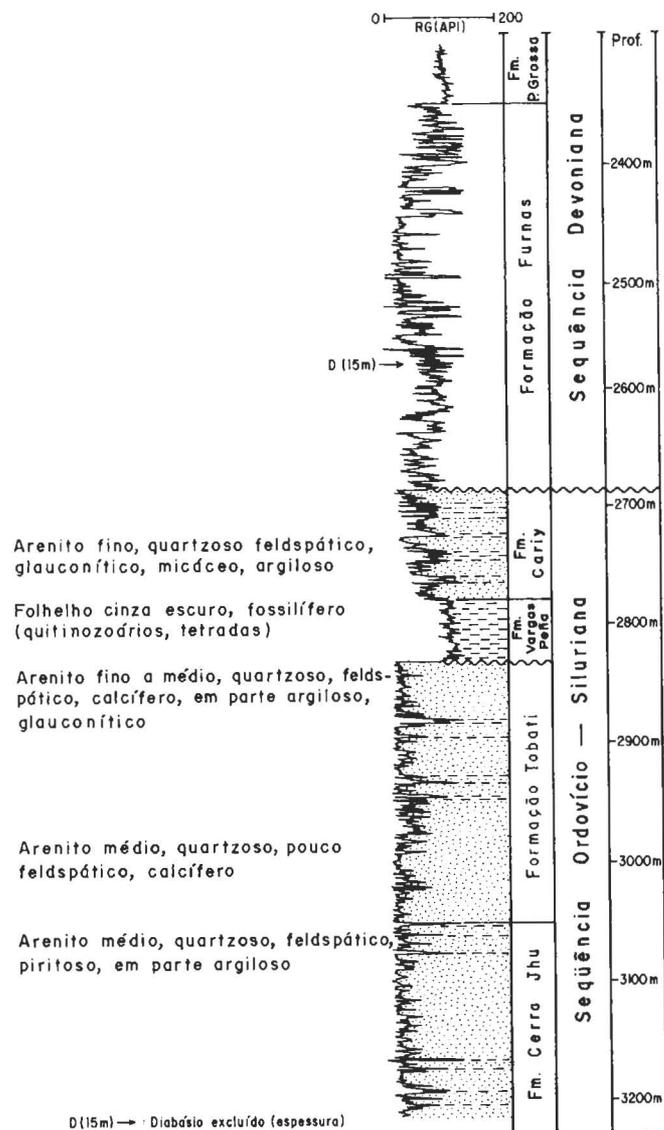


Fig. 4 - Perfil de raios gama e seção litológica do poço ASU-1, no intervalo correspondente à seqüência ordovício-siluriana. Localização na figura 1.

Fig. 4 - Gamma ray log and lithological section from the ASU-1 well, illustrating the Ordovician-Silurian sequence characteristics. Location: see figure 1.

Sedimentos sotopostos à Formação Furnas já vinham sendo constatados há muito tempo, em superfície, na borda Leste da Bacia do Paraná (Formação Iapó de Maack, 1947), na borda Noroeste (região de São Vicente, MT, Oliveira e Muhlmann, 1965) e, em subsuperfície, no poço 2-AG-1-MT (Alto Garças; Maino, 1965). Apesar disso, um adequado equacionamento do problema só teve início com a identificação e o mapeamento, na porção Norte da bacia, da Formação Vila Maria (Faria, 1982), unidade sedimentar pré-devoniana que encerra folhelhos marinhos fóssilíferos correlatos aos da Formação Vargas Peña, do Paraguai.

Andrade e Camarço (1980) correlacionaram os sedimentos da Formação Vila Maria com a seção abaixo da Formação Furnas, perfurada pelo poço 2-AG-1-MT, atribuindo idade siluriana para ambas. Tal posicionamento foi também adotado por Zalán *et al.* (1987), que, após rastreamento a seqüência siluriana por toda a Bacia do Paraná, conceberam uma divisão tripartite para este pacote. A "seqüência siluriana" destes autores seria constituída por um ciclo transgressivo-regressivo contendo um pacote arenoso basal (Formação Rio Ivaí), um pacote intermediário rico em folhelhos marinhos fóssilíferos e arenitos

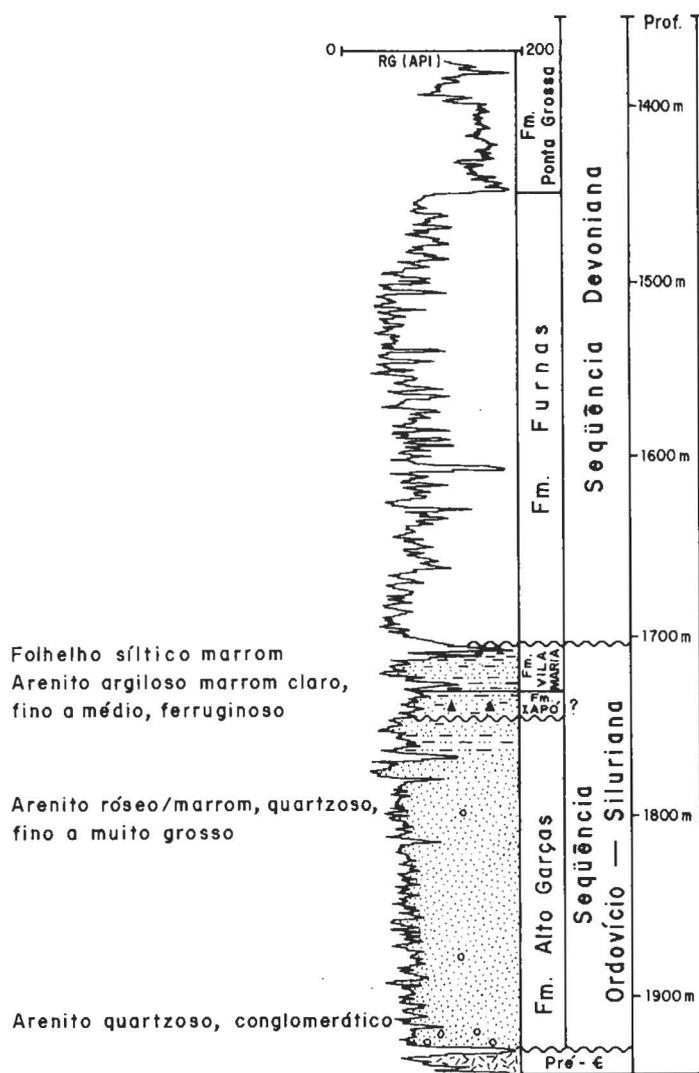


Fig. 5 - Perfil de raios gama e seção litológica do poço 2-AG-1-MT, no intervalo representativo da seqüência ordovício-siluriana. O trecho entre as profundidades de 1 730m e 1 944m é considerado seção-tipo em subsuperfície da Formação Alto Garças. Localização na figura 1.

Fig. 5 - Gamma ray log and lithological section from 2-AG-1-MT well, showing the Ordovician-Silurian sequence. The interval between 1 730m and 1 944m is considered to be a subsurface reference section for the Alto Garças Formation. Location: see figure 1.

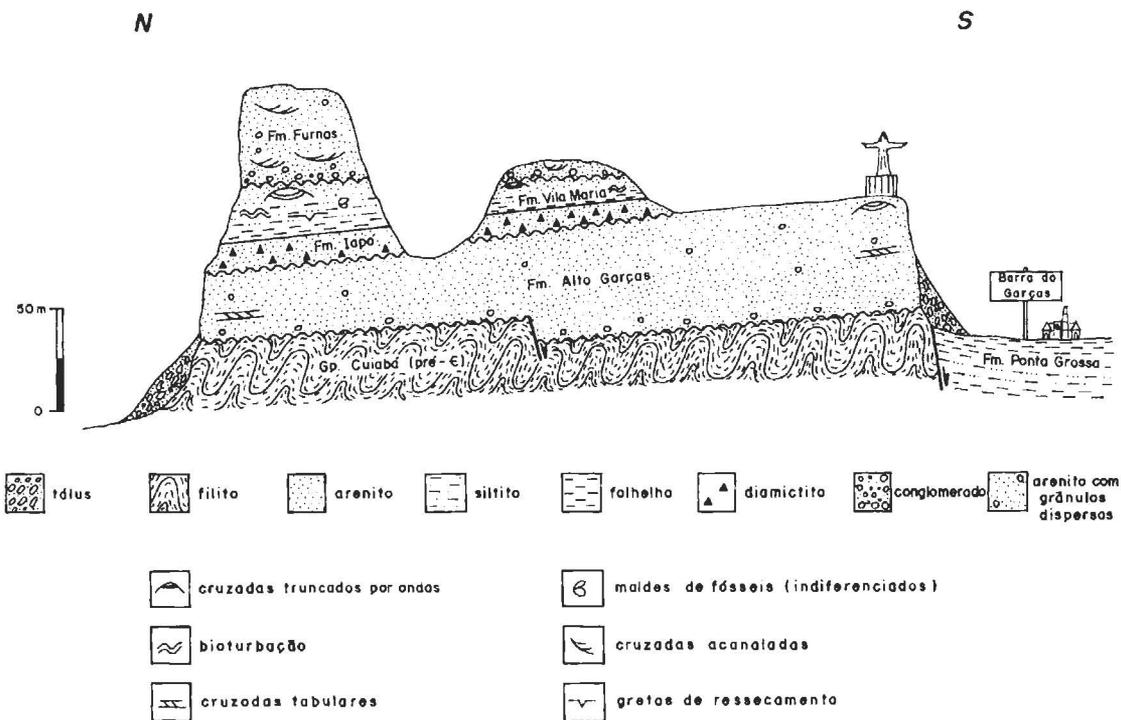


Fig. 6 - Seção geológica esquemática correspondente ao Morro do Cristo, em Barra do Garças, MT (escala vertical aproximada; sem escala horizontal). Localização na figura 1.

Fig. 6 - Schematic geological section of Morro do Cristo, in Barra do Garças, Mato Grosso State (approximate vertical scale; no horizontal scale). Location: see figure 1.

avermelhados (Formação Vila Maria), capeado por um novo pacote arenoso (Formação Furnas). Tal conjunto terminaria com um contato superior abrupto, erosivo, correspondente a uma discordância regional de idade neossiluriana ou eodevoniana.

As propostas de Zalán *et al.* (1987) trouxeram ao debate uma antiga questão polêmica sobre a natureza do contato entre as formações Furnas e Ponta Grossa. Assine e Soares (1989), advogando uma passagem transicional entre as referidas unidades, materializadas nas "camadas de transição" de Petri (1948), questionaram a divisão tripartite do Siluriano tal como apresentada por Zalán *et al.* (1987).

Pesquisas desenvolvidas pelo autores do presente trabalho permitiram consolidar as proposições de Assine e Soares (1989). Levantamentos nas porções Norte e Leste da bacia, realizados em paralelo a correlações em subsuperfície utilizando perfis lito-geofísicos de poços, com apoio bioestratigráfico, permitiram uma caracterização mais embasada das seqüências do Mesopaleozóico da Bacia do Paraná (Assine *et al.* 1994). Desta linha de pesquisa resultou uma nova concepção da seqüência ordovício-siluriana e a redefinição de sua litoestratigrafia, com a elevação do termo Rio Ivaí à categoria de grupo, constituído, a partir de sua porção basal, pelas formações Alto Garças, Iapó e Vila Maria (fig. 3).

#### 4 - ARCABOUÇO BIOESTRATIGRÁFICO DA SEQÜÊNCIA ORDOVÍCIO-SILURIANA

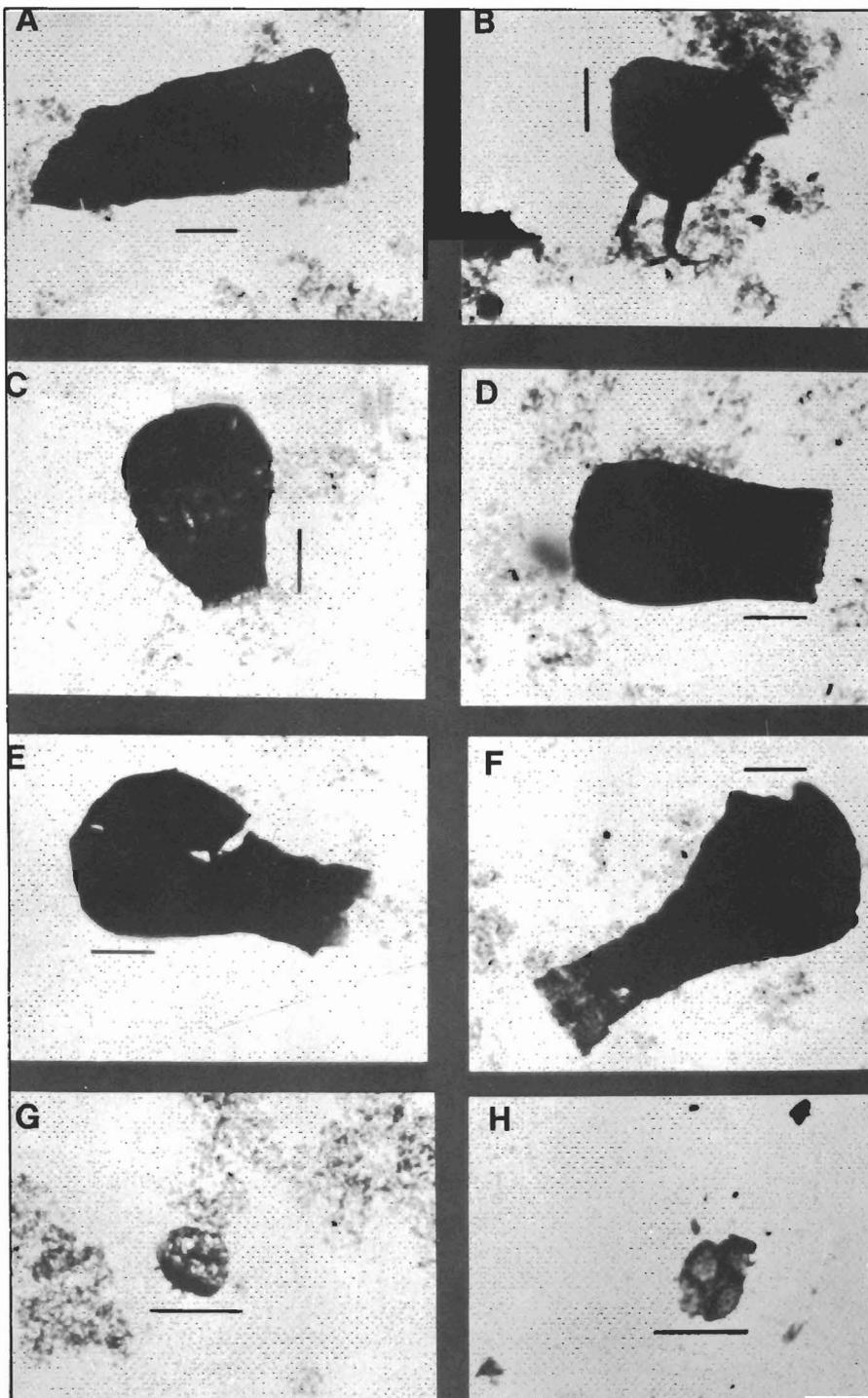
A seqüência ordovício-siluriana da Bacia do Paraná tem sua idade balizada pelo conteúdo fossilífero da Formação Vila Maria (porção brasileira) e da Formação Vargas Peña (porção paraguaia). Os primeiros registros da idade siluriana de fósseis na área aqui analisada remontam a Harrington (1950) e Wolfart (1961), estudiosos dos estratos paleozóicos do Paraguai.

No Brasil, Burjack e Popp (1981) usaram o icnofóssil *Arthropycus* para datar a Formação Vila Maria como siluriana. Também Popp *et al.* (1981), pela presença de bivalves, gastrópodes do gênero *Plectonotus* e um possível medusóide, caracterizaram idade siluriana para esta unidade. Faria (1982) mencionou a possível idade siluriana da Formação Vila Maria, por ele reconhecida e formalizada litoestratigraficamente em mapeamento da porção Nordeste da bacia, com base na presença de braquiópodes, pelecípodes, arqueogastrópodes e de icnofósseis do gênero *Arthropycus*.

Mais tarde, Gray *et al.* (1985) reexaminaram este material, argumentando que o icnogênero *Arthropycus* não é diagnóstico para idade siluriana, uma vez que aparece também no Ordoviciano, e seu intervalo completo de ocorrência é incerto.

## PRANCHA I/PLATE I

ALGUNS MICROFÓSSEIS SILURIANOS IDENTIFICADOS EM AMOSTRAS DO INTERVALO 2 782m a 2 832m DO POÇO ASU-1: A - *SPINACHITINA*, B - *ANCYROCHITINA LAEVAENSIS*, C - *CONOCHITINA*, D - *SPINACHITINA*, G - TETRADA. INTERVALO 3 381m/3 426m DO POÇO 2-SE-1-SC: E - *ANGOCHITINA*. INTERVALO 3 367m/3 421m DO POÇO 2-RA-1-MT: H-TETRADA. ESCALA GRÁFICA: 20 $\mu$   
SILURIAN MICROFOSSILS FROM THE PARANÁ BASIN IDENTIFIED IN SAMPLES FROM INTERVAL 2 782m TO 2 832m OF ASU-1 WELL



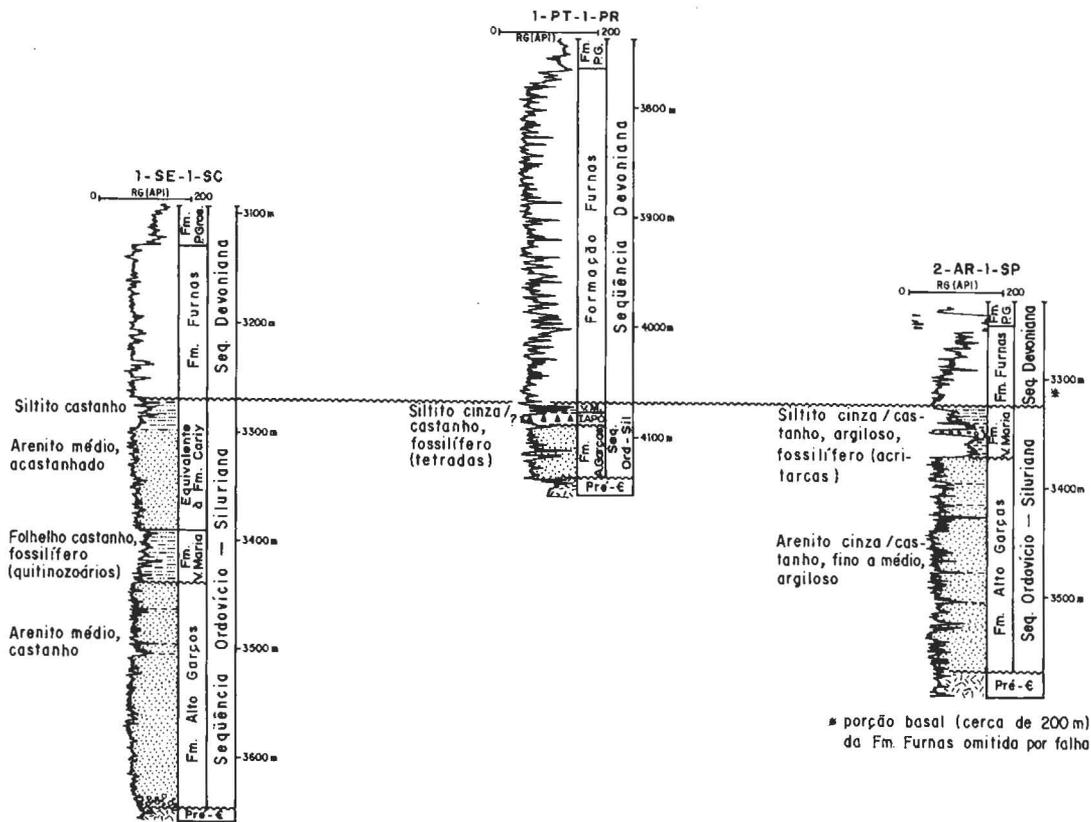


Fig. 7 - Perfis de raios gama e seções litológicas dos poços 1-SE-1-SC, 1-PT-1-PR e 2-AR-1-SP, ilustrativos da ocorrência em subsuperfície da seqüência ordovício-siluriana da Bacia do Paraná. Localização na figura 1.  
 Fig. 7 - Gamma ray logs and lithological sections of 1-SE-1-SC, 1-PT-1-PR, and 2-AR-1-SP wells that penetrated the Ordovician-Silurian sequence. Location: see figure 1.

Uma idade mais bem caracterizada foi relatada em Gray *et al.* (1985), com base na presença de acritarcas e esporos dos gêneros *Leiosphaeridia*, *Dictyotidium*, *Tetraedraletes*, *Diexallophasis*, *Multiplicisphaeridium*, *Visbysphaera* e *Veryhachium*. As tetradas encontradas na Formação Vila Maria, segundo aqueles autores, caracterizam idade entre o Caradoc (Neo-ordoviciano) e o Llandovery (Eossiluriano), sendo muito raras em idades mais jovens e desconhecidas no Devoniano. Microfósseis fitoplantônicos do gênero *Diexallophasis* sugerem idades não mais antigas que o Siluriano, ficando como a mais provável para estes sedimentos a idade Llandoveryana.

Grahn (1989) estudou os quitinozoários encontrados na Formação Vila Maria (*Ancyrochitina*, *Angochitina*, *Conochitina*, *Cyathochitina* e *Spinachitina*), sendo as espécies todas características do Eossiluriano, confirmando a idade Llandoveryana anteriormente preconizada.

Na porção paraguaia da Bacia do Paraná, o conteúdo fossilífero da Formação Vargas Peña permite o estabelecimento de sua cronocorrelação com a Formação Vila Maria. Graptolitos, trilobitas, bivalvíos, gastrópodes

(Wiens, 1990), aliados a um rico registro microfossilífero que inclui quitinozoários (os mesmos encontrados por Grahn na Formação Vila Maria, além de *Linochitina*, *Pogonochitina*, *Plectochitina*, *Pterochitina* e *Eisenackitina*), acritarcas (*Ammonidium*, ou *Baiomeniscus*, dentre e outros) e tetradas (Wood e Miller, 1981; Gray *et al.* 1993) posicionam estes sedimentos no Llandovery. Arenitos finos, micáceos, da Formação Eusebio Ayala, posicionados estratigraficamente abaixo da Formação Vargas Peña têm fornecido material fossilífero também de idade siluriana. Boucot *et al.* (1991) relataram a primeira ocorrência de braquiópodes dos gêneros *Clarkeia* e *Heterorthella* na porção paraguaia da Bacia do Paraná, coletados nos arenitos Eusebio Ayala.

Milani e Daemon (1992) revisaram a litoestratigrafia do intervalo correspondente ao Siluriano e Devoniano, amostrado pelos poços Asunción-1 e Asunción-2. As pesquisas micropaleontológicas indicaram a presença de tetradas e de quitinozoários de idade eossiluriana pertencentes aos gêneros *Conochitina* e *Ancyrochitina* (estampa I) em amostras do intervalo 2 782m/2 832m do poço ASU-1 (fig. 4). Tal intervalo, anteriormente interpretado como pertencente à

## 5 - ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DA SEQÜÊNCIA ORDOVÍCIO-SILURIANA

A primeira indicação de subsuperfície da existência de uma seção sedimentar fanerozóica pré-Furnas, de espessura significativa, na porção Brasileira da Bacia do Paraná, foi constatada no poço 2-AG-1-MT (Alto Garças), perfurado pela PETROBRAS em 1965. Foram, naquela oportunidade, atravessados 242m de arenitos, conglomerados, siltitos e folhelhos que, no conjunto, compunham um quadro litologicamente diferente da seção conhecida como Formação Furnas (arenito branco/bege, caolínico, de fino a médio) comumente amostrada como representante do pacote inferior – até então, tido como basal – da bacia

Abaixo da clássica seção Ponta Grossa/Furnas surgiu, pela primeira vez, uma nova seção sedimentar (fig.5). Apesar de constituir novidade do ponto de vista estratigráfico, este pacote exibiu com muita clareza, desde seu reconhecimento inicial, suas características internas e a natureza de seu contato superior, de tal forma que sua individualização tornou-se, de pronto, bastante óbvia. Segundo Maino (1965), "...o contato inferior da Formação Furnas é discordante. Tem a aparência de gradual devido ao arenito sotoposto ser uma fonte de sedimentos desta formação...".

Nos dez metros próximos ao seu topo, no poço de Alto Garças, a partir dos 1 702 m de profundidade, a seção pré-devoniana apresenta-se constituída por arenito muito fino, siltico, laminado, de cor marrom-clara, intercalado a folhelho marrom, siltico, muito micáceo. Mais abaixo, e até a profundidade de 1 944 m (embasamento), aparecem arenitos mal selecionados, de finos a grossos, às vezes conglomeráticos, com seixos de quartzo, quartzito e sílex, com porosidade muito baixa. Há níveis com matriz siltico-argilosa branca ou marrom, ferruginosa, ocorrendo também cimento silicoso. Intercalados aos arenitos, ocorrem leitos de siltito marrom, micáceo.

Um aspecto marcante no pacote sotoposto ao arenito Furnas do poço 2-AG-1-MT, observado durante a perfuração (Maino, 1965), é seu intenso fraturamento, afetando grãos e seixos ao longo de toda a espessura da seção. Tal cataclase não afeta a Formação Furnas. Este fato, aliado às características litológicas peculiares desta seção basal e à oxidação intensa de sua porção de topo constituem argumentos muito fortes para a colocação de uma unidade tectono-sedimentar distinta abaixo da seqüência devoniana da Bacia do Paraná.

A seção pré-devoniana detectada em Alto Garças aflora 180 km a NE daquele poço, em Barra do Garças, MT (fig. 1), junto à borda Norte da bacia. Naquela localidade, na subida do Morro do Cristo, a seqüência basal da Bacia do Paraná constitui-se em arenitos feldspáticos, bem estratificados, com pelo menos 50m de espessura, sotopostos a 8m de diamictitos, estes cobertos por

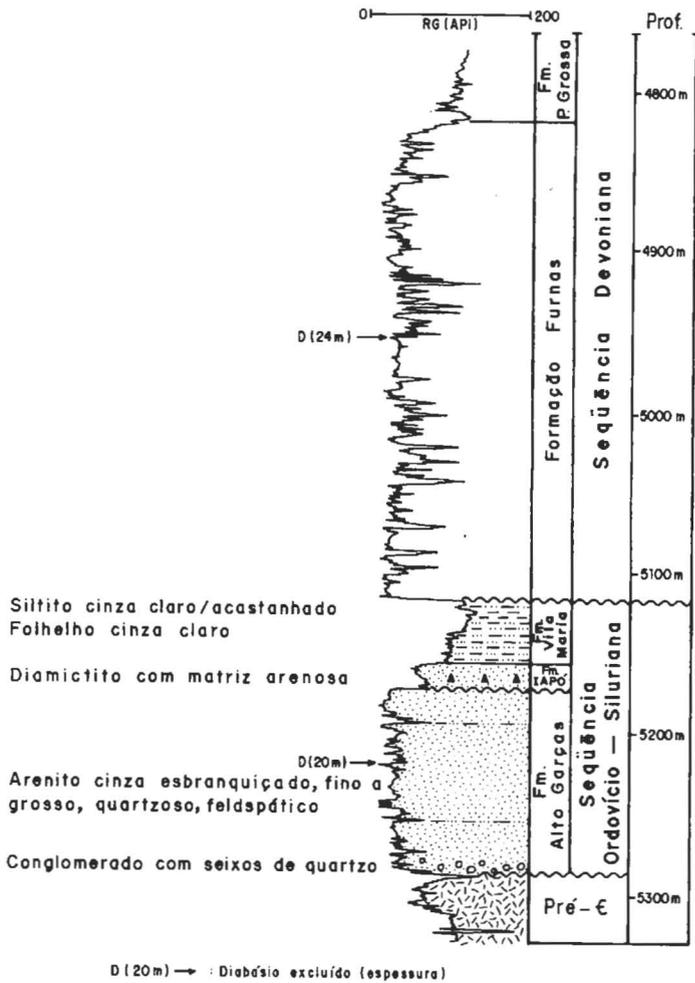


Fig. 8 - Perfil de raios gama e seção litológica do poço 2-RI-1-PR, destacando a seqüência ordovício-siluriana. O intervalo entre 5 118m e 5 286m constitui seção-tipo em subsuperfície do Grupo Rio Ivaí. Localização na figura 1.

Fig. 8 - Gamma ray log and lithological section from 2-RI-1-PR well. The interval between 5 118m and 5 286m is a subsurface reference section for the Rio Ivaí Group. Location: see figure 1.

Formação Tobati do Grupo Caacupé (PECTEN, 1981), foi reposicionado estratigraficamente, correspondendo, nesta nova interpretação, à Formação Vargas Peña do Grupo Itacurubi.

Milani e Daemon (1993) rastream a presença de microfósseis silurianos em seções perfuradas ao longo de toda a Bacia do Paraná. Foram detectadas, numa primeira amostragem, quitinozoários e tetradas, equivalentes às do poço paraguaio, além de acritarcas, nos poços 1-SE-1-SC (intervalo 3 381m/3 426m), 1-PT-1-PR (intervalo 4 055m/4063m), 2-TB-1-SP (intervalo 4 888m / 4 898m), 2-AR-1-SP (intervalo 3 319/3 360 m) e 2-RA-1-MS (intervalo 3 367/3 421 m) estampa 1). Esta pesquisa, em andamento, está permitindo uma definição mais segura da área de ocorrência da seqüência-siluriada ordovício na Bacia do Paraná.

NNW

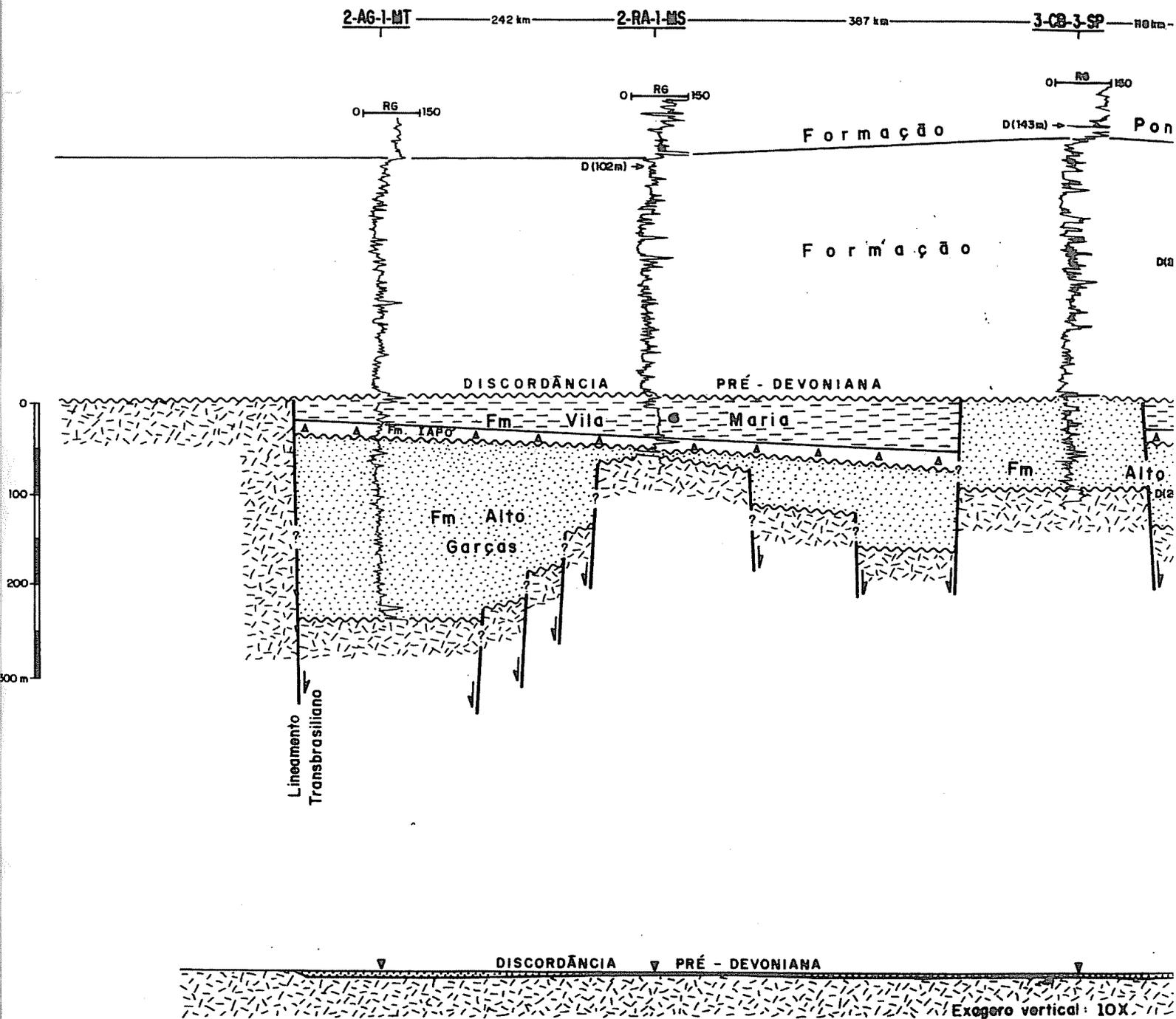
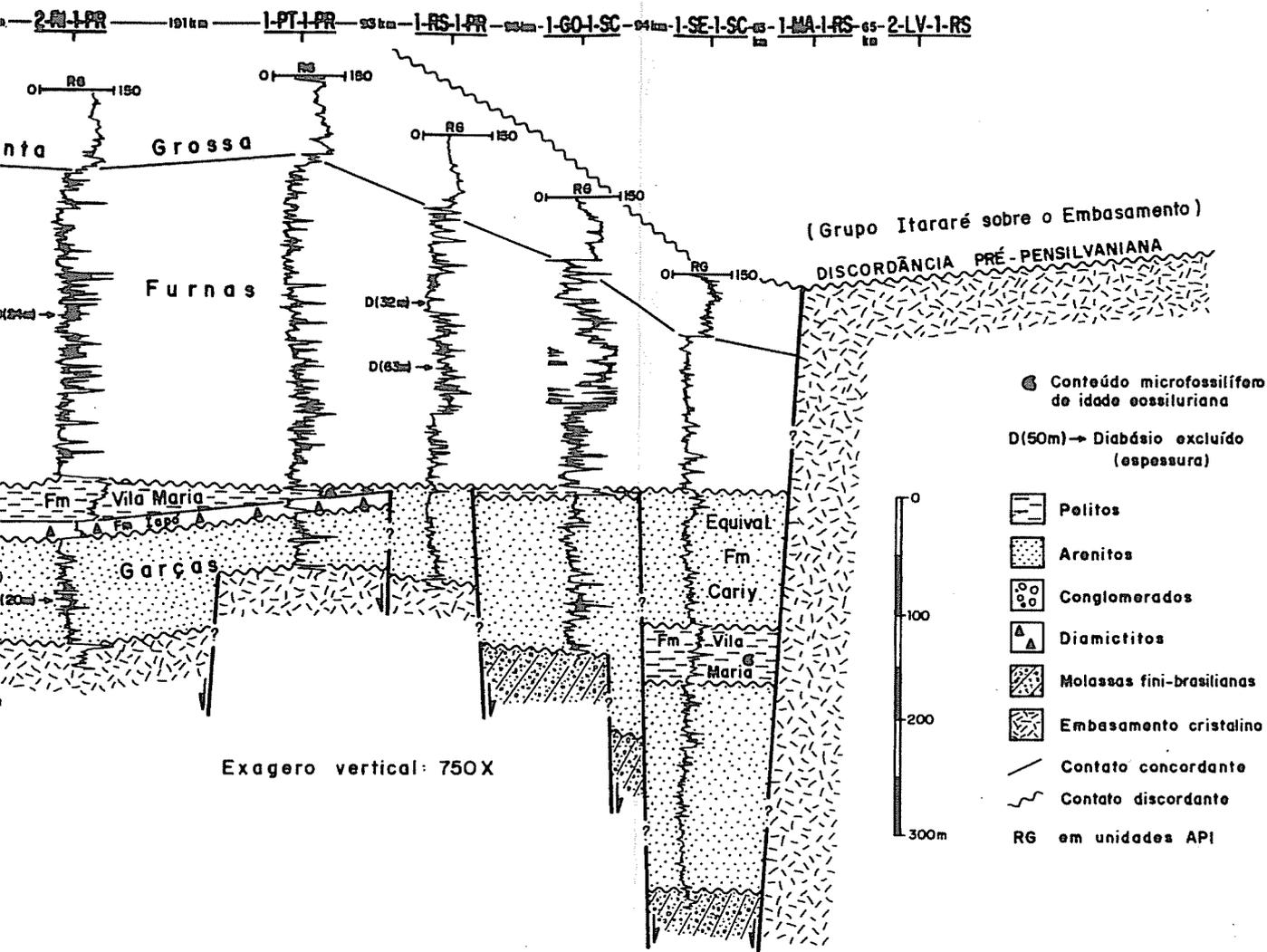


Fig. 9 - Seção de correlação estratigráfica regional, com direção geral NNW-SSE, mostrando o comportamento em subsuperfície da seqüência ordovício-siluriana. Loc. Fig. 9 - NNW-SSE regional stratigraphic correlation section showing the subsurface Ordovician-Silurian sequence. Location: see figure 1.



localização na figura 1.

SW

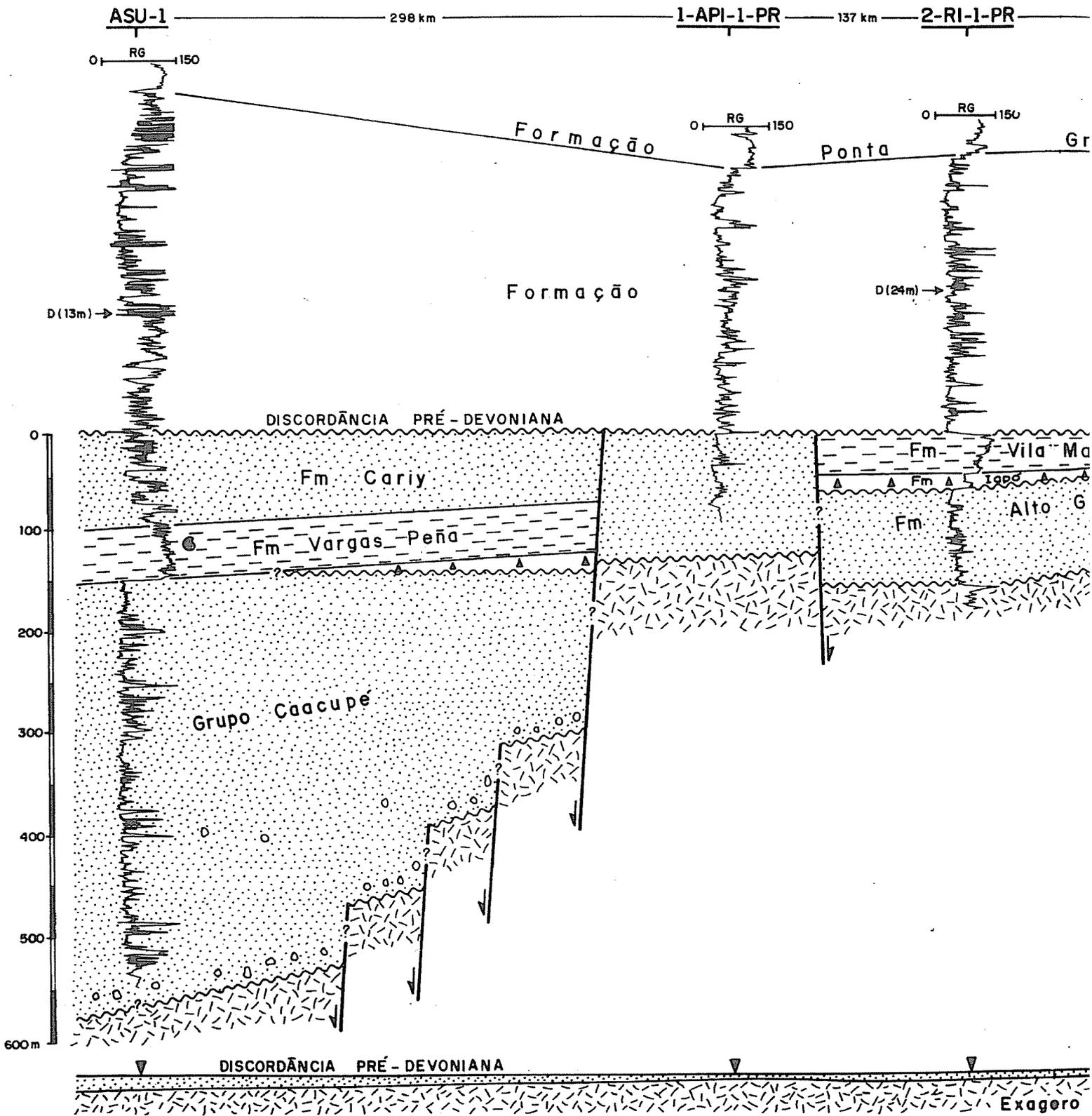
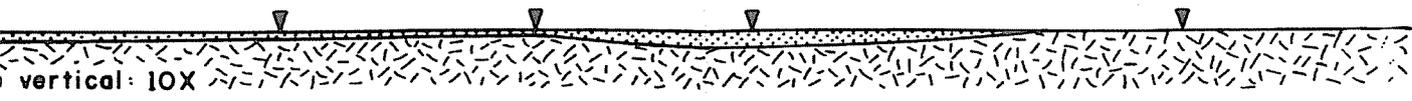
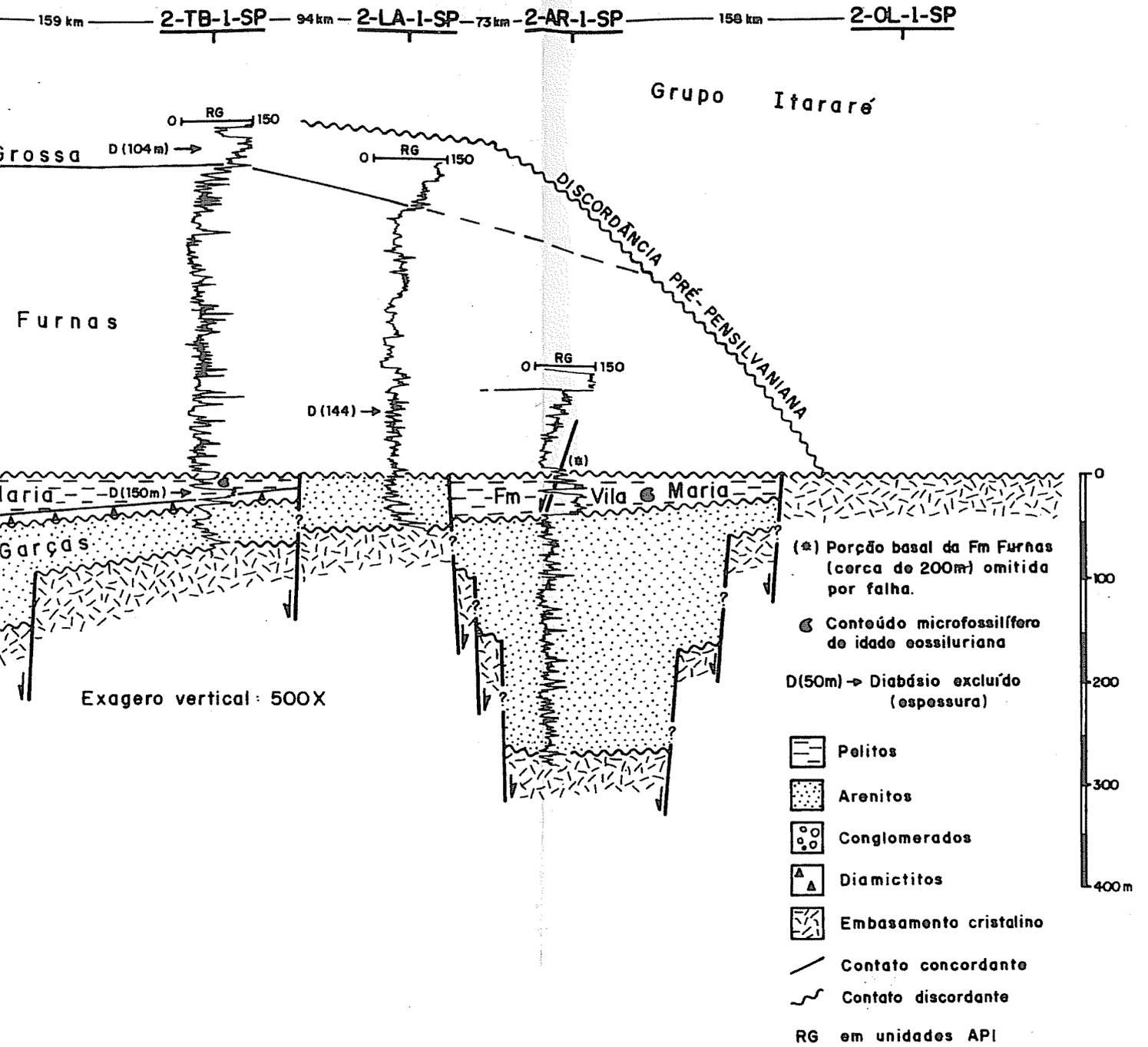


Fig. 10 - Seção de correlação estratigráfica regional, com direção geral SW-NE, mostrando o comportamento em subsuperfície da seqüência ordovício-siluriana. |  
 Fig. 10 - SW-NE regional stratigraphic correlation section showing the subsurface Ordovician-Silurian sequence. Location: see figure 1.



Localização na figura 1.

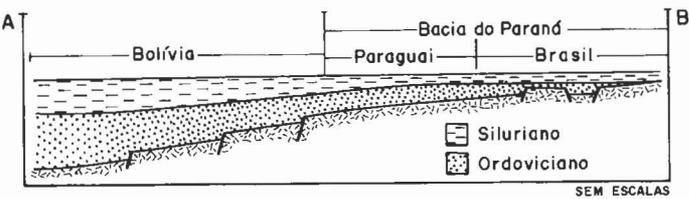
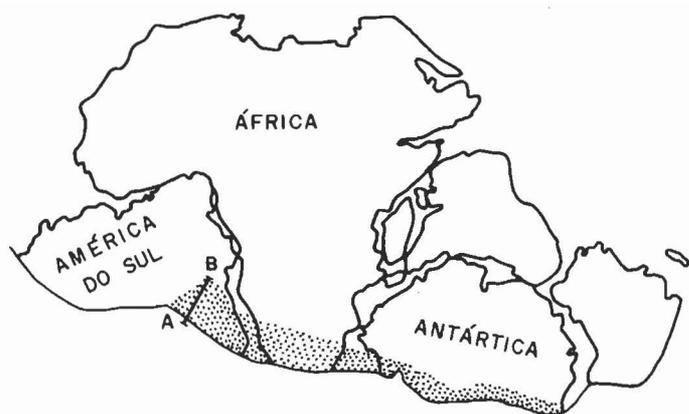


Fig. 11 - Mapa paleotectônico (Milani 1992), mostrando a configuração da margem Sul do Gondwana ao tempo da deposição da seqüência ordovício-siluriana.

Fig. 11 - Paleotectonic map from the southern margin of Gondwana, illustrating Ordovician to Silurian conditions.

sedimentos siltico-arenosos avermelhados, ricos em estratificações truncadas por ondas, com cerca de 20m de espessura. Acima destes, aparece a Formação Furnas, constituída por arenito conglomerático com estratificações cruzadas acanaladas. O conjunto constitui uma imponente escarpa, definida por um falhamento normal que justapõe o embasamento (filitos do Grupo Cuibá) aos folhelhos da Formação Ponta Grossa (fig. 6).

Na borda Oeste da Bacia do Paraná, existem afloramentos da unidade pré-Furnas na Serra de Maracaju, no Mato Grosso (fig. 1). A Oeste de Coxim, na descida para a Bacia do Pantanal, encontra-se situação estratigráfica similar à de Barra do Garças, com os arenitos conglomeráticos brancos da base da Formação Furnas capeando uma seqüência pelítico-arenosa avermelhada. Mais a Sul, a Oeste de Rio Verde de Mato Grosso, afloram cerca de 50 m de arenitos arcoseanos avermelhados abaixo dos arenitos Furnas.

Os diamictitos, que constituem parte da seqüência ordovício-siluriana da Bacia do Paraná, são conhecidos em afloramentos da borda Leste (Formação lapó), nas vizinhanças de Castro, Paraná, desde o trabalho de Maack (1947). No entanto, seu real significado, como registro de um episódio glacial do Neo-ordoviciano/Eossiluriano, a correlação entre os diamictitos lapó e os que ocorrem na base da Formação Vila Maria, na porção Norte da bacia

(Caputo e Crowell, 1985), e a identificação dos mesmos em seções de subsuperfície, estendendo sua ocorrência para uma área significativa da bacia (Assine e Soares, 1989), são aspectos só recentemente equacionados.

A identificação destas rochas sedimentares em amostras de calha é problemática. Em algumas seções de poços, onde os seixos são abundantes, ela é imediata. Tal é o caso, por exemplo, dos poços 2-RI-1-PR, 1-JT-1-PR e 1-TP-3-SC, dentre outros, onde foram constatados intervalos correspondentes a paraconglomerados com matriz siltica, argilosa ou arenosa, de cor acastanhada, contendo grânulos, seixos e blocos de materiais diversos. No poço 2-RI-1-PR, inclusive, foi tomado um testemunho no intervalo diamictítico, de tal sorte que os mesmos foram inquestionavelmente reconhecidos. Onde os componentes mais grossos não estão presentes, a perfuração de arenitos ou pelitos, constituintes de sua matriz, semelhantes aos que ocorrem nas unidades acima e abaixo, torna muito difícil a individualização da Formação lapó, que é feita, nestes casos, exclusivamente com base em sua assinatura no perfil de raios gama. A presença dos diamictitos abaixo dos pelitos Vila Maria se expressa como um pico de valores elevados de raios gama, como no poço 1-PT-1-PR (fig. 7). Quando a Formação lapó não ocorre, a passagem entre as formações Alto Garças e Vila Maria é abrupta, refletindo pronunciado diastema, como por exemplo no poço 2-AR-1-SP (fig. 7).

No Paraguai, cerca de 530 m de sedimentos pré-devonianos foram atravessados pelo poço Asunción-1 (fig. 4), que não atingiu o embasamento cristalino. Tal seção corresponde ao Grupo Itacurubi e parte do Grupo Caacupé (Harrington, 1950), aflorantes em torno do Bloco de Assunção (fig. 1), área-chave para o entendimento da seqüência ordovício-siluriana da Bacia do Paraná.

O Grupo Caacupé possui uma espessura total de cerca de 700 m (Harrington, 1950), estando representado por conglomerados amarelados irregularmente estratificados em bancos de 1m a 2m de espessura, intercalados a arenitos feldspáticos grossos, de cor marrom-clara a avermelhada, com estratificação cruzada acanalada (Formação Paraguari), que passam gradacionalmente para arenitos de feldspáticos, micáceos, pouco cimentados, de cor amarelo-clara (Formação Cerro Jhu). Acima, em contato gradacional, aparece a Formação Tobati, constituída por arenitos brancos a amarelados, de aspecto sacaroidal, friáveis, de finos a médios, ortoquartzíticos. O Grupo Caacupé, essencialmente areno-conglomerático, é afossilífero, e representa uma sedimentação continental fluvial na base, evoluindo para marinha rasa.

Sobre estes sedimentos ocorre o Grupo Itacurubi, com cerca de 250m de espessura, depositado predominantemente em condições de mar alto. Arenitos finos, laminados, micáceos, argilosos, amarelados (Formação Eusebio Ayala) são sucedidos por pelitos muito

fossilíferos, de cor cinza a marrom-avermelhada (Formação Vargas Peña), da idade bem definida – Eossiluriano (Leandoverly). Este horizonte é a referência para o estudo e o correto posicionamento estratigráfico de todo o pacote ordovício-siluriano. O Grupo Itacurubi culmina com os arenitos da Formação Cariy, finos, de amarelados a avermelhados, micáceos, argilosos bem estratificados, fossilíferos, interpretados como marinhos regressivos.

Em poços no Brasil, seções equivalentes às do poço paraguaio também podem ser identificadas. A seqüência Caacupé-Itacurubi tem boa correlação com a seção abaixo da Formação Furnas, do poço 2-AG-1-MT (fig. 5). O poço 2-RI-1-PR (fig. 8) perfurou 167m de sedimentos pré-devonianos, caracterizados por 39m (topo) de siltito castanho a cinza-esverdeado, micáceo, seguidos por 15m de diamictitos castanho-avermelhados com matriz arenosa fina, constituintes da Formação Vila Maria, e mais 113m de arenito quartzoso, em parte feldspático, hialino/avermelhado, de grosso a fino (Formação Alto Garças, Assine *et al.* 1993), assentado sobre o complexo metamórfico do embasamento da bacia. A seção regressiva sobreposta à Formação Vila Maria, equivalente à Formação Cariy do Paraguai, foi reconhecida, até o presente momento, por correlações lito-geofísicas de subsuperfície, em apenas um poço na porção brasileira da Bacia do Paraná, o 2-SE-1-SC (fig. 7).

Na seqüência ordovício-siluriana da Bacia do Paraná, algumas feições de formato no perfil de raios gama são bastante características: o pacote arenoso basal, correspondente às unidades sedimentares sotopostas à Formação Vila Maria no Brasil, ou Vargas Peña no Paraguai, mostra clara “deflexão ascendente à esquerda” (Assine e Soares, 1989). O aumento progressivo da radioatividade, com a profundidade ao longo de um intervalo monotonicamente arenoso, parece refletir a maior freqüência de arcósios e de termos conglomeráticos na porção inferior desta seção. Já as unidades pelíticas, como é o caso das formações Vila Maria e Vargas Peña, mostram padrões constantes de radioatividade elevada.

No poço Asunción-1, perfurado pela PECTEN no Paraguai em 1981, foi constatada a seção mais espessa de sedimentos ordovício-silurianos da Bacia do Paraná. Foram amostrados 533m, correspondentes a partes dos grupos Itacurubi e Caacupé, sem se atingir o embasamento cristalino (fig. 4). No intervalo mais inferior do poço, ocorre um pacote de arenito quartzo-feldspático, cuja curva de raios gama mostra a assinatura característica de valores decrescentes para cima. O referido trecho, entre as profundidades de 2 832m e 3 223m (fundo do poço), equivale às formações Cerro Jhu e Tobati do Grupo Caacupé.

A porção basal do Grupo Itacurubi, correspondente à Formação Eusebio Ayala, não se encontra presente no poço ASU-1, provavelmente devido ao episódio erosivo que acompanhou a glaciação neo-ordoviciana, responsável por significativo diastema pré-Ilandoveriano. Entre 2 782m e

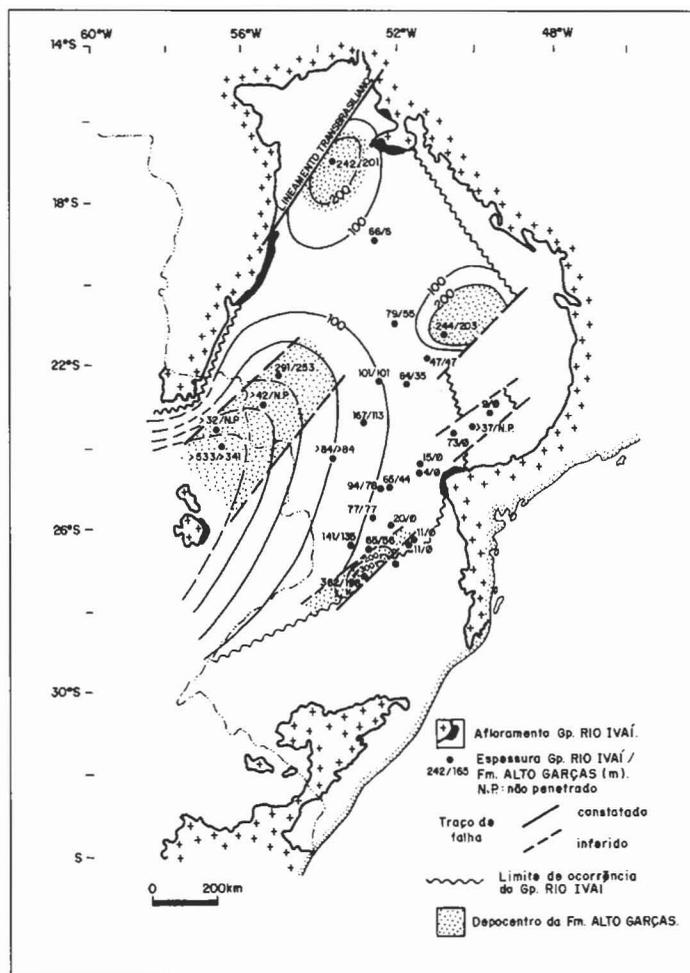


Fig. 12 - Mapa de isópacas do Grupo Rio Ivai (seqüência ordovício-siluriana da Bacia do Paraná). Intervalo de contorno: 100m.

Fig. 12 - Isopach map of the Rio Ivai Group (Ordovician-Silurian sequence of the Brazilian portion of the Paraná Basin). Contour interval: 100 m.

2 832m, aparecem os folhelhos da Formação Vargas Peña, seguidos por um novo intervalo arenoso, este com intercalações argilosas, localmente micáceo e glauconítico, pertencentes à Formação Cariy. O topo desta seção arenosa, também o topo da seqüência ordovício-siluriana, correspondente à discordância pré-devoniana, está a 2 690 m de profundidade no poço ASU-1. Acima dela, ocorre o pacote de arenitos caolínicos da Formação Furnas, que apresenta um típico formato sigmoidal nos registros de raios gama (Assine e Soares, 1989).

Em seções estratigráficas regionais (figs. 9 e 10), pode-se perceber a geometria dos pacotes remanescentes da seqüência ordovício-siluriana, inteiramente condicionada pela discordância pré-devoniana. Acima desta, a Formação Furnas distribui-se como um *blanket* arenoso, exibindo notável constância em espessura se for considerada a extensão incomum de sua área de ocorrência. Em função da intensidade local do episódio erosivo que precedeu sua

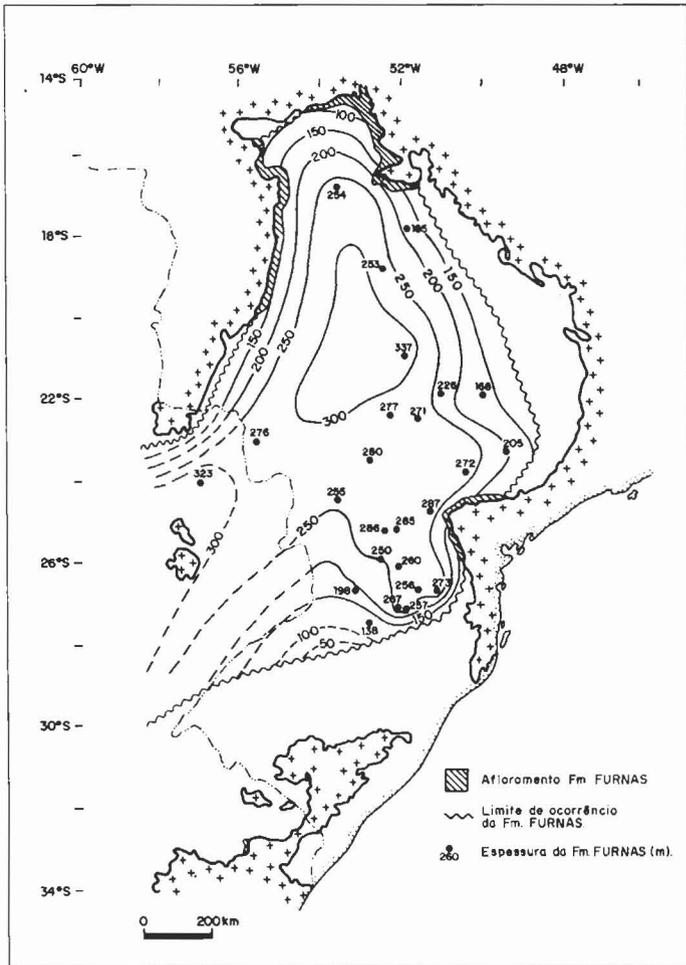


Fig. 13 - Mapa de isópacas da Formação Furnas. Intervalo de contorno: 50m.

Fig. 13 - Isopach map of the Furnas Formation. Contour interval: 50m.

deposição, a Formação Furnas jaz sobre rochas de diferentes níveis estratigráficos dentro do pacote ordovício-siluriano, ou, em muitas áreas, sobre o embasamento Pré-cambriano.

Na seção ASU-1/AR-1, de direção geral SW-NE (fig. 10), visualiza-se significativo espessamento da seqüência ordovício-siluriana no sentido da porção paraguaia da Bacia do Paraná. Muito embora se esteja tratando de remanescentes erosivos desta seqüência, é evidente o aumento de possança do pacote arenoconglomerático basal, balizado acima pelos pelitos fossilíferos Vila Maria/Vargas Peña, indicando importante depocentro naquela posição.

Seções ordovício-silurianas são muito espessas na porção mais a Oeste do continente sul-americano. Na Bolívia, por exemplo, atingem, no conjunto, mais de 7 000 m (Gohrbandt, 1993). Na África do Sul, a porção basal do Supergrupo do Cabo, que constitui um pacote sedimentar cronocorrelato à seqüência ordovício-siluriana da Bacia do Paraná, apresenta configuração similar, espessando para o Sul (Rust, 1967). Esta geometria em

cunha parece refletir as condições paleogeográficas da margem Sul do Gondwana àquela época, em que se configurava uma ampla plataforma deposicional aberta para o oceano. A Bacia do Paraná situava-se neste contexto, porém numa posição bastante estável, continente adentro (Milani, 1992b), marginalmente aos principais sítios de sedimentação (fig.11); a pequena possança de sua seqüência ordovício-siluriana, comparativamente a que ocorre nas áreas situadas mais a Oeste com registro sedimentar equivalente, apoia estas afirmações.

O mapa de isópacas do Grupo Rio Ivaí (fig. 12) mostra uma distribuição em que se destacam quatro importantes depocentros, correspondentes às áreas de maior espessura da unidade basal, a Formação Alto Garças, que alcança 165m no poço homônimo em Mato Grosso, 203m de Araçatuba (SP) e 198m em Seara (SC). A mesma unidade basal espessa fortemente no sentido da porção paraguaia da Bacia do Paraná; o precário controle de subsuperfície, entretanto, não permite assertivas sobre a geometria de sua ocorrência naquela área.

Os depocentros de Alto Garças, Araçatuba, Seara e Assunção parecem refletir um certo controle tectônico sobre a sedimentação. Muito embora se esteja tratando de seqüências cratônicas, que guardam grande uniformidade em espessura e em características sedimentares por meio de amplas áreas, e os depocentros aqui referenciados encerrarem pacotes arenosos com poucas centenas de metros de espessura, ainda assim esta é significativamente maior nestas áreas do que no restante da bacia. Tais depocentros poderiam haver-se configurado como regiões abatidas, limitadas por falhas normais provedoras do primeiro evento significativo de subsidência da Bacia do Paraná (Milani, 1992a, b). Áreas estáveis entre as zonas rebaixadas acolheram espessuras mais reduzidas da Formação Alto Garças. A presença destes falhamentos normais, episodicamente reativados, parece ter sido também um fator decisivo à preservação do registro ordovício-siluriano na bacia.

Esta configuração contrasta com a da Formação Furnas, porção basal da seqüência devoniana, representada por um pacote arenoso notavelmente constante em suas características litológicas e com reduzidas variações de espessura ao longo de sua área de ocorrência (fig. 13). Assentada sobre a discordância pré-devoniana, a Formação Furnas, por sua geometria em *blanket* adelgaçando para Nordeste, parece ter sido depositada num imenso golfo, sem influência significativa de elementos tectônicos que pudessem condicionar-lhe facilogia ou espessura, apenas acomodando-se à fisiografia remanescente do ciclo erosivo neossiluriano.

## 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Bacia do Paraná encerra um pacote sedimentar-magmático com idades entre o Neo-ordoviciano e o

Neocretáceo, distribuído em seis diferentes seqüências que representam distintas condições tectono-sedimentares prevaletentes durante sua evolução.

A seqüência ordovício-siluriana, aqui discutida, que corresponde litoestratigraficamente ao Grupo Rio Ivaí, é o pacote mais antigo da bacia. Encontra-se preservada, em subsuperfície, numa ampla porção da Bacia do Paraná, se bem que, invariavelmente, com pequenas espessuras remanescentes, com seções incompletas e com geometria descontínua. Seus afloramentos conhecidos são poucos, como reflexo dos condicionantes acima enumerados.

Um fato importante com respeito à área de ocorrência do Grupo Rio Ivaí é o aparente controle tectônico de sua deposição e/ou preservação. Na faixa de afloramentos da borda Oeste da bacia, por exemplo, existem trechos em que ela ocorre, condicionada a blocos abatidos de falhas normais, outros em que a Formação Furnas, assentada acima da discordância pré-devoniana, jaz diretamente sobre o embasamento, em prováveis situações de blocos elevados. Isto é perceptível, igualmente, ao longo de seções de correlação regional (figs. 9 e 10), e traz importante conotações à interpretação da origem e desenvolvimento da Bacia do Paraná.

Aparentemente, a implantação da sinéclise deu-se em conseqüência de um episódio distensivo de caráter regional, não-focalizado. Tais condições distensivas, atuantes sobre uma ampla área, condicionaram o quadro tectono-sedimentar da margem Sul do Gondwana no Neordoviciano, e produziram as depressões que acolheram a sedimentação inicial da Bacia do Paraná.

## AGRADECIMENTOS

À Petróleo Brasileiro S.A - PETROBRAS pela autorização para a publicação de dados de sua propriedade. Em particular, à Superintendência do Departamento de Exploração, pelo incentivo permanente a pesquisas visando a uma melhor compreensão de nossas bacias sedimentares. Os perfis e amostras de calhas dos poços Asunción-1 e 2 foram fornecidos pela PETROPAR (Petroleos Paraguayos), pela Subsecretaria de Minas Y Energia do Ministério de Obras Públicas y Comunicaciones (M.O.P.C.) do Paraguay, para uso exclusivo neste trabalho. Aos colegas paraguaios, particularmente aos geólogos Fernando Wiens e Omar Ferreira, nossos agradecimentos, pois sem as informações do vizinho país, tão gentilmente fornecidas, este projeto ficaria certamente incompleto. Os companheiros do NEXPAR/SERINT contribuíram por meio de valiosas discussões, que aprimoraram o conteúdo do trabalho. Agradecimentos são igualmente devidos ao CNPq (processo 500848/91) e à FINEP/PADCT (processo 006591030300), que proporcionaram recursos

aos pesquisadores da UFPR para o desenvolvimento dos trabalhos. José Henrique G. Melo, Pedro V. Zalán e Flávio J. Feijó realizaram criteriosa revisão dos manuscritos, pelo que os autores lhes são gratos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, S.M., CAMARÇO, P.E.N. Estratigrafia dos sedimentos devonianos do flanco Nordeste da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980. Camboriú. *Anais...* Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia, 1980. v. 5, p. 2828-2836.
- ASSINE, M.L., SOARES P.C. Correlações nas seqüências mesopaleozóicas da Bacia do Paraná. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, v. 12, n. 29, p. 39-48, 1989.
- ASSINE, M.L., SOARES, P. C., MILANI, E.J. Seqüências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 24, n. 2 p. 77-89, 1994.
- BOUCOT A.J. *et al.* First Clarkeia and Heterorthella (Brachiopoda, Lower Silurian) occurrence from the Paraná Basin in Eastern Paraguay. *Journal of Paleontology*. Tulsa, v. 65, n. 3, p. 512-514, 1991.
- BURJACK, M.I.A., POPP., M.T.B. A ocorrência de icnogênero Arthropycus no Paleozoico da Bacia do Paraná. *Pesquisas*. Porto Alegre, v. 14, p. 163-168, 1981.
- CAPUTO, M.V., CROWELL, J.C. Migration of glacial centers across Gondwana during Paleozoic Era. *Geological Society of America Bulletin*. Boulder, v. 96, p. 1020-1036, 1985.
- COLE, D.I. Evolution and development of the Karoo Basin. In: De Wit M.J., RANSOME, I.G.D. (Ed.). *Inversion tectonics of the cape fold belt. Karoo and Cretaceous Basins of Southern Africa*. Rotterdam: Balkema, 1992. p. 87-99.
- COWIE, J.W., BASSET, M.G. *Global stratigraphic chart: with geochronometric and magnetostratigraphic calibration*. Washington: International Union of Geological Sciences, 1989.
- DAEMON, R.F., CASALETTI, P., CIGUEL, J.H.G. *Biopaleogeografia da Bacia do Paraná*. Curitiba: PETROBRAS. NEXPAR, 1991. 34 p., il., (Relatório interno).

- DEWIT, M.J., RANSOME, I.G.D. Regional inversion tectonics along the southern margin of Gondwana. In: DE Wit, M.J., RANSOME I.G.D. (Ed.). *Inversion tectonics of the Cape Fold Belt, Karoo and Cretaceous Basins of Southern Africa*. Rotterdam: Balkema, 1992.
- FARIA, A. Formação Vila Maria - nova unidade litoestratigráfica siluriana da Bacia do Paraná. *Ciências da Terra*, Salvador, v. 3, p. 12-15, 1982.
- FRANÇA, A.B., POTTER, P.E. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permo-Carbonífero), Bacia do Paraná (parte 1). *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v. 2, p. 147-191, 1988.
- GAMA, JR. E.G. A sedimentação do Grupo Passa Dois (inclusive Formação Itati): um modelo geomórfico. *Revista Brasileira de Geociências*. São Paulo, v. 9, n. 1, p. 1-16, 1979.
- GOHRBANDT, K.H.A. Overview of Paleozoic paleogeographic and depositional developments on the proto-Pacific margin of Gondwana: their importance to hydrocarbon accumulation. *Journal of South American Earth Sciences*, Elmsford, v. 6, n. 4, p. 267-287, 1993.
- GRAHN, C.T. *Chitinozoan biostratigraphy of the pre-Carboniferous sequences of the Paraná Basin*. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES, 1989. 23 p., il. (Relatório interno).
- GRAY, J. *et al.* Silurian-age fossils from the Paleozoic Paraná Basin. *Geology*, Boulder, v. 13, n. 7, p. 521-525, 1985.
- GRAY, J. *et al.* A new record of early Silurian-age land plant spores from the Paraá basin, Paraguay. *Geological Magazine*, Cambridge, v. 129, n. 6, p. 741-752, 1993
- HARRINGTON, N.J. *Geologia del Paraguay Oriental*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 1950. 89 p. p. 1-82. (Contribuciones Científicas. Seccion E. Geologia, 1).
- MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. *Arquivo de Biologia e Biotecnologia*, Curitiba, v. 2, p. 63-154, 1947.
- MAINO, U.M., *Relatório geológico final, poço 2-AG-1-MT*. Ponta Grossa: PETROBRAS. DESUL, 1965. (Relatório interno).
- MILANI, E.J. Intraplate tectonics and the evolution of the Paraná Basin, SE Brazil. In: DE WIT, RANSOME (Ed.). *Inversion tectonics of the cape fold belt. Karoo and Cretaceous basins of Southern Africa*. Rotterdam: Balkema, 1992a. p. 101-108.
- MILANI, E.J. Tectônica e sedimentação na margem Sul do gondwana: um estudo comparativo das bacias do Paraná e do Cabo Karoo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. *Resumos expandidos...* São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1992 b. v. 1, p. 554-555.
- MILANI, E.J., DAEMON, R.F. *Revisão bio e litoestratigráfica da seção siluro-devoniana dos poços ASU-1 e ASU-2 (Pecten, Paraguai)*. Curitiba: PETROBRAS. NEXPAR, 1992. 19 p. (Relatório interno).
- MILANI, E.J., DAEMON, R.F. *Ocorrência de microfósseis de idade siluriana em poços da Bacia do Paraná*. Curitiba: PETROBRAS. NEXPAR, 1993. (Relatório interno). Não publicado.
- MILANI, E.J., FRANÇA, A.B., SCHNEIDER, R.L. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 69-82, jan./mar. 1994.
- OLIVEIRA, M.A.M., MUHLMANN, H. *Geologia de semi-detalle da região de Mutum, Jaciara, São Vicente e Chapada dos Guimarães*. Ponta Grossa: PETROBRAS. DEBSP, 1965. 63 p. (Relatório interno).
- PECTENO/CCIDENTAL. *Final Composite log. well ASU-1*, 1981.
- PETRI, S. *Contribuição ao estudo do Devoniano paranaense*. Rio de Janeiro: [s.n.], 1948. 125 p. (DNPM. Divisão de Geologia e Mineralogia. Boletim, 129).
- POPP, M.T.B., BURJACK, M.I.A., ESTEVES, I.R.F. Estudo preliminar sobre o conteúdo paleontológico da Formação Vila Maria (pré-Devoniano) da Bacia do Paraná. *Pesquisas*, Porto Alegre, v. 14, p. 169-180, 1981.
- RUST, I.C. *On the sedimentation of the table Mountain Group in the Western Cape Province*. South Africa: University Stellenbosch 1967. Tese (Doutorado). Não publicado.
- SCHNEIDER, R.L. *et al.* Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: [s.n.], 1974. v. 1, p. 52-71.
- VISSER, J.N.J. The palaeogeography of part of southwestern Gondwana during the Permo-Oarboniferous glaciation. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*,

Amsterdam, v. 61, n. 3/4, p. 205-219, Nov. 1987.

WIENS, F. *Estratigrafia fanerozoica resumida del Paraguay*. Asunción: Geoconsultores, 1990. 19 p (não publicado).

WOLFART, R. Stratigraphie und fauna des alteren Paläozoikums (Silur, Devon) in Paraguay. *Geologische Jahrbuch*, Hannover, v. 78, p. 29-102, 1961.

WOOD, G.D., MILLER, M.A. Distinctive Silurian chitinozoans from the Itacurubi group (Vargas Peña shale), Chaco basin, Paraguay. *Palinology*, Dallas, v. 15, p. 181-192, 1981.

ZALÁN, P.V. *et al.* A divisão tripartite do Siluriano da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 242-252, 1987.

## EXPANDED ABSTRACT

*The Ordovician-Silurian sequence of the Paraná Basin has been the subject of some studies during the last decade. Ever since the individualization of the Vila Maria Formation along the northern border of the basin, by Faria (1982), evidences have been sought in order to establish the occurrence of these sediments in the Paraná Basin as a whole.*

*During a long time the Devonian Furnas Formation was considered to be the oldest lithological unit in the stratigraphical succession of the basin. In 1965 the well 2-AG-1-MT (Alto Garças, Mato Grosso State) drilled a section of 242m in thickness of brown sandstones, conglomerates, siltstones and shales underlying the typical section of the Furnas Formation represented by white argillaceous sandstones. Afterwards, that package was correlated to the Caacupé and Itacurubi Groups that crop out around the Assunción block in Paraguay. In this area the Ordovician-Silurian sequence is composed of a transgressive succession of conglomerates just overlying the basement, grading to marine fossiliferous shales and sandstones in its upper portion.*

*In subsurface the Ordovician-Silurian sequence exhibits some particular characteristics: upwards its basal sandy to conglomeratic package shows decreasing gamma ray values that probably reflect a composition that is arkosic at the base and more quartzitic towards the top. Well ASU-1 penetrated 248m of this basal unit without reaching the basement. In some portions of the basin diamictites overlie this basal unit, registering Southern Gondwana's Late Ordovician glacial episode. The sequence is marked by marine fossiliferous shales. Chitinozoans, acritarchs and tetrads together with*

*graptolites, trilobites, bivalves and gastropods make up a solid basis for its Llandoveryan age, and appoint to this as a very important marker for the entire sequence.*

*The Ordovician-Silurian sequence is distributed over almost the entire Paraná Basin. Its general geometry is that of a westward-thickening wedge but some local depocenters exist probably reflecting active normal faulting during the inception of the basin. Towards its top the sequence is bounded by a pre-Devonian unconformity which partially carved the deposits below it.*

*The wedge-like geometry of the Ordovician-Silurian sequence reflects the Early Paleozoic paleogeographical configuration of the Southern Gondwana: a wide continental shelf open to an ocean situated to the southwest. The Paraná Basin was located in a stable area inside the continent, far away from the major depositional centers, accumulating a thin Ordovician-Silurian package.*

*Considering the lithological characteristics of the sequence, gamma ray responses and fossiliferous content, the Ordovician-Silurian sequence of the Paraná Basin can be divided into three formations: (i) Alto Garças, a sandy to conglomeratic basal unit, (ii) the diamictitic lapó Formation, and (iii) Vila Maria Formation characterized by its fossil-rich shales. The Rio Ivaí Group encompasses the whole package.*

*A remarkable aspect about the occurrence of the Rio Ivaí Group is the apparent tectonic control over its deposition and/or preservation, particularly over its basal sandy to conglomeratic unit, suggesting extensional tectonics during the early stages of the Paraná Basin evolution.*